

# Arbeidsnotater

T A T I S T I S K S E N T R A L B Y R Å

Dronningensgt. 16, Dep, Oslo 1. Tlf.\*(02) 41 38 20

IO 77/14

12. april 1977.

## ØKONOMISK ANALYSE OVER FORVALTNINGEN AV NATURENS RÅVARELAGRE\*

av

Arild Hervik

### INNHold

	Side
I. Kartlegging av meningsinnholdet i begrepet ressursknapphet .....	1
i) Kapasitetsgrense i naturens råvareforsyning .....	1
ii) Kostnadsstruktur i ekstraheringsindustri .....	2
iii) Todeling av gruppen metaller og mineraler med hensyn til muligheten for frem- tidig knapphet .....	2
iv) Kostnadsøkning og teknisk fremgang .....	4
v) Råvarekildenes fordeling mellom forskjellige land .....	5
vi) Oppsummering .....	5
II. Enkel kryssløpsanalyse med to natursektorer .....	6
III. Et opplegg til kryssløpsanalyse med norske data .....	14
IV. Et opplegg til sammenkobling med MODIS III .....	21

\*) Dette arbeid er opprinnelig skrevet som spesialoppgave ved det sosialøkonomiske studium høsten 1973. Forfatteren har stått fritt i valg av opplegg og undersøkelsesmetode. Arbeidet gjengis her en del forkortet og med endringer som forfatteren har ønsket å foreta. Synspunkter og konklusjon står for forfatterens regning.

*Ikke for offentliggjøring. Dette notat er et arbeidsdokument og kan siteres eller refereres bare etter spesiell tillatelse i hvert enkelt tilfelle. Synspunkter og konklusjoner kan ikke uten videre tas som uttrykk for Statistisk Sentralbyrås oppfatning.*

## Innledning

I denne oppgaven vil råvareresurser eller bare ressurser eller ekstraheringstjenester være begreper som går igjen. Hvis ikke noe annet er nevnt vil jeg her med dem forstå de ikke reproduserbare råvarelagrene presisert til malmer og mineraler. I siste avsnitt hvor jeg skal analysere råvarebruken med MODIS lager jeg en mer fullstendig liste hvor også de fossile råstoffene kull, gass og olje er med.

I første del av oppgaven forsøker jeg å klarlegge begrepet ressursknapphet.

Analysen i II og III har primært tatt sikte på å behandle ressursbruken, men den nære sammenheng med forurensinger har gjort at også den siden er noe diskutert.<sup>1)</sup> I del II har jeg diskutert hva jeg kan trekke ut av en kryssløpsmodell hvor skadelige forurensinger og forbruk av viktige ikke fornybare råstoffer er behandlet som negative sluttleveringer, eksogent bestemt akkurat som konsum og investeringer. I del III har jeg fulgt det mer tradisjonelle kryssløpsopplegg og konstruert en submatrise over etterspørselsgenerert råvareforbruk. Her får jeg ut en tabell over hvordan råvareforbruket fordeler seg over forskjellige sluttleveringskategorier. Kvikksølv er den eneste varen jeg har gjennomført dataarbeid med. Tallanslagene er ikke videre gode og et mer nøyaktig arbeid vil kreve endringer av visse sider ved modellen. Jeg har lagt mer vekt på å belyse det rent prinsipielle. Til slutt har jeg så benyttet MODIS III som analyseverktøy ved å konstruere en submatrise hvor anslagene på de eksogene størrelsene i planleggingsmodellen som resultat vil gi forbruket av de forskjellige råvarene. Det er også kort antydnet en fremgangsmåte for hvorledes modellen kan benyttes til analyser ved en midlertidig råvareknapphet.

### I. Kartlegging av meningsinnholdet i begrepet ressursknapphet

#### (i) Kapasitetsgrense i naturens råvareforsyning

Det er laget prognoser over hvor lenge de kjente reservene av de viktigste metallene vil vare. Disse bygger da på visse forutsetninger om konsumutviklingen om at någjeldende priser skal vare i fremtiden, og at det ikke antas noen videre teknisk utvikling.

Tabell 1<sup>2)</sup>. Kjente reserver av viktige metaller

Metaller	G	S	E	Metaller	G	S	E
Aluminium* .....	6.4	100	31	Kvikksølv .....	2.6	13	11
Krom .....	2.6	420	95	Molybden .....	4.5	79	34
Kobolt .....	1.5	110	60	Nikkel .....	3.4	150	53
Kobber .....	4.6	36	21	Platinagruppen .....	3.8	130	47
Gull .....	4.1	11	9	Sølv .....	2.7	16	13
Jern .....	1.8	240	93	Tinn .....	1.1	17	15
Bly .....	2.0	26	21	Tungsten .....	2.5	40	28
Mangan .....	2.9	97	46	Sink .....	2.9	23	18

\*) bauxitt.

1) Materialbalanseanalyse [6]. 2) [13].

G står her for den årlige vekst i forbruket av metaller.

S står for den varighet i år metallreservene vil ha hvis vi regner at forbruket vil være på samme nivå i fremtiden som i dag.

E står for den varighet i år metallreservene vil ha dersom vi regner en årlig vekst lik G.

Vi ser at alle metallreserver under kolonne E vil være oppbrukt innen 100 år. Resultatet vil gjerne bli tolket som ressursknapphet, men disse prognosene er av begrenset verdi av følgende grunner:

a) Det knytter seg stor usikkerhet bare til oppgavene over kjente reserver.

b) Selskapene kartlegger ikke reserver over større mengder enn det som kan bli satt i drift innen en 30 års periode fordi kartleggingsutgiftene er høye og man vil ha betydelig rentetap ved å gå lenger inn i fremtiden.

c) Reservene er antagelig mye større enn de som er kjent idag fordi vi har en sammenheng mellom avtakende metallprosent i gruvene og økende mengde av reserver, hvilket avdekker en nærmest ubegrenset råstoffmengde på jordens overflate).

d) I hvilken grad disse reserver skal kunne tjene som råvareressurser vil avhenge av økonomiske faktorer, prisutviklingen på metaller og av den teknologiske utvikling i ekstraheringsindustri.

Det er punktene c) og d) jeg vil komme til å drøfte nærmere i de påfølgende avsnitt i forsøket på å få en klarere forståelse av hva som menes med ressursknapphet.

(ii) Kostnadsstruktur i ekstraheringsindustri.

Kapasitetsskranke i produksjonsapparatet er vanskelig å iaktta eksakt. Kostnadskriteriet blir ofte benyttet som en tilnærming og kapasitetsgrensen angis da av det produksjonsvolum som markerer overgangen til sterkt økende produksjonskostnader. Kapasitetsgrensen for naturens ekstraheringstjenester er også vanskelig å iaktta eksakt slik jeg antydte i forrige avsnitt og kostnadskriteriet kan også her brukes som en tilnærming for mål på kapasitetsgrensen.

Fra frikonkurransmodellen kjenner vi at hvis det oppstår knapphet av en råvare så vil prisen på denne gå opp og dette vil motivere økt tilførsel av råvaren. Man vil ta de gruver som gir høyest kapitalgevinst først. Etterhvert som man må over på å ekstrahere i stadig dårligere gruver er det følgende faktorer som virker til å øke kostnadene:

a) Man går over på gruver med stadig lavere metallgehalt. Det vil si at den råmasse som må brytes fra fjellet for å utvinne en viss del metall vil øke sterkt. Dette vil kreve mer energi og et høyere ressursforbruk (skal siden drøfte hva tekniske forbedringer kan gjøre på dette felt).

b) Man må dypere ned for å finne metallene. Ved åpne gruver vil da betydelige ressurser gå med til å fjerne overflatemasse. Ved å ty til underjordiske gruver vil stordriftsfordeler vanskelig kunne benyttes til å holde kostnadene nede.

c) Nye kilder vil ofte bli lokalisert i stadig større avstand fra brukerstedene med de merkostnader dette medfører i transport.

d) Stadig større oppmerksomhet blir rettet mot miljøskader fra gruvedrift. Særlig ved den stadig økende slaggmassen som nevnt under punkt a). Ekstrahering av kvikksølv gir et sterkt bidrag til forurensing av dette giftige stoffet. Gruveselskapene ser med bekymring på de merkostnader de kan få hvis de blir pålagt å senke forurensingene.

Hovedproblemet er hvor sterke disse kostnadskomponentene vil være over tid. Problemet kan tolkes som et kappløp mellom en økende kapitalbeholdning og teknisk viten på den ene siden og de kostnadskomponentene vi påføres når vi skal ekstrahere fra stadig dårligere ressursgrunnlag. Hvis vi nå opplever en sterk kostnadsøkning kan vi etter kostnadskriteriet tolke dette som et mål på en økende ressursknapphet. Dette trenger ikke være noen permanent tilstand, men slike kostnadsendringer kan stille store krav til fleksibilitet i det økonomiske system.

En annen konsekvens av kostnadsøkningen er at det nå tar mye lenger tid å gjøre en ressurskilde driftsklar. Dette tidslag på tilbudssiden fører til at en økning i etterspørselen gir tilgang i markedet først etter 8-10 år. Dette kan skape store prissvingninger.

(iii) Todeling av gruppen metaller og mineraler med hensyn til muligheten for fremtidig knapphet.

I dette avsnittet vil jeg gå nærmere inn på forholdet mellom metallgehalt og total ressursreserve. Lasky<sup>2)</sup> fant ved empiriske undersøkelser over kjente kobberreserver i USA i 1950 et funksjonsforhold mellom gehalt og total ressursreserve. Han fant mer presist at størrelsene varierer inverst

1) [10]. 2) [12].

på en slik måte at når metallgehalten følger en avtakende aritmetisk rekke, så følger ressursreservene en økende geometrisk rekke. Dette er bakgrunnen for Laskybrøken som er forholdstallet mellom denne aritmetiske rekken og den tilhørende geometriske rekken. Denne størrelsen er brukt til å estimere mengden av råvarereserver. På grunnlag av den metallgehalten vi kan ekstrahere på finner vi altså den totale reserve vi har å øse av. For aluminium (bauxitt) har vi idag at ekstrahering finner sted i kilder hvor metallgehalten er på 20-25%. Ved å undersøke gjennomsnittsgelalten i den vanlige fjellgrunn på jordens overflate finner vi at den for aluminium er på hele 8%. Resultatet av denne oppdagelsen er at totalreservene av aluminium er så store at tilgangen må anses som ubegrenset dersom vi bare vil være istand til å ekstrahere kilder av en gjennomsnittsgelalt på 8%. For kvikksølv er forholdet idag at det ekstraheres på kilder med en metallgelalt på mellom 0,2 og 0,5 prosent. Her finner vi at gjennomsnittsprosenten i vanlig fjellgrunn er så lav som 0,00004%. Resultater fra forskning over kvikksølvreservene viser at det bare finnes et fåtall av kilder med metallgelalt som pr. idag gir lønnsom drift og at vi så får et hopp fra mellom 0,2 og 0,5% ned til den gjennomsnittlige metallgelalt i vanlig fjellgrunn.<sup>1)</sup> På grunn av denne diskontinuitet gjelder ikke Laskybrøken for kvikksølv. Men vil anse det som håpløst å ekstrahere kilder med så lav gelalt som i vanlig berggrunn uansett prisøkning og teknologiforbedring. Når vi så for kvikksølv har ekstrahert de få kildene som er drivverdige kan det her oppstå vansker med tilførselen.

