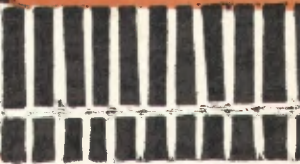




**ARTIKLER**

**110**



**ETTERSPØRSELEN ETTER ENERGI  
I TJENESTEYTENDE NÆRINGER**

Av Petter R. Koren

**THE DEMAND FOR ENERGY  
BY TRADE AND SERVICE INDUSTRIES**

OSLO 1978

**STATISTISK SENTRALBYRÅ**

ARTIKLER FRA STATISTISK SENTRALBYRÅ NR. 110

**ETTERSPØRSELEN ETTER ENERGI  
I TJENESTEYTENDE NÆRINGER**

Av Petter R. Koren

**THE DEMAND FOR ENERGY  
BY TRADE AND SERVICE INDUSTRIES**

OSLO 1978

ISBN 82-537-0866-1

Corrections on page 45:

(5.1) should be

$$(5.1) \quad X_t = [\delta X_{1t}^{-\rho} + (1 - \delta) X_{2t}^{-\rho}]^{-\frac{1}{\rho}}.$$

Accordingly line number nine from above should be:

$\delta$ ,  $\rho$ ,  $a_3$ ,  $b_3$ ,  $c_3$  are coefficients to be estimated

and line number nine from below should be:

$$\sigma = \frac{1}{1 + \rho} \cdot ]$$

## FORORD

Denne artikkelen gir en del resultater av en analyse som beskriver de tjenesteytende sektorers energietterspørsel. Arbeidet er utført på oppdrag av Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen.

Statistisk Sentralbyrå, Oslo, 6. juli 1978

Petter Jakob Bjerve

*PREFACE*

This article presents an analysis of the demand for energy, by trade and service industries. The analysis has been carried out in collaboration with the Norwegian Water Resources and Electricity Board.

Central Bureau of Statistics, Oslo, 6 July 1978

Petter Jakob Bjerve

# INNHold

	Side
1. Innledning .....	7
2. Metode for energiprognoser .....	7
3. Sektorinndeling .....	8
4. Modell 1 .....	9
4.1. Det totale energiforbruket .....	9
4.2. Elektrisitetens andel av det totale energiforbruket .....	11
4.3. Datagrunnlaget .....	14
4.4. Estimering .....	18
4.5. Kommentarer .....	26
5. Modell 2 .....	27
5.1. Modell med momentan tilpasning .....	27
5.2. Modell med treghet i tilpasningen .....	30
5.3. Stokastisk modell og estimering .....	32
5.4. Priselastisiteter - to regneeksempler .....	36
5.5. Kommentarer .....	37
6. Alternative relasjoner for totalt og nyttiggjort energiforbruk ..	37
6.1. Estimering for perioden 1957-1976 .....	39
6.2. Estimering for perioden 1964-1976 .....	40
6.3. Kommentarer .....	41
7. Oppsummering og konklusjon .....	42
Engelsk sammendrag .....	44
Appendiks .....	47
Litteraturhenvisninger .....	49
Utkommet i serien ART .....	50

## Standardtegn i tabeller

- Null
- 0 Mindre enn 0,5 av den brukte enhet
- \* Foreløpig tall

*CONTENTS*

	Page
1. Introduction .....	7
2. Method for energy projections .....	7
3. Activity grouping .....	8
4. Model 1 .....	9
4.1. Total energy demand .....	9
4.2. The share of electricity .....	11
4.3. Data .....	14
4.4. Estimation .....	18
4.5. Comments .....	26
5. Model 2 .....	27
5.1. Model with instantaneous adjustment .....	27
5.2. Model with lagged adjustment .....	30
5.3. Stochastic model and estimation .....	32
5.4. Price elasticities - two examples .....	36
5.5. Comments .....	37
6. Alternative equations for total and utilized energy demand .....	37
6.1. Estimation for the period 1957-1976 .....	39
6.2. Estimation for the period 1964-1976 .....	40
6.3. Comments .....	41
7. Summary and conclusions .....	42
English summary .....	44
Appendix .....	47
References .....	49
Issued in the series Articles from the Central Bureau of Statistics (ART) .....	50

