

**RAPPORTER**

79/II

**SUBSTITUSJONSMULIGHETER  
MELLOM ENERGIVARER**

AV  
NILS MARTIN STØLEN

MED ET APPENDIKS  
AV  
STEINAR STRØM OG NILS MARTIN STØLEN

**STATISTISK SENTRALBYRÅ  
OSLO**

RAPPORTER FRA STATISTISK SENTRALBYRÅ 79/11

**SUBSTITUSJONSMULIGHETER  
MELLOM ENERGIVARER**

AV  
NILS MARTIN STØLEN

**MED ET APPENDIKS**

AV  
STEINAR STRØM OG NILS MARTIN STØLEN

OSLO 1979  
ISBN 82-537-0990-0

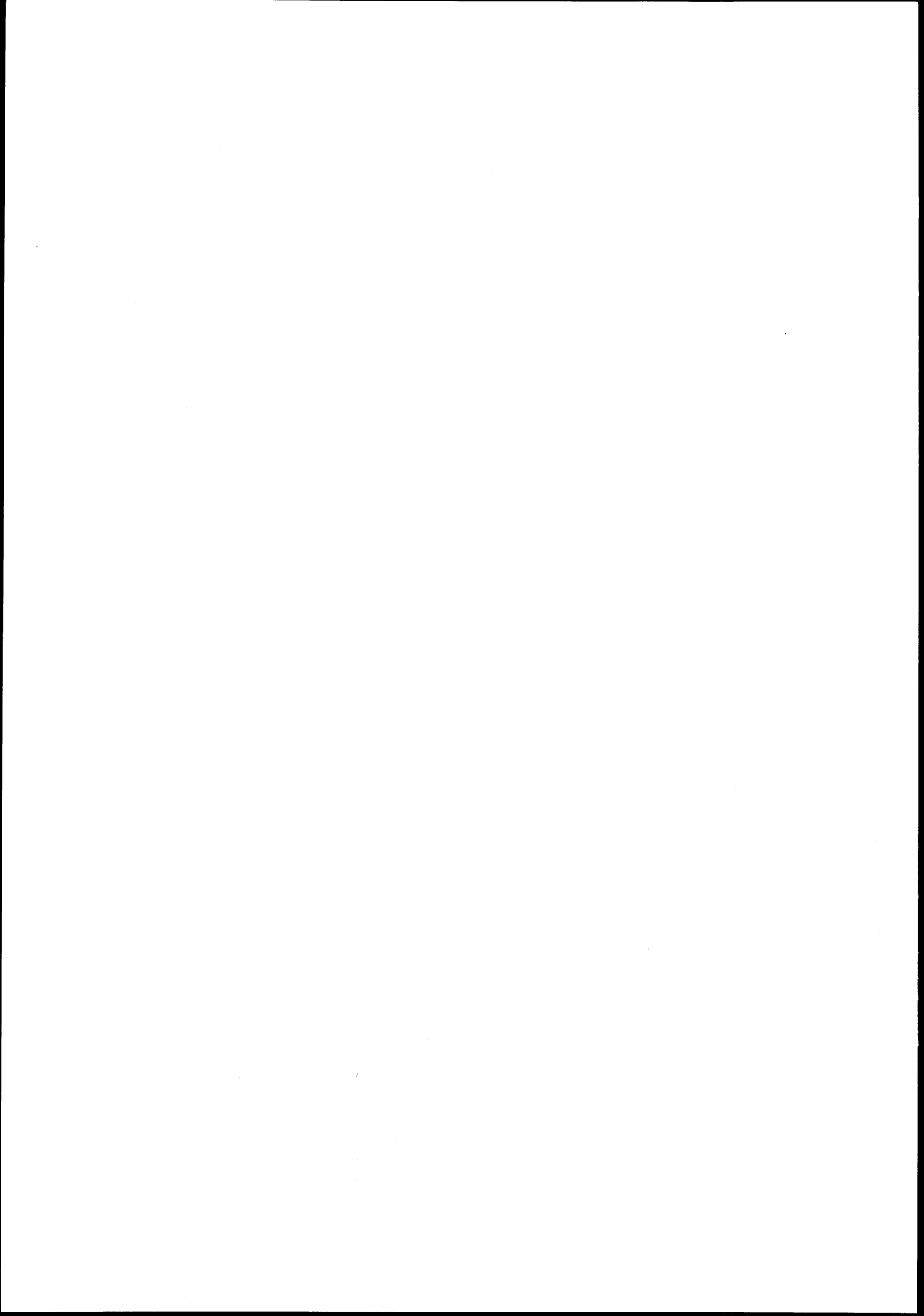


## FORORD

Denne rapporten er et bidrag til Statistisk Sentralbyrås arbeid med å utvikle en energimodell. Rapporten tar sikte på å belyse substitusjonsmulighetene mellom energivarer i ulike næringer på grunnlag av nasjonalregnskapsdata.

Statistisk Sentralbyrå, Oslo, 10. juli 1979

Odd Aukrust



## INNHold

	Side
1. Innledning .....	6
2. Opplegg .....	7
3. Datagrunnlaget .....	11
4. Stokastisk spesifikasjon av modellen. Estimeringsmetode .....	16
5. Resultater .....	18
6. Kombinert tidsserie-tverrsnittsmateriale .....	23
6.1. Jordbruk .....	24
6.2. Treforedlingsindustri .....	25
6.3. Vanlig industri .....	26
6.4. Kraftkrevende industri .....	27
6.5. Innenlands samferdsel .....	28
6.6. Tjenesteyting .....	29
6.7. Konklusjon .....	29
Appendiks. Virkninger av økte energipriser. Energipriselastisiteter .....	31
Litteraturliste .....	37
Utkommet i serien Rapporter fra Statistisk Sentralbyrå (RAPP) .....	38

## I. Innledning<sup>x</sup>

Dette arbeidet er et bidrag til Statistisk Sentralbyrås prosjekt med å utforme et makro-økonomisk modellverktøy for energistudier. Formålet med prosjektet er å utvikle de modeller som i dag brukes i den makroøkonomiske planlegging til også å dekke energispørsmål på en tilfredsstillende måte. En tar dermed sikte på å få til en integrering av energiplanlegging og tradisjonell makro-økonomisk planlegging.

I første omgang vil en konsentrere seg om de mer langsiktige aspekter av samspillet mellom energi og økonomisk styring og utvikling. Det er derfor naturlig å ta utgangspunkt i MSG-modellen ved bygging av en slik energimodell. MSG-modellen er nettopp laget for å analysere de langsiktige utviklingstendenser i økonomien. Ved å bygge en energimodell på MSG-modellen vil en da prøve å sikre konsistens mellom studier av sentrale energispørsmål og andre makroøkonomiske problemstillinger.

MSG-modellen er bygget opp omkring en kryssløpskjerne som antas å beskrive strømmen av varer og tjenester mellom de ulike sektorer i økonomien. Vrekryssløpet i MSG er utformet som en aktivitetsmodell, idet den økonomiske virksomhet beskrives ved et sett av aktiviteter som mottar og/eller leverer varer. I hver aktivitet forutsettes faste mengdeforhold mellom varer som mottas og varer som leveres, dvs. faste kryssløpskoeffisienter. Når det gjelder arbeidskraft og kapital, er det forutsatt at de er substituerbare produksjonsfaktorer og mobile mellom sektorer. Skjematisk kan vi uttrykke produksjonsstrukturen i MSG-modellen slik:

$$(1) \quad X = F(N,K) + M + E$$

$$(2) \quad \begin{cases} M = mX \\ E = eX \end{cases}$$

der  $X$  uttrykker bruttoproduksjonen

$N$  uttrykker bruk av arbeidskraft

$K$  uttrykker bruk av realkapital

$E$  er et uttrykk for innsatsen av energivarer

$M$  uttrykker bruk av annen vareinnsats

Størrelsene  $X$ ,  $N$ ,  $K$ ,  $E$ ,  $M$  er regnet i mill.kr i faste priser.  $F(N,K) = X - M - E$  uttrykker bruttoproduktet. ( $F$  er i modellen spesifisert som en Cobb-Douglas produktfunksjon med et trendledd for nøytral "disembodied" teknisk framgang).

I energimodellen tar en sikte på å modifisere produktfunksjonen (1) slik at den også åpner for substitusjonsmuligheter mellom arbeidskraft og kapital og de andre innsatsfaktorene. Spesielt er en da interessert i å skille ut energi som egen innsatsfaktor. Men en er også interessert i å gå videre ved å splitte opp energiinnsatsen på de forskjellige energivarer som f.eks. elektrisitet og olje for å studere substitusjonsmuligheter mellom de enkelte energivarer. En tenker seg derfor produksjonsstrukturen i energimodellen uttrykt på en mer generell form.

$$(3) \quad X = \theta^*(N, K, M, E_1, \dots, E_n)$$

der  $E_i$   $i = 1, \dots, n$  uttrykker innsatsen av de ulike energivarer.

<sup>x</sup>) Dette arbeidet bygger på forfatterens spesialoppgave til sosialøkonomisk embetseksamen og ble utført under et engasjement i Forskningsavdelingen i Statistisk Sentralbyrå.

Hvis vi nå forutsetter at energivarene utgjør en svakt separabel gruppe blant produksjonsfaktorene, kan produksjonsstrukturen uttrykkes som:

$$(4) \quad X = \theta(N, K, M, E(E_1, \dots, E_n))$$

der E-funksjonen er en kjernefunksjon som uttrykker at total energiinnsats er en funksjon av de ulike energivarer. Svak separabilitet innebærer blant annet at den marginale substitusjonsbrøk mellom  $E_i$  og  $E_j$  ( $i \neq j$ ) er uavhengig av størrelsene  $N$ ,  $K$  og  $M$ . For eksempel vil kostnadsminimerende eller profittmaksimerende valg av energisammensetningen være uavhengig av  $K$ , selv om aggregatet  $E$  ikke er det.

Innføring av svak separabilitet gir to viktige resultater.

- A. Svak separabilitet vil sikre at aggregater eksisterer.  
 B. Eksistensen av aggregater som er homotetiske i sine komponenter vil implisere en underliggende to-skritts optimeringsprosedyre:

(i) Optimer sammensetningen av komponentene i hvert aggregat

(ii) Optimer nivået på hvert aggregat

A rettfærdiggjør en separat konstruksjon av en undermodell i energikomponentene. B rettfærdiggjør en konstruksjon i aggregater alene.

## 2. Opplegg

Siktemålet med dette arbeidet er begrenset til å estimere E-funksjonen for å kartlegge substitusjonsmuligheter mellom de ulike energivarer. Vi vil estimere en slik E-funksjon for hver produksjonssektor i energimodellen unntatt for sektorene Kraftforsyning og Raffinering av jordolje.

Når det gjelder valg av energivarer, vil vi bare operere med to, nemlig Elektrisitet og Andre energivarer. I 1974 utgjorde bruk av elektrisitet ca. 57,7 prosent av energiutgiftene og fyringsoljer 33 prosent. Annet, fast brensel, bensin osv. utgjorde bare ca. 9 prosent av totalen ([11]). Vi ser at elektrisitet og fyringsoljer er de to dominerende energivarer. Selv om det i noen produksjonssektorer brukes en del fast brensel gjør vi ikke noen stor feil ved å slå sammen fyringsoljer og "annet" til "andre energivarer". Selv om det i noen næringer muligens kunne ha vært av en viss interesse å se på substitusjonsmuligheter mellom "annet" og fyringsoljer og elektrisitet, vil vi ikke tape mye på å slå fyringsoljer og "annet" sammen. Dessuten vil analysen bli en del enklere å gjennomføre i praksis når vi bare opererer med to energivarer. Siden "fyringsoljer" vil utgjøre den dominerende gruppe i "andre energivarer" vil de substitusjonsmuligheter vi får uttrykt mellom elektrisitet og "andre energivarer" i stor grad avspeile substitusjonsmulighetene mellom elektrisitet og fyringsoljer.

Vi er altså interessert i å estimere funksjonen

$$(5) \quad E = E(E_1, E_2)$$

for hver sektor (unntatt sektorene Kraftforsyning og Raffinering av råolje) i energimodellen der

$E_1$  = bruk av elektrisk kraft

$E_2$  = bruk av "andre energivarer", dvs. fyringsoljer, parafin, kull, koks og annet.

$E$  kan oppfattes som en indeks for total energiinnsats og defineres ved (5).  $E_1$  og  $E_2$  forutsettes å være observerbare størrelser målt i mill.kr i faste priser, mens  $E$  ikke er observerbar siden den er definert ved (5). Vi har i (5) antatt at energivarene Elektrisitet,  $E_1$ , og Andre energivarer,  $E_2$ , produserer den totale energiinnsats som blir brukt i hver produksjonssektor i energimodellen. Vi antar at produksjonen av (eller omvandlingen til) den totale energiinnsats lar seg beskrive ved en CES-funksjon:

$$(6) \quad E = A[\delta E_1^{-\rho} + (1-\delta)E_2^{-\rho}]^{-\frac{1}{\rho}}$$

der  $A$ ,  $\delta$  og  $\rho$  er konstanter



$A$  = en skaleringsfaktor  $A \geq 0$

$\delta$  = en fordelingsparameter  $0 \leq \delta \leq 1$

$\rho$  uttrykker noe om substitusjonsmulighetene

Som en følge av en forutsetning om at isokvantene er krummet mot origo må  $\rho \geq -1$ . Vi har i (6) antatt at produktfunksjonen er av pari-passu-karakter. Enhetskostnaden for  $E$  blir da uavhengig av  $E$ .

Den marginale substitusjonsbrøk mellom faktor 1 og faktor 2 kan vises å være

$$(7) \quad R = - \left( \frac{dE_2}{dE_1} \right) E \text{ konst} = \frac{\frac{\partial E}{\partial E_1}}{\frac{\partial E}{\partial E_2}} = \frac{\delta}{1-\delta} \left( \frac{E_2}{E_1} \right)^{\rho+1}$$

Den kan tolkes som det marginale tekniske bytteforholdet mellom Elektrisitet og Andre energivarer.

