

# Interne notater

STATISTISK SENTRALBYRÅ

85/37

17. oktober 1985

**ALTERNATIVE UTFORMINGER AV EN ETTERSPORSELSMODELL FOR SKOGVARER.  
ESTIMERINGER BASERT PÅ RESSURSREGNSKAPET FOR SKOG 1970 - 1982.**

av

Erik Næsset og Asbjørn Aaheim

## INNHold

	side
1. Innledning .....	1
2. Problemstillingen .....	2
3. Modeller .....	5
3.1. Den generelle modellen .....	5
3.2. Valg av funksjonsform .....	7
3.3. Tilnærming av modellen til tilpasningen i skogsektorene .....	9
4. Data .....	11
4.1. Mengdedata .....	11
4.2. Prisdata .....	12
5. Resultater .....	12
5.1. Innledning .....	12
5.2. Kommentar til resultatene .....	13
5.3. Avsluttende merknader .....	15
Vedlegg	
I. Den generelle modellen .....	31
II. Valget av funksjonsformer .....	34
III. Om treghet i tilpasningen .....	38
IV. Kostnadsfunksjonen på kort sikt .....	40
Referanser .....	42

Statistisk sentralbyrå



018457VL0

## 1. INNLEDNING.

Gruppe for Ressursregnskap i Statistisk Sentralbyrå har to ganger tidligere laget framskrivninger av ressursregnskapet for skog (Lindseth (1980) og Kristoffersen og Aaheim (1983)). Det kan også bli aktuelt å lage slike framskrivninger senere dersom Miljøvern-departementet eller Landbruksdepartementet ber om det.

Ved beregningene i 1980 og 1985 ble den langsiktige, økonomiske planleggingsmodellen MSG brukt til å anslå framtidig økonomisk vekst. Det framtidige virkesbehovet ble så beregnet med utgangspunkt i sektorfordelt økonomisk vekst og tall fra ressursregnskapet for skog. Det har vært understreket at slike framskrivninger bygger på en rekke forutsetninger om økonomisk vekst, sektorutvikling, virkesbruk pr. produsert enhet osv. Usikkerheten ved beregningene har derfor vært betydelige. Særlig har det vært pekt på at det i de to framskrivningene ikke i tilstrekkelig grad ble tatt hensyn til substitusjon mellom skogvarer. En studie av substitusjon mellom ulike skogvarer krever imidlertid lange tidsserier, noe som ikke var tilgjengelig da de to framskrivningene ble foretatt. Ressursregnskapet for skog foreligger nå for hvert år fra og med 1970 til og med 1982. I dette notatet er formålet å teste ulike utforminger av en etterspørselsmodell for skogvarer med sikte på å forklare utviklingen i sammensetningen av etterspørselen fra 1970 til 1982. I utgangspunktet vet vi lite om hvordan endringer i relative priser, teknisk endring, treghet i tilpasningen osv. påvirker sammensetningen av trevarebruken. Vi har derfor testet flere modeller, bl.a. ved at vi har undersøkt virkningen av å gruppere innsatsfaktorene i skogsektorene på forskjellige måter (ulike separabilitetsforutsetninger). Resultatene bør senere kunne brukes hvis en vil løse på de strenge forutsetningene om faste forhåndstall mellom ulike skogvarer som er gjort ved tidligere framskrivninger.

Det må understrekes at resultatene er avhengige av kvaliteten på datamaterialet. Observasjonsperioden er relativt kort, og vi vet at dataene er beheftet med svakheter. Analysen vil derfor også kunne gi indikasjoner på hvilke poster i regnskapet som bør forbedres. Resultatet av estimeringene må vurderes i lys av disse svakhetene.

I avsnitt 2 er det nærmere redegjort for problemstillingen. Avsnitt 3 redegjør kort for modellene som er brukt. Avsnitt 4 inneholder en kort diskusjon av datamaterialet. Resultatene og diskusjon av disse er gitt i avsnitt 5. En mer detaljert beskrivelse

av modellene og ulike forutsetninger i estimeringene er gitt i vedleggene I - IV.

## 2. PROBLEMSTILLINGEN.

Figur 2.1 gir en oversikt over de viktigste varene og sektorene i skogregnskapet. Sektorene er inndelt i omformingssektorer og brukersektorer. I regnskapet er det i alt seks omformingssektorer, og det inneholder 10 varer, heretter kalt skogvarer. Varen brensel er utelatt i figuren.

I omformingssektorene, som utelukkende er industrielle produksjonssektorer, foredles trevirke til sju trebaserte halvfabrikata og ferdigprodukter. I hver enkelt av sektorene er det spesifisert hvor mye som går inn som råstoff og hvor mye som kommer ut som produkt. I figur 2.1 står "-" for at en vare brukes som innsatsfaktor i vedkommende sektor, og "+" for at varen er et produkt i sektoren.

Figur 2.1. De viktigste varene og sektorene i ressursregnskapet for skog. "-" betegner innsats. "+" betegner produkt.

S e k t o r		V a r e								
		Sag- tømmer	Masse- virke	Sekun- dær- virke	Tre- last	Spon- plater	Tre- fiber- plater	Tre- masse	Cellu- lose	Papir og kart.
Omform- ings- sektorer	Saging og høvling...	-		+	+					
	Sponplater		-	-		+				
	Trefiber- plater....		-	-			+			
	Tremasse..		-	-				+		
	Cellulose. Papir og kartong...		-	-					+	
Bruker- sektorer	Bygnings- artikler o. a. tre- varer.....				-	-	-			
	Monterings ferdige				-	-	-			
	trehus....				-	-	-			
	Møbler og innredning Bygg og anlegg....				-	-	-			

Regnskapet viser også bruken av skogvarer utover den trebaserte vareinnsats som finner sted i de definerte omformingssektorene. Denne bruken finner sted i brukersektorer, som enten er produksjonssektorer eller rene forbrukssektorer. Hovedproduktet i disse sektorene er andre varer enn de definerte skogvarene. I alt er det 13 slike sektorer i regnskapet, men bare de fire viktigste med tanke på bruk av trelast og plater omfattes av denne analysen og inngår i figuren.

Hovedtrekkene i regnskapets varestrøm er at sagtømmer blir omformet til trelast og sekundærvirke (flis) i sektoren saging og høvling. Sekundærvirke som er et biprodukt, blir sammen med massevirke brukt til produksjon av plater, tremasse og cellulose. Tremasse og cellulose blir i sin tur anvendt i produksjon av papir og kartong. Samtlige omformingssektorer i figur 2.1, med unntak av saging og høvling, inngår i denne analysen, og figuren viser at skogvarene massevirke, sekundærvirke, tremasse og cellulose inngår som vareinnsats i disse omformingssektorene.

I brukersektorene anvendes skogvarer som trelast og plater i produksjonen av f.eks monteringsferdige trehus, bygningsartikler og møbler, og i bygg- og anleggssektoren.

Brukersektorene er viktige brukere av skogvarene, men i disse sektorene er betydningen av skogvarene som vareinnsats varierende. Her er også andre innsatsfaktorer som gipsplater, betong etc., alternativer til skogregnskapets varer. Ved å fokusere bare på skogvarene vil analysen lett bli mangelfull, noe som eventuelt vil vise seg i resultatene. Imidlertid har en valgt å holde seg utelukkende til skogregnskapets varer da det ville krevd en betydelig merinnsats å skaffe pålitelige data for alternative varer. Tre skogvarer er derfor representert som innsatsfaktorer i brukersektorene. Disse er trelast, sponplater og trefiberplater (jf. figur 2.1).

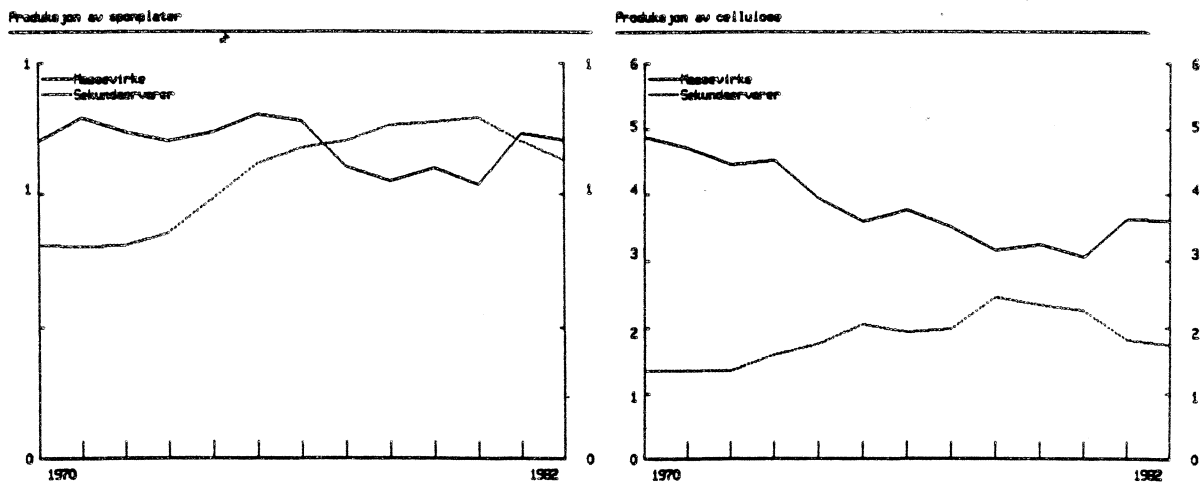
Bygge- og anleggssektoren er spesielt problematisk. Den bruker en stor andel av den totale produksjonen av trelast og plater som innsatsfaktor, men disse varene utgjør kun en liten del av den totale vareinnsatsen i sektoren (se Kristoffersen og Næset (1985)). I tillegg kommer at sektoren består av en rekke ulike aktiviteter, f.eks. boligbygging og vannkraftutbygging. Det betyr at det kan eksistere mange ulike produktfunksjoner innen sektoren, der vektfordelingen mellom de ulike aktivitetene varierer over tid. Skal vi estimere etterspørselsrelasjoner etter skogvarer i bygge- og anleggssektoren må det derfor settes høye krav til datamateriale og modell-

spesifikasjon.

Ved de tidligere beregningene av framtidig forbruk av skogvarer har det vært antatt at den fysiske mengden av skogvarer til vareinnsats har økt proporsjonalt med økningen i total vareinnsats i hver sektor. En har med andre ord forutsatt faste innsatskoeffisienter eller fabrikkasjonskoeffisienter. Tallene for total, framtidig vareinnsats ble hentet fra MSG-beregninger.

Ressursregnskapet for skog 1970 - 1982 viser imidlertid at det til dels er store endringer i fabrikkasjonskoeffisientene over tid. Figur 2.2 viser endringer i fabrikkasjonskoeffisientene for sekundærvirke og massevirke i sponplatesektoren og i cellulosesektoren. Mens endringene i cellulosesektoren synes systematiske over tid, er det vanskeligere å se en trend i sponplatesektoren.

Figur 2.2. Fabrikkasjonskoeffisienter for massevirke og sekundærvirke i to sektorer 1970 - 1982.  $m^3$  pr. tonn.



Utgangspunktet for denne analysen er å undersøke om tradisjonelle økonomiske etterspørselsanalyser, anvendt på ressursregnskapet for skog, kan gi en forklaring på de observerte endringene i fabrikkasjonskoeffisientene. Dette vil bl.a. avhenge av om de modellene vi benytter er i stand til å fange opp sammenhengene mellom priser og etterspurt kvantum på en tilfredsstillende måte sammen med spesielle trekk ved tilpasningen som treghet og innføring av ny teknikk. Vi har likevel prøvd å unngå at modellene blir store og

kompliserte, både fordi de fort blir vanskelige å forklare og vanskelige å bruke, og fordi tidsserien på 13 år ikke tillater at det blir estimert for mange parametere. En måte å begrense omfanget av modellen på er å anta ulike former for separabilitet mellom innsatsfaktorene. Dvs. at en grupperer innsatsfaktorene slik at faktorforholdet mellom varene innen en av gruppene ikke kan antas å bli påvirket av relative prisendringer innen en annen gruppe. Ved å gjøre slike forutsetninger kan en begrense antallet innsatsfaktorer i etterspørselsfunksjonene. Siden etterspørselsstrukturen i skogsektorene er ukjent på forhånd, har vi likevel funnet det nødvendig å prøve oss fram med forskjellige modeller.