Det kan nå synes fruktbart å dele gruppen malmer og mineraler i to grupper etter kriteriet av hvilke som tilnærmet følger Laskybrøken og hvilke som ikke gjør det. Kopper antas å følge Laskybrøken innenfor et avgrenset område og dette gjelder flere metaller og disse vil jeg plassere i gruppen som ikke følger Laskybrøken (Gruppe 2).

## Gruppe 1

jernmalm  
aluminium  
magnesium

## Gruppe 2

kvikksølv  
bly  
sink  
kopper  
tungstein  
gull  
sølv  
andre sjeldne jordmetaller

Gruppe 1 kan vi anta at vi alltid vil ha gode muligheter til å ekstrahere tilstrekkelige mengder av fordi det finnes ubegrensede kilder med drivverdig metallgelalt. En eventuell ressursknapphet kan forventes å oppstå som følge av mangel på dem som befinner seg i Gruppe 2.

Men selv med knapphet på råvarer fra Gruppe 2 trenger vi ikke tale om noen generell ressursknapphet, fordi metallene er ikke mål i seg selv, men bare middel til å oppnå visse målsettinger. Hvis målsettingene kunne oppnås ved å finne substitutter for disse knappe råvareresurser så ville vi begrense en tiltakende ressursknapphet. Aluminium kan f.eks. erstatte kopper i de fleste anvendelser. Imidlertid har mange av metallene i gruppe 2 helt spesielle egenskaper som vanskelig lar seg erstatte. Vi kunne istedet legge vekt på å utvikle teknologi til å resirkulere i gruppe 2 og endog nå dit hen at vi la vekt på bare å anvende slike ressurser i de produksjonsprosesser hvor vi hadde de beste muligheter for resirkulasjon, for på den måten mest mulig å hindre svinn av metallene.

Prismekanismen omtales ofte som en rasjoneringsmekanisme for naturressurser. Bakgrunnen for dette er følgende momenter for økonomisering med en naturressurs ettersom knapphetsgraden øker:

- a) Når prisene på en råvare øker som en følge av økende knapphetsgrad så vil dette være et insitamnt til å utvikle substitutter for denne råvaren. Derved vil vi oppnå en relativt mindre bruk av en råvare med økende knapphetsgrad og en utjamning av knapphetsgrad mellom forskjellige råvarer.
- b) Utvikling av resirkuleringsindustri kan bli lønnsom og vokse som en følge av økende råvarepriser.

1) [13].

c) Når en ressurs blir dyrere kan dette være et økonomisk insitament til å være mer forsiktig med disponeringen av denne råvaren i produksjonsapparatet.

d) Økende råvarepriser vil føre til at de varer som er mest råvareintensive i produksjonen vil øke mest i pris (forutsatt at produsentenes strategiske type er slik at de kan velte kostnadene over på prisene). Dette kan igjen føre til endring i konsumsjonsmønsteret bort fra mer ressursintensive varer. For produsentene kan vi få endring i faktorsammensetningen bort fra mer råvareintensive produksjonsfaktorer.

Punkt d) blir ofte imøtegått med at kostnadene knyttet til råvareforbruk veier så lite for totalkostnadene etter produktet har gjennomløpt noen bearbeidingstrinn at effektene av øking i råvareprisene blir helt marginale for sluttleveringsprisene<sup>1)</sup>. Derved vil ikke dette være noen sterk mekanisme for råvarerasjonering. Hovedpoenget i dette avsnitt knytter seg imidlertid til punkt a) og det at vi har gjort oss avhengig av et stadig større antall av råvareressursene i gruppen 2. Å finne substitutter og utvikle resirkuleringsteknologi er noe som er tidkrevende. Utviklingen av erstatninger for knappe råvarer kan lett ta til for sent hvis vi fester sterk lit til prismekanismen. Forskningsressursene til slik råvareutvikling er også begrenset. Det er derfor viktig med en prioriseringsliste over ressursforskning vurdert ut fra et forsøk på koordinering mellom erstatningsformer og uttømming. En UN rapport<sup>1)</sup> uttrykker faren for midlertidige ressurskriser dersom man ikke er forutseende i sin forskningsinnsats. Andre mer teoretiske analyser<sup>2)</sup> (vekstmodeller) legger også stor vekt på å drøfte dette problemet.

(iv) Kostnadsøking og teknisk fremgang

Fra empiriske undersøkelser fant Barnett & Morse<sup>3)</sup> over en periode på 75 år at gruvedrift i USA viste tendens til fallende enhetskostnader. De regnet med at dette ville fortsette inn i fremtiden og tolket resultatet som det motsatte av en fremtidig råvareknapphet. Altså tekniske forbedringer vil kompensere for den stadig avtakende metallgehalt som i noen tilfeller åpner for ubegrensede tilganger på metaller. Imidlertid har noen nyere kilder<sup>4)</sup> empirisk påvist stigende enhetskostnader. Dette gjelder blant annet bly og sink over perioden 1940-60. Kopper og jernmalm synes å ha en enhetskostnadskurve som flater ut over dette intervall. Det ser imidlertid ut som tekniske forbedringer til nå har greid å møte de stadig vanskeligere ekstraheringsvilkår. Dette takket være stordriftsfordeler ved etablering av stadig større anlegg for ekstrahering. Disse bruker en stor mengde av et stort antall forskjellige ressurser. En liste fra USA over de store anleggene for drift av åpne gruver som utgjør den største delen av metallutvinning i USA har vi gjengitt i tabell 2. Tabellen illustrerer det moment at vi idag for rentabel drift har gjort oss avhengige av et stadig større antall og en stor mengde ressurser og at forholdene er slik at behovet bare øker når vi må ekstrahere på kilder med stadig lavere gehalt. Spesielt gjelder dette energi. Kostnadssenkning ved tekniske framskritt baserer seg på at slike produksjonsfaktorer er lett tilgjengelige. Ekstraheringsindustrien blir således en konkurrent med de øvrige produksjonssektorer i samfunnet om en hel rekke råvareressurser. Det spekuleres idag éndel over at teknikken leder oss dithen at ressursforbruket blir så stort ved ekstrahering at nettovinsten regnet i en eller annen ressursekivalent beveger seg mot nullpunktet.

Hovedpoenget når vi ser på flere ressurskilder under ett er faren for økende knapphet og kostnadsøking for flere ressurser samtidig. Dette ville kunne skje ved økende energiknapphet og energi-priser fordi så mange råvarer krever mye energi ved utvinning og bearbeiding. Problemet med denne "simultane" øking i knapphetsgrad knytter seg til økonomiens evne til fleksibel tilpassing til ny kostnadsstruktur.

1) [10]. 2) I [17] vil vi finne at teknologiens muligheter for å lage substitutter blir et vesentlig poeng i optimale vekstprogrammer. Dette behandles som tilpassing under usikkerhet. 3) [15], [16].

4) [12].

Tabell 2<sup>1)</sup>. Innsatsfaktorer pr. tonn malmskonsentrasjon ved flotasjonsanlegg (oppredning). (Gjennomsnitt for USA i 1970.)

Malm	Elektrisitet (kwh)	Vann (liter)	Stål (gram)	Flotasjonsagenser (gram)*						
				reg.	akt.	trykk	sam.	skum.	flokk	andre
Kobber .....	17.6	3 130	724	4 030	39	3	44	24	3	-
Kobber-Molybden .....	16.1	2 980	1 034	1 590	-	27	32	41	14	1.5
Kobber-Bly-Sink .....	18.6	2 130	291	500	55	313	58	20	6	-
Kobber-Sink-Jern-Svovel	23.9	3 360	470T	4 550	358	96	155	48	2.5	-
Gull-Sølv .....	§	§	200T	1 250	-	-	132	20	14	-
Bly-Sink .....	21.5	3 025	289	442	207	134	76	44	3.5	30
Bly-Sink-Sølv .....	29.3	3 380	1 318	1 040	469	282	137	89	7	40
Sink .....	15.8	2 090	243	1 680	247	35	34	30	-	-
Jern .....	32.2	8 180	1 264	2 190	-	172	489	12	8	-

\* reg. = regulerende agenser (lime, fosfat, natriumkarbonat, natriumsilikat, m.m.)

akt. = aktiverende agenser (natrium sulfid, koppersulfat, m.m.)

trykk = trykkende agenser (natriumsyanid, stivelse, natrium fluorid, m.m.)

sam. = samleagenser (olje, m.m.)

skum = skumagenser (forskjellige oljer, m.m.)

flokk = flokkulevende agenser

andre = andre agenser

T = Estimer basert på partielle data

§ = Data utilgjengelig

1) [13].

#### (v) Råvarekildenes fordeling mellom forskjellige land

De vestlige industrialiserte land har for en god tid tilbake hatt mange betydelige råvareeksportører. Men disse landene har vært de største forbrukere av slike råvarer og har i stor utstrekning tømt sine beste kilder. Pr. idag befinner de største konsentrasjoner av en hel rekke av de viktigste råvarene seg i de ikke industrialiserte land. Fordelingen av mange viktige metaller er slik at det er ganske få land som besitter nesten alle kjente reserver. China besitter 3/4 av tungstensreservene og halvparten antimon. Spania 1/3 av kvikksølv og sammen med Italia over halvparten. Den Sør-afrikanske republikk 3/4 av krom og nesten halvparten av gull og platina. Peru, Chile, Zambia og Zaire står for 60% av koppereksporten. Bauxitt er også dominert av bare få eksportland. Dette er forhold som kan medføre ressursknapphet om ikke annet så iallefall en midlertidig og av en slik art som den vi har opplevd et snev av med oljekrisen.

#### (vi) Oppsummering

Vi har i dette kapittel diskutert ressursknapphet som grader av knapphet. Vi står ikke overfor et ressursgrunnlag som plutselig er uttømt. Vi kan oppsummere følgende hovedpunkter som sier noe om knapphetsgrad:

- Indirekte effekter eller miljøskader som knytter seg til ekstrahering. Dette kan i mange tilfeller utgjøre en kostnadskomponent som gjør drift utlønsom.
- Balanseproblemet knytter seg til det at det tar lang tid å opparbeide en ressurskilde (8-10 år) slik at signaler fra etterspørselssiden først står ut i øket tilbud etter en viss tidsperiode. Dette kan generere store prisfluktasjoner.
- Framtidig knapphet på visse råvarer (Gruppe 2 etter vår inndeling, eller manglende råvaretilgang fra visse monopolland) kan avle betydelige ressursproblemer fordi det tar tid å utvikle substitutter eller resirkuleringsteknologi.