Substitusjonselastisiteten er definert som

$$\sigma = E \left| \frac{R}{E_1} \right| = \frac{1}{\rho+1} \sigma \geq 0, \rho > -1$$

Den gir uttrykk for hvor mye forholdet  $\frac{E_2}{E_1}$  endrer seg ( $E$  konstant) ved en endring i den marginale substitusjonsbrøk. Substitusjonselastisiteten vil gi uttrykk for i hvilken grad Elektrisitet og Andre energivarer kan substituere hverandre. Vi har valgt (6) som produktfunksjon nettopp ut fra at den på en enkel og for vårt formål akseptabel måte kan belyse substitusjonsmulighetene mellom energivarer i de ulike sektorer.

Ut fra en tilpasning av produksjonsskala, sammensetningen av aggregater osv. følger en bestemt  $E$ . Denne tar vi i fortsettelsen for gitt lik  $\bar{E}$ . (Fra forutsetningen om svak separabilitet følger det jo at det som bestemmer størrelsen på  $E$  ikke har noe å si for sammensetningen av  $E$ ). De forskjellige produksjonseenhetene forsøker da å tilpasse  $E_1$  og  $E_2$  slik at kostnadene ved kjøp av  $E_1$  og  $E_2$  blir minst mulig.

Definerer kostnadene ved

$$(8) \quad C_E = p_1 E_1 + p_2 E_2$$

der  $p_1$  = prisindeks for Elektrisitet

$p_2$  = prisindeks for Andre energivarer

Definerer  $p = \frac{p_1}{p_2}$  = forholdet mellom elektrisitetsprisen og prisen på Andre energivarer. Minimerer  $C_E$  når  $E = \bar{E}$  og  $p_1$  og  $p_2$  betraktes som konstanter.

1. ordensbetingelsen gir:

$$R = \frac{p_1}{p_2} (=p) \text{ dvs. } \frac{\delta}{1-\delta} \left(\frac{E_2}{E_1}\right)^{\rho+1} = p$$

dvs.

$$(9) \quad \frac{E_1}{E_2} = \left(p \frac{1-\delta}{\delta}\right)^{-\frac{1}{\rho+1}} = p^{-\sigma} \left(\frac{1-\delta}{\delta}\right)^{-\sigma}$$

1. ordensbetingelsen sier at den marginale substitusjonsbrøk skal være lik prisforholdet. En endring av prisforholdet vil derfor følges av en tilsvarende endring i den marginale substitusjonsbrøk, og substitusjonselastisiteten vil derfor uttrykke endringen i faktorforholdet  $\frac{E_2}{E_1}$  når  $p = \frac{p_1}{p_2}$  endres.

Hvis vi tar logaritmen på begge sider av (9) får vi:

$$(10) \quad \log \left(\frac{E_1}{E_2}\right) = -\sigma \log p - \sigma \log \frac{1-\delta}{\delta}$$

slik at vi kan estimere  $\delta$  og  $\sigma$  (og dermed  $\rho$ ) på en grei måte.

Vi kan utlede etterspørselsfunksjonene for Elektrisitet og Andre energivarer. Etterspørselsfunksjonen for elektrisitet kan vises å være:

$$(11) \quad E_1 = \frac{\bar{E}}{A} \left[ \delta + (1-\delta) \left(p \frac{1-\delta}{\delta}\right)^{\sigma-1} \right]^{\frac{\sigma}{1-\sigma}}$$

Etterspørselsfunksjonen for "andre energivarer" blir

$$(12) \quad E_2 = \frac{\bar{E}}{A} \left[ \delta \left(p \frac{1-\delta}{\delta}\right)^{1-\sigma} + (1-\delta) \right]^{\frac{\sigma}{1-\sigma}}$$

Vi må altså kjenne  $\bar{E}/A$  for å finne  $E_1$  og  $E_2$ . Vi kan ut fra etterspørselsfunksjonene utlede etterspørselsetlastisitetene med hensyn på  $p$  for henholdsvis elektrisitet og "andre energivarer" når total energiinnsats holdes konstant.

$$(13) \quad \epsilon_1 = E_1 \frac{p}{E_1} \frac{dE_1}{dp} = -\alpha_2 \sigma$$

$$\epsilon_2 = E_2 \frac{p}{E_2} \frac{dE_2}{dp} = \alpha_1 \sigma$$

der  $\alpha_1$  og  $\alpha_2$  er h.h.v. elektrisitetens og "andre energivarers" kostnadsandel ut fra totale energi-kostnader,

dvs.

$$(14) \quad \alpha_1 = \frac{p_1 E_1}{p_1 E_1 + p_2 E_2}, \quad \alpha_2 = \frac{p_2 E_2}{p_1 E_1 + p_2 E_2} \quad (\alpha_1 + \alpha_2 = 1)$$

Det er her viktig å være klar over at budsjettandelene vil være avhengige av hvilken tidsperiode vi betrakter dersom  $p_1$ ,  $p_2$ ,  $E_1$  og  $E_2$  endrer seg over tida.

Da  $p$  uttrykker forholdet mellom prisene på Elektrisitet og Andre energivarer, vil  $\epsilon_1$  og  $\epsilon_2$  være elastisiteter m.h.p. elektrisitetsprisen. Elastisitetene m.h.p. prisen på Andre energivarer vil være av samme størrelse, men ha motsatt fortegn.

Vi får altså:

$$\begin{aligned}
 \epsilon_{11} &= E_1 p_1 E_1 E = \bar{E} = -\alpha_2 \sigma \\
 \epsilon_{21} &= E_1 p_1 E_2 E = \bar{E} = \alpha_1 \sigma \\
 \epsilon_{12} &= E_1 p_2 E_1 E = \bar{E} = \alpha_2 \sigma \\
 \epsilon_{22} &= E_1 p_2 E_2 E = \bar{E} = -\alpha_1 \sigma
 \end{aligned}
 \tag{15}$$

De elastisitetene som er regnet ut i (13) og (15) bygger på den forutsetning at  $E = \bar{E}$ , en konstant. Disse elastisitetene gir ikke uttrykk for den totale reaksjon vi får ved en prisendring siden en prisendring på én type energi vil influere prisen på den totale energiinnsats. Dette vil påvirke både den totale energiinnsats og produksjonsskalaen, dermed vil vi få en virkning på hver enkelt energivare ved at den totale energi-innsats og produksjonsskalaen endres. Dette er nærmere omtalt i et appendiks til notatet.

I prosjektet er en interessert i å få estimert (4)  $X = \emptyset(N, K, M, E(E_1, E_2))$ . For å utføre denne estimeringen gjør en bruk av Shepards dualitetsteorem. Det går ut på følgende. Hvis faktorprisene og produksjonsnivået er eksogent bestemt, og det er gitt at vi har kostnadsminimerende atferd, vil dualitetsteorien mellom kostnader og produksjon implisere at produktfunksjonen (4) kan bli entydig representert ved en kostnadsfunksjon av formen:

$$(16) \quad C = g(p_N, p_K, p_M, p_E, X)$$

der  $C$  = totale kostnader.

$p_i$  ( $i = N, K, M, E$ ) er enhetskostnadene for de ulike innsatsfaktorer. En vil derfor estimere på (16) i stedet for på (4). Når en skal foreta estimeringen, trenger en tall for  $p_E$ , enhetskostnadene for total energiinnsats.  $p_E$  følger av de resultatene som framkommer ved estimeringen av  $E = E(E_1, E_2)$ . Definerer enhetskostnadene for total energiinnsats  $p_E$  ved

$$(17) \quad p_E = \frac{C_E}{E}$$

der  $C_E = p_1 E_1 + p_2 E_2$  og  $E$  beregnes ved (6). Når det gjelder beregningen av  $C_E$ , vil vi bruke de observerte verdier av  $E_1$  og  $E_2$ , og ikke de som beregnes ut fra (11) og (12). Dette gjøres for at produktet  $p_E \cdot E$  skal være lik den observerte verdistørrelsen.

Skaleringsfaktoren  $A$  blir ikke anslått i estimeringen. Vi vil imidlertid beregne  $A$  slik at  $p_E = 1$  i 1970 som er basisår for tallene i faste priser i nasjonalregnskapet. Ved estimeringen får vi estimert  $\sigma$  og  $\delta$ . Vi får da regnet ut  $\frac{E}{A}$  fra (6), og siden vi har tall for  $C_E$  kan vi regne ut

$$p_E^x = \frac{C_E}{\frac{E}{A}} = A \frac{C_E}{E} = A p_E$$

$A$  blir deretter definert slik at

$$(18) \quad p_E^x = \frac{p_E^x}{A} \equiv 1 \text{ i 1970}$$

dvs.  $A \equiv p_E^x(1970)$ ,

og vi får så regnet ut  $p_E$ .

### 3. Datagrunnlaget

Dersom vi betrakter (10), ser vi at vi har bruk for data for  $\frac{E_1}{E_2}$  og  $p = \frac{p_1}{p_2}$  for å kunne foreta estimeringen. Fra nasjonalregnskapet er det utarbeidet tidsseriedata for hver sektor i energimodellen, 30 i alt, for årene 1967 - 1976, dvs. 10 år.

I det utarbeidede materialet har vi tall i mill.kr i faste og løpende priser for blant annet elektrisitet og olje og kullprodukter + kull. Vi får dermed de dataene vi får bruk for på følgende måte.

$E_1$  = innsats av elektrisitet i mill.kr i faste priser.

$E_2$  = innsats av olje og kullprodukter + kull i mill.kr i faste priser.

Når  $E_1$  og  $E_2$  er bestemt, kan vi regne ut  $\frac{E_1}{E_2}$ .

$$p = \frac{p_1}{p_2} = \frac{\text{prisindeks for elektrisitet}}{\text{prisindeks for olje og kullprodukter + kull}}$$

der vi finner  $p_1$  og  $p_2$  fra datamaterialet ved

$$p_1 = \frac{\text{Innsats av elektrisitet i løpende priser}}{\text{Innsats av elektrisitet i faste priser}}$$

$$p_2 = \frac{\text{Innsats av olje og kullprod. + kull i løpende priser}}{\text{Innsats av olje og kullprod. + kull i faste priser}}$$

Siden det ikke er urealistisk å anta at produksjonsstrukturen er av putty-clag-natur, og da vi er interessert i langtidsproduktfunksjoner, ville det trolig ha vært bedre å benytte tverrsnittsdata framfor tidsseriedata til estimering av produktfunksjonen (6). De tidsseriedataene vi har, vil være tall generert fra en blanding av ex-ante og ex-post funksjoner (hvor trolig ex-postfunksjoner dominerer). Et tverrsnittsmateriale ville imidlertid i større utstrekning være generert av ex-ante funksjoner, jfr. kap. 8 i [9]. Følgen av at vi bruker tidsseriedata vil trolig bli at vi får lavere estimater for substitusjonselastisiteten enn om vi hadde brukt tverrsnittsdata.

Nå er data på bedriftsnivå i hver av produksjonssektorene i energimodellen vanskelig tilgjengelig. Imidlertid vil hver sektor i energimodellen bestå av flere nasjonalregnskapssektorer og for disse er det mulig å skaffe tall for  $E_1$ ,  $E_2$ ,  $p_1$  og  $p_2$ . Nå vil nasjonalregnskapssektorene innenfor en energimodellsektor være svært uensartede, og det er derfor ikke særlig realistisk å anta at den samme produksjonsstrukturen gjelder innen hver av disse. Vi vil imidlertid anta at substitusjonsmulighetene mellom de ulike energivarer er noenlunde like (dvs. vi antar at  $\rho$  og dermed  $\sigma$  er felles for sektorene innenfor en energimodellsektor). Fordelingsparameteren  $\delta$  og skaleringsfaktoren  $A$  blir imidlertid antatt å være forskjellige. Vi kan ta hensyn til forskjellige fordelingsparametre i estimeringsrelasjonen ved å ta i bruk dummy-variable på høyre siden i (10). Dermed kan vi ta i bruk et kombinert tidsserie og tverrsnittsmateriale for å estimere substitusjonselastisiteten, og vi vil trolig få et bedre estimat enn om vi bare brukte tidseriedata.

En annen metode til å "framskaffe" tverrsnittstall på er å behandle flere enkeltsektorer under ett. Vi kan f.eks. behandle en del av industrisektorene sammen og anta at substitusjonsmulighetene er de samme i hver sektor, mens fordelingsparametrene er forskjellige. Vi kan således bruke det samme opplegget som skissert ovenfor til å estimere substitusjonselastisiteten for en gruppe av sektorer.

I forsettelsen vil vi nå først bruke bare tidsseriedata til å estimere på relasjonen (10) for hver sektor i energimodellen (unntatt sektor 17 Kraftforsyning og sektor 11 Raffinering av råolje). Deretter vil vi bruke kombinerte tidsserie-tverrsnittsdata, der vi i noen sektorer bruker tverrsnittsdata fra undersektorer (nasjonalregnskapssektorer). Andre sektorer betrakter vi som en gruppe og får tverrsnittsdata ut fra det. Det vil her være av særlig interesse å sammenligne de resultatene som vi får for substitusjonselastisiteten ved de to metodene.