### 3. MODELLER.

#### 3.1. Den generelle modellen.

Etterspørselsfunksjonen for faktorinnsatsen i en sektor kan utledes av produktfunksjonen i sektoren og produsentens tilpasningsbetingelser. Generelt kan vi skrive faktoretterspørselsfunksjonene som

$$(3.1) \quad v_i = v_i(q, p_1, \dots, p_n)$$

der  $v_i$  er mengde innsats av faktor  $i$ ,  $p_1, \dots, p_n$  er faktorprisene og  $q$  er produktprisen. Prisene på alle de  $n$  faktorene som inngår i produksjonsprosessen er i prinsippet representert i (3.1). I skogsektorene utgjør skogvarene bare en del av faktorinnsatsen. Med ressursregnskapet for skog som datakilde er det ikke mulig å estimere (3.1) uten at det gjøres spesielle forutsetninger om etterspørselsstrukturen i disse sektorene.

Under visse forutsetninger om separabilitet mellom grupper av innsatsfaktorer kan noen priser utelates fra etterspørselsfunksjonene. En skiller mellom streng og svak separabilitet. Streng separabilitet mellom f.eks. 3 grupper av innsatsfaktorer A, B og C innebærer at en vridning i prisforholdene innen gruppe A ikke påvirker faktorforholdet mellom gruppe B og gruppe C. Svak separabilitet innebærer at en slik prisvridning innen gruppe A endrer faktorforholdet mellom gruppe B og C, mens faktorforholdene innen gruppe B og C er uendret.

Ved å anta separabilitet, homotetiske kostnadsfunksjoner og konstant utbytte mhp. skalaen, kan etterspørselsfunksjonen i visse tilfelle skrives som

$$(3.2) \quad v_i = h(x)g_i(P^s) \quad \text{for } i \in s$$

der  $g_i$  er den deriverte av kostnadsfunksjonen mhp. faktorpris  $i$ , og  $P^s$  betegner faktorprisene i gruppe  $s$ , f.eks. skogvarer.  $x$  er produksjonsmengden. I vedlegg I er det gitt en mer detaljert beskrivelse av de forutsetningene som leder til (3.2).

Utgangspunktet for denne studien er som nevnt framskrivninger som tidligere er gjort med bakgrunn i MSG-beregninger. Dersom en etterspørselsanalyse skal være til hjelp ved framskrivninger av den typen som er gjort tidligere, må en ta hensyn til inndelingen av innsatsfaktorene i MSG. For en utfyllende beskrivelse av MSG, se Bjerkholt, Longva, Olsen og Strøm (1983).

Vareproduksjonen i MSG er i prinsippet beskrevet som en funksjon av fire grupper av innsatsfaktorer:

- arbeid (L)
- kapital (K)
- vareinnsats (M)
- energi (U)

Det antas at produktfunksjonen er homotetisk, og den duale kostnadsfunksjonen kan da skrives på generell form som

$$(3.3) \quad C = h(x)g(P^L, P^K, P^M, P^U)$$

der  $P^L$ ,  $P^K$ ,  $P^M$  og  $P^U$  betegner prisene på hhv. arbeid, kapital, vareinnsats og energi. Det antas at  $g$  er svakt separabel mhp.  $L$ ,  $K$ ,  $M$  og  $U$ .

Anta nå at vareinnsatsen  $M$  er strengt separabel mhp. en gruppering  $V^s$  (skogvarer) og  $V^t$  (andre innsatsfaktorer), dvs. at vi kan skrive  $M = M(\Psi(V^s) + \Psi(V^t))$  (se vedlegg I).  $M$  er altså uttrykt som et aggregat av de to gruppene  $s$  og  $t$ . Under de samme forutsetninger som ledet til kostnadsfunksjonen (3.2), kan etterspørselen etter en vare i gruppe  $s$  estimeres ved likningen

$$(3.4) \quad v_i = h(M) g(P^s) \quad i \in s$$

Endring i faktorpriser utenom gruppe  $s$  påvirker etterspørselen etter  $v_i$  bare via total vareinnsats  $M$ .  $M$  kan tolkes som et "produkt" av  $V^s$  og  $V^t$ , og  $h(x)$  i (3.2) er derfor "erstattet" med  $h(M)$  i (3.4). Relativ etterspørsel etter skogvarer vil bare avhenge av prisene på

skogvarene. Eventuelle framskrivninger av etterspørselen etter skogvarer kan nå bygge på antakelser om framtidige priser og beregnet total vareinnsats i skogsektorene hentet fra framskrivninger på MSG.

Sektorinndelingen i MSG er langt mer aggregert enn i ressursregnskapet for skog. Skogsektorene, som i regnskapet er representert med åtte sektorer, er i MSG slått sammen til to sektorer, produksjon av trevarer og produksjon av treforedlingsprodukter.

I denne studien vil vi estimere etterspørselen med utgangspunkt i sektor- og vareinndelingen i ressursregnskapet for skog. Vi vil også undersøke mulig substitusjon mellom skogvarer, arbeid og kapital. Spesielle hensyn til sektor- og vareinndeling i MSG vil ikke bli tatt.

### 3.2. Valg av funksjonsform.

Valget av funksjonsform ble avgjort av at vi i utgangspunktet var spesielt opptatt av substitusjonen mellom skogvarene. I vedlegg II er funksjonene som presenteres i dette avsnittet beskrevet nærmere. I de sektorene der skogvarene kan representeres med to varer, vil vi anta en konstant substitusjonselastisitet. Produksjonen kan beskrives med en CES - funksjon (Constant Elasticity of Substitution).

Vi betegner  $x$  som produksjonen av en vare, og  $v_i$  som innsatsfaktor nr.  $i$  av ialt  $n$  faktorer. CES-funksjonen kan da skrives som

$$(3.5) \quad x = \left[ \sum_{i=1}^n \delta_i (v_i)^{-\rho} \right]^{-1/\rho} \quad ; \quad \sum_{i=1}^n \delta_i = 1$$

$\delta_i$  kalles fordelingsparameteren, mens parameteren  $\rho$  avhenger av substitusjonsforholdet mellom  $v_i$  og  $v_j$ . Det kan vises at substitusjonselastisiteten er konstant, og lik

$$(3.6) \quad \sigma_{ij} = \frac{1}{1 + \rho} \quad \text{alle } i, j \text{ men } i \neq j$$

Vi antar at produsentene minimerer kostnadene. Etterspørselsfunksjonene kan da skrives som

$$(3.7) \quad v_i = x \frac{p_i}{\delta_i}^{-1/\rho} \left( \sum_{j=1}^n \frac{p_j}{\delta_j} \right)^{\frac{\rho}{\rho+1}} \frac{1}{\rho}$$

der  $p_i$  er faktorprisene. Siden vi ikke har oppgaver over prisene på alle innsatsfaktorene, får vi ikke estimert (3.7). Pga. funksjonens form unngås ikke dette selv om vi gjør forutsetninger om separabilitet, funksjonen er i seg selv strengt separabel. I noen



tilfeller skal vi imidlertid nøye oss med å studere forholdet mellom to av innsatsfaktorene. For å få konsistens mellom parametrene i tabellene setter vi  $\sigma_{ij} = -b(12)$ . Det følger da av (3.7) at vi kan skrive

$$(3.8) \quad \ln\left(\frac{v_1}{v_2}\right) = b_0 + b(12) \ln\left(\frac{p_1}{p_2}\right) ; \quad b_0 = \ln\left(\left(\frac{\delta_1}{\delta_2}\right)^{-\frac{1}{1+\theta}}\right)$$

I de tilfellene der vi ønsker å undersøke forholdet mellom flere enn to innsatsfaktorer, har vi antatt at funksjonsformen kan beskrives med Generaliserte Leontief kostnadsfunksjoner (GL - funksjoner). Disse er mer fleksible med hensyn til substitusjonsmulighetene mellom de ulike innsatsfaktorene. For en nærmere beskrivelse av GL-funksjonene, se Diewert (1971). De skrives på formen:

$$(3.9) \quad C(x, P) = h(x) \left[ \sum_i \sum_j \beta_{ij} (p_i p_j) \right]^{1/2}$$

C og h er funksjonssymboler, x representerer skalaen, P, settet av faktorpriser og  $p_i$  og  $p_j$  er de spesifikke faktorprisene.  $\beta_{ij}$  er konstante parametre.

Ved hjelp av Shephard's Lemma (Shephard (1953)) finner vi etterspørselsfunksjonen for faktor  $v_i$  som den deriverte av kostnadsfunksjonen mhp. prisen på faktor i:

$$(3.10) \quad v_i(x, P) = h(x) \left[ \sum b_{ij} (p_j/p_i) \right]^{1/2}$$

der  $b_{ij} = 1/2 (\beta_{ij} + \beta_{ji})$ , dvs. at  $b_{ij} = b_{ji}$ .

Det kan tenkes at dataene gjenspeiler tilpasningen på kort sikt bedre enn på lang sikt. Forskjellen ligger i at på kort sikt kan ikke produsenten tilpasse mengden av kapital til de prisforhold som til enhver tid gjelder. Kapitalutstyret må derfor ansees som gitt på kort sikt. Etterspørselsfunksjonene får da en noe annen form. Frenger (1983) har vist at etterspørselen etter faktor i på kort sikt, avledet av GL-funksjonen, kan skrives som

$$(3.11) \quad v_i(x, P_A, P_n) = \left[ \sum_{j=1}^{n-1} (b_{ij} + \frac{b_{in} b_{jn}}{\frac{n}{x} - b_{nn}}) \left( \frac{p_j}{p_i} \right)^{1/2} \right]$$

der faktor n betegner kapital, A er gruppen innsatsfaktorer som er variable også på kort sikt. (Se også vedleggene II og IV.)

Resultatene av estimeringene kan belyses ved hjelp av pris-

elastisiteter og substitusjonselastisiteter. Priselastisiteten defineres som

$$\epsilon_{ij} = \frac{\partial v_i}{\partial p_j} \frac{p_j}{v_i} \quad \text{alle } i, j$$

Etterspørselsfunksjonene er homogene av grad 0 i prisene. Det vil si at en prisendring med samme prosent på alle innsatsfaktorene ikke endrer etterspørselen etter noen av faktorene. I tilfellet med bare to innsatsfaktorer følger det av dette at  $\epsilon_{11} = -\epsilon_{12}$  og  $\epsilon_{22} = -\epsilon_{21}$ .