Styrkegraden av en slik fremtidig knapphetssituasjon er vanskelig å vurdere. Mye tyder på at hvis vi idag er tilstrekkelig framsynte så vil vi neppe stå ovenfor noen permanent ressurskrise i vesten.

Nyere økonomisk vekstteori på dette feltet konkluderer med at markedsmekanismen kan gi en optimal forvaltning av naturressursene på lang sikt. Dette er da under forutsetning av at vi ikke har indirekte virkninger i produksjonen, at vi har rimelige substitusjonsmuligheter mellom realkapital og naturressurser og at vi med stor sannsynlighet kan regne med å utvikle substitutter for de nøkkelressurser som er spesielt knappe. For å si noe om dette trenger vi innsikt i empiriske forhold. Problemet vi står ovenfor er altså en viss usikkerhet med hensyn til den fremtidige forsyningssituasjon av riktig ressurs på riktig sted og til riktig tid og med akseptable miljøkostnader. Dette er altså motivasjonen for å lage de informasjonsoversikter over ressursforbruket som det følgende skal omhandle.

Når vurderingen av ressursbruken bringes inn i den offentlige planlegging kan det være gunstig å få en oversikt over hvordan alt henger sammen ved hjelp av en skisse (Figur 1.).

Denne figuren skal også være min referaneramme hvor det området jeg spesielt skal ta for meg har stiplede innramming. I noen tilfeller vil jeg gå ut over denne rammen og da vil jeg henviser til denne figuren i forsøket på å få til en sluttet problembehandling.

## II. Enkel kryssløpsanalyse med to natursektorer

Problemer vedrørende naturen i økonomiske analyser har ofte vært behandlet som ad hoc problemer. I en sterkt aggregert kryssløpsmodell skal jeg her lage en analyse med utgangspunkt i at både utslipp av spillprodukter og ressursuttapping er sterkt integrerte deler av produksjonsapparatet. Dette kan sees i sammenheng med langsiktige analyser. Vi skal nemlig her operere med en rensesektor som angår naturen som resipient og en resirkuleringssektor som angår ressursforsyningen og i optimale vekstmodeller er det vanlig å lete seg frem til optimale utbyggingshastigheter for rensesektoren<sup>1)</sup> og resirkuleringssektoren<sup>2)</sup>. I denne analysen her som er av mer kortsiktig karakter skal vi da anta at disse to sektorene har vokst seg store, og vi skal studere sammenhengen mellom disse to sektorer og de resterende økonomiske sektorer. Sektor 1 er egentlig her hele produksjonskryssløpet og sektor 2 et aggregat av alle de typer utslipp vi ønsker å rense, mens sektor 3 er bruk av alle de ressursene vi er interessert i å resirkulere. For enkelhets skyld regner vi ikke her på matriseform, men ser bare på 3 forskjellige sektorer.

lev. sektor	mot. sektor			slutt lev.	lev.
	1	2	3		
1	$X_{11}$	$X_{12}$	$X_{13}$	$Y_1$	$X_1$
2	$X_{21}$	$X_{22}$	$X_{23}$	$-Y_2$	$X_2$
3	$X_{31}$	$X_{32}$	$X_{33}$	$-Y_3$	$X_3$

$Y_1$  indeks for sluttlevering av varer og tjenester fra produksjonssektor 1 målt i realverdi.

$X_1$  mål for total produksjon fra sektor 1 målt i realverdi.

$Y_2$  tolerert utslipp eller negative sluttleveringer hvor utslipp kan tolkes som et negativt konsum og er målt i fysisk mål.

$X_2$  fysisk mål for hvor mye som blir produsert av rensjetjenester

$Y_3$  tolerert råvareforbruk eller negative sluttleveringer hvor råvareforbruket kan tolkes som negative investeringer målt i fysiske mål.

$X_3$  fysisk mål for hvor mye råvarer som gjenvinnes resirkuleres i resirkuleringsindustri.

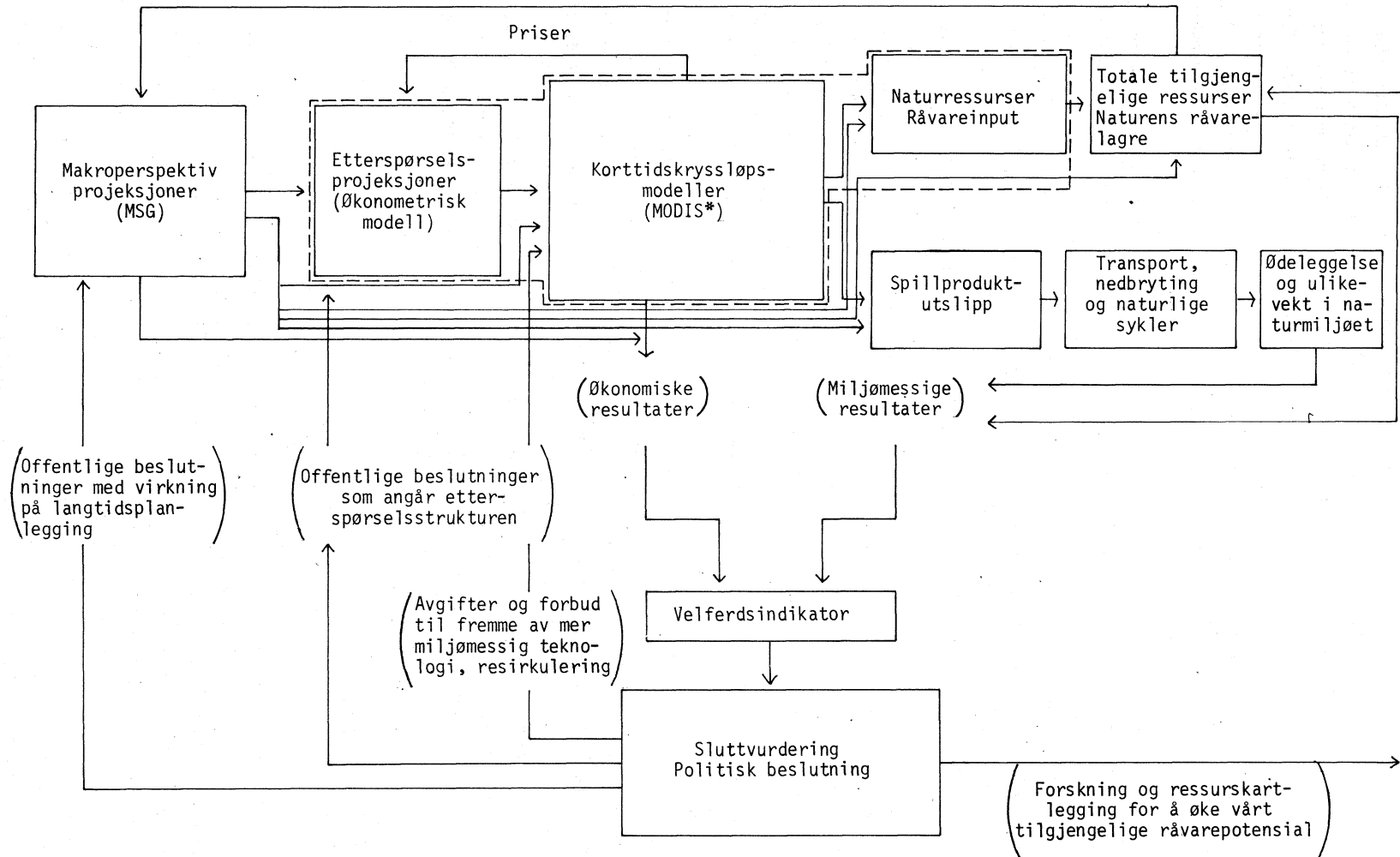
$X_{1j}$  ( $j = 1,2,3$ ) input varer og tjenester til alle sektorer

$X_{2j}$  utslipp av spillprodukter fra de forskjellige sektorer målt i fysiske mål.

$X_{3j}$  bruk av råvareressurser i alle sektorer målt i fysiske mål.

1) [18]. 2) [19].

Figur 1.



\* MODIS IV aktivitetsanalysen kan selv ta vare på tekniske endringer. Bør også bemerkes at den økonometriske etterspørselsmodell er en del av MODIS.



Dette er altså en vanlig kryssløpstabell med tre sektorer hvor sektor 1 representerer produksjonssektorer av alle varer og tjenester, mens sektor 2 driver rensevirksomhet og sektor 3 driver resirkulasjonsvirksomhet. Vi har her to sektorer som representerer naturmiljøet. To momenter gjør denne oppdeling mellom rensing og resirkulasjon preoblematisk. For det første er det i praksis vanskelig å skille ut den delen i et stort foretak som angir rensing eller resirkulering fordi denne prosessen er sterkt integrert i hele apparatet. Peskin<sup>1)</sup> uttaler seg optimistisk med hensyn til mulighetene for å få data om hvor mye bedriftene resirkulerer og hvor mye de renses, men det er vanskeligere å finne kostnadene og inputstrukturen bak den. Derneft har vi at resirkulering også er en form for rensing slik at aktiviteten i sektor 3 vil påvirke tallene i sektor 2. Vi skal se bort fra disse praktiske vanskene og konsentrere oss om det prinsipielle.

Et spørsmål for sektor 2 kan også være om vi skal definere forurensing med utgangspunkt i den mengde spillprodukter som slippes i resipientene eller om vi skal finne et mål på den skadeeffekten utslippene får etter at resipienten har foretatt sitt naturlige nedbrytningsarbeid. Jeg skal i denne oppgaven tenke meg at tolerert forurensing  $Y_2$  ikke avspeiler totalt utslipp men går mer på skadeeffektnivå. Dette har konsekvenser for  $X_{2j}$  ved at vi ikke måler utslippene opp til en viss skranke og  $X_{2j}$  vil da avspeile mengden av utslipp over "skadeskranken".

For råvareuttappingen kan vi også tenke oss at endel råvareforbruk ikke spiller noen videre rolle for en fremtidsrettet ressurspolitikk og vi kan tenke oss at de råvarer som ligger bak størrelsen  $Y_3$  er de som i den nærmeste framtid vil representere størst knapphet og anses for å skape de største problemer.

$Y_2$  og  $Y_3$  er negative størrelser i modellen fordi vi forurenser mer enn vi renses og vi forbruker mer råvarer enn dem vi resirkulerer. Både  $Y_1$ ,  $Y_2$  og  $Y_3$  er bestemt eksogent og vi kan tenke oss at en eller annen nyttefunksjon  $U(Y_1, Y_2, Y_3)$  ligger bak bestemmelsen. Vi får en avveining mellom forskjellige mål. I denne sammenheng kan det være verdt å nevne at våre kortsiktige analyser må tilpasses til mer langsiktige<sup>2)</sup>. Oversiktsskissen fra slutten av forrige kapittel gir også et bilde av hele denne beslutningsprosessen.