Tabell 1. E<sub>1</sub> - bruk av elektrisitet målt i mill.kr i faste priser. Basisår 1970

Sektor	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976
1. Jordbruk .....	61,6	75,1	73,3	64,2	67,4	67,2	69,3	78,4	69,8	67,0
2. Skogbruk .....	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Fiske og fangst .....	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4. Bergverksdrift .....	20,3	20,8	24,1	28,2	35,4	26,8	32,2	36,5	32,0	44,6
5. Foredling av jordbr. og fiskeprodukter .....	63,8	68,7	69,0	76,6	80,5	73,9	76,1	86,7	68,8	90,7
6. Produksjon av nytelsesmidler .....	6,8	7,4	6,6	6,6	8,5	9,5	9,2	12,2	10,0	12,2
7. Produksjon av tekstil og bekledningsvarer .....	17,9	18,4	17,6	18,0	18,6	17,0	17,4	17,0	13,7	16,0
8. Produksjon av trevarer ...	25,5	27,3	28,1	31,2	33,7	33,6	37,0	43,1	35,7	44,4
9. Produksjon av treforedl. prod. ....	121,6	142,0	130,2	129,4	128,1	123,0	133,1	156,8	161,7	154,8
10. Produksjon av kjemiske råvarer .....	215,2	166,6	115,8	101,9	109,1	110,8	122,7	112,2	117,5	126,5
12. Produksjon av kjemiske og mineralske prod. ....	47,5	53,2	56,2	54,7	54,4	55,8	60,3	65,9	55,3	66,9
13. Produksjon av metaller ...	345,2	470,3	442,9	428,9	461,5	432,4	500,3	583,8	635,8	478,8
14. Produksjon av verkstedprod.	62,8	66,8	71,4	73,2	77,1	74,8	77,1	94,8	78,8	92,0
15. Bygging av skip og oljeplattformer .....	15,5	17,1	18,3	18,4	20,1	20,4	23,1	28,4	24,7	27,6
16. Grafisk produksjon .....	8,4	9,0	9,6	10,3	10,6	11,0	11,6	14,2	11,9	15,7
18. Bygge- og anleggsvirksomhet	4,8	5,0	5,2	5,4	5,9	5,9	6,1	8,0	5,9	7,8
19. Varehandel .....	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20. Råolje og naturgass, boring, utvinning rørtransp. ....	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21. Utenriks sjøfart .....	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22. Innenriks samferdsel .....	33,2	38,6	37,3	37,0	39,1	39,8	40,7	47,9	38,9	50,9
23. Bank og forsikring .....	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24. Boligtjenester .....	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25. Reparasjon av kjøretøyer, hush.apparater .....	3,2	3,7	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,6	0,6	0,6
26. Annen privat tjenesteprod.	125,6	145,2	155,6	143,8	141,3	200,4	217,4	254,9	258,5	318,7
27. Offentlig adm. og forsvar .	29,5	34,9	39,3	34,0	29,8	30,3	32,7	40,2	31,1	40,5
28. Undervisning og forskning .	37,0	41,2	41,8	39,9	34,1	34,3	38,4	40,8	31,1	40,7
29. Helsetjenester .....	22,4	26,8	25,4	24,4	19,1	20,4	23,0	27,9	21,6	28,7
30. Annen off.tjenesteprod. ..	10,0	10,4	10,1	9,3	7,4	6,0	6,7	7,9	5,7	7,1

Tabell 2.  $p_1$ -prisindeks for Elektrisitet

Sektor	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976
1. Jordbruk .....	0,77	0,75	0,82	1	1,08	1,20	1,22	1,24	1,59	1,73
2. Skogbruk .....	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Fiske og fangst .....	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4. Bergverksdrift .....	0,75	0,74	0,80	1	1,01	1,18	1,20	1,23	1,88	1,70
5. Foredling av jordbr. og fiskeprodukter .....	0,75	0,73	0,80	1	1,05	1,17	1,22	1,22	1,90	1,69
6. Produksjon av nytelses- midler .....	0,75	0,76	0,82	1	1,08	1,21	1,26	1,30	1,97	1,79
7. Produksjon av tekstil og bekledningsvarer .....	0,75	0,74	0,81	1	1,06	1,18	1,21	1,32	1,97	1,86
8. Produksjon av trevarer ....	0,74	0,73	0,80	1	1,04	1,16	1,22	1,20	1,88	1,68
9. Produksjon av treforedl. prod. ....	0,76	0,74	0,81	1	1,06	1,19	1,16	1,46	1,53	1,59
10. Produksjon av kjemiske råvarer .....	0,77	0,76	0,82	1	1,08	1,20	1,22	1,49	1,72	1,87
12. Produksjon av kjemiske og mineralske prod. ....	0,74	0,73	0,80	1	1,05	1,17	1,21	1,25	1,92	1,73
13. Produksjon av metaller ....	0,77	0,74	0,82	1	1,08	1,20	1,22	1,33	1,32	1,89
14. Produksjon av verkstedprod.	0,75	0,74	0,80	1	1,05	1,17	1,22	1,24	1,92	1,73
15. Bygging av skip og olje- plattformer .....	0,75	0,73	0,80	1	1,06	1,17	1,21	1,22	1,86	1,68
16. Grafisk produksjon .....	0,74	0,72	0,80	1	1,06	1,20	1,23	1,23	1,91	1,68
18. Bygge- og anleggsvirksomhet	0,75	0,74	0,79	1	1,03	1,15	1,25	1,19	1,90	1,64
19. Varehandel .....	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20. Råolje og naturgass, boring, utvinning rørtransp. ....	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21. Utenriks sjøfart .....	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22. Innenriks samferdsel .....	0,76	0,74	0,81	1	1,05	1,18	1,21	1,22	1,88	1,70
23. Bank og forsikring .....	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24. Boligtjenester .....	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25. Reparasjon av kjøretøyer, hush.apparater .....	0,75	0,73	0,83	1	1,17	1,33	1,29	1,67	2,00	2,38
26. Annen privat tjenesteprod. .	0,77	0,76	0,83	1	1,08	1,20	1,22	1,22	1,44	1,27
27. Offentlig adm. og forsvar .	0,75	0,73	0,80	1	1,08	1,17	1,21	1,21	1,87	1,68
28. Undervisning og forskning .	0,76	0,74	0,81	1	1,09	1,17	1,20	1,21	1,88	1,70
29. Helsetjenester .....	0,76	0,73	0,80	1	1,09	1,18	1,23	1,21	1,88	1,68
30. Annen off.tjenesteprod. ...	0,77	0,75	0,83	1	1,09	1,22	1,24	1,46	2,07	2,04

Tabell 3. E2 - bruk av Andre energivarer målt i mill.kr i faste priser. Basisår 1970

Sektor	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976
1. Jordbruk .....	60,5	61,1	66,3	88,9	88,0	83,7	87,9	71,7	65,9	66,8
2. Skogbruk .....	1,4	1,0	1,0	1,4	1,4	8,0	10,8	14,1	13,0	12,3
3. Fiske og fangst .....	77,0	77,0	70,6	97,3	103,4	99,9	98,4	94,1	108,1	108,3
4. Bergverksdrift .....	10,0	10,2	14,0	30,4	30,8	18,9	23,2	22,9	26,1	29,7
5. Foredling av jordbr. og fiskeprodukter .....	77,2	67,2	66,9	89,4	87,1	69,6	73,0	63,0	72,5	77,7
6. Produksjon av nytelses- midler .....	11,8	10,9	12,9	13,4	12,9	9,5	8,4	10,4	10,4	10,2
7. Produksjon av tekstil og bekledningsvarer .....	13,0	13,2	15,3	17,5	16,2	14,8	14,2	10,7	12,3	10,6
8. Produksjon av trevarer ....	13,0	14,6	17,1	22,7	24,2	18,3	19,7	17,8	20,3	20,3
9. Produksjon av treforedl. prod. ....	44,6	48,2	61,5	85,3	74,7	49,8	57,6	72,5	67,7	56,9
10. Produksjon av kjemiske råvarer .....	29,0	29,6	49,1	75,5	59,9	34,3	41,2	87,4	85,2	85,7
12. Produksjon av kjemiske og mineralske prod. ....	48,1	52,2	56,9	77,0	84,1	66,5	65,5	81,1	87,1	90,2
13. Produksjon av metaller ....	36,8	46,7	49,0	57,8	69,3	65,5	77,5	77,0	75,4	75,6
14. Produksjon av verkstedprod.	38,2	38,7	44,1	54,5	51,4	47,5	51,7	42,1	49,9	43,7
15. Bygging av skip og olje- plattformer .....	13,7	13,5	15,6	15,4	16,2	13,4	17,5	17,9	23,5	21,5
16. Grafisk produksjon .....	7,3	8,3	9,3	9,8	9,8	8,0	7,8	7,6	8,8	9,4
18. Bygge- og anleggsvirksomhet	18,7	19,0	21,1	24,0	21,4	26,7	26,6	21,1	26,6	27,1
19. Varehandel .....	50,5	67,5	77,0	164,8	83,4	65,9	71,1	68,1	18,1	33,9
20. Råolje og naturgass, boring, utvinning rørtransp. ....	0,0	0,0	0,0	0,0	1,3	3,5	1,0	3,4	8,4	6,5
21. Utenriks sjøfart .....	52,5	53,5	47,7	102,6	96,6	89,4	60,4	51,2	42,8	35,2
22. Innenriks samferdsel .....	223,7	233,5	263,0	286,0	267,7	275,3	308,2	334,1	392,9	416,2
23. Bank og forsikring .....	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24. Boligtjenester .....	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25. Reparasjon av kjøretøyer, hush.apparater .....	2,1	2,2	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,2	0,4	0,4
26. Annen privat tjenesteprod.	56,4	57,1	58,6	65,2	54,6	57,9	55,4	43,5	70,6	47,9
27. Offentlig adm. og forsvar .	74,3	82,5	86,4	107,3	99,6	128,7	129,8	102,8	127,0	119,1
28. Undervisning og forskning .	21,4	22,7	26,5	34,5	28,1	33,1	31,3	21,3	27,1	27,4
29. Helsetjenester .....	12,3	12,0	12,6	16,9	14,5	16,6	15,9	12,1	14,8	15,5
30. Annen off.tjenesteprod. ...	12,3	11,6	12,5	14,6	11,4	9,8	9,0	6,2	7,2	7,2

Tabell 4.  $p_2$  - prisindeks for Andre energivarer

Sektor	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976
1. Jordbruk .....	1,05	1,01	1,09	1	1,27	1,35	1,51	2,64	2,61	2,96
2. Skogbruk .....	0,71	0,90	1,00	1	1,14	1,14	1,44	1,91	2,14	2,34
3. Fiske og fangst .....	1,10	1,16	1,13	1	1,40	1,50	1,66	2,99	2,91	3,22
4. Bergverksdrift .....	0,93	1,04	1,01	1	1,26	1,25	1,57	2,58	2,63	2,93
5. Foredling av jordbr. og fiskeprodukter .....	0,98	1,03	1,00	1	1,31	1,41	1,60	2,90	2,73	3,20
6. Produksjon av nytelses- midler .....	0,84	0,92	0,87	1	1,16	1,46	1,68	2,05	1,99	2,28
7. Produksjon av tekstil og beklædningsvarer .....	0,85	0,89	0,86	1	1,17	1,22	1,32	2,33	2,20	2,77
8. Produksjon av trevarer ...	0,99	1,01	1,01	1	1,19	1,35	1,63	2,48	2,36	2,64
9. Produksjon av treforedl. prod. ....	1,08	1,14	1,11	1	1,35	1,44	1,73	3,19	2,92	3,39
10. Produksjon av kjemiske råvarer .....	1,01	1,08	1,03	1	1,49	1,97	2,44	2,94	2,87	3,33
12. Produksjon av kjemiske og mineralske prod. ....	0,98	1,05	1,04	1	1,35	1,44	1,69	2,98	2,78	2,93
13. Produksjon av metaller ...	0,78	0,81	0,86	1	1,25	1,28	1,43	2,28	2,60	2,80
14. Produksjon av verkstedprod.	0,88	0,95	0,96	1	1,23	1,29	1,39	2,25	2,20	2,65
15. Bygging av skip og olje- plattformer .....	0,74	0,82	0,85	1	1,27	1,19	1,42	1,99	2,02	2,23
16. Grafisk produksjon .....	0,79	0,83	0,86	1	1,14	1,28	1,51	1,79	1,80	1,96
18. Bygge- og anleggsvirksomhet	0,75	0,88	0,87	1	1,26	1,35	1,50	2,24	2,33	2,63
19. Varehandel .....	1,05	1,12	1,11	1	1,36	1,47	2,25	2,96	4,80	2,91
20. Råolje og naturgass, boring, utvinning rørtransp. ....	-	-	-	1	1,92	1,46	3,50	1,37	3,13	3,88
21. Utenriks sjøfart .....	1,04	1,10	1,09	1	1,43	1,47	1,79	2,66	2,56	3,07
22. Innenriks samferdsel .....	0,94	0,98	0,93	1	1,28	1,32	1,47	2,17	2,07	2,01
23. Bank og forsikring .....	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24. Boligtjenester .....	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25. Reparasjon av kjøretøyer, hush.apparater .....	0,86	0,95	0,75	1	1,25	1,75	2,00	4,50	2,75	3,25
26. Annen privat tjenesteprod.	0,96	1,01	1,00	1	1,27	1,41	1,60	2,57	1,91	3,04
27. Offentlig adm. og forsvar	1,07	1,08	1,04	1	1,21	1,26	1,47	2,33	2,30	2,67
28. Undervisning og forskning	1,00	1,11	1,11	1	1,48	1,64	1,98	3,13	2,90	3,39
29. Helsetjenester .....	1,02	1,04	1,12	1	1,30	1,48	1,85	2,90	2,87	3,30
30. Annen off.tjenesteprod. ..	0,97	1,09	1,07	1	1,26	1,41	1,66	2,87	2,75	3,24



#### 4. Stokastisk spesifikasjon av modellen. Estimeringsmetode

Den deterministiske modellen som er spesifisert i avsnitt 3 kan uttrykkes ved produktfunksjonen

$$E_t = A[\delta E_{1,t}^{-\rho} + (1-\delta)E_{2,t}^{-\rho}]^{-\frac{1}{\rho}}$$

og 1. ordensbetingelsen for kostnadsminimum kan skrives

$$(9) \quad \left(\frac{E_1}{E_2}\right)_t = \left(\frac{p_1}{p_2}\right)_t^{-\sigma} \left(\frac{1-\delta}{\delta}\right)^{-\sigma}$$

der  $t$  er en fotindeks som angir observasjonstidspunkt. Vi kan nå gi modellen en stokastisk form ved å henge på et stokastisk restledd på hver av ligningene (6) og (9).

Når det gjelder produktfunksjonen, vil det være rimelig å anta at den "produserte" totale energiinnsats vil variere tilfeldig selv om  $E_1$  og  $E_2$  er de samme. En måte å forklare stokastikken i produktfunksjonen på, er forskjellige tekniske forhold fra år til år.