Substitusjonselastisiteten måler vridningen mellom to innsatsfaktorer langs en isokvant. Dette kan uttrykkes som endring i faktorforholdet for gitt produksjon som følge av en vridning i faktorprisene, gitt at produsenten minimerer kostnadene (se Varian (1984)). Vi definerer da substitusjonselastisiteten som

$$\sigma_{ij} = \frac{\partial \left( \frac{v_i}{v_j} \right)}{\partial \left( \frac{p_j}{p_i} \right)} \frac{\left( \frac{p_j}{p_i} \right)}{\left( \frac{v_i}{v_j} \right)} \quad \text{alle } i, j$$

For kostnadsfunksjoner med mer enn to variable er ikke definisjonen på substitusjonselastisiteten entydig. Vi har valgt å beregne skyggeelastisiteten for substitusjon (shadow elasticity of substitution, eller SES). Den måler elastisiteten av faktorforholdet mellom  $v_i$  og  $v_j$  når totale kostnader, total produksjon og alle andre priser er konstante. Den kan skrives som

$$\sigma_{ij}^{SES} = \frac{-\frac{C_{ii}}{C_i^2} + 2 \frac{C_{ij}}{C_i C_j} - \frac{C_{jj}}{C_j^2}}{\frac{1}{p_i C_i} + \frac{1}{p_j C_j}}$$

der  $C_i$  og  $C_{ij}$  betegner hhv. 1. og 2. deriverte av kostnadsfunksjonen. Det går fram av uttrykket over at  $\sigma_{ij}^{SES} = \sigma_{ji}^{SES}$ . McFadden (1963) har vist at  $\sigma_{ij}^{SES}$  må være positive dersom betingelsene om konkave kostnadsfunksjoner skal være oppfylt.

### 3.3. Tilnærming av modellen til tilpasningen i skogsektorene.

Modellen i kapittel 3.1 forutsetter momentan tilpasning, og

ingen endring over tid i de parametrene som bestemmer produsentenes tilpasning. Teknologiske endringer er sannsynligvis en av årsakene til at fabrikkasjonskoeffisientene har endret seg i observasjonsperioden. Det er flere måter å ta hensyn til teknologiske endringer i modellen. Vi vil undersøke en svært enkel form, idet vi vil konsentrere oss om Hicks - nøytrale tekniske endringer. Dvs. at bruken av alle innsatsfaktorene endres over tid med samme konstante rate innen samme sektor. Etterspørselsfunksjonen (3.2) kan da skrives som:

$$(3.12) \quad v_{it} = e^{\gamma t} h(x_t) g_i(P_t^S) \quad , \quad \text{for alle } i \in s$$

der  $\gamma$  er rate for årlig teknologisk endring, og  $t$  er antall år fra et start-år, her 1970.

I de tilfellene der vi benytter CES-funksjonen kan vi teste hypotesen om Hicks nøytral teknisk endring. Forholdet mellom innsatsen av de forskjellige faktorene vil ikke bli influert av en slik endring fordi det forutsettes at raten for teknisk endring er den samme for  $v_1$  og  $v_2$ . Dersom vi estimerer funksjonen

$$(3.13) \quad \ln\left(\frac{v_1}{v_2}\right) = b_0 + b(12) \ln\left(\frac{q_1}{q_2}\right) + \gamma t$$

$\gamma$  uttrykker den relative tekniske endringen for faktor 1 sett i forhold til faktor 2, og  $t$  er tiden. Hypotesen om Hicks-nøytral teknisk endring må forkastes dersom  $\gamma$  er signifikant forskjellig fra 0.

Det kan være ulike grunner til at tilpasningen av faktoretterspørselen ikke skjer momentant. Normalt vil det alltid gå en tid før produsenten har "funnet" den optimale faktorbruken etter en endring i de relative prisene. Spesielt for skogsektoren gjelder at prisene fastsettes i forhandlinger. Det kan være rimelig å anta at fjorårets priser innvirker på årets forhandlingsresultat. I visse tilfelle kan det derfor være ønskelig å ha fjorårets pris representert i etterspørselsfunksjonene, dvs. at den observerte tilpasningen foregår med en viss treghet. I vedlegg III er det gitt en nærmere redegjørelse for argumenter som kan støtte opp om en slik hypotese. I noen tilfeller vil derfor denne hypotesen bli testet. Den generelle etterspørselsfunksjonen kan da skrives

$$(3.14) \quad v_{i,t} = e^{\gamma t} h(x_t) g_i(P_t^S, P_{t-1}^R) \quad i, r \in s$$

Her er  $P^S$  den gruppen av innsatsfaktorer som inngår i etterspørselen etter faktor  $i$ , mens  $P^R_{t-1}$  er de av disse faktorene som er årsak til treghet i tilpasningen.

#### 4. DATA.

##### 4.1. Mengdedata.

Datamaterialet for mengdetallene i analysen er hentet fra ressursregnskapet for skog. Figur 2.1 gir en skjematisk oversikt over hovedstrømmene for varene i regnskapet. Regnskapstallene er gitt i fysiske mål.

Data for sekundærvirke som råstoff i omformingssektorene er for perioden 1970 til 1980 beregnet på grunnlag av undersøkelser foretatt av Industridepartementet. Undersøkelsene omfatter årene 1972 - 1980. For årene 1970 og 1971 bygger regnskapets tidsserie på forutsetningen om samme forhold mellom vareinnsats og produksjon som i 1972. For 1981 og 1982 er Industristatistikkens oppgaver benyttet. De forutsetninger som er gjort bidrar til at dataenes egenskaper kan gjøre dem noe uegnet med tanke på å forklare etterspørselen med prisvridninger.

For sponplater brukt som råstoff har det vært nødvendig å korrigere Industristatistikkens oppgaver da disse har vist seg å være feilaktige i flere av sektorene. Disse korreksjonene har medført en utjamning av tidsseriene over mengder og priser og bidratt til en eliminering av enkelte årlige variasjoner, se Næsset (1985). Dette påvirker estimeringene i sektorene monteringsferdige trehus, bygningsartikler oa. trevarer og møbler og innredninger.

Mengdetallene for vareinnsats i bygge- og anleggssektoren er beregnet på grunnlag av verditall i Nasjonalregnskapet, se Næsset (1985). Nasjonalregnskapets verditall på sju-sifret varenivå for denne sektoren er beheftet med stor usikkerhet. Bygge- og anleggssektoren er også lite homogen hva gjelder råstoffbruk i de ulike aktiviteter.

I sektoren papir og kartong anser en dataene for å være av god kvalitet. Når det gjelder øvrige datakilder og forutsetninger i regnskapet viser vi til Næsset (1985).

I estimeringene benyttes også brutto produksjonsverdi, kapital og sysselsetting i skogsektorene. Disse dekkes ikke av ressursregnskap for skog. Data for sysselsetting er hentet fra Industristatistikken, mens Nasjonalregnskapet gir data for kapitalbeholdning og brutto produksjonsverdi. Kapitalbeholdning og brutto produksjonsverdier er

beregnet i faste 1975-priser.

#### 4.2. Prisdata.

For alle varene unntatt sekundærvirke, er prisene hentet fra Industristatistikkens råstofftabell. For sekundærvirke er prisene i perioden 1970 til 1980 beregnet med utgangspunkt i oppgaver over varesammensetning og prisforhold for den enkelte sektor og år. Oppgavene er innhentet fra bedrifter i bransjen. Det er forutsatt at transportkostnadene utgjør en fast andel av råstoffprisene. For 1981 og 1982 benyttes oppgavene gitt i Industristatistikken. For alle varer er prisene knyttet til den enkelte sektor med unntak av bygg og anlegg. I denne sektoren har en nyttet gjennomsnittet av prisene i samtlige industrisektorer, da det er vanskelig å skaffe pålitelige sektorspesifikke priser.

Lønnsdata er hentet fra Norsk Arbeidsgiverforenings kvartalsstatistikk. Sosiale kostnader er tatt med. Prisen på kapital er beregnet på grunnlag av Nasjonalregnskapets oppgaver over kapitalbeholdning i faste og løpende priser.

### 5. RESULTATER.

#### 5.1. Innledning.

I CES-tilfellet er estimeringene gjort med ordinær minste kvadraters metode på programpakken TROLL. De simultane systemene med GL-funksjoner er estimert med FIML (Full Information Maximum Likelihood), også på TROLL.

Estimatene på koeffisientene  $b_{ij}$  er ført opp med angivelse av standardavvik i parentes. Multippel korrelasjonskoeffisient (RSQ), summen av kvadrerte avvik (SSR) og Durbin-Watson observator (DW) er angitt for hver etterspørselslikning. I de tilfellene der det er tatt hensyn til treghet i tilpasningen eller teknisk endring, er de respektive estimatene ført under henholdsvis  $b_{ij(-1)}$  og  $\gamma$ . Forøvrig viser vi til teksten.

Tabell 5.1 - 5.4 viser resultater for omformingssektorene. I tabell 5.1 har vi konsentrert oss om substitusjonen mellom skogvarene. I dette tilfellet er CES-funksjonen benyttet. I tabell 5.2 - 5.4 er det antatt GL-funksjon, og skogvarene, arbeid og kapital antas som en strengt separabel gruppe av innsatsfaktorer. Tabell 5.2 og 5.3 viser

resultater fra den langsiktige GL-funksjonen, henholdsvis uten og med treghet i tilpasningen. Tabell 5.4 viser resultater fra den kortsiktige GL-funksjonen.

Tabell 5.5 - 5.8 gir resultater for brukersektorene. I alle tilfellene er GL-funksjonen benyttet. Skogvarene er antatt strengt separable fra andre innsatsfaktorer i tabell 5.5. I tabell 5.6 - 5.8 er skogvarene trelast og sponplater (de "viktigste" skogvarene i disse sektorene) samt arbeid og kapital antatt som en strengt separabel gruppe av innsatsfaktorer. Tabell 5.6 viser resultater fra den langsiktige modellen. Tabell 5.7 og 5.8 omfatter den kortsiktige GL-funksjonen i brukersektorene henholdsvis uten og med trendledd for eventuell teknisk endring.

### 5.2. Kommentar til resultatene.

Tabell 5.1 gir resultater fra utprøving av CES-funksjonen på omformingssektorene i det ordinære tilfellet, i tilfellet med treghet i tilpasningen, og med test for hypotesen om Hicks-nøytral teknisk endring. Den ordinære CES-modellen og den tilsvarende modellen med treghet gir lite tilfredsstillende resultater. Fortegnet på  $b(MS)$ , som er lik substitusjonselastisiteten med motsatt fortegn, er i de fleste tilfellene "galt". Dersom modellen estimeres med trendledd, blir resultatene vesentlig bedre. Bortsett fra i trefiberplatesektoren er  $\gamma$  signifikant forskjellig fra 0. Dette medfører at vi kan forkaste hypotesen om Hicks-nøytral teknisk endring i omformingssektorene med høy grad av sikkerhet. Det er derfor ikke gjort flere forsøk på å estimere parameter for nøytral teknisk endring i disse sektorene. Verdiene på Durbin-Watson-observatorene (DW) er svært lave. Dette gir grunn til å anta at det er autokorrelasjon i materialet. Resultatene ble imidlertid ikke bedre ved å ta hensyn til lineær avhengighet i restleddene.

I tabell 5.2 og 5.3 er den langsiktige GL-funksjonen estimert for omformingssektorene. I 5.3 har en antatt treghet i tilpasningen. Heller ikke her er resultatene gode. I tabell 5.2 er ikke betingelsen for konkavitet (positiv SES-elastisitet), oppfylt i noen sektorer. I tabell 5.3 synes resultatene å være en tanke bedre. Det gjelder i første rekke trefiberplater og tremasse, der konkavitetsbetingelsene er oppfylt. Dette på tross av at parameteren som representerer treghet i tilpasningen,  $b(MS(-1))$ , ikke er signifikant forskjellig fra 0 for trefiberplater. De dårlige estimatene kan være et resultat av den endringen over tid som ble vist i tabell 5.1, som indikerte

ikke-nøytral teknisk endring.

I tabell 5.4 er det forsøkt med en kortsiktig versjon av modellen som ble benyttet i tabell 5.2. Kryssparametrene mot kapital er beregnet, og ikke estimert. Kvaliteten på resultatene synes ikke å bedre seg vesentlig i forhold til tabell 5.2. Vi merker oss at det bare er trefiberplater som oppfyller betingelsen om konkave kostnadsfunksjoner.