I denne modellen opererer jeg med at naturmiljøet ikke direkte setter skranke for produksjonskalaen i sektor 1. De skadene på naturmiljøet som blir generert ved høy produksjon blir ivarett ved at det blir bygget opp egne industrisektorer for naturmiljøet. Renseindustrien skal sørge for at tolerert forurensing  $Y_2$  ikke blir overskredet. Resirkuleringsindustrien skal sørge for å holde tilstrekkelig aktivitetsnivå til å ikke overskride det eksogent gitte tolererte råvareforbruk. Når vi således i denne modellen bestemmer et eksogent ressursforbruk så kommer vi ikke nødvendigvis i konflikt med de produsenter som er avhengig av et høyt råvareforbruk til sin produksjon. Det som understrekes er bare nødvendigheten av en ny forsyningskilde, nemlig fremvekst av en mer avansert resirkulasjonsteknologi.

Jeg skal nå innføre konstante kryssløpskoeffisienter:

$$\lambda_{ij} = \frac{X_{ij}}{X_j} \quad \text{for } i = 1, 2, 3 \text{ og } j = 1, 2, 3$$

For sektor nummer 1 betyr da dette at utslipp av spillprodukter pr. enhet produksjonsverdi skal være en konstant størrelse<sup>3)</sup>. Bruk av forskjellige naturressurser i fysiske mål skal være en fast størrelse pr. enhet produksjonsverdi (dette skal vi komme tilbake til i kapittel III). For sektor nummer 2 betyr dette at innsatsvarer fra sektor 1 skal være faste pr. enhet som renses (målt i fysiske mål). Likeledes skal andelen utslipp være en fast andel av det som renses. Bruk av naturressurser målt i fysiske mål skal være fast pr. enhet renses målt i fysiske mål. For sektor nummer 3 skal vi ha en fast mengde innsatsvarer fra sektor 1 pr. enhet resirkulert målt i fysiske mål. Forurensing og bruk av naturressurser skal også utgjøre en fast mengde pr. enhet som blir resirkulert. I dette kapittel går jeg ikke nøyere inn på å drøfte realismen i disse forutsetningene.

1) [4]. 2) Optimale vekstteorier hvor forurensing og bruk av naturressurser er brakt inn forsøker å kartlegge det optimale utviklingsforløpet for konsum, ressursforbruk og utslipp. 3) Nærmere drøfting av dette finnes i [1].

Vi kan nå sette opp følgende ligningssystemer:

$$(1-\lambda_{11}) X_1 - \lambda_{12} X_2 - \lambda_{13} X_3 = Y_1$$

$$-\lambda_{21} X_1 + (1-\lambda_{22}) X_2 - \lambda_{23} X_3 = -Y_2$$

$$-\lambda_{31} X_1 - \lambda_{32} X_2 + (1-\lambda_{33}) X_3 = -Y_3$$

Vi løser nå med hensyn på  $X_1$ ,  $X_2$  og  $X_3$ . De blir lineære funksjoner av  $Y_1$ ,  $Y_2$ ,  $Y_3$  og jeg bryr meg ikke om å skrive ut løsningen for koeffisientene foran dem, men bare erstatter dem med  $a_{ij}$  ( $i=1, 2, 3$  og  $j=1, 2, 3$ )

$$1) X_1 = a_{11} Y_1 - a_{12} Y_2 - a_{13} Y_3$$

$$2) X_2 = a_{21} Y_1 - a_{22} Y_2 - a_{23} Y_3$$

$$3) X_3 = a_{31} Y_1 - a_{32} Y_2 - a_{33} Y_3$$

Følgende momenter kan jeg drøfte ut fra dette:

a) Når jeg øker sluttleveringene av varer og tjenester  $Y_1$  vil jeg få at jeg må øke aktiviteten i både rensesektoren og resirkuleringssektoren dersom jeg vil holde  $Y_2$  og  $Y_3$  konstant. Aktivitetsnivået i sektor 2 og 3 sier hvor miljøkrevende produksjonsapparatet er og hvor mye en gitt preferansefunksjon vil godta av miljøforringelse. Den vekst jeg må ha i sektor 2 og 3 ved øking i  $Y_1$  vil være bestemt av koeffisientstrukturen som ligger bak  $a_{21}$  og  $a_{31}$ .

b) Det er viktig å være klar over at rensingsprosess og resirkulasjon er selv forurensende og ressursforbrukende både direkte og indirekte. Hvis vi f.eks. vil senke tolerert råvareforbruket  $Y_3$  så vil vi ha at  $a_{33}$  er en størrelse større enn 1 fordi det er en råvareforbrukende resirkuleringsindustri som skal sørge for dette. Denne industri bruker råvarer direkte og indirekte ved at den trenger input fra andre sektorer og disse input har igjen lagt beslag på råvarer i sin fremstillingsprosess. Altså vil  $X_3$  øke mer enn  $Y_3$  minker. Hvor mye mer avhenger av størrelsen  $a_{33}$ . Produksjonsnivået i  $X_3$  kan altså lett stige til store høyder hvis vi bare får tilstrekkelig interesse for å redusere  $Y_3$ . Tilsvarende vil gjelde for sektor 2, produksjon av rensjetjenester.

c) Hvis vi senker toleransekravet  $Y_3$  for råvareforbruk vil vi få en øking i  $X_3$ , men vi vil også få en øking i  $X_2$ , rensproduksjon, fordi det høyere aktivitetsnivå i sektor 3 vil generere øket forurensing som må gjennom rensprosess dersom vi vil bevare konstant utslipp  $Y_2$ . Altså får vi en sammenheng mellom naturektorene. Hvis nå nivået  $Y_2$  for tolerert forurensing ble senket så ville vi få en øking i produksjonen av rensjetjenester. Imidlertid ville dette også resultere i en øking av produksjonen i resirkuleringssektoren hvis vi holder  $Y_3$  og  $Y_1$  konstant. Nå kunne vi imidlertid tenke oss at vi sto overfor kapasitetsgrense i sektor 3. Da kunne likheten i relasjon 3) igjen oppnås ved at vi godtok et større tolerert råvareforbruk, det vil si øket  $Y_3$  tilsvarende til å veie opp for nedgangen i tolererte utslipp  $Y_2$ . Fra relasjon 2) ville dette igjen gi seg utslag i senket nivå på produksjonen av rensjetjenester,  $X_2$ . Altså hvis vi samtidig med en nedgang i tolerert utslippsnivå godtok at vi bare kunne forøke råvareforbruket så ville økingen i produksjon av rensjetjenester kunne bli mindre. Dette står da i motsetning til materialbalansetanken som hevder at jo mer råvarer (i fysiske mål) vi bringer inn i produksjonsprosessen jo mer spillprodukter kan vi også under visse forutsetninger forvente. Forklaringen på dette i vår modell er følgende: En øking i råvareforbruket,  $Y_3$ , vil føre til en reduksjon på produksjonen i resirkuleringsindustrien og derved direkte og indirekte bidra til et lavere utslipp av spillprodukter.

I forbindelse med kapasitetsgrenser så kan det i denne modellen innføres ligning for arbeidskraften målt i antall sysselsatte.

$$L = l_1 X_1 + l_2 X_2 + l_3 X_3$$

L er et fysisk mål for totalt arbeidskraftforbruk

$l_j$  er andel arbeidskraft som trenges pr. enhet-produksjonsverdi i sektor  $j$  ( $j = 1, 2, 3$ ).

Vi har nå løsningene for  $X_1$ ,  $X_2$  og  $X_3$  og kaller de nye koeffisientene foran  $Y_1$ ,  $Y_2$ ,  $Y_3$  for  $l_1^*$ ,  $l_2^*$ ,  $l_3^*$  og regner at total arbeidstilgang begrenset seg til en størrelse  $\bar{L}$ .

$$\bar{L} = l_1^* Y_1 - l_2^* Y_2 - l_3^* Y_3$$

Den begrensede tilgang på arbeidskraft vil legge et bånd på valgmulighetene mellom de tre sektor-ene. Hvis vi nå befant oss på kapasitetsgrensen og ville øke  $Y_1$  så kunne nå bare det skje dersom vi var villige til å godta et høyere forureningsnivå eller et høyere råvareforbruk. Vi står derved overfor en avveining mellom de forskjellige mål. Hvis vi sto overfor kapasitetsskanker som var knyttet til tilgangen på naturressurser, f.eks. energi, så kunne dette behandles på samme måten.

Hvis vi nå skal analysere priskryssløpet så står vi overfor følgende kryssløpsstruktur:

lev. sektor	mot. sektor			slutt. lev.	
	1	2	3		
1	$p_1 X_{11}$	$p_1 X_{12}$	$p_1 X_{13}$	$p_1 Y_1$	$p_1 X_1$
2	$p_2 X_{21}$	$p_2 X_{22}$	$p_2 X_{23}$	$-p_2 Y_2$	$p_2 X_2$
3	$p_3 X_{31}$	$p_3 X_{32}$	$p_3 X_{33}$	$-p_3 Y_3$	$p_3 X_3$
primær input	$E_1$	$E_2$	$E_3$		
	$p_1 X_1$	$p_2 X_2$	$p_3 X_3$		

$E_j$  ( $j = 1, 2, 3$ ) bruttoprodukt i sektor  $j$ , eller primærinput i sektor  $j$ .

$\frac{E_j}{X_j} = e_j$  ( $j = 1, 2, 3$ ) er en konstant størrelse<sup>1)</sup>.

$p_1$  er en prisindeks på varer og tjenester

$p_2$  er prisen på rensjetjenester (tolkningen av denne prisen følger)

$p_3$  er prisen på råvareressurser. Vi har følgende ligningssystem:

$$(1 - \lambda_{11})p_1 - \lambda_{21}p_2 - \lambda_{31}p_3 = e_1$$

$$-\lambda_{21}p_1 + (1 - \lambda_{22})p_2 - \lambda_{32}p_3 = e_2$$

$$-\lambda_{31}p_1 - \lambda_{23}p_2 + (1 - \lambda_{33})p_3 = e_3$$

1) I denne modellen og ved denne antagelsen ligger det da eksplisitt at priser ikke er utenfra gitt, bestemt på verdensmarkedet.