En kan spesifisere stokastikken i produktfunksjonen ved å henge på en multiplikativt restledd  $e^{u_1 t}$  slik at produktfunksjonen på stokastisk form kan skrives:

$$(19) \quad E_t = A[\delta E_{1,t}^{-\rho} + (1-\delta)E_{2,t}^{-\rho}]^{-\frac{1}{\rho}} e^{u_1 t}$$

Når det gjelder 1. ordensbetingelsen for kostnadsminimering, vil ikke produksjonsenheterne lykkes fullt ut med å få den oppfylt i praksis. Det vil være tilfeldig avvik. Disse avvikene kan bl.a. skyldes ufullstendig informasjon og tregheter i tilpasningen. Vi kan henge på et multiplikativt stokastisk restledd på høyre side i tilpasningsbetingelsen (9) for å ta hensyn til at tilpasningen ikke er fullkommen. 1. ordensbetingelsen på stokastisk form kan da skrives.

$$(20) \quad \left(\frac{E_1}{E_2}\right)_t = \left(\frac{p_1}{p_2}\right)_t^{-\sigma} \left(\frac{1-\delta}{\delta}\right)^{-\sigma} e^{u_2 t}$$

Selv om det er stokastikk i "produksjonen", vil ikke det stokastiske restleddet  $e^{u_1 t}$  inngå i (20). Grunnen til det er at vi har antatt et multiplikativt restledd i (19).  $e^{u_1 t}$  vil dermed forkortes bort når vi eliminerer Lagrangemultiplikatoren fra de opprinnelige 1. ordensbetingelsene. Generelt vil de stokastiske restledd ta vare på tilfeldige avvik fra de eksakte relasjonene (6) og (10). Disse avvikene kan blant annet skyldes målefeil, feilspesifikasjon av relasjonene, eller virkninger av andre variable enn de spesifiserte.

På logaritmisk form kan (20) uttrykkes ved:

$$(21) \quad \log \left(\frac{E_1}{E_2}\right)_t = \gamma_1 \log \left(\frac{p_1}{p_2}\right)_t + \gamma_2 + u_2 t$$

der  $\gamma_1 = -\sigma$  dvs.  $\sigma = -\gamma_1$

$$\gamma_2 = -\sigma \log \frac{1-\delta}{\delta}$$

$$\text{Slik at } \delta = \frac{1}{1 + e^{\gamma_1}}$$

$$\text{Siden } \sigma = \frac{1}{1+\rho} \text{ vil } \rho = \frac{1-\sigma}{\sigma} = \frac{1+\gamma_1}{-\gamma_1}$$

Ut fra estimatene for  $\gamma_1$  og  $\gamma_2$  kan vi da regne ut estimater for  $\sigma$ ,  $\rho$  og  $\delta$ . Vi vil bruke minste kvadraters metode til å estimere  $\gamma_1$  og  $\gamma_2$  i relasjon (21). Dersom visse forutsetninger er oppfylt, vil denne teknikken gi oss estimater for  $\gamma_1$  og  $\gamma_2$  som er variansminimale blant alle forventningsrette lineære estimatorer.

De forutsetningene som da må være oppfylt er:

- Restleddene  $u_{2t}$   $t=1, \dots, n$  er normalfordelte  
(1 = 1967, n = 1976)
- $E u_{2t} = 0$  ( $t=1, \dots, n$ )
- $\text{var } u_{2t} = \tau^2$  (konstant) ( $t=1, \dots, n$ )
- $\text{Covar}(u_{2i}, u_{2j}) = 0$  ( $i, j=1, \dots, n$ ) ( $i \neq j$ )
- $\text{covar}(p_t, u_{2t}) = 0$  ( $t=1, \dots, n$ )

Forutsetning a) må antas å være tilnærmet oppfylt i praksis da det er rimelig å regne med både positive og negative avvik fra relasjonen (10) og der små avvik opptrer hyppigere enn store.

b) kan antas oppfylt dersom det ikke skjer noen systematisk endring i avvikenes fortegn eller størrelse over tid. Det er lite trolig at det skjer noe slikt da vi ser på hvordan faktorforholdet

$\frac{E_1}{E_2}$  avhenger av prisforholdet  $\frac{p_1}{p_2}$ . Det er her rimelig å regne med tilfeldige variasjoner i begge disse forholdene rundt gjennomsnittene og ikke en trendutvikling.

Av samme grunn er det rimelig å anta at forutsetning c) er tilnærmet oppfylt. Når det gjelder forutsetning d), er det ikke så godt uten videre å si om den er oppfylt eller ikke. Siden vi her foretar analysen ved hjelp av tidsseriedata er det mulig at et stort restledd ett år vil implisere en viss størrelse på restleddet neste år. Restleddene kan altså være korrelerte fra år til år (autokorrelasjon). Minste kvadraters metode vil ved autokorrelasjon fortsatt gi konsistente estimater, men autokorrelasjon gjør at estimatorene  $\hat{\gamma}_1$  og  $\hat{\gamma}_2$  ikke lenger er variansminimale. e) Dersom energiforholdet  $\frac{E_1}{E_2}$  og prisforholdet  $\frac{p_1}{p_2}$  blir bestemt simultant i økonomien, dvs. det fins direkte eller indirekte flere relasjoner mellom  $\frac{E_1}{E_2}$  og  $\frac{p_1}{p_2}$  enn (9), vil  $\text{covar}(\frac{p_{1t}}{p_{2t}}, u_{2t}) \neq 0$ , og forutsetning e) vil ikke være oppfylt. Siden hver sektor's bruk av energivarer stort sett utgjør lite av totalen, kan vi anta at forutsetningen  $\text{covar}(\frac{p_{1t}}{p_{2t}}, u_{2t}) = 0$  tilnærmet vil gjelde i de fleste sektorer. Det kan imidlertid være urealistisk å anta at den er oppfylt for de sektorer som bruker mye av en av energivarene.

Enhetskostnaden for total energiinnsats er gitt ved

$$(17) \quad p_E = \frac{C_E}{E}$$

Vi kan få et estimat for  $p_E$  ved å benytte de estimerte verdier for  $\rho$  og  $\delta$ . Vi får da

$$\hat{p}_E = \frac{C_E}{\hat{E}}$$

der  $\hat{E}$  er gitt ved:

$$\hat{E} = A [\hat{\delta} E_1^{-\hat{\rho}} + (1-\hat{\delta}) E_2^{-\hat{\rho}}]^{-\frac{1}{\hat{\rho}}}$$

Når vi skal bestemme de stokastiske egenskapene til estimatoren  $\hat{p}_E$ , må vi ta hensyn til at stokastikken kommer inn på to steder.

For det første er det usikkerhet i tilpassingen som får betydning for estimatorne  $\hat{\rho}$  og  $\hat{\delta}$ . For det andre vil det være et stokastisk restledd i produktfunksjonen som tar hensyn til forskjellige

tekniske forhold fra år til år. Dette medfører at vi må føye til stokastisk restledd i produktfunksjonen (6). På grunn av det som er sagt foran er det ikke helt enkelt å si noe om de stokastiske egenskapene til  $\hat{p}_E$ .

## 5. Resultater

Regresjonsestimatene er gitt i tabell 5, mens de beregnede substitusjonselastisiteter m.v. er gitt i tabell 6. For sektorene 10 og 13, dvs. den kraftkrevende industrien, får vi negative substitusjonselastisiteter ( $\hat{\sigma} = -\hat{\gamma}_1$ ), men ingen av dem er signifikant forskjellig fra 0. Resultatene her kan tyde på at det er ingen eller små substitusjonsmuligheter i disse sektorene. Det at vi får små eller ingen substitusjonsmuligheter i disse sektorene kan skyldes at Elektrisitet og Andre energivarer har ulike anvendelser. Vi ser også at vi får en substitusjonselastisitet tilnærmet lik 0 i sektor 12. (Produksjon av kjemiske og mineralske produkter).

I sektorene 4, 9, 22 og 28 får vi heller ikke estimater på substitusjonselastisiteten som er signifikant forskjellig fra 0 med det nivået vi har valgt. På grunn av at de estimerte parametrene er av en viss størrelse, kan vi heller ikke forkaste en hypotese om at de f.eks. er 0,30. Det er derfor mulig at det er visse, men begrensede, substitusjonsmuligheter i disse sektorene. For sektorene 1, 5, 6, 7, 8, 14, 15, 16, 18, 25, 26, 27, 29 og 30 får vi estimert substitusjonselastisiteter som er signifikant større enn 0. Sektor 6, Produksjon av nytelsesmidler, skiller seg klart ut med en substitusjonselastisitet på 1,76. Men siden vi her får et stort standardavvik, er estimatet nokså usikkert. Vi får også meget høye anslag for substitusjonselastisiteten i sektorene 14, 16, 26 og 30. Det at vi får estimater for substitusjonselastisitetene som er signifikant større enn 0, skyldes trolig at Elektrisitet og Andre energivarer brukes til samme formål. I en del av disse sektorene vil også en stor del av energiforbruket gå med til oppvarming, og det kan bidra til å forklare de positive estimatene.

For sektorene 2, 3, 19, 20, 21, 23 og 24 er det ikke spesifisert bruk av elektrisitet (eller hverken bruk av elektrisitet eller andre energivarer) i nasjonalregnskapstallene.

Sektorene 11, Raffinering av råolje, og 17, Kraftforsyning, har vi holdt utenfor i analysen da de er svært spesielle når det gjelder bruk av energi slik energitallene er spesifisert i nasjonalregnskapet. Sektor 11 er jo konverteringssektor for energivaren olje, mens sektor 17 bl.a. er produksjonssektor for energivaren Elektrisitet. Alle kontantleddene  $\hat{\gamma}_2$  i regressjonen (unntatt for sektorene 16 og 28) blir signifikant forskjellig fra 0 med 10 % nivå. I sektorene 1, 5, 6, 12, 18, 22, 27 og 30 får vi negative estimater, mens de blir positive i resten av sektorene. Negative estimater tyder på at selv om  $p_1 = p_2$ , dvs. like priser på Elektrisitet og Andre energivarer, vil  $E_1 < E_2$ , dvs. volumtallene (i mill.kr i faste priser) for Elektrisitet være mindre enn volumtallene for Andre energivarer. I sektorer hvor  $\hat{\gamma}_2 > 0$  kan vi tolke det omvendt.

$R^2$  og SER sier noe om føyningen. Den multiple korrelasjonskoeffisienten  $R$  sier noe om hvor godt variasjonen i den venstresidevariable kan "forklares" ved de(n) høyresidevariable. Noe særlig godt mål er den ikke da den blant annet vil øke med antall høyresidevariable. SER er et estimat på standardavviket til de stokastiske restleddene. Liten SER i forhold til nivået på den venstresidevariable vil indikere god føyning.

Vi ser at det er stor variasjon i  $R^2$  og SER fra sektor til sektor. Jevnt over kan en vel si at en får god føyning i de sektorer som har de største substitusjonsmulighetene og dårlig føyning i sektorer med små substitusjonsmuligheter.

Tabell 5.

Sektor	Parametre i regresjonen		Korrelasjonskoeff.	Regresjonens standardavvik	Skoleringsfaktor	CES subst. parameter	CES ford. parameter
	$\hat{\gamma}_1$	$\hat{\gamma}_2$	$R^2$	SER	A	$\hat{\rho}$	$\hat{\delta}$
1. Jordbruk .....	-0,60 <sup>x</sup> (0,18)	-0,25 <sup>x</sup> (0,08)	0,54	0,13	1,98	0,64	0,40
2. Skogbruk .....	-	-	-	-	-	-	-
3. Fiske og fangst ..	-	-	-	-	-	-	-
4. Bergverksdrift ...	-0,43 (0,37)	0,26 <sup>x</sup> (0,13)	0,14	0,24	2,02	1,34	0,64
5. Foredling av jordbruk og fiskeprodukter .....	-0,51 <sup>x</sup> (0,12)	-0,16 <sup>x</sup> (0,05)	0,69	0,09	1,99	0,97	0,42
6. Produksjon av nytelsesmidler .....	-1,76 <sup>x</sup> (0,61)	-0,52 <sup>x</sup> (0,13)	0,51	0,26	1,97	-0,43	0,43
7. Produksjon av tekstil og bekledningsvarer .....	-0,70 <sup>x</sup> (0,11)	0,11 <sup>x</sup> (0,03)	0,77	0,07	2,00	0,42	0,54
8. Produksjon av trevarer .....	-0,81 <sup>x</sup> (0,14)	0,36 <sup>x</sup> (0,05)	0,81	0,08	1,96	0,23	0,61
9. Produksjon av treforedlingsprodukter	-0,44 (0,25)	0,64 <sup>x</sup> (0,12)	0,28	0,19	1,83	1,28	0,81
10. Produksjon av kjemiske råvarer ....	0,37 (1,00)	1,03 <sup>x</sup> (0,46)	0,02	0,65	2,28	-3,68	0,06
12. Produksjon av kjemiske og mineraliske prod. ....	-0,03 (0,27)	-0,21 <sup>x</sup> (0,11)	0,001	0,28	1,94	29,6	0,002
13. Produksjon av metaller .....	0,10 (0,25)	2,06 <sup>x</sup> (0,08)	0,02	0,18	7,24	-10,88	1,42.10 <sup>-9</sup>
14. Produksjon av verkstedprod. ....	-0,88 <sup>x</sup> (0,07)	0,32 <sup>x</sup> (0,02)	0,95	0,03	1,97	0,14	0,60
15. Bygging av skip og oljeplattformer mv.	-0,47 <sup>x</sup> (0,24)	0,17 <sup>x</sup> (0,05)	0,33	0,11	1,98	1,13	0,59
16. Grafisk produksjon	-1,16 <sup>x</sup> (0,46)	0,13 (0,07)	0,44	0,17	2,00	-0,13	0,52
18. Bygge- og anleggsvirksomhet .....	-0,67 <sup>x</sup> (0,18)	-1,50 <sup>x</sup> (0,05)	0,64	0,11	1,50	0,49	0,10
19. Varehandel .....	-	-	-	-	-	-	-
20. Råolje og naturgass, boring og transp.	-	-	-	-	-	-	-
21. Utenriks sjøfart .	-	-	-	-	-	-	-
22. Innenriks samferdsel .....	-0,36 (0,29)	-2,07 <sup>x</sup> (0,07)	0,16	0,14	1,20	1,78	0,003
23. Bank- og forsikringsvirksomhet ..	-	-	-	-	-	-	-
24. Boligtjenester ...	-	-	-	-	-	-	-
25. Reparasjoner av kjøretøyer, husholdningsapparater	-0,63 <sup>x</sup> (0,12)	0,33 <sup>x</sup> (0,05)	0,78	0,11	1,96	0,58	0,63
26. Annen privat tjenesteprod. ....	-1,28 <sup>x</sup> (0,22)	0,79 <sup>x</sup> (0,09)	0,81	0,18	1,89	-0,22	0,64
27. Offentlig administrasjon og forsvar	-0,69 <sup>x</sup> (0,35)	-1,30 <sup>x</sup> (0,12)	0,33	0,21	1,59	0,45	0,13
28. Undervisning og forskning .....	-0,41 (0,27)	0,16 (0,13)	0,23	0,20	1,98	1,41	0,60
29. Helsetjenester mv.	-0,55 <sup>x</sup> (0,25)	0,31 <sup>x</sup> (0,11)	0,37	0,19	1,96	0,82	0,64
30. Annen off. tjenesteprod. ....	-1,13 <sup>x</sup> (0,12)	-0,55 <sup>x</sup> (0,04)	0,92	0,07	1,94	0,17	0,38

- i ei linje betyr at det ikke er spesifisert tall for bruk av elektrisitet og/eller "andre energivarer" i nasjonalregnskapet for disse sektorene.