Tabell 5.5 - 5.8 omfatter brukersektorene. Resultatene for disse sektorene er langt bedre. Den langsiktige modellen, som er vist i tabell 5.5 og 5.6, er estimert med ulike forutsetninger om separabilitet. I tabell 5.5 er skogvarene strengt separable, mens skogvarene trelast og sponplater, samt arbeid og kapital er antatt strengt separable i tabell 5.6. Substitusjonselastisitetene er i de fleste tilfellene positive, og der de er negative, er verdien lav. En kan merke seg at observatorene SSR og RSQ viser dårlig føyning av materialet i sektoren monteringsferdige trehus, mens bygge- og anleggssektoren gjennomgående er klart best. Dette er overraskende, sett på bakgrunn av det som ble nevnt i avsnitt 2 og 4 om bygge- og anleggssektoren. Resultatene kan tyde på en relativt sterk substitusjon mellom skogvarer i brukersektorene, noe som virker rimelig for denne sektoren.

Den kortsiktige modellen i tabell 5.7 tilsvarer den langsiktige modellen som ble presentert i tabell 5.6. Den kortsiktige modellen synes å gi bedre resultater enn den langsiktige. Blant annet har alle substitusjonselastisitetene "riktig" fortegn. Også RSQ og SSR-observatorene tyder på bedre føyning av materialet. Resultatene bekrefter inntrykket av sterk substitusjon mellom skogvarene. I tabell 5.8 kan en merke seg at  $\gamma$  er signifikant forskjellig fra 0 i alle sektorene utenom for møbler og innredninger. For noen sektorer var det problemer med å oppnå konvergens med den kortsiktige modellen. I tabell 5.7 måtte derfor konvergenskravet for møbler og innredninger slakkes noe. Det samme gjelder for møbler og innredninger og for bygningsartikler i tabell 5.8.

Resultatene fra estimeringene er av meget varierende kvalitet. Årsaken kan være at datamaterialet inneholder for mange feilkilder, at modellene som er brukt passer dårlig, eller at estimeringsmetoden ikke passer i vårt opplegg. Det kan også tenkes at en annen algoritme på TROLL eller strengere konvergenskrav ville gitt bedre resultater.

Det er likevel en klar forskjell i kvaliteten på resultatene i omformingssektorene og i brukersektorene. I omformingssektorene synes det bl.a. å være problemer med å få gode nok estimater for sekundær-

varene. Standardavvikene på koeffisientene er ofte store, og i svært mange tilfelle er fortegnene på substitusjonselastisitetene negative. Vi vet imidlertid at datamaterialet for sekundærvarer er svakt. Også de estimatorene som er knyttet til innsats av massevirke er ofte dårlige. Videre indikerer tabell 5.1 at det har vært en ikke-forklart vridning i bruken av skogvarer over tid i disse sektorene. Det burde derfor vært eksperimentert med alternative utforminger av teknisk endring. Når dette ikke er gjort her, skyldes det at en raskt ville fått "for mange" parametre å estimere. Det bør også nevnes at de dårlige resultatene i papir og kartong-sektoren er overraskende fordi vi tror dataene for denne sektoren er relativt gode. Dette tyder på at modellen som er brukt ikke er god nok.

### 5.3. Avsluttende merknader.

På bakgrunn av disse forbeholdene merknadene vil vi advare mot å trekke bastante slutninger om hva som har skjedd i skogsektorene i perioden 1970 til 1982. For omformingssektorene er det bare en modell som gir noenlunde akseptable resultater, CES-funksjonen der en tar hensyn til en tidstrend. I denne modellen kan substitusjon mellom skogvarer bare påvises i cellulosesektoren ( $b(MS)$  signifikant forskjellig fra 0). Her er imidlertid substitusjonen sterk, med priselastisiteter på 0.8 og 1.6.

I brukersektorene synes den kortsiktige modellen å gi bedre estimater enn den langsiktige. En kan påvise en relativt sterk substitusjon mellom skogvarene (trelast og sponplater). I flere tilfeller er det klar substitusjon også mellom skogvarene og arbeid og kapital. Som det går fram av priselastisitetene i tabellene betyr det at en endring i prisen på arbeid eller kapital påvirker etterspørselen etter skogvarene. Virkningen den andre veien er i de fleste tilfellene langt mindre. Dette skyldes at arbeid og kapital utgjør en større andel av vareinnsatsen enn skogvarer.



Tabell 5.1. Resultater fra estimering av CES-funksjon i omformingssektorene.

	Spon plater (1)	Trefiber plater (1)	Tremasse (1)	Cellulose (1)	Papir og kartong (2)
<u>Ordinær modell</u>					
b(MS)	0.6323 (0.4335)	-0.2087 (0.2897)	4.1798 (1.0350)	1.1534 (0.9055)	1.2055 (0.7611)
$b_0$	0.2145 (0.2308)	1.1388 (0.0488)	-2.2720 (0.2321)	-0.6054 (0.1456)	-1.0405 (0.5416)
RSQ	0.16	0.05	0.60	0.13	0.19
DW	0.46	1.03	1.11	0.42	0.58
<u>Modell med treghet</u>					
b(MS)	0.6217 (1.8475)	0.0503 (0.3365)	1.5268 (2.0936)	0.4748 (0.5097)	
b(MS(-1))	0.1757 (2.0986)	-0.5610 (0.3764)	3.2992 (2.4855)	0.2972 (0.5238)	
$b_0$	-0.6070 (0.1891)	1.1237 (0.0509)	2.0298 (0.2958)	0.3140 (0.2809)	
RSQ	0.06	0.23	0.64	0.20	
<u>Modell med test for Hicks-nøytral teknisk endring</u>					
b(MS)	-0.0344 (0.3187)	-0.2844 (0.2984)	-1.2795 (0.9555)	-2.3851 (0.7698)	-0.1983 (0.7537)
$\gamma$	0.0522 (0.0126)	-0.0120 (0.0118)	0.1998 (0.0304)	0.1252 (0.0219)	-0.0342 (0.0116)
$b_0$	-0.5035 (0.2297)	1.2170 (0.0905)	-4.7084 (0.3858)	-1.9091 (0.2393)	0.1943 (0.5902)
RSQ	0.69	0.14	0.92	0.80	0.56
DW	0.67	1.16	1.54	1.22	0.43
$\epsilon(MM) = -\epsilon(MS)$	-0.021	-0.081	-1.106	-1.564	-0.097
$\epsilon(SS) = -\epsilon(SM)$	-0.013	-0.203	-0.174	-0.821	-0.102

(1) De to innsatsfaktorene er massevirke og sekundærvirke.

(2) De to innsatsfaktorene er tremasse og cellulose.

Tabell 5.2. Resultater fra estimering av langsiktig GL-funksjon i omformingssektorene. Skogvarer, arbeid og kapital.

		Spon plater (1)	Trefiber plater (1)	Tremasse (1)	Cellulose (1)	Papir og kartong (2)
b(MM)		0.8598 (0.6275)	0.7454 (0.4491)	4.8327 (0.9579)	9.5982 (7.5150)	0.9834 (0.2796)
b(SS)		1.6065 (0.2868)	-1.1401 (0.8794)	1.9414 (0.7733)	4.8777 (3.4674)	0.3367 (0.2315)
b(KK)		1.3140 (0.0889)	1.1372 (0.2228)	0.5343 (0.1287)	2.5840 (0.7296)	0.5549 (0.5748)
b(LL)		-0.0071 (0.0010)	0.0001 (0.0001)	-0.0015 (0.0012)	0.0033 (0.0033)	0.0004 (0.0032)
b(MS)		0.0185 (0.3098)	0.2037 (0.2367)	-2.3009 (0.8427)	-4.6326 (4.8318)	-0.0968 (0.2128)
b(MK)		0.1872 (0.1560)	-0.0408 (0.1267)	-0.5363 (0.3652)	-1.2112 (2.0410)	0.0659 (0.2661)
b(ML)		-0.0094 (0.0166)	-0.0056 (0.0082)	0.0565 (0.0336)	0.0756 (0.3312)	-0.0376 (0.0234)
b(SK)		-0.6504 (0.0875)	0.4370 (0.4160)	0.5056 (0.3498)	1.5493 (1.7516)	0.1254 (0.3499)
b(SL)		0.0590 (0.0120)	0.0259 (0.0216)	-0.0272 (0.0331)	-0.0964 (0.2567)	0.0106 (0.0264)
b(KL)		0.0980 (0.0061)	0.0434 (0.0112)	0.0181 (0.0116)	0.0191 (0.0606)	0.0676 (0.0416)
<b>Observatorer fra enkelt- likningene:</b>						
RSQ	M	0.15	-0.16	0.34	-0.10	-0.54
	S	0.88	0.19	0.32	-0.65	-0.05
	K	-0.35	0.15	0.25	0.06	0.23
	L	0.87	0.59	0.43	0.03	0.50
SSR	M	0.08	0.08	0.08	4.79	0.03
	S	0.05	0.67	0.07	2.76	0.02
	K	0.78	0.25	0.08	19.74	1.36
	L	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DW	M	1.28	1.17	0.96	0.34	0.35
	S	0.77	0.73	1.27	0.34	0.23
	K	1.27	0.59	0.92	0.19	0.20
	L	1.08	2.02	0.77	0.73	1.00

tabell 5.2. Forts.

	Spon plater (1)	Trefiber plater (1)	Tremasse (1)	Cellulose (1)	Papir og kartong (2)
<b>Pris- elastisiteter</b>					
$\epsilon(MM)$	-0.130	0.068	0.468	0.839	0.433
$\epsilon(SS)$	0.144	-0.530	2.865	0.789	-0.124
$\epsilon(KK)$	-0.186	-0.162	-0.119	-0.060	-0.305
$\epsilon(LL)$	-1.195	-0.439	-0.967	-0.110	-0.464
$\epsilon(MS)$	0.007	0.132	-0.472	-0.674	-0.126
$\epsilon(SM)$	0.009	0.051	-3.894	-1.174	-0.079
$\epsilon(MK)$	0.230	-0.086	-0.268	-0.413	0.068
$\epsilon(KM)$	0.015	-0.004	-0.153	-0.084	0.021
$\epsilon(ML)$	-0.106	-0.115	0.272	0.248	-0.375
$\epsilon(LM)$	-0.035	-0.018	0.741	0.384	-0.342
$\epsilon(SK)$	-0.917	0.302	2.137	0.960	0.112
$\epsilon(KS)$	-0.044	0.040	0.148	0.113	0.055
$\epsilon(SL)$	0.763	0.176	-1.108	-0.575	0.090
$\epsilon(LS)$	0.180	0.071	-0.365	-0.512	0.132
$\epsilon(KL)$	0.215	0.126	0.124	0.031	0.228
$\epsilon(LK)$	1.050	0.386	0.592	0.237	0.674
<b>SES- elastisiteter</b>					
$\sigma(MS)$	-0.023	0.172	-3.448	-1.664	-0.316
$\sigma(MK)$	0.163	-0.065	-0.450	-0.827	-0.226
$\sigma(ML)$	0.343	-0.030	0.980	0.039	-0.363
$\sigma(SK)$	-0.213	0.558	-2.395	-0.498	0.257
$\sigma(SL)$	0.402	0.606	-2.464	-0.907	0.433
$\sigma(KL)$	1.381	0.561	1.026	0.159	0.765

(1) M = massevirke, S = sekundærvirke, K = kapital, L = arbeidskraft.

(2) M = tremasse, S = cellulose, K = kapital, L = arbeidskraft.

Tabell 5.3. Resultater fra estimering av langsiktig GL-funksjon i omformingssektorene. Skogvarer, arbeid og kapital. Modell med treghet i tilpasningen.