Vi kan finne løsningen for  $p_1$ ,  $p_2$ ,  $p_3$  som lineære funksjoner av  $e_1$ ,  $e_2$ ,  $e_3$  og jeg bryr meg ikke om å skrive opp det fulle uttrykk på koeffisientene foran disse, bare erstatter dem med  $b_{ij}$ .

$$1) p_1 = b_{11}e_1 + b_{12}e_2 + b_{13}e_3$$

$$2) p_2 = b_{21}e_1 + b_{22}e_2 + b_{23}e_3$$

$$3) p_3 = b_{31}e_1 + b_{32}e_2 + b_{33}e_3$$

Prisene er her regnet ut til å skulle dekke alle omkostningene i produksjonen og det er bare tilbudssiden med sin omkostningsstruktur og ikke etterspørselssiden som er inkorporert i disse priskalkyler<sup>1)</sup>. Altså er prisen,  $p_2$ , på rensjetjenester bestemt av hva det koster å rense en enhet av det skadelige spillprodukt. Hvis vi nå organiserte et marked for spillprodukter så tilsier dette at brukeren av naturen som resipient skal betale renskostnadene.

Hvis jeg bruker ligning 3) til bestemmelse av prisen  $p_3$  på råvareressursen så vil det si at det er omkostningene som går med til å resirkulere en enhet i sektor 3 som bestemmer prisen. Tilsvarende som for forurensinger kommer vi frem til at brukeren av disse knappe naturressurser skal betale kostnadene ved resirkulering. Her har vi tenkt oss direkte at dette eksogent gitte råvarekonsum blir oppnådd ved en endring av nivået på resirkuleringsindustrien (f.eks. kunne det være offentlig drift og dermed et direkte offentlig virkemiddel). Men for at råvareforbrukerne skal være interessert i å kjøpe disse resirkulerte produktene på like linje med råvareressursene direkte fra naturen må prisnivået være det samme (forutsetter at de kvalitetsmessige er like). Altså kan vi tenke oss at produksjonskostnadene i denne resirkulasjonsindustrien blir prisbestemmende. Imidlertid støter vi ofte på i praksis at prisene for resirkulerte råvarer vil være høyere enn for råvarer ellers. Det kunne vi regulert ved enten å subsidiere resirkulasjonsindustri slik at produksjonsomkostningene ble så lave at de konkurrerte i prisnivå med råvareressurser ellers. Eller at vi i kraft av en ressurspolitikk la avgifter på råvareressursene ellers slik at resirkulasjonsindustri oppnådde høye nok priser på sine produkter til å bli funnet lønnsomme i drift. I noen tilfeller kan vi også tenke oss mulighetene for at omkostningen ved å resirkulere en enhet er lavere enn markedsprisen for råvaren. En rimelig produsenttilpassing vil da være å satse på resirkulering og bare erstatte eventuelt svinn ved nytilgang. Ofte kan vi imidlertid ha at den produsenten som har muligheter for å resirkulere ikke selv kan bruke dette om igjen som input og manglende oversikt over eventuelle mottakere kan føre til at resirkulering ikke finner sted. I Sverige er det forsøkt ved en egen børs for å ta seg av en slik omsetting.

Den modellen jeg her har fremstilt har på sett og vis satt miljøsektoren i høysetet. Resultater som en konsekvens av dette er mer eller mindre realistiske, men visse viktige sider ved miljøproblemene er kommet frem.

Fra denne modellen kan vi komme over på nasjonalregnskapsstørrelser. Fra debatten om forurensinger og nasjonalprodukt sier langtidsprogrammet [1] at poenget ikke er å endre dette sistnevnte, men å få kostnadene ved bruken av naturmiljøet inn i markedssystemet ved å innføre avgifter som reflekterer forurensingskostnadene, "svarende til hva samfunnsmedlemmene er villige til å betale for å få en enhets forbedring i ekstraherings og rekreasjonstjenester naturmiljøet yter". På grunn av at jeg i denne modellen opererer med skadelige forurensinger og uttømming av viktige ikke fornybare råvareressurser som negative sluttleveringer kommer jeg fram til et resultat som ikke stemmer overens med [1]. Jeg antar at linjer og kolonner i modellen skal balansere. Jeg regner da i verdistørrelser for at det skal være mulig å summere over kolonnene.

$E_i$  er verdistørrelsen for bruttoproduktet i sektor  $i$ . Jeg finner da at:

$$1) E_1 + E_2 + E_3 = p_1Y_1 - p_2Y_2 - p_3Y_3$$

$$2) \text{ Bruttonasjonalproduktet } E = E_1 + E_2 + E_3$$

1) Kunne tenkes at etterspørselen kom inn ved profittbestemmelsen som vil være høyere ved stor etterspørsel.

Størrelse måles i løpende priser og jeg forutsetter at vi har en lukket sektor og sluttleveringene fra sektor 1 deler seg da mellom konsum, investering og offentlig konsum.

$$3) p_1 Y_1 = C + J + G$$

4) Bruttoinvestering  $J = I + D$  hvor  $I$  er nettoinvestering og  $D$  kapitalslit.

$$5) \text{Nettonasjonalprodukt } R = E - D$$

Ved å sette 2), 3), 4), 5) inn i 1) og ordne finner jeg:

$$6) R = C + I + G - p_2 Y_2 - p_3 Y_3$$

Nettonasjonalproduktet er her lik med konsum pluss investering pluss offentlig konsum minus  $p_2 Y_2$  som er verdien på det det ville koste å rense det skadelige utslipp, minus  $p_3 Y_3$  som er verdien på det det vil koste å resirkulere forbruket  $Y_3$ , av viktige ikke fornybare råvareressurser.

Sparing defineres som konsumunntatelse

$$7) S = R - (C + G)$$

Ved å sette inn for 6) finner vi:

$$8) S = I - p_2 Y_2 - p_3 Y_3$$

Ligning 6) og 8) gir ikke basis for i praksis å endre etablerte nasjonalregnskapsstørrelser. De er mer teoretiske uttrykk for hvorledes vi kan tenke oss viktige naturressurser og forerensinger over en gitt skadeskranke kan tas med i et verdiskapingsbegrep og i et sparebegrep.

Vi skal for oversiktens skyld lage en skisse over hvordan denne modellen inngår i nasjonalregnskapssystemet. For å forenkle dette skjemaet skal vi se bort fra den offentlige sektor, skatter, avgifter og subsidier, renter, utbytte og forskjellige typer overføringer. Vi har til nå sett bort fra utlandet og vi skal også gjøre det i dette skjemaet og vi skal videre se bort fra finansobjekter og bare konsentrere oss om realstrømmene. Oppsettet er av typen dobbelt bokholderi hvor her linjer og kolonner skal balansere i verdimål.

Fra figur 2 kjenner vi igjen de tre første kolonnene og de fire første linjene fra vår modell i verdimål. De tre første linjene skal balansere med de tilsvarende tre første kolonnene. Vi har så etter vanlig nasjonalregnskapsterminologi trukket inn inntektskonti. Linjen viser inntekt i form av primærinnsats. Utgiftsiden viser utgift til konsum og residualposten mellom disse, sparing føres på kapitalkonti (linjen).

Kolonnen for kapitalkonti har i første rubrikk leveranser av investeringsvarer (også lager) fra produksjonssektorene. Det kunne være aktuelt for vår behandling av natursektorer her å skille ut investering til produksjonssektoren, rensesektorene samt resirkuleringssektorene. I henhold til vår diskusjon av knapphetsbegrepet i kapittel I kunne det også være aktuelt å prøve å skille ut investering til de sektorer som driver ekstrahering av forskjellig slag. De neste to rubrikkene teller negativt og er henholdsvis verdimålet på utslipp av spillprodukter ( $Y_2$ ) og forbruk av råvareressurser ( $Y_3$ ). Kapitalslitet er ført negativt og i fratrekk fra bruttoinvesteringene får vi nå nettoinvesteringer. Dette legges så til realkapitalbeholdningen på åpningstidspunktet. Det er nå aktuelt å gjøre samme oppdeling av realkapitalen som den vi hadde for bruttoinvesteringene. Fra omvurderingskonti får vi nå inn prisendringer på realkapitalen og ved å legge til også dette får vi realkapitalen i avslutningsbalansekonti. I neste omgang summerer vi akkumulerte spillprodukter, den utslippsmengde vi har som resultat av tidligere utslipp opp til åpningstidspunktet, med utslipp av spillprodukter. Korrigert for omvurdering (prisendringer) får vi da akkumulerte spillprodukter i avslutningsbalansekonti. Det samme gjør vi med råvareressursene. Her vil omvurderingskonti være viktig fordi vi får tillegg ved oppdagelsen av nye råvareressurser og videre endring i beholdningen ved prisendringer og teknologiske

Figur 2.

Oversikt over nasjonalregnskapssystem med to natursektorer	Produksjonssektorer	Rensesektor	Resivkuleringssektor	Lønn Eierinntekt	Inntektskonti	Kapitalkonti	Åpningsbalansekonti	Omvurderingskonti	Avslutningsbalansekonti
Produksjonssektorer	Vareinnsats	Vareinnsats	Vareinnsats		Konsum	Bruttoinvestering			
Produksjon av spillprodukter	Spillprodukter	Spillprodukter	Spillprodukter			Utslipp av spillprodukter			
Innsats av råvareresurser	Råvareinnsats	Råvareinnsats	Råvareinnsats			Forbruk av råvareresurser			
Komponenter i bruttoproduktet	Lønn Eierinntekt Kapitalslit	Lønn Eierinntekt Kapitalslit	Lønn Eierinntekt Kapitalslit			Kapitalslit			
Inntektskonti				Inntekt av primærinnsats					
Kapitalkonti					Sparing		Realkapital Akkumulerte spilleprodukter <sup>1)</sup> Beholdning råvarer	Omvurdering for alle tre kategorier	Realkapital Akkumulerte spilleprodukter <sup>1)</sup> Beholdning råvarer
Åpningsbalansekonti						Realkapital Akkumulerte spilleprodukter <sup>1)</sup> Beholdning råvarer			
Omvurderingskonti						Omvurdering for alle tre kategorier			
Avslutningsbalansekonti						Realkapital Akkumulerte spilleprodukter <sup>1)</sup> Beholdning råvarer			

1) Se [20] for drøfting av utslipp av spillprodukter og mulige skadevirkninger som et spørsmål om beholdningsendringer. Hvis ikke utslipp hadde hatt slik beholdningskarakter så skulle de vært ført under inntektskonti som negativ størrelse.

endringer. Denne kolonnen for kapitalkonti skal nå balansere med linjen for kapitalkonti og vi får da at sparing er lik med nettoinvesteringer minus utslipp av spillprodukter (i verdi) og minus forbruk av råvareressurser (i verdi). Nettonasjonalproduktet blir også nå lik med konsum pluss nettoinvesteringer minus verdimålet av utslipp av spillprodukter og verdimål på forbruket av råvareressurser.

Denne modellen med egne rensesektorer og resirkuleringssektorer som virkemidler for å oppnå visse standarder for utslipp og råvareforbrukssiden er en vanskelig operasjoniserbar modell. I neste kapittel skal vi forenkles denne modellen hvor vi antar rensesektorer og resirkuleringssektorene bygget inn i kryssløpsstrukturen for alle andre produksjonssektorer. I første omgang ser vi også bort fra utslipp av spillprodukter. Kolonnen for rensesektor og resirkuleringssektoren samt linjen for produksjon av spillprodukter faller da bort. I forhold til nasjonalregnskapssystemet har vi nå igjen en rubrikk som viser innsats av råvareressurser til forskjellige produksjonssektorer som summerer seg opp til forbruk av råvareressurser som føres negativt under kapitalkonti.