( ) tall i parentes uttrykker de estimerte parametrene standardavvik.

\* indikerer at de estimerte parametre er signifikant forskjellig fra 0 med 10% nivå.

Tabell 6.

Sektor	Substitu- sjonsela- stisiteten $\hat{\sigma} = -\hat{\gamma}_1$	Gjennomsnittlige budsjettandeler		Gjennomsnittlige priselastisiteter <sup>*</sup>	
		Elektrisitet $\bar{\alpha}_1$	"Andre" $\bar{\alpha}_2$	Elektrisitet $\bar{\epsilon}_1 = -\bar{\alpha}_2 \hat{\sigma}$	"Andre" $\bar{\epsilon}_2 = \bar{\alpha}_1 \hat{\sigma}$
1. Jordbruk .....	0,60	0,41	0,59	-0,36	0,25
2. Skogbruk .....	-	0	1	-	-
3. Fiske og fangst .....	-	0	1	-	-
4. Bergverksdrift .....	0,43	0,52	0,48	-0,21	0,22
5. Foredling av jordbruks- og fiskeprodukter .....	0,51	0,42	0,58	-0,29	0,21
6. Produksjon av nytelsesmidler ....	1,76	0,40	0,60	-1,05	0,71
7. Produksjon av tekstil- og bekleddingsvarer .....	0,70	0,52	0,48	-0,34	0,36
8. Produksjon av trevarer .....	0,81	0,58	0,42	-0,34	0,46
9. Produksjon av treforedlings- produkter .....	0,44	0,60	0,40	-0,18	0,26
10. Produksjon av kjemiske råvarer ..	-0,37	0,60	0,40	0,15	-0,22
12. Produksjon av kjemiske og mineralske prod. ....	0,03	0,37	0,63	-0,02	0,01
13. Produksjon av metaller .....	-0,10	0,86	0,14	0,01	-0,09
14. Produksjon av verkstedprod. ....	0,88	0,57	0,43	-0,38	0,50
15. Bygging av skip og oljeplatt- former .....	0,47	0,52	0,48	-0,22	0,25
16. Grafisk produksjon .....	1,16	0,54	0,46	-0,54	0,62
18. Bygge- og anleggsvirksomhet .....	0,67	0,17	0,83	-0,55	0,12
19. Varehandel .....	-	0	1	-	-
20. Råolje og naturgass, boring, utvinning, rørtransp. ....	-	0	1	-	-
21. Utenriks sjøfart .....	-	0	1	-	-
22. Innenriks samferdsel .....	0,36	0,10	0,40	-0,32	0,04
23. Bank og forsikring .....	-	-	-	-	-
24. Boligtjenester .....	-	-	-	-	-
25. Reparasjon av kjøretøyer, hush.apparater .....	0,63	0,56	0,44	-0,28	0,35
26. Annen privat tjenesteprod. ....	1,28	0,71	0,29	-0,38	0,91
27. Offentlig adm. og forsvar .....	0,69	0,20	0,80	-0,55	0,14
28. Undervisning og forskning .....	0,41	0,48	0,52	-0,22	0,20
29. Helsetjenester mv. ....	0,55	0,53	0,47	-0,26	0,29
30. Annen off. tjenesteprod. ....	1,13	0,58	0,62	-0,71	0,43

<sup>\*</sup> $\bar{\epsilon}_1$  og  $\bar{\epsilon}_2$  er gjennomsnittlige priselastisiteter over årene 1967 - 1976 for h.h.v. elektrisitet og "andre efergivarer" m.h.p. elektrisitetsprisen når total energiinnsats holdes konstant.

Tabell 7. Volumindeks for total energiinnsats målt i mill.kr i faste priser. Basisår 1970

Sektor	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976
1. Jordbruk .....	120,4	130,6	136,2	153,1	155,5	151,0	157,3	146,7	133,2	132,1
2. Skogbruk .....	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Fiske og fangst .....	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4. Bergverksdrift .....	29,4	30,0	38,3	58,6	70,0	47,0	57,0	60,4	59,9	76,1
5. Foredling av jordbr. og fiskeprodukter .....	141,0	134,8	134,7	166,0	167,3	141,9	147,7	141,7	140,9	164,5
6. Produksjon av nytelses- midler .....	18,6	18,3	19,5	20,0	21,4	18,7	17,2	22,0	20,1	21,7
7. Produksjon av tekstil og bekleddingsvarer .....	30,7	31,3	32,9	35,5	34,8	31,8	31,6	27,1	26,0	26,2
8. Produksjon av trevarer ...	38,0	41,5	45,0	53,9	57,9	51,5	56,1	58,6	55,7	63,1
9. Produksjon av treforedl. prod. ....	162,5	183,0	193,5	214,7	204,8	171,8	191,0	231,0	229,0	207,1
10. Produksjon av kjemiske råvarer .....	229,0	178,1	141,1	174,4	152,0	123,8	139,3	203,8	200,9	204,8
12. Produksjon av kjemiske og mineralske prod. ....	93,1	101,0	110,2	131,7	131,1	127,7	126,8	154,2	133,3	160,7
13. Produksjon av metaller ...	384,8	523,7	494,0	486,7	541,3	509,1	595,6	660,0	711,2	576,0
14. Produksjon av verkstedprod.	100,6	104,8	115,1	127,7	128,3	122,0	128,7	132,5	128,3	132,4
15. Bygging av skip og olje- plattformer .....	29,2	30,6	33,9	33,8	36,3	33,3	40,5	45,3	48,0	49,0
16. Grafisk produksjon .....	15,7	17,3	18,9	20,1	20,4	18,9	19,3	21,2	20,6	29,7
18. Bygge- og anleggsvirksomhet	23,4	23,9	26,3	29,4	27,1	32,6	32,7	28,1	32,5	34,6
19. Varehandel .....	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20. Råolje og naturgass, boring, utvinning rørtransp. ....	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21. Utenriks sjøfart .....	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22. Innenriks samferdsel .....	256,1	269,6	299,8	323,0	306,0	314,3	348,8	381,2	428,0	467,0
23. Bank og forsikring .....	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24. Boligtjenester .....	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25. Reparasjon av kjøretøyer, hush.apparater .....	5,3	5,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,1	0,7	1,0	1,0
26. Annen privat tjenesteprod.	182,0	202,0	213,6	209,0	195,5	254,3	266,1	279,3	322,8	337,7
27. Offentlig adm. og forsvar	102,1	114,8	121,9	141,3	129,6	159,1	162,9	141,0	158,4	159,1
28. Undervisning og forskning .	55,9	60,4	66,6	74,4	62,2	67,1	69,7	57,9	58,2	67,0
29. Helsetjenester .....	34,1	36,8	36,8	41,3	33,6	36,9	38,9	37,7	36,4	43,3
30. Annen off.tjenesteprod. ..	22,1	21,6	22,4	23,9	18,8	15,8	15,6	13,2	12,8	13,9

Tabell 8. Prisindeks for total energiinnsats

Sektor	1967	1968	1969	1970	1971	1972	1973	1974	1975	1976
1. Jordbruk .....	0,92	0,95	0,97	1	1,19	1,28	1,38	1,95	2,12	2,37
2. Skogbruk .....	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3. Fiske og fangst .....	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4. Bergverksdrift .....	0,83	0,86	0,87	1	1,10	1,18	1,32	1,72	2,15	2,14
5. Foredling av jordbr. og fiskeprodukter .....	0,88	0,88	0,91	1	1,19	1,30	1,42	2,03	2,33	2,45
6. Produksjon av nytelsesmidler .....	0,80	0,85	0,85	1	1,12	1,35	1,50	1,70	2,00	2,08
7. Produksjon av tekstil og bekledningsvarer .....	0,80	0,81	0,83	1	1,11	1,20	1,26	1,74	2,07	2,25
8. Produksjon av trevarer ...	0,84	0,84	0,88	1	1,11	1,24	1,38	1,64	2,07	2,03
9. Produksjon av treforedl. prod. ....	0,87	0,87	0,90	1	1,16	1,27	1,33	1,99	1,95	2,12
10. Produksjon av kjemiske råvarer .....	0,86	0,89	1,03	1	1,36	1,62	1,80	2,08	2,23	2,55
12. Produksjon av kjemiske og mineralske prod. ....	0,88	0,93	0,95	1	1,30	1,26	1,45	2,10	2,61	2,36
13. Produksjon av metaller ...	0,76	0,74	0,82	1	1,08	1,18	1,21	1,44	1,46	1,94
14. Produksjon av verkstedprod.	0,80	0,82	0,86	1	1,12	1,22	1,29	1,69	2,03	2,07
15. Bygging av skip og oljeplattformer .....	0,75	0,77	0,82	1	1,15	1,20	1,31	1,55	1,95	1,93
16. Grafisk produksjon .....	0,76	0,77	0,83	1	1,10	1,24	1,36	1,46	1,87	1,81
18. Bygge- og anleggsvirksomhet	0,75	0,85	0,85	1	1,22	1,32	1,47	2,01	2,26	2,43
19. Varehandel .....	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
20. Råolje og naturgass, boring, utvinning rørtransp. ....	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
21. Utenriks sjøfart .....	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22. Innenriks samferdsel .....	0,92	0,96	0,92	1	1,25	1,30	1,44	2,05	2,07	1,97
23. Bank og forsikring .....	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24. Boligtjenester .....	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25. Reparasjon av kjøretøyer, hush. apparater .....	0,79	0,81	0,80	1	1,20	1,50	1,55	2,65	2,30	2,70
26. Annen privat tjenesteprod.	0,83	0,83	0,88	1	1,14	1,27	1,33	1,52	1,60	1,64
27. Offentlig adm. og forsvar	0,99	1,00	0,99	1	1,18	1,24	1,41	2,04	2,21	2,42
28. Undervisning og forskning	0,88	0,92	0,95	1	1,27	1,41	1,55	2,00	2,36	2,42
29. Helsetjenester .....	0,87	0,87	0,94	1	1,18	1,32	1,48	1,83	2,28	2,29
30. Annen off. tjenesteprod. ..	0,89	0,95	0,98	1	1,20	1,35	1,49	2,22	2,47	2,72

Tabell 7 og 8 gir estimater for henholdsvis prisindeks og volumindeks for total energiinnsats. For de fleste sektorer ser vi at det så å si ikke har vært noen økning i prisindeksen for total energiinnsats fra 1967 til 1969. Fra 1969 til 1973 kan vi spore en viss stigning, mens prisindeksen i de fleste sektorer gjør et hopp fra 1973 til 1974 p.g.a. den sterke økningen i oljeprisene. Den sterke stigningen fortsetter delvis også fra 1974 til 1975, mens vi får en utflatning fra 1975 til 1976.

Den svakeste prisstigningen fra 1970 til 1976 finner vi i sektor 26, Annen privat tjenesteproduksjon. Det kan skyldes de store substitusjonsmulighetene innenfor denne sektoren. Store substitusjonsmuligheter vil nemlig føre til at det skiftes over fra den energivaren hvor prisstigningen er sterkest og over til varen hvor den er svakest. Dette blir bekreftet ut fra tabellene 1-4 der vi ser at bruken av elektrisitet har økt betydelig i sektor 26, samtidig som at  $p_2$  har steget langt kraftigere enn  $p_1$ .

Den sterkteste prisstigningen i perioden 1970 - 76 finner vi i sektorene 25 og 30. Umiddelbart kan dette synes merkelig p.g.a. de store substitusjonsmulighetene i disse sektorene, men fra tabellene 2 og 4 ser vi at begge prisindeksene  $p_1$  og  $p_2$  viser en sterk stigning for disse sektorene. (For sektor 25 er ikke tallene for  $E_1$  og  $E_2$  for 1967 og 1968 i tråd med tallene for de andre årene.)

#### 6. Kombinert tidsserie-tverrsnittmateriale

Som nevnt i avsnitt 3, vil det være mulig å framskaffe tall for  $E_1$ ,  $E_2$ ,  $p_1$  og  $p_2$  for hver nasjonalregnskapssektor. Siden nasjonalregnskapssektorene innenfor hver energimodellsektor trolig er nokså uensartede, vil det ikke være realistisk å anta at de har identiske produksjonsstrukturer.