	Spon plater (1)	Trefiber plater (1)	Tremasse (1)	Cellulose (1)
b(MM)	0.8046 (0.8748)	-0.2728 (0.9240)	3.9465 (0.8322)	3.9709 (4.4617)
b(SS)	2.2044 (0.5259)	0.0627 (0.8291)	1.2057 (0.8177)	1.8907 (2.1591)
b(KK)	1.3860 (0.0962)	1.1595 (0.2706)	0.3772 (0.1264)	2.1140 (0.4153)
b(LL)	-0.0055 (0.0015)	0.0001 (0.0009)	-0.0035 (0.0011)	0.0005 (0.0043)
b(MS)	-0.1753 (0.6042)	0.1165 (0.3122)	-0.3597 (0.6948)	-4.9647 (2.8862)
b(MK)	0.1709 (0.1708)	0.1084 (0.1968)	-0.0711 (0.2958)	1.7991 (1.0638)
b(ML)	0.0075 (0.0273)	0.0043 (0.0119)	0.0097 (0.0287)	-0.1805 (0.1601)
b(SK)	-0.4678 (0.1594)	0.1863 (0.4675)	0.0127 (0.2901)	-0.9805 (0.8557)
b(SL)	0.0371 (0.0361)	0.0340 (0.0202)	0.0236 (0.0302)	0.1393 (0.1143)
b(KL)	0.0838 (0.0083)	0.0450 (0.0129)	0.0362 (0.0110)	0.0568 (0.0260)
b(MS(-1))	-0.2409 (0.2605)	0.4077 (0.2861)	-1.1367 (0.3594)	4.2733 (0.8560)

Observatorer  
fra enkelt-  
likningene:

RSQ	M	-0.32	-0.58	0.68	0.52
	S	0.76	0.31	0.89	0.34
	K	-0.27	0.15	0.24	0.02
	L	0.78	0.54	0.24	-0.97
SSR	M	0.13	0.11	0.04	1.56
	S	0.09	0.56	0.01	0.93
	K	0.74	0.23	0.07	18.56
	L	0.00	0.00	0.00	0.00

Tabell 5.3. Forts.

	Spon plater (1)	Trefiber plater (1)	Tremasse (1)	Cellulose (1)
Pris- elastisiteter				
$\epsilon(MM)$	-0.238	-0.446	0.063	0.727
$\epsilon(SS)$	0.264	-0.382	-0.348	0.969
$\epsilon(KK)$	-0.167	-0.158	-0.232	-0.145
$\epsilon(LL)$	-1.036	-0.511	-1.532	-0.447
$\epsilon(MS)$	-0.062	0.086	-0.075	-0.749
$\epsilon(SM)$	-0.086	0.029	-0.524	-1.178
$\epsilon(MK)$	0.213	0.259	-0.036	0.636
$\epsilon(KM)$	0.014	0.012	-0.020	0.124
$\epsilon(ML)$	0.086	0.101	0.047	-0.614
$\epsilon(LM)$	0.028	0.014	0.120	-0.778
$\epsilon(SK)$	-0.655	0.127	0.046	-0.569
$\epsilon(KS)$	-0.032	0.017	0.004	-0.070
$\epsilon(SL)$	0.476	0.227	0.826	0.778
$\epsilon(LS)$	0.113	0.094	0.298	0.626
$\epsilon(KL)$	0.185	0.130	0.248	0.092
$\epsilon(LK)$	0.895	0.403	1.115	0.598
SES- elastisiteter				
$\sigma(MS)$	-0.125	0.473	0.166	-1.791
$\sigma(MK)$	0.260	0.455	0.017	-0.378
$\sigma(ML)$	0.476	0.478	1.148	-0.758
$\sigma(SK)$	-0.305	0.386	0.346	-0.972
$\sigma(SL)$	0.167	0.553	1.100	0.356
$\sigma(KL)$	1.193	0.622	1.702	0.566

(1) M = massevirke, S = sekundærvirke, K = kapital, L = arbeidskraft.

(2) M = tremasse, S = cellulose, K = kapital, L = arbeidskraft.

Tabell 5.4. Resultater fra estimering av kortsiktig GL-funksjon i omformingssektorene. Skogvarer, arbeid og kapital.

	Spon plater (1)	Trefiber plater (1)	Tremasse (1)	Cellulose (1)	Papir og kartong (2)	
b(MM)	-0.5414 (1.0357)	0.0967 (0.4144)	3.6015 (0.3144)	-151.6990 (11.4573)	0.8910 (0.2817)	
b(SS)	1.8670 (0.2164)	11.5196 (1.4383)	1.0990 (0.3420)	-49.1973 (10.6529)	0.3142 (0.1465)	
b(LL)	0.0021 (0.0011)	0.0027 (0.0005)	0.0007 (0.0019)	-0.0377 (0.0173)	0.0054 (0.0012)	
b(KK)	1.6062 (0.1607)	9.7038 (0.1352)	12.2819 (0.0352)	-10.2928 (0.6841)	-0.8903 (0.2865)	
b(MS)	-0.6898 (0.5279)	1.7299 (0.4113)	-1.3398 (0.2661)	90.2190 (8.9172)	-0.0915 (0.1689)	
b(ML)	0.0872 (0.0306)	0.0219 (0.0104)	0.0114 (0.0103)	2.6090 (0.5683)	-0.0227 (0.0103)	
b(SL)	0.0065 (0.0186)	0.0212 (0.0107)	0.0215 (0.0078)	-1.5564 (0.1547)	0.0225 (0.0122)	
b(MK)	0.0835	1.4110	0.0541	43.8600	0.0704	
b(SK)	0.2905	9.5916	0.1255	26.2762	0.3694	
b(KL)	0.0092	0.0431	0.0333	0.6991	0.0288	
Observatorer fra enkelt- likningene:						
RSQ	M	-4.99	-1.17	0.56	0.92	-0.26
	S	0.07	0.18	0.76	0.55	-0.01
	L	0.27	0.51	0.16	0.82	0.02
SSR	M	0.60	0.15	0.05	0.36	0.02
	S	0.41	0.68	0.03	0.76	0.02
	L	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
DW	M	0.72	1.02	1.39	1.36	0.38
	S	0.53	0.84	2.11	0.66	0.22
	L	0.33	1.38	0.57	1.93	0.40

Tabell 5.4. Forts.

	Spon plater (1)	Trefiber plater (1)	Tremasse (1)	Cellulose (1)	Papir og kartong (2)
Pris- elastisiteter					
$\epsilon(MM)$	-0.714	-0.619	0.219	-3.900	0.388
$\epsilon(SS)$	0.470	-0.536	1.321	-1.425	-0.094
$\epsilon(LL)$	-0.292	-0.287	-0.348	-1.171	-0.019
$\epsilon(MS)$	-0.260	0.008	-0.274	2.034	-0.106
$\epsilon(SM)$	-0.427	0.003	-2.171	3.259	-0.067
$\epsilon(ML)$	0.974	0.611	0.055	1.867	-0.232
$\epsilon(LM)$	0.300	0.092	0.118	3.029	-0.188
$\epsilon(SL)$	-0.043	0.533	0.850	-1.835	0.162
$\epsilon(LS)$	-0.008	0.195	0.230	-1.858	0.207
SES- elastisiteter					
$\sigma(MS)$	-0.345	0.599	-1.684	4.881	-0.253
$\sigma(ML)$	1.073	0.735	0.243	4.521	-0.386
$\sigma(SL)$	-0.363	0.755	-0.604	-0.549	0.234

(1) M = massevirke, S = sekundærvirke, K = kapital, L = arbeidskraft.

(2) M = tremasse, S = cellulose, K = kapital, L = arbeidskraft.

Tabell 5.5. Resultater fra estimering av langsiktig GL-funksjon i brukersektorene. Skogvarer.

		Monterings- ferdige trehus	Møbler og innredninger	Bygnings- artikler og a. trevarer	Bygg og anlegg
b(TT)		12.8712 (2.2477)	2.7873 (0.8283)	23.1410 (2.8575)	2.9834 (0.2302)
b(PP)		-0.6400 (1.3359)	-6.0179 (1.4673)	-2.9590 (1.0164)	-0.3777 (0.0971)
b(FF)		0.6105 (0.3129)	-3.6956 (0.7271)	-0.0072 (0.6825)	-0.5630 (0.0768)
b(TP)		3.6301 (1.0859)	3.8349 (0.8941)	3.6059 (1.5446)	0.2326 (0.1267)
b(TF)		0.3950 (0.3081)	-0.5599 (0.5086)	-2.7144 (1.1177)	0.2679 (0.1065)
b(PF)		-0.4129 (0.4801)	4.8660 0.9140	2.6894 (0.4046)	0.5836 (0.0482)
Observatorer fra enkelt- likningene:					
RSQ	T	0.15	-0.11	0.11	0.14
	P	-0.21	0.72	0.40	0.87
	F	-0.26	0.78	0.83	0.93
SSR	T	510.49	4.23	89.91	0.88
	P	3.83	1.09	1.89	0.01
	F	0.47	0.59	0.13	0.00
DW	T	0.63	2.05	1.11	1.49
	P	0.65	1.47	0.88	1.25
	F	0.52	1.17	1.15	1.02
Pris- elastisiteter					
	$\epsilon$ (TT)	-0.132	-0.277	-0.018	-0.089
	$\epsilon$ (PP)	-0.653	-1.643	-1.019	-0.917
	$\epsilon$ (FF)	0.043	-4.194	-0.508	-2.187
	$\epsilon$ (TP)	0.116	0.326	0.092	0.039
	$\epsilon$ (PT)	0.776	0.688	0.516	0.209
	$\epsilon$ (TF)	0.016	-0.049	-0.074	0.050
	$\epsilon$ (FT)	0.252	-0.511	-2.353	0.595
	$\epsilon$ (PF)	-0.123	0.956	0.504	0.708
	$\epsilon$ (FP)	-0.295	4.705	2.861	1.592



Tabell 5.5. Forts.

	Monterings- ferdige trehus	Møbler og innredninger	Bygnings- artikler og a. trevarer	Bygg og anlegg
SES- elatstisiteter				
$\sigma(TP)$	0.787	1.646	1.024	0.852
$\sigma(TF)$	-0.003	3.761	0.350	2.117
$\sigma(PF)$	-0.012	5.352	1.441	2.776

T = trelast, P = sponplater, F = trefiberplater.

Tabell 5.6. Resultater fra estimering av langsiktig GL-funksjon i brukersektorene. Skogvarer, arbeid og kapital.

		Monterings- ferdige trehus	Møbler og innredninger	Bygnings- artikler og a. trevarer	Bygg og anlegg
b(TT)		-6.9886 (3.8721)	4.4466 (2.9922)	-6.7859 (23.7610)	-1.4966 (2.0145)
b(PP)		0.7508 (2.2289)	1.1172 (0.9374)	-4.4659 (2.7339)	-0.3499 (0.1378)
b(KK)		-0.4759 (4.5996)	-43.4342 (11.1556)	-114.4980 (17.7526)	-13.0671 (8.8151)
b(LL)		0.0798 (0.0577)	-0.5492 (0.1225)	-0.6848 (0.1831)	-0.0454 (0.1104)
b(TP)		2.3746 (1.0831)	1.5734 (1.0464)	13.7674 (4.9956)	0.2130 (0.2104)
b(TK)		14.2662 (2.6482)	13.4396 (5.1268)	30.2302 (13.8060)	-0.9842 (2.3330)
b(TL)		0.5353 (0.3284)	-1.5847 (0.4450)	-2.1609 (1.7435)	0.6254 (0.2791)
b(PK)		-2.3271 (3.2021)	-6.0920 (1.7283)	8.5539 (5.0152)	0.3716 (0.2356)
b(PL)		0.1632 (0.2131)	0.6607 (0.1608)	-1.5015 (0.4844)	0.0301 (0.0308)
b(KL)		0.9371 (0.3431)	9.5735 (1.0443)	13.6057 (1.5869)	3.3312 (0.9642)
Observatorer fra enkelt- likningene:					
RSQ	T	0.43	-1.15	0.00	-0.88
	P	0.08	0.80	-0.04	0.92
	K	-0.01	0.79	0.91	0.83
	L	0.27	0.65	0.83	0.67
SSR	T	344.12	8.22	101.47	1.92
	P	2.91	0.77	3.30	0.00
	K	114.34	229.66	114.37	6.86
	L	0.01	0.01	0.01	0.01
DW	T	0.82	0.90	0.84	0.36
	P	0.64	0.71	0.47	1.74
	K	0.44	0.35	0.82	0.48
	L	0.49	0.72	1.04	0.18

Tabell 5.6. Forts.