### III. Et opplegg til kryssløpsanalyse med norske data

Kryssløpsmodeller brukes til planlegging på kort sikt og jeg vil her ta for meg hvorledes jeg i denne modellen kan koble til en submatrise hvor jeg vil få direkte anslag på hvor råvareintensive alternative økonomiske politikker vil være. Fra oversiktsskissen figur 1 vil det si å koble sammen de to høyre blokkene i det stiplete feltet slik at økonomiske resultater som en konsekvens også frembringer miljømessige resultater som også kan veie i den endelige totalvurdering i valg av alternativer.

Ved bruk av Byråets industristatistikk kan jeg først lage en tabell over bruken av disse råvarene i forskjellige produksjonssektorer. Som en illustrasjon vil jeg her lage tabeller over de viktigste råvarene jeg vil ta med. Å gjennomføre hele opplegget med gode talloppgaver for alle råvarene vil være et krevende dataarbeid. Jeg vil bare plukke ut kvikksølv av denne større tabell og bruke data-behandlingen her som bakgrunn for å drøfte vanskene ved å finne gode tall. De første tabellene vil ikke ha talloppgaver over kvikksølv, fordi det er så få bedrifter som bruker det at det er ikke lov å publisere tallene. For kvikksølvforbindelser vil det imidlertid være lov. I dette arbeidet har jeg måttet holde meg til publiserte kryssløpstabeller fra året 1964. Tallene fra industristatistikken er også fra 1964.

Hvis vi nå hadde alle tall i tabell 3 kunne vi benytte samme fremgangsmåte for analysen med råvarer som den som er benyttet i analysen i [1] kapittel 10. Det vil da si at vi for de forskjellige sektorene regner ut hvor mange tonn råstoff som er benyttet pr. mill.kr bruttoproduksjonsverdi og forutsetter disse størrelsene å være invariante overfor skalaendringer. Når produksjonsskalaen øker, så øker altså antall tonn råvareforbruk i et konstant forhold. Hvis vi skal si noe om realismen i disse konstante koeffisientene så kan vi gå til Sevaldsons<sup>1)</sup> undersøkelse av koeffisientene i kryssløpsmatrisen hvor det hevdes at teknisk utvikling virker sterkest på forbruket av sysselsettings kapital samt energi, mens forholdet mellom produktmengde og bruk av mellomprodukter ikke har endret seg stort siden krigen. Men de koeffisientene jeg opererer med er noe annerledes og jeg vil komme litt tilbake til en drøfting av dem.

$Z_{ij}$  råvareforbruk, norskprodusert og importert, målt i tonn av råvare i i sektor j.

$X_j$  bruttoproduksjonsverdi i mill.kr i sektor j målt i faste priser

$\lambda_{ij}^Z = \frac{Z_{ij}}{X_j}$  konstant koeffisient målt i tonn/mill.kr for  $i=1, 2, \dots, 16$ . og  $j=1, 2, \dots, 142$ .

$\lambda_{13,3130}^Z = 27,1$  for kvikksølvforbindelser råvarenummer 13 og sektor 3130 maling og lakkfabrikker.

$A^Z$  koeffisientmatrise for råvareressursbruken

$Y_i^Z$  råvareressurs i som går direkte til sluttlevering

1) [2].

Tabell 3. Tabellen skal gi en oversikt over den sektorvise bruk av de forskjellige råvarer. For dataarbeidet her som begrenser seg til kvikksølv er det bare et tall som det er lov å publisere

Råvarer <sup>1)</sup>	Input i de forskjellige sektorer				
	3119 kjemisk grunnindustri	3130 maling og lakk	3199 annen kjemisk ind.	3491 metallvalseverk	3791 akkumulator, glødelampe, elektroniske verksteder
1 jernmalm .....					
2 svovelkis ....					
3 titanmalm ....					
4 kopperkismalm					
5 sinkmalm .....					
6 blymalm .....					
7 krommalm .....					
8 manganmalm ...					
9 nikkel .....					
10 aluminiumoksyd					
11 råfosfat .....					
12 sulfat .....					
13 kvikksølv ....					
13 kvikksølvforbindelser ....		7 047 kg			
14 kull .....					
15 gass .....					
16 olje .....					

1) Denne råvarelisten bør jevnføres med andre klassifiseringer angående miljø som har vunnet terreng innen forurensingsproblematikken.

$Y^Z$  vektor for alle 16 råvarer

$Y_j$  sluttlevering fra sektor j.

Jeg vil benytte kryssløpsanalyse for å finne frem til hvor mye råstoff som inngår direkte i de forskjellige sektorer hvor jeg da får frem også råstoffbehov for de sektorer som ikke forbruker råstoff direkte, men som bruker innsatsvaren som har forbrukt råvarer i sin fremstillingsprosess.

Z er en 16 x 142 matrise

X er en vektor med 142 ledd over bruttoproduksjonsverdien i de forskjellige sektorer

$\Lambda$  er koeffisientene, kryssløpstabellen på matrisiform

Y er en vektor med 142 ledd som gir sluttleveringene fra de forskjellige sektorer

$$1) Z = \Lambda Z X + Y^Z$$

Invertering av kryssløpstabellen gir nå

$$2) X = (I - \Lambda)^{-1} \cdot Y$$

og 2) innsatt i 1) gir

$$3) Z = \Lambda Z (I - \Lambda)^{-1} Y + Y^Z$$



Jeg er nå interessert i å finne koeffisientmatrisen foran  $Y$ . Ut fra den kunne jeg f.eks. lese noe om sannhetverdien i utsagnet om at en forutsett stor vekst i servicenæringene vil av seg selv begrense veksten i fremtidig råvareforbruk. Denne matrisen vil gi oss bakgrunn for en ny tabell.

Tabell 4. Direkte og indirekte råvareforbruk ved øking i sluttleveringene på 100 mill.kr

Råvarer	Maling og lakk-fabr.	Annen kjemisk ind.	Plast-vare-ind.	Treskip bygg	Trykke-rier	Papir-vare-fabr.	Bygg og an-legg	Møbel-indu-stri	Embal-lasje*	Ren-gjøring
1										
2										
3										
kvikksølv										
kvikksølv-forbindelser	2 770,6 kg	1 584,7 kg	68,3 kg	63,6 kg	54,2 kg	48,8 kg	35 kg	35 kg	32 kg	11,1 kg
16										

\* ca. 30 flere sektorer med mindre enn 32 kg.

Til nå har vi operert med råvarer som inngår direkte i produksjonen i Norge og vi har ikke skilt mellom råvarer som er norskekstrahert og slike som er importert. Men vi har også lagt beslag på slike råvarer fra en annen kilde nemlig ved at vi importerer forskjellige varer som inneholder de forskjellige råvareressurser eller har lagt beslag på slike råvarer i sin fremstillingsprosess. Denne indirekte råvareimport skal vi forsøke å få tatt vare på ved å anta at slike importvarer som også blir produsert i Norge har lagt beslag på like mye råvarer som det som er oppført for den tilsvarende norske sektor i tabell 4. Ved de beregninger som har ført til det såkalte Leontiefs paradox har man benyttet seg av en tilsvarende forutsetning. Forutsetningen er grov og følgende feilmomenter kan nevnes:

- Varesammensetningen for importen er ikke helt lik den norske produksjon til tross for samme klassifisering.
- Produksjonsteknologien er forskjellig i utlandet. F.eks. vil vi ofte ha litt forskjellige energiinput da vi bruker mye vannkraft mens man utenlands bruker mer kull, gass og olje. Forskjellen kan skrive seg fra rent naturgitte forhold, eller kan være motivert ut fra forskjell i prisstruktur.
- Koeffisienten regnet ut for norske sektorer er basert på bruttoproduksjonsverdi i disse. Importstørrelsen vil inneholde momenter som prisene på verdensmarkedet og valutakursene.
- Metoden gir bare en "førsterunde" korreksjon for indirekte råvareimport. Hvis en sektor har stort indirekte råvareimportinnhold vil ikke dette komme med i koeffisientene i  $\Lambda^{ZB}$ , og følgelig underverdes den indirekte import av råvarer i sektorer som bruker direkte og indirekte disse importvarer.

Metodesvakheten er påpekt og i det følgende viser jeg hvordan modellen kan utbygges til også å ta med denne indirekte råvareimport.

$Z_i^B$  indirekte råvareimport  $i=1, \dots, 16$

$\lambda_{ij}^B$  den koeffisienten som er regnet ut for norske sektorer og som vi finner i tabell 4 brukt på importen.

$B_j$  importmengde  $i$  verdi av vare  $j$ .

$Y_j^B$  importmengde av vare  $j$  til sluttleveringer.

$Z_j^B = \lambda_{ij}^B \cdot B_j$  og på matriseform

$$4) Z^B = \Lambda Z^B \cdot B$$

Vi har videre at

$$B = \Lambda^B X + Y^B$$

$$5) B = \Lambda^B (I - \Lambda)^{-1} Y + Y^B$$

5) innsatt i 4) gir

$$6) Z^B = \Lambda Z^B \Lambda^B (I - \Lambda)^{-1} Y + \Lambda Z^B \cdot Y^B$$

Ved å legge dette til det tidligere uttrykk for Z, (relasjon 3), har vi nå samlet

$$7) \begin{pmatrix} Z \\ Z^B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \Lambda Z (I - \Lambda)^{-1} Y + Y^Z \\ \Lambda Z^B \Lambda^B (I - \Lambda)^{-1} Y + \Lambda Z^B Y^B \end{pmatrix}$$

Vi får nå at tabell 4 må utvides til også å inneholde denne indirekte råvareimport.

Tabell 5\*.

	Råvarer	1	2	.	.	.	.	.	.	142
	1									
	1 <sup>B</sup>									
	2									
	2 <sup>B</sup>									
	3									
	3 <sup>B</sup>									
	kvikksølv									
	indirekte kvikksølvimport									
	kvikksølvforbindelser									
	indirekte kvikksølvforbind. import									
	16									
	16 <sup>B</sup>									

\* Jeg har ikke brydd meg med å fylle ut denne tabellen da jeg her legger mest vekt på det prinsipielle.

Ingeniørdata fra utlandet kan hjelpe oss til bedre anslag på denne indirekte råvareimport. Her kunne en konsentrere seg om å samle allerede tilgjengelige data. F.eks. fra USA er det foretatt en grundig undersøkelse over gjennomsnittsbilens ressursbruk.