Hvis vi imidlertid antar at substitusjonsmulighetene mellom de ulike energivarer er noenlunde like innenfor hver energimodellsektor, kan vi ta hensyn til forskjellige fordelingsparametre ved å innføre dummyvariable på høyresiden i regresjonsligningen.

Tar vi utgangspunkt i (21), får vi nå

$$(22) \quad \log\left(\frac{E_1}{E_2}\right)_{it} = \beta_1 \log\left(\frac{p_1}{p_2}\right)_{it} + c_i Z_{1,it} + \dots + c_{m-1} Z_{m-1,it} + \beta_2 + u_{it} \quad (i=1, \dots, m)$$

der  $t$  er en fotindeks for tidspunkt og  $i$  er en fotindeks for nasjonalregnskapssektornummer (innenfor en energimodellsektor).

$Z_{j,it}$  ( $j=1 \dots m-1$ ) er en binær variabel som indikerer nasjonalregnskapssektor.

$m$  gir antall nasjonalregnskapssektorer innenfor den energimodellsektoren vi betrakter.

$$Z_{1,it} = \begin{cases} 1 & \text{hvis observasjonen er fra nasjonalregnskapssektor nr. 1} \\ 0 & \text{ellers} \end{cases}$$

.....

.....

$$Z_{m-1,it} = \begin{cases} 1 & \text{hvis observasjonen er fra sektor (m-1)} \\ 0 & \text{ellers} \end{cases}$$

Vi lar sektor  $m$  være referansesektoren.

Alle  $Z_j$ -ene = 0 hvis observasjonen er fra referansesektoren.

De estimerte koeffisientene  $\hat{c}_j$  vil gi uttrykk for hvor mye større (eller mindre)  $\log\left(\frac{E_1}{E_2}\right)$  vil være i nasjonalregnskapssektor nr.  $j$  enn i referansesektoren når prisforholdet i de to sektorene er det samme.

Siden vi har antatt samme substitusjonsmuligheter i hver nasjonalregnskapssektor innenfor en energimodellsektor, vil

$$\beta_1 = -\sigma \text{ slik at}$$

substitusjonselastisiteten  $\sigma = -\beta_1$ .

Det estimatet vi får for  $\sigma$  her, vil ikke nødvendigvis være lik et vi fikk ved å ta regresjonen fra (21).



Fordelingsparameteren i sektor nr.  $j$ ,  $\delta_j$ , kan nå bestemmes ved

$$\beta_2 + c_j = -\sigma \log \left( \frac{1-\delta_j}{\delta_j} \right) \text{ slik at}$$

$$(23) \quad \delta_j = \frac{1}{1 + e^{\frac{\beta_2 + c_j}{\beta_1}}} \quad (j=1 \dots m-1)$$

For nasjonalregnskapssektor nr.  $m$  blir fordelingsparameteren bestemt ved:

$$(24) \quad \delta_m = \frac{1}{1 + e^{\frac{\beta_2}{\beta_1}}}$$

Det vil vel nå være mer tvilsomt å anta at  $u_{it}$  er normalfordelt siden nasjonalregnskapssektorene er forskjellige. Dette vil ha noe å si for effisiensen av estimatorene, og det blir dessuten vanskelig å foreta testing.

Forutsetningen om at  $Eu_{it} = 0$  for alle  $i$  og  $t$ , kan tankes å være tatt vare på gjennom leddene med de "dummy-variable" og konstantleddet  $\beta_2$ .

Det kan nå være mer tvilsomt å forutsette at  $\text{var } u_{it} = \tau^2$ , en konstant, for alle observasjoner. Det kan være vel så rimelig å anta at variansen vil variere fra nasjonalregnskapssektor til nasjonalregnskapssektor. Konsekvensen av heteroscedastisitet går på effisiensen til minste kvadraters metode, dvs. minste kvadraters estimatorene er ikke lenger variansminimale.

Siden de fleste sektorers bruk av de ulike energivarer utgjør lite av totalen, vil forutsetning e) tilnærmet være oppfylt. Igjen kan imidlertid en slik analyse være urealistisk for de sektorer som bruker mye av én eller begge typer energivarer.

Vi kan også behandle flere sektorer, f.eks. alle tjenesteytende sektorer, sammen og estimere en "felles" substitusjonselastisitet for denne gruppen av sektorer. Framgangsmåten blir her akkurat den samme som når vi ser på flere nasjonalregnskapssektorer innenfor én energimodellsektor.

### 6.1. Jordbruk

Energimodellsektoren jordbruk består av nasjonalregnskapssektorene:

- 23100 Planteproduksjon
- 23120 Husdyrproduksjon
- 23130 Jordbrukets egne investeringsarbeider, kjøreinntekter mv.
- 23135 Tjenester i tilknytning til jordbruket
- 23140 Jakt og viltstell.

I nasjonalregnskapet er det spesifisert energiinnsats for sektorene 23100 og 23120. Vi utfører derfor estimeringen på relasjonen

$$(25) \quad \log \left( \frac{E_1}{E_2} \right)_{it} = \beta_1 \log \left( \frac{P_1}{P_2} \right)_{it} + c_1 Z_{1,it} + \beta_2 + u_{it}$$

der ( $t=1967, \dots, 1976$ )

( $i=23100, 23120$ )

$$Z_{1,it} = \begin{cases} 1 & \text{hvis observasjonen er fra sektor 23100} \\ 0 & \text{ellers} \end{cases}$$



Her får vi estimert substitusjonselastisiteten ( $-\hat{\beta}_1$ ) til 0,60, mens vi ved bruk av aggregerte tidsserier fikk den estimert til 0,44. Ser vi på standardavvikene fikk vi i tidsserietilfellet 0,25, mens vi her fikk 0,16. Da standardavvikene er nokså store vil vi her ikke kunne forkaste en hypotese om at substitusjonselastisitetene er like ved de to framgangsmåtene.

Vi får at  $\hat{c}_1$  er signifikant større enn 0, mens  $\hat{c}_3$  er signifikant mindre enn 0. Det tyder på at produksjonsstrukturen i sektorene 380 og 385 er signifikant forskjellig fra produksjonsstrukturen i sektor 400, mens produksjonsstrukturen i sektorene 390 og 395 ikke er det.

Vi ser også at de estimerte parametrens standardavvik bli mindre nå enn i tidsserietilfellet. Den multiple korrelasjonskoeffisienten blir større, og det samme blir regresjonens standardavvik.

### 6.3. Vanlig industri

Den aggregerte sektoren "Vanlig industri" består av energimodellsektorene

4. Bergverksdrift
5. Fordeling av jordbruks og fiskeprodukter
6. Produksjon av nytelsesmidler
7. Produksjon av tekstil og bekledningsvarer
8. Produksjon av trevarer
12. Produksjon av kejmiske og mineralske produkter
14. Produksjon av verkstedprodukter
15. Bygging av skip og oljeplattformer mv.
16. Grafisk produksjon
18. Bygge- og anleggsvirksomhet
25. Reparasjoner av kjøretøyer, husholdningsapparater

Vi innfører dummy-variable i samme rekkefølge som energimodellsektorene ovenfor og utfører estimeringen på relasjonen:

$$(27) \quad \log\left(\frac{E_1}{E_2}\right)_{it} = \beta_1 \log\left(\frac{P_1}{P_2}\right)_{it} + c_1 Z_{1,it} + c_2 Z_{2,it} + c_3 Z_{3,it} + c_4 Z_{4,it} + c_5 Z_{5,it} + c_6 Z_{6,it} \\ + c_7 Z_{7,it} + c_8 Z_{8,it} + c_9 Z_{9,it} + c_{10} Z_{10,it} + \beta_2 u_{it}$$

( $i=4,5,6,7,8,12,14,15,16,18,25$ ).

Resultater:

$\hat{\beta}_1$	$\hat{c}_1$	$\hat{c}_2$	$\hat{c}_3$	$\hat{c}_4$	$\hat{c}_5$	$\hat{c}_6$
-0,62*	-0,14*	-0,53*	-0,67*	-0,21*	0,08	-0,75*
(0,08)	(0,07)	(0,07)	(0,07)	(0,07)	(0,07)	(0,07)

$\hat{c}_7$	$\hat{c}_8$	$\hat{c}_9$	$\hat{c}_{10}$	$\hat{\beta}_2$	$R^2$	SER
0,04	-0,18*	-0,15*	-1,82*	0,33*	0,93	0,16
(0,07)	(0,07)	(0,07)	(0,07)	(0,05)		

Her får vi estimert substitusjonselastisiteten ( $-\hat{\beta}_1$ ) til 0,62 og med standardavvik 0,07. Sammenligner vi med substitusjonselastisitetene for hver av industrisektorene er resultatet sånn omtrent hva en kunne vente da noen substitusjonselastisiteter er større, andre mindre enn 0,62. Hvis vi tester disse substitusjonselastisitetene med verdien 0,62 som nullhypotese, vil vi finne at noen er signifikant mindre, noen signifikant større, mens resten ikke er signifikant forskjellig fra 0,62.

Vi får at  $\hat{c}_1, \hat{c}_2, \hat{c}_3, \hat{c}_4, \hat{c}_6, \hat{c}_8, \hat{c}_9$  og  $\hat{c}_{10}$  er signifikant mindre enn 0, mens  $\hat{c}_5$  og  $\hat{c}_7$  ikke er signifikant forskjellig fra 0.

#### 6.4. Kraftkrevende industri

Sektoren "Kraftkrevende industri" består av energimodellsektorene

10 Produksjon av kjemiske råvarer

13 Produksjon av metaller

Sektor 10 består videre av nasjonalregnskapssektorene:

23420 Produksjon av kjemiske grunnstoffer og forbindelser unntatt kunstgjødsel

23425 Produksjon av kunstgjødsel og plantevernmidler

23430 Produksjon av basisplast og kunstfibre

Sektor 13 består av nasjonalregnskapssektorene:

23510 Produksjon av jern og stål

23515 Produksjon av ferrolegeringer

23520 Støping av jern og stål

23525 Produksjon av aluminium

23530 Produksjon av andre ikke-jernholdige metaller

23535 Valsing og støping av ikke-jernholdige metaller

Vi innfører dummy-variable i samme rekkefølge som nasjonalregnskapssektorene ovenfor og utfører estimeringen på relasjonen:

$$(28) \quad \log\left(\frac{E_1}{E_2}\right)_{it} = \beta_1 \log\left(\frac{p_1}{p_2}\right)_{it} + c_1 Z_{1,it} + c_2 Z_{2,it} + c_3 Z_{3,it} \\ + c_4 Z_{4,it} + c_5 Z_{5,it} + c_6 Z_{6,it} + c_7 Z_{7,it} + c_8 Z_{8,it} \\ + \beta_2 + u_{it}$$

( $i=420,425,430,510,515,520,525,530,535$ )

Resultater:

$\hat{\beta}_1$	$\hat{c}_1$	$\hat{c}_2$	$\hat{c}_3$	$\hat{c}_4$	$\hat{c}_5$	$\hat{c}_6$	$\hat{c}_7$	$\hat{c}_8$	$\hat{\beta}_2$	$R^2$	SER
-0,50*	0,11	-0,34	-0,98*	-0,95*	0,46*	0,18	2,18*	0,06	0,92*	0,81	0,42
(0,15)	(0,19)	(0,19)	(0,19)	(0,19)	(0,19)	(0,19)	(0,19)	(0,19)	(0,14)		

Her får vi estimert substitusjonselastisiteten ( $-\hat{\beta}_1$ ) til 0,50 og med standardavvik 0,15. Ved bruk av aggregerte tidsseriedata fikk vi estimert en substitusjonselastisitet på -0,37 med standardavvik 1,00 for sektor 10, mens de tilsvarende tallene for sektor 13 var -0,10 og 0,25.

Substitusjonselastisiteten for sektor 13 ved bruk av aggregerte tidsseriedata er således signifikant mindre 0,50, mens substitusjonselastisiteten for sektor 10 ikke er det. Dette kan kanskje tyde på at bruk av kombinert tidsserie-tverrsnittsmateriale vil gi et høyere estimat for substitusjonselastisiteten i den kraftkrevende industrien enn aggregerte tidsseriedata. Men en må være svært forsiktig med å trekke en slik konklusjon på grunn av det store standardavviket i sektor 10.

Resultatene her gir oss imidlertid en substitusjonselastisitet som er signifikant større enn 0, noe vi ikke fikk ved bare bruk av aggregerte tidsseriedata. Dette tyder på at det er substitusjonsmuligheter mellom elektrisitet og "andre energivarer" også i den kraftkrevende industrien.

Når det gjelder koeffisientene foran de dummy-variable, får vi her at  $\hat{c}_3$  og  $\hat{c}_4$  er signifikant mindre enn 0,  $\hat{c}_5$  og  $\hat{c}_7$  er signifikant større enn 0, mens  $\hat{c}_1$ ,  $\hat{c}_2$ ,  $\hat{c}_6$  og  $\hat{c}_8$  ikke er signifikant forskjellig fra 0. Dette tyder på en viss forskjell i produksjonsstrukturen mellom tverrsnittssektorene.

### 6.5. Innenlands samferdsel

Energimodellsektoren Innenriks samferdsel består av nasjonalregnskapssektorene:

- 23800 Jernbanetransport
- 23805 Rutebiltransport
- 23810 Transport med sporvei og forstadsbane
- 23815 Drosje og turbiltransport
- 23820 Lastebiltransport
- 23825 Hjelpevirksomhet for landtransport
- 23835 Innenriks sjøfart
- 23840 Hjelpevirksomhet for sjøfart
- 23845 Lufttransport
- 23850 Tjenester i tilknytning til transport og lagring
- 23855 Post
- 23860 Telekommunikasjoner

Her er det i nasjonalregnskapet bare spesifisert bruk av både Elektrisitet og Andre energivarer for sektorene 800, 810, 845, 855 og 860.

Vi innfører dummy-variable i samme rekkefølge som nasjonalregnskapssektorene ovenfor og utfører estimeringer på relasjonen

$$(29) \quad \log\left(\frac{E_1}{E_2}\right)_{it} = \beta_1 \log\left(\frac{P_1}{P_2}\right)_{it} + c_1 Z_{1,it} + c_2 Z_{2,it} + c_3 Z_{3,it} + c_4 Z_{4,it} + \beta_2 + u_{it}$$

( $i=800,810,845,855,860$ ).