	Monterings- ferdige trehus	Møbler og innredninger	Bygnings- artikler og a. trevarer	Bygg og anlegg
Pris- elastisiteter				
$\epsilon(TT)$	-0.706	-0.068	-0.664	-0.689
$\epsilon(PP)$	-0.331	-0.283	-1.823	-0.919
$\epsilon(KK)$	-0.512	-0.917	-1.601	-0.910
$\epsilon(LL)$	-0.332	-1.209	-1.446	-0.557
$\epsilon(TP)$	0.078	0.162	0.408	0.033
$\epsilon(PT)$	0.476	0.289	3.323	0.208
$\epsilon(TK)$	0.455	1.165	0.796	-0.142
$\epsilon(KT)$	0.333	0.144	0.267	-0.027
$\epsilon(TL)$	0.173	-1.258	-0.540	0.797
$\epsilon(LT)$	0.103	-0.250	-0.288	0.078
$\epsilon(PK)$	-0.504	-0.999	2.252	0.415
$\epsilon(KP)$	-0.061	-0.069	0.093	0.013
$\epsilon(PL)$	0.359	0.993	-3.751	0.297
$\epsilon(LP)$	0.035	0.110	-0.246	0.005
$\epsilon(KL)$	0.240	0.842	1.242	0.924
$\epsilon(LK)$	0.194	1.348	1.980	0.475
SES- elatstisiteter				
$\sigma(TP)$	0.519	0.413	2.423	0.945
$\sigma(TK)$	1.008	0.419	1.298	0.679
$\sigma(TL)$	0.696	-0.160	0.560	0.819
$\sigma(PK)$	0.242	0.194	1.992	0.943
$\sigma(PL)$	0.395	0.574	1.338	0.923
$\sigma(KL)$	0.646	2.133	3.033	1.417

T = trelast, P = sponplater, K = kapital, L = arbeidskraft.

Tabell 5.7. Resultater fra estimering av kortsiktig GL-funksjon i brukersektorene. Skogvarer, arbeid og kapital.

	Monterings- ferdige trehus (1)	Møbler og innredninger (1) (2)	Bygnings- artikler og a. trevarer (1)	Bygg og anlegg (1)	
b(TT)	4.6143 (0.3951)	3.6178 (1.1864)	-8.9061 (19.7919)	-2.9673 (2.1093)	
b(PP)	-75.9937 (0.4237)	-6.0598 (0.9143)	-6.8594 (2.1906)	-0.5962 (0.1865)	
b(LL)	-0.9145 (0.0770)	-1.8707 (0.1442)	0.2571 (0.1942)	0.1885 (0.0419)	
b(KK)	-71.9919 (0.4086)	-385.2700 (17.9718)	23.3335 (0.5740)	6.6205 (1.6741)	
b(TP)	2.0354 (0.9158)	2.7928 (0.7949)	11.1702 (6.2747)	0.3738 (0.2840)	
b(TL)	1.0432 (0.1509)	-0.8753 (0.1388)	1.7418 (1.8439)	0.5177 (0.2185)	
b(PL)	9.0162 (0.3329)	4.0877 (0.3742)	0.0250 (0.5111)	0.0743 (0.0269)	
b(TK)	0.4078	13.9073	1.8693	0.7135	
b(PK)	82.4521	55.5608	0.6031	0.1131	
b(KL)	9.8094	31.6082	0.4021	1.0558	
Observatorer fra enkelt- likningene:					
RSQ	T	0.18	-0.05	0.74	0.56
	P	0.11	0.97	0.62	0.89
	L	-0.04	0.82	0.69	0.96
SSR	T	489.75	4.00	26.06	0.45
	P	2.80	0.13	1.19	0.00
	L	0.01	0.01	0.02	0.00
DW	T	0.60	2.16	1.23	1.28
	P	0.69	2.21	1.71	1.98
	L	0.41	1.67	0.89	1.83

Tabell 5.7. Forts.

	Monterings- ferdige trehus (1)	Møbler og innredninger (1) (2)	Bygnings- artikler og a. trevarer (1)	Bygg og anlegg (1)
<b>Pris- elastisiteter</b>				
$\epsilon(TT)$	-0.374	-0.169	-0.690	-0.908
$\epsilon(PP)$	-1.209	-0.342	-1.842	-1.194
$\epsilon(LL)$	-0.270	-0.037	-0.203	-0.093
$\epsilon(TP)$	0.073	0.091	0.296	0.066
$\epsilon(PT)$	0.432	0.173	1.789	0.363
$\epsilon(TL)$	0.300	0.078	0.393	0.842
$\epsilon(LT)$	0.188	0.017	0.198	0.079
$\epsilon(PL)$	0.777	0.170	0.053	0.831
$\epsilon(LP)$	0.083	0.020	0.004	0.014
<b>SES- elatstisiteter</b>				
$\sigma(TP)$	1.213	0.402	2.186	1.261
$\sigma(TL)$	0.565	0.173	0.790	0.983
$\sigma(PL)$	1.268	0.346	1.724	1.203

(1) T = trelast, P = sponplater, L = sysselsetting, K = kapital.

(2) Konvergenskravet er slakket.

Tabell 5.8. Resultater fra estimering av kortsiktig GL-funksjon i brukersektorene. Skogvarer, arbeid og kapital. Modell med nøytral teknisk endring.

		Monterings- ferdige trehus (1)	Møbler og innredninger (1) (2)	Bygnings- artikler og a. trevarer (1) (2)	Bygg og anlegg (1)
b(TT)		0.8877 (4.4073)	3.5481 (1.3269)	-32.1396 (28.2264)	-0.5817 (2.6870)
b(PP)		-121.0790 (41.4964)	-9.0822 (1.5220)	-5.0619 (2.2098)	-0.9593 (0.2033)
b(LL)		-0.9759 (0.4262)	-1.5756 (0.0625)	-0.1585 (0.2150)	0.4178 (0.0303)
b(KK)		-58.7877 (24.9699)	-340.2100 (29.2677)	23.4348 (0.8937)	10.6740 (0.3062)
b(TP)		7.6951 (1.6523)	3.1986 (0.5866)	2.5374 (8.1740)	0.4643 (0.3099)
b(TL)		1.0510 (0.3819)	-0.7789 (0.1541)	5.4605 (2.3271)	0.4373 (0.2512)
b(PL)		11.6967 (4.1662)	4.6003 (0.3144)	0.6864 (0.6381)	0.1380 (0.0469)
b(TK)		0.5038	13.1867	2.7952	0.0002
b(PK)		96.0880	63.5314	0.6232	0.0535
b(KL)		9.7199	28.0487	0.1793	0.1679
γ		-0.0226 (0.0063)	-0.0049 (0.0031)	-0.0121 (0.0053)	-0.0226 (0.0018)
Observatorer fra enkelt- likningene:					
RSQ	T	0.49	0.00	0.66	0.31
	P	-3.12	0.96	0.45	0.86
	L	0.63	0.84	0.90	0.99
SSR	T	304.09	3.83	34.16	0.70
	P	13.01	0.14	1.74	0.01
	L	0.00	0.00	0.01	0.00
DW	T	0.93	2.25	1.36	1.14
	P	0.56	2.16	1.49	1.96
	L	0.67	1.73	1.69	2.46

Tabell 5.8. Forts.

	Monterings- ferdige trehus (1)	Møbler og innredninger (1) (2)	Bygnings- artikler og a. trevarer (1) (2)	Bygg og anlegg (1)
<b>Pris- elastisiteter</b>				
$\epsilon(TT)$	-0.479	-0.187	-1.071	-0.566
$\epsilon(PP)$	-2.166	-0.328	-1.378	-1.342
$\epsilon(LL)$	-0.170	-0.040	-0.674	-0.062
$\epsilon(TP)$	0.220	0.091	0.057	0.065
$\epsilon(PT)$	1.897	0.169	0.367	0.332
$\epsilon(TL)$	0.258	0.096	1.014	0.501
$\epsilon(LT)$	0.152	0.021	0.584	0.045
$\epsilon(PL)$	0.269	0.158	1.011	1.010
$\epsilon(LP)$	0.018	0.019	0.090	0.018
<b>SES- elastisiteter</b>				
$\sigma(TP)$	2.386	0.397	1.435	1.324
$\sigma(TL)$	0.556	0.195	1.666	0.607
$\sigma(PL)$	2.073	0.331	1.486	1.355

(1) T = trelast, P = sponplater, L = sysselsetting, K = kapital.

(2) Konvergenskravet er slakket.

DEN GENERELLE MODELLEN.

På generell form kan vi skrive produktfunksjonen i en sektor som

$$(I.1) \quad x = x(v_1, \dots, v_n) = x(V)$$

der  $x$  er produksjonen, og  $v_i$  ( $i = 1, \dots, n$ ) betegner mengden av innsatsfaktor  $1, \dots, n$ . Fra tradisjonell økonomisk teori vet vi at det kan utledes etterspørselsrelasjoner etter innsatsfaktorene som funksjoner av alle prisene på bakgrunn av (I.1), antakelse om avtakende utbytte og at produsentene maksimerer profitten:

$$(I.2) \quad v_i = v_i(q, p_1, \dots, p_n)$$

der  $p_k$  ( $k=1, \dots, n$ ) er prisen på innsatsfaktor  $k$ , og  $q$  er produktprisen.

I (I.1) betegner  $v_i$  mengden av en enkelt vare. I det følgende vil enkeltvarene bli aggregert til varegrupper. Anta en gruppering av  $v_1, \dots, v_n$  i  $N$  adskilte varegrupper ( $N \leq n$ ), dvs. at

$$V^1 \cup V^2 \cup \dots \cup V^N$$

$$V^t \cap V^s \text{ er tomt for } t \neq s$$

$[V^1, \dots, V^N]$  er sett av innsatsfaktorer som betegner hver gruppe  $1, \dots, N$ .

Produktfunksjonen  $x(v_1, \dots, v_n)$  er strengt separabel mhp. grupperingen  $1, \dots, N$  dersom substitusjonsbrøken  $x'_i/x'_j$  mellom to varer  $i$  og  $j$  fra to ulike varegrupper  $s$  og  $t$ , er uavhengig av alle innsatskvanta utenfor gruppe  $s$  og  $t$ , dvs.

$$(I.3) \quad \frac{\partial(x'_i/x'_j)}{\partial v_k} = 0, \quad i \in V^s, j \in V^t, k \in (V^s \cup V^t)$$

Produktfunksjonen  $x(v_1, \dots, v_n)$  er svakt separabel mhp. grupperingen  $1, \dots, N$  dersom substitusjonsbrøken  $x'_i/x'_j$  mellom to varer  $i$  samme varegruppe  $V^s$  er uavhengig av alle kvanta utenfor  $V^s$ , dvs.

$$(I.4) \quad \frac{\partial(x'_i/x'_j)}{\partial v_k} = 0, \quad i, j \in V^s, k \in V^s.$$

Streng separabilitet innebærer at faktorforholdet mellom



varegruppene utenfor  $k$  ikke påvirkes av endringer i prisene på faktorene i gruppe  $k$ . Svak separabilitet medfører at faktorforholdet mellom gruppene utenfor  $k$  endres, men faktorforholdet mellom varene innen disse gruppene (utenfor  $k$ ) endres ikke ved endring i prisene på varene i gruppe  $k$ .