Stål	1 149,4 kg	} for å jevnføre dette med analysen foran måtte vi her hatt et anslag på hvor mye jernmalm dette ville utgjøre
jern	232,2 kg	
kopper	14,5 kg	
sink	24,5 kg	
aluminium	23,0 kg	
bly	9,3 kg	

I USA er det også i gang et utredningsarbeid for å kartlegge ressursbruken bak de forskjellige varene ved kryssløpsanalyse og resultatene herifra ville være av stor verdi ved kartlegging av indirekte råvareimport. I en United Nations rapport er det understreket betydningen av å lage verdenskryssløpet<sup>1)</sup> nettopp for tilsvarende formål som jeg her har fremsatt.

1) Fra skriv i Byrået er det kommet frem at man er ikke særlig optimistisk m.h.t. en gjennomføring av dette.

Kryssløpsanalysen inneholder også ofte inndeling av sluttleveringene i forskjellige kategorier.

$Y_{ij}^*$  er sluttlevering av type j fra sektor i

$Y_j^*$  totale sluttleveringer av type j

$\lambda_{ij}^Y = \frac{Y_{ij}^*}{Y_j^*}$  konstante sluttleveringskoeffisienter

$Y^*$  er vektor for i=294 sluttleveringer

$\Lambda^Y$  er sluttleveringsmatrisen

$\lambda_{ij}^{ZY} = \frac{Y_{ij}^Z}{Y_j^*}$  hvor  $Y_{ij}^Z$  er råvare i levert til sluttleveringspost j.

Vi har sammenhengen med den foregående  $Y$ ,  $Y^Z$  og  $Y^B$ .

$$Y = \Lambda^Y \cdot Y^*$$

$$Y^B = \Lambda_{BY} \cdot Y^*$$

Dette gir nå resultatet

$$\begin{pmatrix} Z \\ Z^B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \Lambda_Z (I - \Lambda)^{-1} \Lambda^Y + \Lambda_{ZY} \\ \Lambda_{ZB} \Lambda^B (I - \Lambda)^{-1} + \Lambda_{ZB} \Lambda_{BY} \end{pmatrix} \cdot Y^*$$

Jeg har ved dette funnet hvordan råvareressursene fordeler seg på forskjellige sluttleveringskategorier og jeg kan ut fra dette lage en tabell hvor vi kan avlese hvilken øking forbruket av de forskjellige råvareressursene vil få ved øking i de respektive sluttleveringer på 100 mill.kr. Her blir også tall for kvikksølv tatt med (se tabell 6).

Hvis vi skal tolke denne tabellen vil det være feil å si at vi her for eksportøking på 100 mill.kr. for frem hvor mye kvikksølv som sendes ut av landet. Her har vi nemlig bare fått frem hvor mye mer råstoff som trenges ved en øking på 100 mill.kr og ingenting er sagt om hvor mye som lekker ut i hvert ledd som forurensing og hvor mye av dette som igjen blir resirkulert. Først når vi visste dette kunne vi få slått fast hvor mye råstoff som var inkorporert i en sluttleveringsøking.

Fra [1] har vi data for kvikksølvutslipp. Her viser det seg at ikke noen av de sektorer som er registrert som direkte forbrukere av kvikksølv etter industristatistikken er registrert med kvikksølvutslipp.<sup>1)</sup> Sektorene jordbruk og skogbruk samt andre kunstgjødsselfabrikker og råmetallverk ellers som har utslipp på 1 tonn, 2 og 1 tonn er alle bare mottakere av produkter fra de som direkte bruker kvikksølv i sin produksjon.<sup>2)</sup> På grunnlag av disse data kan vi regne ut hvor mye kvikksølv som i alt slippes ut som spillprodukt ved en øking av eksporten på 100 mill.kr. Resultatet viser at ca. 12 kg vil bli sluppet ut til jord, luft og vann. Hvis vi antar at vi nå kan summere kvikksølv og kvikksølvforbindelser som et mål på totalt kvikksølvforbruk så vil vi få at differansen mellom denne sum og utslippet,

1) Kilde [5] side 137 viser at i USA er kvikksølvutslippene stort sett fra klorprodusenter.

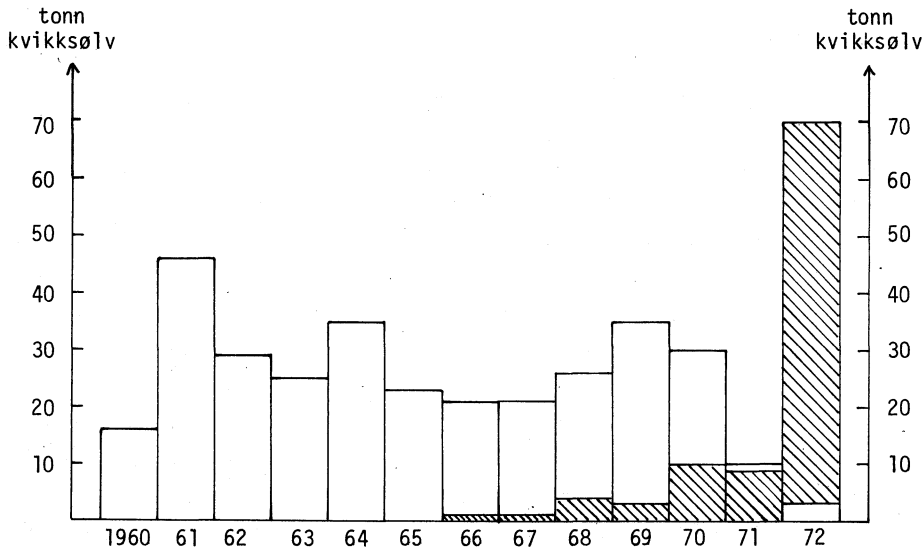
2) Etter industristatistikken.



vi spesielt plukke ut de to bedrifter av de 52 som bruker kvikksølv og bygge ut kryssløpsmatrisen med disse nye bedriftene. Vi vil altså kunne forbedre analysen ved å foreta en sektorinndeling som tjener våre formål og det vil da bestå i å disaggregere visse sektorer<sup>1)</sup>.

Dette kan imidlertid være upraktisk hvis vi fra før av har en svært disaggregert modell. Vi kan neppe forvente at det er realistisk å bygge forskjellige kryssløpsmodeller alt etter hvilken råvare vi analyserer. En annen fremgangsmåte ville da være i kvikksølvksemplet å undersøke prosessene til de to sektorene i kjemisk grunnindustri som bruker kvikksølv for å kartlegge utslipp, resirkulering og hvor mye kvikksølv som er inkorporert i deres produkter. Når vi vet dette og fra industristatistikken kan finne hvilke sektorer som mottar kvikksølv (nå inkorporert i varene) kan vi si at vi har redusert feilkilden i analysen ved å gå ett trinn videre før vi kobler råvareforbruket til kryssløpet. Problemet vil nå være å få tilstrekkelig informasjon om prosesser (vi nevnte foran Peskins forslag i denne sammenheng) og det viser seg at for endel av de råvarer vi er interessert i vet bedriftene selv hvor mye de bruker, slipper ut som spillprodukter og resirkulerer (opplysning hentet fra et seminar om materialstrømanalyser hvor representant fra Det Norske Zinkkompaniet hevdet at alle større produsenter hadde slike data).

I industristatistikken var det oppgitt at i hele industrien fire bedrifter brukte kvikksølv, og de brukte tilsammen 31 tonn. Vi importerer alt kvikksølvet slik at vi kan bruke handelsstatistikken som en kontroll på de tallene som er oppgitt i industristatistikken. For året 1964 har vi en kvikksølvimport på 35 tonn, altså en differanse på 4 tonn mellom import og forbruk. Dette kan være lageroppbygg. Jeg kan få en oversikt over kvikksølvforbruket ved å se på importen i 60 åra.



Skravert felt markerer eksporten og høyden på søylene angir mengde eksportert eller importert henholdsvis for skraverte og uskraverte søyler.

Gjennomsnittsimporten fra 1960-1970 er på 26,5 tonn. Det vil da si at totalforbruket på 31 tonn i 1964 kommer til å ligge imellom importen det året på 35 tonn og gjennomsnittsimporten over perioden 60-70 på 26,5 tonn. En nettoeksport i 72 på 63 tonn kvikksølv kan se rart ut da vi ikke selv produserer kvikksølv. Heller ikke kan vi ha hatt noe betydelig lageroppbygging i 69-70 da forbruket her ligger helt opp til gjennomsnittsimporten og for året 71 er nettoimporten bare 1 tonn slik at vi her må ha en tæring på tidligere opparbeidde lagre. Noe av forklaringen ligger i at kvikksølv slik det her benyttes i produksjonen ikke går til spille, men at det i stor grad resirkuleres eller at det bare forbrukes i små mengder på likefot med kapitalslit for kapitalgjenstander. Dermed har vi hatt en kumulativ effekt av kvikksølv i produksjonen. For 1972 er oppgitt mengde kvikksølvforbruk betydelig redusert og forklaringen er da at større produsenter har gått bort fra å bruke kvikksølv og eksporterer så det som er kumulert ved siden av det som er lagret.

1) Ayres har uttalt at det kan være hensiktsmessig å disaggregere noen og aggregere andre.

#### IV. Et opplegg til sammenkobling med MODIS III

I det påfølgende skal vi utvide kryssløpsmodellen slik at det blir MODIS III som blir vårt analyseverktøy. Jeg vil ikke her gå så nøye inn på alle de relasjoner som er med i den, men bare henviser til [3]. De relasjoner som direkte angår mitt arbeid vil jeg trekke frem, og videre vil jeg begrunne nærmere de tilføyelser jeg gjør til modellen til bruk i denne oppgaven. Vi skal bruke de samme størrelser som vi tidligere har innført bare at vi nå skal arbeide med tilvekster fra et basisår til et beregningsår.

$\Delta X^e$	matrise for endring i nivået på etterspørselsgenerert bruttoproduksjonsverdi
$\Delta X^*$	matrise for endring i nivået på produksjonen for de sektorer som har eksogene produksjonsanslag
$\Gamma_e$	matrise som i sin diagonal har 1-ere for alle de sektorer som ikke har eksogene produksjonsanslag og nuller overalt ellers
$\Delta L^*$	endring i produksjon til lager, eksogent gitt
$\Delta L_Z^*$	endring i produksjon til lager av råvarer
$\Delta Z^e$	matrise som viser endring i nivået på etterspørselsgenerert råvareforbruk målt i tonn. Vi skal her operere bare med en Z verdi og anta at den inneholder både direkte råvareforbruk og den indirekte råvareimport ( $Z^B$ )
$\Delta Z^*$	matrise som viser endringer i råvareforbruket for de råvarer hvor vi har eksogene anslag
$\Gamma_{eZ}$	en diagonalmatrise som har 1-ere for alle sektorer som har etterspørselsgenerert råvareforbruk og 0-er overalt ellers
$\Delta C_{end}$	matrise for endogen konsumendring som følge av øking i produksjon med påfølgende inntektsøkning

$$1) \quad \Delta C_{end} = F_1 \Delta X + F_2$$

$$F_1 = \frac{1}{1 + \Delta p_C} \left[ \alpha \left( \frac{\Delta W}{1 + \Delta q} \Lambda_W (1 - t_m) + 1_{142} \Lambda_W (1 - t_G) - \frac{\Delta q}{1 + \Delta q} \Lambda_W (1 - t_G) \right) + \beta \Delta p_R \Lambda + 1_{142} \Lambda_R \right]$$

Denne relasjon finnes i [3] og jeg vil bare ganske kort oppsummere betydningen av de forskjellige størrelsene som inngår her.