*Explanation of Symbols in Tables*

- Nil
- 0 Less than 0.5 of unit employed
- \* Provisional or preliminary figure

## 1. INNLEDNING

På oppdrag fra Norges vassdrags- og elektrisitetsvesen (NVE) har Statistisk Sentralbyrå i 1977 arbeidd med forbedring av metodene for framskriving av energiforbruket. Dette prosjektet er dermed en videreføring av et arbeid Byrået utførte i 1975 også på oppdrag fra NVE, og som er dokumentert i arbeidsnotatet "En analyse av energiforbruket i tjenesteytende virksomhet, industri og bergverk" av Jon Blaaid, IO 76/2 [1].

Det ble opprettet en styringsgruppe for prosjektet bestående av overingeniør Kindingstad og førstekonsulent Myrtveit, NVE, byråsjef Andreassen og førstekonsulent Lorentsen, Byrået. Dessuten har byråsjef Gjerløw fra Industridepartementet og byråsjef Holte fra Miljøverndepartementet deltatt på noen av møtene i styringsgruppen. Førstekonsulent Blaaid har vært prosjektleder.<sup>1)</sup>

Dette notatet gir en oversikt over arbeidet med prognosemetodikk for Tjenesteytende virksomhet.

## 2. METODE FOR ENERGIPROGNOSER

Formålet med prosjektet er å finne fram til en metode for å framskrive energi- og elektrisitetsforbruket. De planleggende myndighetene har interesse av en slik framskriving ved vurdering og utforming av en energipolitikk. Det kan være nærliggende å ta utgangspunkt i MSG [3] siden Finansdepartementet gjør bruk av denne økonomiske flersektormodellen i sitt planleggingsarbeide. Modellen nyttes til å kartlegge ulike utviklingsbaner for norsk økonomi på 10-30 års sikt. MSG inneholder 38 produksjonssektorer. Modellen forutsetter at det er et fast forhold mellom produksjon og bruk av innsatsvarer i de enkelte sektorer (faste vareinnsatskoeffisienter), mens arbeidskraft og realkapital er substituerbare produksjonsfaktorer.

Siden endringer i de relative prisene må antas å påvirke bruken av de forskjellige innsatsvarene, deriblant energi, ville en mer tilfredsstillende behandling av de forskjellige næringenes energiforbruk være at forutsetningene om faste vareinnsatskoeffisienter (for energivarene) endres til å gi muligheter for substitusjon mellom innsatsvarene - og da spesielt mellom de forskjellige energivarene.

En slik utvikling av MSG-modellen er imidlertid et prosjekt som krever langt mer arbeide enn hva som er mulig å gjennomføre innenfor rammen av dette aktuelle prosjektet. Vårt prosjekt er derfor lagt opp slik at energimodellen(e) kan nyttes som ettermodell til MSG. Resultater fra kjøring med MSG brukes da som forutsetninger (eksogene variable) i energiframskrivningene.

1) Forfatteren vil i tillegg takke Petter Frenger for idéen til modell 2, og Eilif Jansen for nyttige kommentarer.



Forutsetningen med faste vareinnsatskoeffisienter i MSG-modellen er en så streng forutsetning at de ideelt sett hindrer oss i å lage en ettermodell til MSG for energivarer hvor denne forutsetningen ikke lenger antas å gjelde. Vi gjør derfor formelt (og reelt) en feil hvis vi bruker beregningsresultater (f.eks. produksjonsverdien) fra MSG som input i en energi-ettermodell. De tall for energiforbruket som deretter beregnes i vår ettermodell vil dermed ikke stemme overens med tilsvarende energitall i MSG. Hvor stor feilen er, har vi hittil ikke testet. Den feilen man gjør ved denne framgangsmåten er antakelig relativt liten. Det arbeides for tiden i Byrået (Forskningsavdelingen) med et prosjekt som tar sikte på å justere MSG slik at det kan lempes på forutsetningen om faste vareinnsatskoeffisienter.