I Goldman and Uzawa (1964) er det vist at streng separabilitet av  $x(V)$  mhp. en gruppering  $N$  er nødvendig og tilstrekkelig for at (I.1) skal kunne skrives på formen

$$(I.5) \quad x(V) = f(\phi_1(V^1) + \phi_2(V^2) + \dots + \phi_N(V^N))$$

Svak separabilitet mhp.  $N$  er nødvendig og tilstrekkelig for at (I.1) skal kunne skrives som

$$(I.6) \quad x(V) = f(\phi_1(V^1), \phi_2(V^2), \dots, \phi_N(V^N))$$

Til produktfunksjonen (I.1) hører en dual kostnadsfunksjon. Egenskapene til den duale kostnadsfunksjonen er bestemt av produktfunksjonen og antakelsen om at produsentene minimerer kostnadene. (Se f.eks. McFadden (1978)). Vi skal anta at kostnadsfunksjonen er homotetisk. Den kan da skrives på formen:

$$(I.7) \quad C(P, x) = h(x)G(P)$$

der  $P$  betegner prisene  $(p_1, \dots, p_n)$  på alle innsatsfaktorene,  $G$  er funksjonssymbol og  $h(x)$  er en funksjon som beskriver utbyttet mhp. skalaen. L. J. Lau har vist at definisjonene på svak og streng separabilitet mhp. grupperingen  $N$  i produktfunksjonen er nødvendig og tilstrekkelig betingelse for svak og streng separabilitet mhp. samme gruppering for  $G(P)$  (se Berndt and Christensen (1973)). Dvs. at dersom  $f(V)$  er svakt (strengt) separabel, så er  $G(P)$  også svakt (strengt) separabel, og den tilhørende duale kostnadsfunksjonen kan skrives på formen:

$$\text{Svak separabilitet: } C(P, x) = h(x)G(\psi_1(P^1), \psi_2(P^2), \dots, \psi_N(P^N))$$

$$\text{Streng separabilitet: } C(P, x) = h(x)G(\psi_1(P^1) + \psi_2(P^2) + \dots + \psi_N(P^N))$$

der  $[P^1, \dots, P^N]$  er sett av faktorpriser svarende til  $[V^1, \dots, V^N]$ .

Etterspørselen etter en innsatsfaktor  $v_i$ , finnes direkte som

den partiellderiverte av (I.7) mhp.  $p_i$  (Shephard's Lemma (Shephard (1953))):

$$(I.8) \quad v_i = \frac{\partial C}{\partial p_i} = h(x) \frac{\partial G(P)}{\partial p_i} \quad ; \quad i \in s$$

Dersom vi antar streng eller svak separabilitet mhp. en gruppering  $N$ , kan vi skrive etterspørselen etter  $v_i$  som:

$$(I.9) \quad v_i = h(x) G' \frac{\partial \Psi(P^s)}{\partial p_i}$$

Etterspørselen etter faktor  $i$  som tilhører gruppe  $s$  er uavhengig av prisene på faktorene utenfor gruppe  $s$  dersom  $G'$  er uavhengig av prisene utenfor  $s$ . I så fall kan vi skrive etterspørselen etter faktor  $i$  som

$$(I.10) \quad v_i = h(x) g_i(P^s) \quad \text{for } i \in s$$

Skogregnskapet omfatter ikke alle innsatsfaktorene i de sektorene som vi skal behandle. Etterspørselsfunksjonene som vi skal estimere må derfor kunne skrives på formen (I.10), og bygge på de samme forutsetningene som ledet til denne.

VALGET AV FUNKSJONSFORMER.CES - funksjonene.

Vi betegner  $x$  som produksjonen av en vare, og  $v_i$  som innsatsfaktor  $i$  av  $i$  av  $n$  faktorer. CES - funksjonen kan da skrives som

$$(II.1) \quad x = \left[ \sum_{i=1}^n \delta_i (v_i)^{-\rho} \right]^{-1/\rho}; \quad \sum_{i=1}^n \delta_i = 1$$

$\delta_i$  kalles fordelingsparameteren, mens parameteren  $\rho$  avhenger av substitusjonsforholdet mellom  $v_i$  og  $v_j$ . Vi antar at produsentene minimerer kostnadene, dvs.

$$\min. \sum_{i=1}^n p_i v_i$$

under bibetingelsen

$$\sum_{i=1}^n \delta_i v_i^{-\rho} = x^{-\rho}$$

Dette gir 1. ordensbetingelsen

$$(II.2) \quad \frac{\delta_i}{\delta_j} \left( \frac{v_i}{v_j} \right)^{-(\rho+1)} = \frac{p_i}{p_j}$$

Nå kan  $v_i$  ( $i=1, \dots, n$ ) løses mhp. faktorprisene  $p_1, \dots, p_n$  og  $x$ , og vi finner kostnadsfunksjonen

$$(II.3) \quad C = x \left[ \sum_{i=1}^n \frac{p_i}{\delta_i} \right]^{\frac{\rho}{\rho+1}} \frac{\rho+1}{\rho}$$

og uttrykket for faktoretterspørselen:

$$(II.4) \quad v_i = x \left( \frac{p_i}{\delta_i} \right)^{-\frac{1}{\rho+1}} \left[ \sum_{i=1}^n \frac{p_i}{\delta_i} \right]^{\frac{\rho}{\rho+1}} \frac{1}{\rho}$$

Substitusjonselastisiteten som ble definert i avsnitt 3, kan finnes direkte ved å løse (II.2) mhp.  $v_i/v_j$ , og derivere mhp.  $p_j/p_i$ :

$$(II.5) \quad \sigma_{ij} = \frac{1}{1+\rho}$$

Av (II.1) går det fram at alle innsatsfaktorene i CES-funksjonen kan betraktes som strengt separable (se vedlegg I). Uansett hvordan innsatsfaktorene grupperes, så vil funksjonen også behandle

gruppene som strengt separable. Etterspørselen etter skogvarer avhenger av prisen på alle andre innsatsfaktorer. Å anta streng separabilitet er derfor ikke tilstrekkelig for å estimere etterspørselen etter skogvarene når det foreligger data bare for et begrenset antall innsatsfaktorer.

Istedet kan vi estimere forholdet mellom innsatsen av de to skogvarene vi er interesserte i. Vi betegner disse som  $v_1$  og  $v_2$ . Forholdet mellom dem følger av (II.4):

$$(II.6) \quad \frac{v_1}{v_2} = \left( \frac{\delta_2}{\delta_1} \frac{q_1}{q_2} \right)^{-\frac{1}{\rho+1}}$$

(II.6) er lineær i logaritmene. Den estimerte funksjonen er mao. av formen

$$(II.7) \quad \ln\left(\frac{v_1}{v_2}\right) = b_0 + b(12) \ln\left(\frac{p_1}{p_2}\right) \quad ; \quad b_0 = \ln\left[\left(\frac{\delta_2}{\delta_1}\right)^{-\frac{1}{1+\rho}}\right]$$

der  $b(12) = -\sigma_{ij} = 1/(1+\rho)$ .

En kan merke seg at (II.7) gir grunnlag for å teste hypotesen om Hicks nøytral teknisk endring. (II.7) vil ikke bli influert av en slik endring fordi det da forutsettes at raten for teknisk endring er den samme for  $v_1$  og  $v_2$ . Dersom vi estimerer funksjonen

$$(II.8) \quad \ln\left(\frac{v_1}{v_2}\right) = b_0 + b(12) \ln\left(\frac{q_1}{q_2}\right) + \gamma t$$

der  $\gamma$  er rate for forskjellen på hvordan den tekniske endringen virker på bruken av de to faktorene, og  $t$  er tiden, må hypotesen om Hicks - nøytral teknisk endring forkastes dersom  $\gamma$  er signifikant forskjellig fra 0.

Siden etterspørselsfunksjonene er homogene av grad 0 i prisene, er sammenhengen mellom de direkte priselastisitetene og krysspriselastisitetene i tofaktortilfellet svært enkel. I følge Euler's lov om homogene funksjoner kan vi da skrive:

$$\frac{\partial v_1}{\partial p_1} p_1 + \frac{\partial v_1}{\partial p_2} p_2 = 0$$

Dette gir følgende resultat for priselastisitetene  $\epsilon_{ij}$ :

$$(II.9) \quad \begin{aligned} \epsilon_{11} &= -\epsilon_{12} \\ \epsilon_{22} &= -\epsilon_{21} \end{aligned}$$

Generaliserte Leontief kostnadsfunksjoner.

Generaliserte Leontief kostnadsfunksjoner (GL - funksjoner), er mer fleksible enn CES - funksjonene når det gjelder substitusjonsmulighetene mellom de ulike innsatsfaktorene. For en nærmere beskrivelse av GL - funksjonene, se Diewert (1971). De skrives på formen:

$$(II.10) \quad C(x,P) = h(x) \left[ \sum_i \sum_j \beta_{ij} (p_i p_j) \right]^{1/2}$$

Ved hjelp av Shephard's Lemma finner vi etterspørselsfunksjonene etter  $v_i$

$$(II.11) \quad v_i(x,P) = h(x) \left[ \sum_j b_{ij} (p_j/p_i) \right]^{1/2}$$

der  $b_{ij} = 1/2 (\beta_{ij} + \beta_{ji})$ , dvs. at  $b_{ij} = b_{ji}$ .

Først merker vi oss at for en strengt separabel gruppe vil innsatsen av en faktor i gruppen bare avhenge av faktorprisene i denne gruppen. Mao. hvis i og j er varer i to forskjellige, strengt separable grupper, er  $\beta_{ij} = 0$ .

$h(x)$ -funksjonen tar vare på eventuelle endringer mhp. skalaen. Vi skal i det følgende forutsette konstant utbytte mhp. skalaen, og setter  $h(x) = x$ . Som nevnt tidligere vil vi undersøke om det kan være grunnlag for å si om en eventuell teknisk endring kan representeres ved Hicks - nøytralitet, dvs. at  $h(x) = x e^{\gamma t}$ . For bl.a. å unngå problemer med heteroskedastisitet vil fabrikkasjonskoeffisientene bli estimert, dvs. at vi vil estimere

$$(II.12) \quad \frac{v_i}{x} = e^{\gamma t} \left[ \sum_j b_{ij} (p_j/p_i) \right]^{1/2}$$

Likningene (II.10) - (II.12) forutsetter at alle faktorene i settet  $s$  som inngår i etterspørselsfunksjonene er substituerbare, dvs. at de må tolkes som de langsiktige GL-funksjonene. De kortsiktige GL-funksjonene må avledes av (II.10) (Se Frenger (1983)).