Resultater:

$\hat{\beta}$	$\hat{c}_1$	$\hat{c}_2$	$\hat{c}_3$	$\hat{c}_4$	$\hat{c}_5$	$R^2$	SER
-0,84*	0,90*	2,14*	-3,37*	0,68*	0,03	0,99	0,19
(0,11)	(0,08)	(0,09)	(0,10)	(0,09)	(0,07)		

Vi får her estimert substitusjonselastisiteten til 0,84 med standardavvik 0,11, mens vi ved aggregerte tidsserier fikk den estimert til 0,36 med standardavvik 0,29. Selv om det er en forskjell mellom tallene er den ikke signifikant. Dessuten er vel ikke de tallene vi får her helt sammenlignbare med de aggregerte tidsseriedataene for sektor 22. Sektorene 805, 815, 820 og 835 bruker olje, men ikke elektrisitet. Disse sektorene er med ved analysen på aggregerte tidsserier, men er ikke med når vi bruker

kombinert tidsserie-tverrsnittsmateriale. Når vi utelater disse undersektorene (hvor det uten videre følger at det ikke er substitusjonsmuligheter) og analyserer de som er igjen, vil det ikke være urimelig å få et høyere anslag for substitusjonselastisiteten.

Ellers ser vi at  $\hat{c}_1$ ,  $\hat{c}_2$  og  $\hat{c}_4$  blir signifikant større enn 0, mens  $c_3$  blir signifikant mindre enn 0.

### 6.6. Tjenesteyting

Den aggregerte sektoren "Tjenesteyting" består av energimodellsektorene:

- 26 Annen privat tjenesteproduksjon
- 27 Offentlig administrasjon og forsvar
- 28 Undervisning og forskningsvirksomhet
- 29 Helsetjenester mv.
- 30 Annen offentlig tjenesteproduksjon.

Vi innfører dummy-variable i samme rekkefølge som energimodellsektorene ovenfor og utfører estimeringen på relasjonen

$$(30) \quad \log\left(\frac{E_1}{E_2}\right)_{it} = \beta_1 \log\left(\frac{P_1}{P_2}\right)_{it} + c_1 Z_{1,it} + c_2 Z_{2,it} + c_3 Z_{3,it} + c_4 Z_{4,it} + \beta_2 + u_{it}$$

(i=26,27,28,29,30)

Resultater:

$\hat{\beta}_1$	$\hat{c}_1$	$\hat{c}_2$	$\hat{c}_3$	$\hat{c}_4$	$\hat{\beta}_2$	$R^2$	SER
-0,81*	1,40*	-0,88*	0,45*	0,66*	-0,45*	0,95	0,19
(0,12)	(0,08)	(0,08)	(0,09)	(0,09)	(0,07)		

Vi får her estimert substitusjonselastisiteten ( $-\hat{\beta}_1$ ) til 0,81 med standardavvik 0,12. Sammenligner vi med anslagene for substitusjonselastisiteten for hver av de tjenesteytende energimodellsektorer, ser vi at for sektorene 27, 28 og 29 estimatene mindre, mens for sektorene 26 og 30 er de større enn 0,81. 0,81 synes derfor å være et rimelig anslag når vi ser hele den tjenesteytende sektoren under ett.

For sektorene 26 og 30 er anslagene for substitusjonselastisiteten signifikant større enn 0,81, mens anslagene ikke er signifikant mindre enn 0,81 for de øvrige sektorene.

Vi får her dessuten at  $\hat{c}_1$ ,  $\hat{c}_3$  og  $\hat{c}_4$  er signifikant større enn 0, mens  $\hat{c}_2$  er signifikant mindre enn 0.

### 6.7. Konklusjon

For sektorene Jordbruk og Treforedlingsindustri fikk vi ikke estimater for substitusjonselastisiteten ved kombinert tidsserie-tverrsnittsmateriale som var signifikant forskjellige fra de vi fikk ved bruk av et aggregert tidsseriemateriale. Når det gjelder sektoren Innenlands samferdsel, fikk vi heller ikke en substitusjonselastisitet som var signifikant større. Tallene her er imidlertid ikke sammenlignbare da vi har trukket ut de sektorene som bruker bare olje fra den kombinerte tidsserie-tverrsnittsanalysen.

For de mer omfattende sektorene "Vanlig Industri" og "Tjenesteyting" fikk vi heller ikke noe særlig større anslag for substitusjonselastisiteten enn en kunne vente ut fra tidsserieanalysen.

Når det gjelder sektoren "Kraftkrevende Industri", fikk vi et estimat på substitusjonselastisiteten som var signifikant større enn 0 ved kombinert tidsserie-tverrsnitt, mens vi fikk negative substitusjonselastisiteter i sektorene 10 og 13 ved bruk av aggregerte tidsseriedata. Disse anslagene var

imidlertid ikke signifikant mindre enn 0, og særlig på grunn av det store standardavviket i sektor 10, vil det være farlig å påstå at vi får en høyere substitusjonselastisitet ved bruk av kombinert tidsserietverrsnittsmateriale også i denne sektoren. Alt i alt vil det vel på grunnlag av de resultatene vi har fått her ikke være mulig å forkaste en hypotese om at aggregerte tidsseriedata og kombinerte tidsserietverrsnittsdata vil gi like anslag for substitusjonselastisitetene.

Det som vi har oppnådd her ved å ta i bruk et kombinert tidsserietverrsnittsmateriale, er at standardavvikene er blitt redusert. Vi får dermed skarpere bestemt estimatene for koeffisientene. Dessuten får vi en høyere multippel korrelasjonskoeffisient, noe som muligens indikerer bedre føyning.

#### Oversiktstabell over resultatene i kapittel 6

Sektor	Subst.el.	Tilh.st.av.
Jordbruk	0,66	(0,13)
Treforedlingsindustri	0,60	(0,16)
"Vanlig industri"	0,62	(0,08)
"Kraftkrevende industri"	0,50	(0,15)
Innenlands samferdse <sup>x</sup>	0,84	(0,11)
"Tjenesteyting"	0,81	(0,12)

x De sektorer som bare bruker olje er ikke inkludert.

Vi ser her at det er forbausende stor grad av likhet i anslagene for substitusjonselastisitetene for de ulike sektorgrupperingene.

## APPENDIKS. VIRKNINGER AV ØKTE ENERGIPRISER. ENERGIPRISELASTISITETER.

Av

Steinar Strøm og Nils M. Stølen

1. Modellen

Vi repeterer kort her produksjonsmodellen for en vilkårlig produksjonssektor.  $N$ ,  $K$ ,  $M$  og  $(E_1 \dots E_n)$  er mengder av innsatsfaktorene arbeidskraft, realkapital, råvarer og  $n$  energislag. Sektorproduksjonens størrelse benevnes  $X$ .

Produksjonsstrukturen kan beskrives ved følgende to relasjoner:

$$(1) \quad X = \phi(N, K, M, E)$$

$$(2) \quad E = E(E_1, \dots, E_n)$$

(1) og (2) forutsetter at energivarene utgjør en svakt separabel gruppe blant produksjonsfaktorene.  $\phi$  er en tradisjonell neoklassisk produktfunksjon, homogen av grad 1.  $E$ -funksjonen er en kjernefunksjon som uttrykker at total energiinnsats er en funksjon av de enkelte energivarer.  $E$ -funksjonen forutsettes også å være homogen av grad 1.

Sektorens tilpasning kan deles inn i 3 trinn:

Trinn 1. Optimal sammensetning av energivarene gitt total energiinnsats

En velger den kombinasjon av energivarer som minimaliserer de totale energikostnader gitt en bestemt total energiinnsats.

Lar vi  $P_1 \dots P_n$  være prisene på de  $n$  energivarene og lar  $C_E$  være sektorens energikostnader, er

$$(3) \quad C_E = \sum_{i=1}^n P_i E_i$$

Tilpasningen i trinn 1 består da i å løse følgende problem

$$(4) \quad \min C_E = \sum_{i=1}^n P_i E_i \quad \text{gitt (2) og } E = \bar{E}$$

På grunn av pari-passu-forutsetningen blir den minimaliserte kostnaden produktet av  $E$  og en funksjon som er homogen av grad 1 i prisene:

$$(5) \quad C_E = \Lambda(P_1, \dots, P_n) \cdot E$$

I tilpasningspunktet for kostnadsminimalisering er

$$(6) \quad \frac{\partial C_E}{\partial P_j} = E_j \quad j=1, \dots, n.$$

hvor altså  $E_j$  er de faktormengder som minimaliserer kostnadene. (5) og (6) vises lett ved likefram utledning.  $\Lambda$ -funksjonen i (5) er forøvrig identisk med Lagrangekoeffisienten ved kostnadsminimaliseringen. Faktorforholdene er avhengige av de relative faktorprisene, men uavhengige av total energiinnsats. Etterspørselen etter hvert av energislagene kan derfor skrives som et produkt av total energiinnsats og av funksjon av relative faktorpriser.



$$(7) \quad E_j = h_j \left( \frac{P_2}{P_1}, \dots, \frac{P_n}{P_1} \right) \cdot E. \quad j=1, \dots, n$$

Av (5) følger at

$$\frac{\partial C_E}{\partial E} = \frac{C_E}{E} = \Lambda(P_1, \dots, P_n).$$

Ikke overraskende er det pris lik grensekostnad for E som muliggjør flertrinnsstilpasningen, altså

$$(9) \quad P_E = \Lambda(P_1, \dots, P_n)$$

Av (5) følger dessuten at  $\frac{\partial C_E}{\partial P_j} = \frac{\partial \Lambda}{\partial P_j} \cdot E$ ; sammen med (6) gir dette at

$$(10) \quad \frac{\partial \Lambda}{\partial P_j} = \frac{E_j}{E}$$

Det betyr at elasticiteten av  $P_E$  eller altså  $\Lambda$  m.h.p. pris  $j$  er

$$(11) \quad \frac{\nu}{P_{E,j}} = \frac{\nu}{\Lambda_j} = \frac{\partial \Lambda}{\partial P_j} \cdot \frac{P_j}{\Lambda} = \frac{E_j}{E} \cdot \frac{P_j}{C_E/E} = \frac{P_j E_j}{C_E} = \alpha_j.$$

$\alpha_j$  er den andelen energivare  $j$  utgjør av de totale energikostnadene.

### Trinn 2. Optimal sammensetning av de aggregerte faktorinnsatsmengdene gitt produktmengden.

Lar vi  $C$  være de totale kostnadene og  $w$ ,  $q_K$  og  $q_M$  være prisene på arbeidskraft, leie av realkapital og på vareinnsats, får vi helt analogt til i trinn 1.

$$(12) \quad C = wN + q_K K + q_M M + P_E E$$

$$(13) \quad \frac{\partial C}{\partial P_E} = E \quad \text{osv.} \quad \text{jfr. (6)}$$

$$(14) \quad E = f\left(\frac{q_K}{w}, \frac{q_M}{w}, \frac{P_E}{w}\right) \cdot X \quad \text{jfr. (7)}$$

$$(15) \quad P = \gamma(w, q_K, q_M, P_E) \quad \text{jfr. (9)}$$

$$(16) \quad \frac{\nu}{P_{PE}} = \gamma_{PE} = \alpha_E \quad \text{osv.} \quad \text{jfr. (11)}$$

$P$  er produktprisen og  $\gamma$  er en Lagrangeparameter korresponderende til  $\Lambda$  i trinn 1.  $\alpha_E$  er den andel total energiinnsats utgjør av de totale kostnadene. Husk at som i trinn 1 er  $\gamma$  lik gjennomsnittskostnaden.

### Trinn 3. Skalatilpasningen. Fastlegging av produksjonsmengden $X$ .

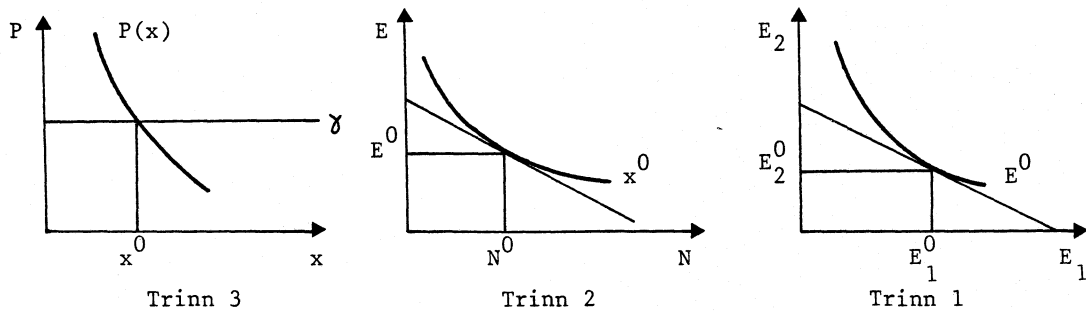
La  $P = P(X)$  være etterspørselsfunksjonen for produktet skrevet på prisform. Vi ser bort fra den rolle prisene på andre produkter spiller. Produksjonsmengden  $X^0$  blir dermed bestemt ved at

$$(17) \quad P(X^0) = \gamma(w, q_K, q_M, P_E),$$

dvs. ved skjæringspunktet mellom, normalt, en fallende etterspørselskurve og en horisontal tilbuds-kurve lik gjennomsnittskostnaden  $\gamma$  som er uavhengig av  $X$ , se (15).

I fig. 1 er tilpasningen beskrevet i to-faktortilfellet (energi og arbeidskraft, to energivarer):

Figur 1.



## 2. Virkninger av at prisen på en energivare, f.eks. elektrisitet (vare 1) øker.

En økt elektrisitetspris fører til:

- Det blir optimalt med en ny sammensetning av energivarene. Trinn 1 må revideres.
- En økt elektrisitetspris fører til at prisen på energi totalt,  $P_E$ , øker, se (9) og (11). Det blir dermed optimalt med en ny sammensetning av aggregatinnsatsmengde. Trinn 2 må revideres. Skalaen i trinn 1 må dermed revideres.
- Iflg. (15) og (16) vil en økning i  $P_E$  øke enhetskostnaden, og av (17) følger at produktprisen da vil øke. Trinn 3 må revideres. Skalaen i trinn 2 må revideres og deretter skalaen i trinn 1 nok engang.