$\Delta p_C$	står for relativ endring i konsumprisindeksen
$\alpha$ og $\beta$	er henholdsvis lønnstakernes og entreprenørenes konsumtøylighet
$\Delta W$	står for relativ endring i lønnsnivå
$\Delta q$	står for relativ endring i produktivitet
$t_m$ og $t_G$	står for henholdsvis marginalsatt og gjennomsnittssatt
$\Delta p_R$	står for relativ endring i entrepenørinntekt

Hele uttrykket er forøvrig på matriseform.

$F_1$  og  $F_2$  er matriser som avhenger av prissystemets løsninger som er predeterminert i dette systemet. Prissvridningseffekten på konsumet blir sløffet da de er predeterminert og er tatt vare på i eksogene konsumanslag,  $\Delta Y^*$ .  $F_1$  inneholder videre de faktorer som i hovedtrekk bestemmer effekten av inntektsøkningen på konsumet:

- i) Endring i konsumprisindeks
- ii) Marginalsatt og gjennomsnittssatt og hvor mye av lønnsøkningen som rammes av hver av dem
- iii) Fordeling av inntektsøkning på lønnsinntekt og eierinntekt

$$2) \quad \Delta C = \mu \Delta C_{\text{endogent}}$$

Total konsumøkning ( $\Delta C_{\text{end}}$ ) fordeler seg på de forskjellige konsumposter ( $\Delta C$ ) bestemt av  $\mu$  som er engelderiverte.

$$3) \quad \Delta X^e = \Lambda \Delta X + \Lambda_Y \Delta Y^* + \Lambda_C \Delta C + \Delta L^*$$

$$4) \quad \Delta X = \Gamma_e \Delta X^e + \Delta X^*$$

$$5) \quad \Delta Z^e = \Lambda_Z \Delta X + \Lambda_{ZY} \Delta Y^* + \Delta L_Z^*$$

$$6) \quad \Delta Z = \Gamma_{eZ} \Delta Z^e + \Delta Z^*$$

Ved å løse med hensyn på  $\Delta X$  og bare eksogene størrelser på høyresiden får vi av 1) 2) 3) 4):

$$\Delta Z = \frac{\Gamma_{eZ} \Lambda_Z}{1 - \Gamma_e (I - \Lambda \Gamma_e)^{-1} \mu F_1} [\Gamma_e (I - \Lambda \Gamma_e)^{-1} (\Lambda_Y \Delta Y^* + \mu F_2 + \Lambda \Delta X^* + \Delta L^*) + \Delta X^*] + \Gamma_{eZ} (\Lambda_{ZY} \Delta Y^* + \Delta L_Z^*) + \Delta Z^*$$

Ut fra dette uttrykket med anslag på alle de eksogene størrelsene vil vi få tallfestet råvareforbruket i den submatrisen vi har koblet til.

Jeg skal nå forsøke på en enkel måte å vise hvordan behandlingen av et gap mellom etterspørsels-generert råvareforbruk og eksogent bestemt råvaretilgang kan bli i modellen. Det eksogene anslag på tilgangen blir basert på den råvaretilførsel vi kan forvente ut fra kapasiteten i ekstraheringssektoren og importmuligheten. Dette blir da en behandling av at råvaretilførselen setter en skranke i modellen<sup>1)</sup>. I MODIS III er ikke kapasitetsgrenser brakt endogent inn i modellen, men produksjonsnivået i endel sektorer er bestemt eksogent som uttrykk for kapasitetsgrenser. Jeg skal altså finne frem til hvordan jeg kan utligne følgende differanse:

$$\text{slik at } \Delta Z^e - \Delta Z = \delta$$

$$\delta = 0$$

Setter inn fra 5) og 6) i denne ligningen og finner:

$$(1 - \Gamma_{eZ}) \Lambda_Z \Delta X + (1 - \Gamma_{eZ}) \Lambda_{ZY} \Delta Y^* + (1 - \Gamma_{eZ}) \Delta L_Z^* = \Delta Z^* + \delta$$

Uttrykket  $(1 - \Gamma_{eZ})$  foran alle ledd på venstre siden vil si at vi får nuller i matrisen for alle de sektorer hvor vi ikke har eksogene anslag slik at matrisen på venstre side bare blir inneholdende de råvarer hvor vi har eksogene anslag. Ved å sette inn for  $\Delta X$  får vi:

$$\delta = \Delta Z^* - \frac{(1 - \Gamma_{eZ}) \Lambda_Z}{1 - \Gamma_e (I - \Lambda \Gamma_e)^{-1} \mu F_1} [\Gamma_e (I - \Lambda \Gamma_e)^{-1} (\Lambda_Y \Delta Y^* + \mu F_2 + \Lambda \Delta X^* + \Delta L^*) + \Delta X^*] + (1 - \Gamma_{eZ}) \Lambda_{ZY} \Delta Y^* + (1 - \Gamma_{eZ}) \Delta L_Z^*$$

Vi skal nå ut fra denne kort drøfte hvilke eksogene anslag vi kan endre på for å få at  $\delta = 0$  som igjen vil si at vi utligner differensen mellom tilgang og etterspørsel. Vi antar da at  $\Delta Z^*$  som er tilgangen er gitt og ikke endres.

i) For det første vil vi ha at en slik knapphet som vi her tenker oss vil føre til en ny tilpassings-situasjon for produsenten (eks. økt pris på disse råvarer) som gjerne vil føre til at koeffisientene i kryssløpsstrukturen endres. Vi får substitusjoner til andre råvarer. Vi må da først forsøke å skaffe oss en oversikt over disse endringer og hvilket utslag de har på ressursbruken og dersom da ligningen fremdeles sier at vi ikke kan dekke ressursbruken så kan vi fortsette analysen da med den nye koeffisientstrukturen.

1) Dette kan da grunne seg på noe av det vi tok opp i kapittel I. om problemene med å koordinere tilgang og anvendelse.

- ii)  $\Delta L_2^*$  som er råvarer tilført lager kan endres til å bli en negativ størrelse dersom vi fra før av har lagerbeholdning å tære på. Samlet oversikt over alle lagerbeholdninger blir derfor vesentlig i ressursforvaltningen.
- iii) En sannsynlig prisøkning vil i noen grad bli ivaretatt av prisanalysen og kan gi seg utslag i endring i konsummønsteret (bestemt av priselastisiteter). Dette vil da medføre at den delen av  $\Delta Y^*$  som er predeterminert fra prisanalysen vil få visse endringer mot et mindre ressursintensivt konsumsjonsmønster.
- iv)  $\Delta Y^*$  inneholder også offentlig konsum som direkte kan endres for å begrense ressursbruken. Likeså vil vi i  $\Delta Y^*$  finne både offentlige og private investeringer hvor det kan benyttes indirekte virkemidler for å begrense ressursbruken.
- v) Direkte rasjonering kan også komme på tale for å få regulert det mest ressurskrevende forbruket. Rasjoneringsteori vil da danne en bakgrunn for å anslå det forbruksmønster som vil vokse frem som en konsekvens av rasjoneringen.
- vi) Noen sektorer  $\Delta X^*$  har eksogene produksjonsanslag og vi kan i sin tur endre dem som en følge av påtvunget rasjonering. En slik rasjonert tilførsel til produksjonsektorene må følge en nøye gjennomtenkt prioriteringsliste hvor mange hensyn må telle med.

Hensikten med koblingen til MODIS III har vært å vise at modellen kan hjelpe oss til å holde styr på et stort nettverk av sammenhenger, og hvore blant annet multiplikatoreffekten av etterspørselsendringer er med. Vi kan derved også spore konsekvensene av forskjellige tiltak i ressursforvaltningen. Det er i denne forkortede versjon av modellen vist at den kan belyse slike ting som prisutvikling, endring i inntektsfordelingen og endring i det private konsum.



- [ 1 ] Langtidsprogrammet 1974-1977  
Spesialanalyse 1. Forurensingen
- [ 2 ] Thonstad, T: Innføring i kryssløpsanalyse  
Memo 25/10-73
- [ 3 ] Artikler nr. 24 Statistisk Sentralbyrå, Bjerkeholt, O:  
Ligningssystemet i den økonomiske modell MODIS III, 1968
- [ 4 ] Artikler nr. 52 Statistisk Sentralbyrå, Peskin, HM:  
National Accounting and the Environment. 1972
- [ 5 ] "Long term program in environmental pollution control in Europe"  
Regional Office For Europe  
World Health Organisation  
Copenhagen
- [ 6 ] Robert U Ayres and Allen V. Kneese:  
Production, Consumption and Externalities
- [ 7 ] K.E. Boulding: The Economics of the Coming Spaceship Earth i H. Jarret ed. Environmental Quality  
in a growing Economy, Baltimore 1966 pp 3-14
- [ 8 ] United Nations Steps towards a system of environmental statistics  
CES/SEM 6/2  
ENV/SEM 1/2  
4. sept. 1973
- [ 9 ] Herfindahl OC: Copper Costs and Prices, 1880-1957  
John Hopkins Press, Baltimore (1959)
- [10] Problems connected with the supply of ores metals and energy  
EC.AD/SEM. 1/R.5
- [11] Openpit Mining  
Among B. Lovins
- [12] Resources and Man  
Commitee on Resources and Man  
National Academy of Sciences
- [13] D.H. Meadows: The Limits to Growth
- [14] Basic theoretical Issues of Resource Depletion  
Journal of Economic Theory 6 1973
- [15] Barnett H.J: The myth of vanishing resources  
Trans. Social Sciences & Modern Society  
June 1967 pp 7-10
- [16] Barnett H.J. and C. Morse: Scarcity and Growth. Resources for the Future  
Baltimore: John Hopkins Press
- [17] Dasgupta & Heal: Optimal Depletion  
The Review of Economic Studies,  
Symposium 1974
- [18] Strøm. S: Economic Growth and Biological Equilibrium.  
Swedish Journal of Economics, 1973, pp 164-175
- [19] Weinstein M.C og Zeckhauser R.J:  
Use Patterns for Depletable and Recycleable  
Reources  
The Review of Economic Studies  
Symposium 1974
- [20] Haavelmo, T: Forurensinger i en samfunnsøkonomisk modell  
Sosialøkonomen nr. 4-71