Vi inndeler innsatsfaktorene i to sett, A og B. Vi antar at innsatsfaktorene i gruppe A er substituerbare på kort sikt, mens faktorene i gruppe B er gitt på kort sikt. GL - funksjonen (II.10) kan da omformes til

$$(II.13) \quad C(x, P_A, P_B) = x(P_A', P_B')^{1/2} \begin{bmatrix} B_{AA} & B_{AB} \\ B_{BA} & B_{BB} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_A \\ P_B \end{bmatrix}^{1/2}$$

der  $B_{ij}$  er koeffisientmatriser. Gradienten av  $C$  mhp.  $P_B$  uttrykker etterspørselen etter  $V_B$  på lang sikt:

$$(II.14) \quad V_B = \nabla_{P_B} C(x, P_A, P_B) = x \bar{P}_B^{-1/2} (B_{BA} P_A^{1/2} + B_{BB} P_B^{1/2})$$

der  $\bar{P}_B^{-1/2}$  er en diagonalmatrise med  $P_B^{-1/2}$  i diagonalen. Denne løses mhp.  $P_B^{1/2}$ :

$$(II.15) \quad P_B^{1/2} = \left( \frac{\bar{V}_B}{x} - B_{BB} \right)^{-1} B_{BA} P_A^{1/2}$$

Ved å sette løsningen for  $P_B^{1/2}$  inn i (II.14), finner vi GL - kostnadsfunksjonen på kort sikt ved direkte innsetting i transformasjonen (IV.7) i vedlegg IV:

$$(II.16) \quad U(x, P_A, V_B) = x P_A^{1/2} (B_{AA} + B_{AB} \left( \frac{\bar{V}_B}{x} - B_{BB} \right)^{-1} B_{BA}) P_A^{1/2}$$

Etterspørselsfunksjonene kan nå utledes. Antar vi én konstant faktor, og  $n$  faktorer i alt blir etterspørselsfunksjonen etter  $v_i$  på kort sikt ( $i=1, \dots, n-1$ ):

$$(II.17) \quad v_i(x, P_A, P_n) = \left[ (b_{ij} + \frac{b_{in} b_{jn}}{v_n - b_{nn}}) \left( \frac{p_j}{P_i} \right)^{1/2} \right]$$

OM TREGHET I TILPASNINGEN.

Prisene på sagtømmer og massevirke fastsettes i Norge ved forhandlinger mellom skogeierne og industrien. Avtalene gjelder for ett år om gangen. Virkesprodusentene tilpasser tilbudet etter de prisene som fastsettes. Industrien forplikter seg til å kjøpe alt som tilbys av norsk virke, og må dekke eventuelt behov utover dette med import. Importprisene avviker ofte fra de innenlandske prisene, men selv nå de er høyere kan det likevel lønne seg for industrien å importere et marginalt volum for å holde de innenlandske prisene nede.

Sekundærvirke er delvis biprodukter fra produksjonen av trelast, og prisene på dette råstoffet fastsettes ved avtaler mellom treforedlingsindustrien og produsentene i trelastnæringen. Prissettingen kan gi grunn til å anta at tilpasningen til etterspørrerne av alle virkesproduktene skjer med en viss treghet. For det første kan denne ene årlige justeringen føre til relativt store hopp i prisene. Det kan da ta tid før etterspørrerne finner det "riktige" kvantum til produksjonen. Vi betegner  $v^*$  som den etterspørselen etter en innsatsfaktor som følger av kostnadsminimering og momentan tilpasning, og skriver

$$(III.1) \quad v_t^* = Q(p_t)$$

Vi kan skrive justeringen av etterspørselen som en funksjon av prisen på henholdsvis tidspunkt  $t$  og  $t-1$ , samt hvor lang tid ( $\tau$ ) det er gått siden forhandlingsresultatet forelå ( $\tau \in [0,1)$ ).

$$(III.2) \quad v_t - v_t^* = \theta \left( \frac{p_t}{p_{t-1}} ; \tau \right) \quad ( = 0 \text{ når } \left[ \begin{array}{l} \tau \rightarrow 1 \\ p_t = p_{t-1} \end{array} \right. )$$

$v_t$  betegner faktisk etterspørsel på tidspunkt  $t$ . "Mistilpasningen"  $v_t - v_t^*$  avhenger av hvor stort prishoppet etter forhandlingene var og hvor lang tid det er gått siden forhandlingene ble avsluttet. Siden vi benytter årsdata får ikke parameteren  $\tau$  noen betydning i estimeringen. Det framgår av (III.1) og (III.2) at  $v_t$  avhenger av  $p_t$  og  $p_{t-1}$ .

En annen hypotese kan være at siden etterspørrerne forplikter seg til å kjøpe hele det norske tilbudet, retter de seg i realiteten mot to forskjellige markeder, hjemmemarkedet og importmarkedet. Ideelt sett burde prisene i begge disse markedene være representert i etter-

spørselsfunksjonene. Vi har imidlertid bare observert gjennomsnittsprisen over året, dvs.

$$(III.3) \quad p_t = ap_t^F + (1-a)p_t^D \quad 0 \leq a \leq 1.$$

$p_t^F$  er importprisen,  $p_t^D$  er prisen i hjemmemarkedet, og  $a$  er andel importert kvantum.  $p_t^D$  fastsettes ved forhandlinger. Flere faktorer vil bidra til forhandlingsresultatet, ikke minst forhandlingsstyrke. En må også anta at fjorårets observerte gjennomsnittspriser er av betydning. For enkelhets skyld vil vi legge all vekt på denne, og vi setter da

$$(III.4) \quad p_t^D = \Gamma(p_{t-1})$$

Løsning av (III.3) mhp.  $p_t^F$ , og innsetting fra (III.4) gir:

$$(III.5) \quad p_t^F = \frac{1}{a} [ p_t - (1-a) \Gamma(p_{t-1}) ]$$

Av (III.4) og (III.5) følger det at  $p_t$  og  $p_{t-1}$  kan representere  $p_t^D$  og  $p_t^F$  i etterspørselsfunksjonene.

Anta at prisen på vare  $r$  i en separabel gruppe  $s$  fastsettes ved forhandlinger slik det er beskrevet ovenfor. Med de forutsetningene som ledet til (I.10) kan etterspørselen etter vare  $i \in s$  uttrykkes med den generelle etterspørselsfunksjonen

$$(III.6) \quad v_{i,t} = e^{\gamma t} h(x_t) g_i(p_t^s, p_{t-1}^r) \quad , \quad i, r \in s$$



## V E D L E G G I V

KOSTNADSFUNKSJONEN PÅ KORT SIKT.

Denne presentasjonen bygger på Frenger (1983). Vi definerer et sett av innsatsfaktorer  $V$  som er det minste kvantum en kan produsere en mengde  $x$  med, dvs.  $x \leq x(V)$ . Produksjonsmulighetssettet  $L(x)$  defineres for ethvert produksjonsnivå, slik at  $L(x) = [x; x \leq x(V), V \text{ ikke-negativ}]$ . Kostnadsfunksjonen definerer den sammensetningen av  $V$  som minimerer kostnaden ved produksjon  $x$ :

$$(IV.1) \quad C(x, P) = \min_V \{ P'V ; V \in L(x) \mid P \}$$

Vi deler nå settene  $V$  og  $P$  i  $(V_A, V_B)$  og  $(P_A, P_B)$  slik at  $V = V_A \cup V_B$ , der  $V_A \cap V_B$  er tomt og  $P = P_A \cup P_B$ , der  $P_A \cap P_B$  er tomt. Den generelle kostnadsfunksjonen kan da skrives som

$$(IV.2) \quad C(x, P_A, P_B) = \min_{V_A, V_B} \{ (P_A, P_B)'(V_A, V_B); (V_A, V_B) \in L(x) \mid P_A, P_B \}$$

Anta nå at  $V_B$  er gitt, f.eks. at  $V_B$  bare består av kapital. Produsenten skal da minimere kostnaden for de faktorene i kostnadsfunksjonen som kan substitueres med hverandre. Kostnadsfunksjonen kan da skrives som

$$(IV.3) \quad W(x, P_A; P_B, V_B) = \min_{V_A} \{ P_A'V_A; (V_A, V_B) \in L(x) \} + P_B'V_B$$

Siden  $P_B, V_B$  er gitt gir det det samme resultatet dersom vi skriver funksjonen som

$$(IV.4) \quad U(x, P_A; V_B) = \min_{V_A} \{ P_A'V_A; (V_A, V_B) \in L(x) \}$$

Kostnadsfunksjonen på kort sikt kan altså defineres som den funksjonen som gjør at differansen mellom en optimal, langsiktig tilpasning og en tilpasning der en må ta hensyn til at noen innsatsfaktorer er gitt, blir så liten som mulig. Dette innebærer at den innsatsfaktoren som allerede er gitt på kort sikt skal være mest mulig effektiv. Det er igjen det samme som å maksimere skyggeprisene på  $V_B$ , som vi betegner som  $P_B^*$ :

$$(IV.5) \quad U(x, P_A, V_B) = \max_{P_B^*} \{ C(x, P_A, P_B^*) - P_B^* V_B \}$$

Den kortsiktige kostnadsfunksjonen, uttrykt som funksjon av den langsiktige, kan nå finnes direkte ved hjelp av Legendre - transformasjon. Vi definerer først funksjonen  $\tilde{C}(x, P_A, R_B) = -C(x, P_A, P_B^*)$  der  $R_B = -P_B^*$ . (IV.5) kan nå skrives som

$$(IV.6) \quad U(x, P_A, V_B) = \max_{P_B^*} \{R_B^* V_B - \tilde{C}(x, P_A, R_B)\}$$

Definér en funksjon  $f$  over et strengt åpent og strengt konvekst sett  $C$ . Gradienten  $\nabla f$  er da kontinuerlig én til én over rangen til  $C$  (lik  $D$ ) og monotont stigende, dvs. at  $\langle f(V_2) - f(V_1), V_2 - V_1 \rangle > 0$  for  $V_1, V_2 \in C, V_1 \neq V_2$ . ( $\langle \dots \rangle$  betegner "dot" - produktet). En Legendre - transformasjon er nå definert som

$$g(V^*) = \langle (\nabla f)^{-1}(V^*), V^* \rangle - f((\nabla f)^{-1}(V^*))$$

der alle  $V^* \in D$  og  $V^*$  er den duale variable.

Denne transformasjonen kan nå brukes direkte til å finne det generelle uttrykket for kostnadsfunksjonen på kort sikt:

$$(IV.7) \quad U(x, P_A, V_B) = \langle \nabla_B C^{-1}(V_B), V_B \rangle - C(x, P_A, (\nabla_B C)^{-1}(V_B))$$

REFERANSER.

- Bjerkholt, O., Longva, S., Olsen, Ø. og Strøm, S., (1983): Analysis of Supply and Demand for Electricity in the Norwegian Economy. SØS nr. 53. Statistisk Sentralbyrå.
- Berndt, E. R. and Christensen, L. R., (1973): The Internal Structure of Functional Relationships: Separability, Substitution, and Aggregation. Review of Economic Studies, Vol. 40.
- Diewert, W. E., (1971): An Application of the Shephard Duality Theorem: A Generalized Leontief Production Function. Journal of Political Economy, Vol. 79.
- Frenger, P., (1983): The Generalized Leontief Cost Function in the Short and in the Long Run. Unpublished paper.
- Goldman, S. M. and Uzawa, H., (1964): A note on separability in Demand Analysis. Econometrica, Vol. 32.
- Kristoffersen, I. og Næsset, E., (1985): Ressursregnskap for skog 1970 - 1981. Rapport 85/30, Statistisk Sentralbyrå.
- Kristoffersen, I. og Aaheim, A., (1983): Innenlandsk forbruk av skogvarer fram mot år 2000. Internt Notat 83/26, Statistisk Sentralbyrå.
- Lindseth, A. H., (1980): Framskrivning av et ressursregnskap for skog. Internt notat 80/29, Statistisk Sentralbyrå.
- McFadden, D., (1978): Cost, Revenue, and Profit Functions i M. Fuss and D. McFadden: Production Economics: A Dual Approach to Theory and Applications I. North Holland Publishing Company - Amsterdam.
- Næsset, E., (1985): Ressursregnskap for skog. Dokumentasjonsnotat nr.2 Internt notat 85/14, Statistisk Sentralbyrå.
- Shephard, R. W., (1953): Cost and Production Functions. Princeton University Press - Princeton, New Jersey.
- Varian, H. R., (1983): Microeconomic Analyses. W.W Norton & Company, Inc., London.