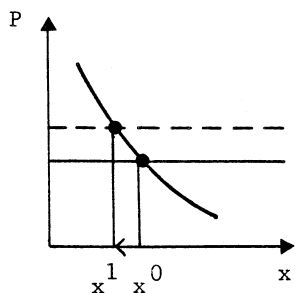
Revisjonen i trinn 1 vil i første omgang være en ren substitusjonsendring. Det vil bli optimalt med et lavere elektrisitetsforbruk og et høyere forbruk av den andre energivaren.

Revisjonen i trinn 2 vil i første omgang bli en ren substitusjonsforandring (mindre energi, mer arbeidsinnsats). Siden  $E$  går ned betyr dette at skalaen i trinn 1 må justeres ned.

Revisjonen i trinn 3 medfører at produksjonen går ned. Dette medfører en skalaforandring i energi/sysselsettingstilpasningen. Skalaen i energivaretilpasningen må dermed justeres ned nok en gang.

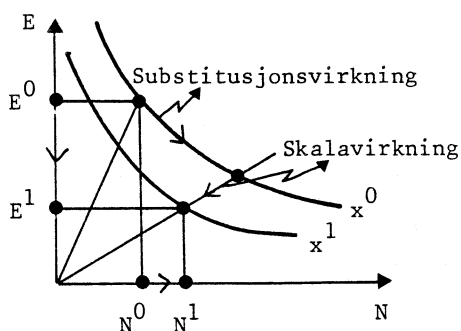
Forandringene er skissert i fig. 2.

Figur 2.



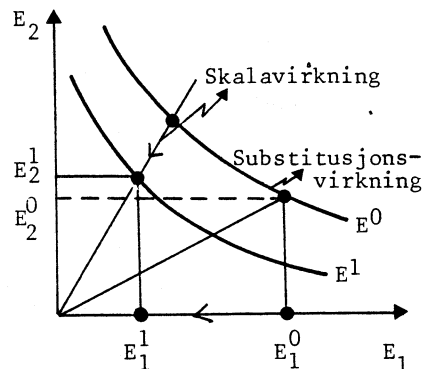
Trinn 3.

Produktmengden går ned grunnet høyere enhetskostnad og dermed høyere likevektspris.



Trinn 2.

Energibruken går ned grunnet substitusjonsvirkning (energi- og elektrisitetsprisen er økt) og skalavirkning (se trinn 3).



Trinn 1.

Bruk av elektrisitet (vare 1) går ned grunnet substitusjonsvirkning (dyrere elektrisitet) og skalavirkning (se trinn 2).

Den prisendringen på elektrisitet (vare 1) vi har ført inn i fig. 2, fører altså til en reduksjon i elektrisitetsetterspørselen  $E_1^0$  til  $E_1^1$ . Reduksjonen er et resultat av både en substitusjon og en skalatilpasning. På figuren er substitusjonseffekten sterkest.

Vi skal tilslutt skaffe oss et analytisk uttrykk for den prosentvise endringen i elektrisitetsetterspørselen ved en endring i elektrisitetsprisen, og bare i den, på 1 pst. Det vil si vi vil finne det analytiske uttrykk for elektrisitetspriselastisiteten. Elektrisitet er fortsatt vare 1. Av (7) og (14) får vi

$$(18) \quad E_1 = h\left(\frac{P_2}{P_1}, \dots, \frac{P_n}{P_1}\right) E = h\left(\frac{P_2}{P_1}, \dots, \frac{P_n}{P_1}\right) \cdot f\left(\frac{q_K}{w}, \frac{q_M}{w}, \frac{P_E}{w}\right) \cdot X$$

I stedet for å skrive etterspørselen etter produktmengden på prisform lar vi den nå være på kvantumsform, dvs.

$$X = X(P).$$

I fortsettelsen vil  $P_2, \dots, P_n$ ,  $q_K$ ,  $q_M$  og  $w$  være konstant. Det betyr at vi kan skrive (18) som

$$(19) \quad E_1 = H(P_1) \cdot F(P_E) \cdot X(P)$$

Den partielle elastisiteten av  $H$  m.h.p.  $P_1$  er elastisiteten av  $E_1$  m.h.p. prisen  $P_1$  når skalaen på dette produksjonstrinnet ( $E$ ) er konstant. Denne elastisiteten gir derfor uttrykk for den rene

substitusjonseffekt på trinn 1. Denne "Slutsky"-elastisiteten kaller vi  $\epsilon_{11}$ , dvs.  $\overset{v}{H} = \epsilon_{11}$ . Tilsvarende gir elastisiteten av  $F$ ,  $\overset{v}{F}$ , uttrykk for substitusjonsvirkningen i trinn 2 i produksjonsprosessen, dvs. i valget av de aggregerte innsatsmengdene. Denne "Slutsky"-elastisiteten kaller vi  $\lambda_{EE}$ . Elastisiteten av  $X$  m.h.p.  $P$  er elastisiteten i etterspørselen av sektorproduktet. Vi kaller den  $\eta(X)$ . AV (19) får vi dermed

$$EL_{P_1} E_1 \equiv \overset{v}{E}_{1,1} = \epsilon_{11} + \lambda_{EE} \overset{v}{P}_{E,1} + \eta(X) \cdot EL_{P_1} P$$

der

$$EL_{P_1} P = EL_{P_E} P \cdot EL_{P_1} P_E = \alpha_E \cdot \alpha_1 \text{ iflg. (11) og (16).}$$

Vi får dermed at elastisiteten i elektrisitetsetterspørselen er

$$(20) \quad \overset{v}{E}_{1,1} = \epsilon_{11} + \alpha_1 \lambda_{EE} + \alpha_1 \alpha_E \cdot \eta(X)$$

Siden isokvantene på energivaretrinnnet er krummet mot origo er  $\epsilon_{11} < 0$ , og siden isokvantene på aggregatinnsetstrinnnet også er krummet mot origo, er  $\lambda_{EE} < 0$ .  $\eta(X)$  er også negativ siden etterspørselskurven (normalt) er fallende. Kostnadsandelen  $\alpha_1$  og  $\alpha_E$  er begge positive.  $\overset{v}{E}_{1,1}$  er følgelig sikkert negativ.

Vi ser at (20) kan skrives

$$(21) \quad \overset{v}{E}_{1,1} = \epsilon_{11} + \alpha_1 (\lambda_{EE} + \alpha_E \eta(X)).$$

Elastisiteten i elektrisitetsetterspørselen er dermed delt opp i

- substitusjonseffekten  $\epsilon_{11}$
- skalaeffekten  $\alpha_1 (\lambda_{EE} + \alpha_E \eta(X))$ .

Skalaeffekten i elektrisitetspriselastisiteten kan igjen deles opp i en substitusjons- og skalaeffekt i energipriselastisiteten.

- Substitusjonseffekten  $\lambda_{EE}$
- Skalaeffekten  $\alpha_E \eta(X)$

I det noe forenklete tilfellet hvor  $\phi$ -funksjonen er en CES funksjon i to argumenter, f.eks. arbeidskraft og energi, er

$$\lambda_{EE} = - \alpha_N \cdot \mu$$

hvor  $\mu$  er substitusjonselastisiteten i  $\phi$ -funksjonen og  $\alpha_N$  er den andel utgiftene til sysselsetting utgjør av totalkostnadene.

Tilsvarende vil

$$\epsilon_{11} = - \alpha_2 \sigma$$

hvis E-funksjonen er en CES-funksjon i to argumenter.  $\alpha_2$  er den andel andre energivarer enn elektrisitet har av de totale energikostnader og  $\sigma$  er substitusjonselastisiteten i E-funksjonen.

I dette gjennomførte CES-tilfellet vil dermed

$$(22) \quad E_{1,1}^v = -\alpha_2 \cdot \sigma + \alpha_1(-\alpha_N \mu + \alpha_E \eta(X)).$$

Estimatene for  $\sigma$  og tallene for  $\alpha_1$  og  $\alpha_2$  gitt i teksten foran indikerer at  $E_{1,1}^v$  må variere fra sektor til sektor. Det er heller ingen grunn til at  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ,  $\alpha_E$  og  $\alpha_N$  holder seg konstant over tid. Elastisiteten for en sektor må derfor ventes å variere over tid.

Tall som er typisk for ikke-kraftkrevende industri er iflg. hovedteksten foran

$$\alpha_1 \approx \alpha_2 \approx 0,5$$

$$\sigma \approx 0,6$$

Numeriske beregninger av  $\mu$ , og  $\alpha_E$ ,  $\alpha_N$  er ikke gjort siden det egentlig er forutsatt en sektorproduktfunksjon som inneholder flere enn to innsatsfaktorer. Men som et ikke urealistisk lærebokseksempel, kan vi sette

$$\alpha_E = 0,1$$

$$\alpha_N = 0,9$$

$$\mu = 0,6$$

$$\eta = -0,5$$

Etter dette får vi følgende ikke-urealistiske lærebokanslag på elektrisitetspriselastisiteten for "vanlig industri":

$$E_{1,1}^v = -0,3 - 0,295 = \underline{-0,595}.$$

Vi merker oss at skalaeffekten lett kan bli av samme størrelsesorden som substitusjonseffekten. I mange studier opereres det med elektrisitetspriselastisiteter som bare omfatter substitusjonseffekten. Det er da viktig å være klar over at den egentlige elastisiteten lett kan bli dobbelt så stor i tallverdi.

Litteraturliste

- [ 1] E. Berndt og D.O. Wood: Technology, prices and the derived demand for Energy i The Review of Economics and Statistics nr. 3 August 1975
- [ 2] J. Blaalid og Ø. Olsen: Etterspørsel etter energi, en litteratirstudie. Artikler nr. 111, Statistisk Sentralbyrå.
- [ 3] J. S. Cramer: Empirical Econometrics.
- [ 4] M. A. Fuss: The demand for Energy in Canadian Manufacturing. Journal of Econometrics, nr. 5 1977.
- [ 5] F. Førsumd: Studies in the Neo-Classical Theory of Production. Memorandum fra Sosialøkonomisk institutt, 4/2 1974.
- [ 6] J. M. Griffin og P. R. Gregory: An Intercountry Translog Model of Energy Substitution Responses. The American Economic Review, December 1976.
- [ 7] R. Halvorsen: Energy Substitution in U:S: Manufacturing. The Review of Economics and Statistics, nr. 4, November 1977.
- [ 8] E. A. Hudson og D. W. Jorgenson: U.S. Energy, Policy and Economic Growth, 1975 - 2000. I Policies for Energy Equilibrium av E. A. H og D. W. J.
- [ 9] L. Johansen: Production Functions.
- [10] P. R. Koren: Etterspørselen etter energi i tjenesteytende næringer. Artikler nr. 110, Statistisk Sentralbyrå.
- [11] P. R. Koren: Energiforbruket i industrien. Internt notat 28/8-78 i Statistisk Sentralbyrå.
- [12] P. R. Koren: NVE/5. kontors Energiprognoseprosjekt, Industrien. Internt notat 4/4-78 i Statistisk Sentralbyrå.
- [13] S. Longva og Ø. Olsen: MSG og Energi. Sosialøkonomen nr. 9 1978.
- [14] L. Lorentsen og T. Skoglund: MSG-3. Modell for analyse av den langsiktige økonomiske utvikling. Artikler nr. 83, Statistisk Sentralbyrå.
- [15] Wallis: Topics in Applied Econometrics.

## Utkommet i serien Rapporter fra Statistisk Sentralbyrå (RAPP)

- Nr. 79/1 Hans Viggo Sæbø: Energibruk etter formål ISBN 82-537-0992-7
- " 79/2 Viggo Jean-Hansen: Det norske nasjonalregnskapet Dokumentasjonsnotat nr. 7 Sektorberegninger for samferdselssektorene og reparasjon av kjøretøyer m.v. ISBN 82-537-0968-4
- " 79/3 Jon Blaaid: Undersøkelse av renholdsbedrifter 1977 ISBN 82-537-0969-2
- " 79/4 Anne Lise Ellingsæter: Deltidsundersøkelsen 1978 ISBN 82-537-0970-6
- " 79/5 Grete Dahl: Boligutgiftsbegrepet i forbruksundersøkelsene En metodestudie ISBN 82-537-0971-4
- " 79/6 Charlotte Koren: MAFO-Makromodell for folketrygden En skisse av en budsjettmodell ISBN 82-537-0972-2
- " 79/7 Odd Skarstad: Estimering av inntektsderiverte på tverrsnittsdata med målefeil ISBN 82-537-0976-5
- " 79/8 Svein Røgeberg: Det norske nasjonalregnskapet Dokumentasjonsnotat nr. 14 Sektorberegninger for fiske og fangst ISBN 82-537-0977-3
- " 79/9 Statsansattes vurdering av arbeidsforholdene i staten 1977 ISBN 82-537-0954-4
- " 79/11 Nils Martin Stølen: Substitusjonsmuligheter mellom energivarer Med et Appendiks av Steinar Strøm og Nils Martin Stølen ISBN 82-537-0990-0
- " 79/12 Skatter og overføringer til private Historisk oversikt over satser m.v. Årene 1969 - 1979 ISBN 82-537-0978-1
- " 79/13 Helge Herigstad: Forbruksundersøkinga 1967 - 1977 samanlikna med nasjonalregnskapen ISBN 82-537-1001-1
- " 79/14 Jon Blaaid: Oppgavebyrden for små bedrifter ISBN 82-537-0995-1
- " 79/16 Helge Herigstad: Forbrukseiningar ISBN 82-537-0994-3

Pris kr 9,00

Publikasjonen utgis i kommisjon hos H. Aschehoug & Co. og  
Universitetsforlaget, Oslo, og er til salgs hos alle bokhandlere.

ISBN 82-537-0990-0