Foreløpig binder vi oss derfor til et opplegg som ikke er konsistent med MSG. Vi nytter MSG-resultater som eksogene variable i våre ettermodeller for energivarer uten å bekymre oss for mye om at beregningene i en slik ettermodell har virkninger tilbake på de MSG-variable som vi oppfattet som gitte.

### 3. SEKTORINNDELING

"Tjenesteytende virksomhet" omfatter i dette notatet følgende grupper i Standard for næringsgruppering:

- 6 Varehandel, hotell- og restaurantvirksomhet
- 719 Tjenester i tilknytning til transport. Lagring
- 72 Post- og telekommunikasjoner
- 8 Bank- og finansieringsvirksomhet, forsikringsvirksomhet, eiendomsdrift og forretningsmessig tjenesteyting
- 9 Offentlig, sosial og privat tjenesteyting

På grunn av manglende opplysninger om energiforbruket i de enkelte næringsgruppene listet foran, må Tjenesteytende virksomhet behandles under ett. For å kunne vurdere hvor god en slik aggregering er, burde vi egentlig studere energiforbruket særskilt innen hver gruppe. Dette gir imidlertid datamaterialet ingen mulighet til. Datamaterialet over energiforbruket blir gjengitt i avsnitt 4.3. Vi har ved hjelp av forskjellige kilder forsøkt å finne fram til hva de enkelte næringsgruppene bruker av energibærere. Opplysningene i nasjonalregnskapet om de enkelte Tjenesteytende næringers bruk av olje og elektrisitet er i stor utstrekning basert på anslag ved hjelp av relativt "grove" fordelingsnøkler. Disse fordelingsnøkler er lite egnet til bruk i en detaljert energianalyse. Videre har Byrået vært i kontakt med Oslo Lysverker for å undersøke om de kunne gi tall for mer detaljerte grupper av Tjenesteytende virksomhet. Det er også undersøkt i en del årsberetninger til større elverk om de eventuelt har

en noe mer detaljert forbruksspesifikasjon. Ingen av disse anstrengelsene for å finne opplysninger om energiforbruket i grupper innenfor Tjenesteytende virksomhet førte til positivt resultat.

Tjenesteytende virksomhet består altså av så ulike virksomheter som varehandel, hoteller, post- og telekommunikasjon, helsetjenester, undervisning og offentlig administrasjon. Siden vi ikke vet noe om energibruken innenfor hver av disse gruppene, er det vanskelig å si hvilken feil som oppstår på grunn av aggregeringen.

La oss som en illustrasjon anta en prognosemodell som går ut fra energiforbruket pr. sysselsatt. Energibruken pr. sysselsatt er trolig svært forskjellig fra gruppe til gruppe innenfor Tjenesteytende virksomhet. Vi får dermed en gal beskrivelse av det totale energiforbruket hvis sysselsettingen i hver undergruppe utvikler seg forskjellig (får endrede vekter i aggregeringen). Med lik utvikling i hver gruppe vil vår aggregering kunne beskrive utviklingen av energiforbruket tilfredsstillende selv om det er svært ulikt energiforbruk (pr. sysselsatt) i hver gruppe.

#### 4. MODELL 1

##### 4.1. Det totale energiforbruket

Blaalid [1] forkastet hypotesen om en enkel sammenheng mellom energiforbruk, sysselsetting og en variabel for temperatur i Tjenesteytende virksomhet. Han kom videre fram til at bruttoproduktet i Tjenesteytende virksomhet ikke var en hensiktsmessig variabel å ta utgangspunkt i når variasjoner i energiforbruket skal forklares. Et forsøk med bruttoøkningen i antall  $m^2$  gulvflate (og temperaturen) som forklaringsvariable førte heller ikke fram.

Energiforbruket i Tjenesteytende virksomhet går hovedsakelig til oppvarming og ventilasjon av bygninger og drift av maskiner. Beholdningen av bygninger (bygningvolum) og maskiner må dermed være en viktig faktor for størrelsen på det totale energiforbruket i denne sektoren. Mengden eller omfanget av disse beholdningene kan måles ved verdien av bygningene og maskinene. Utetemperaturen er en viktig forklaringsvariabel for den delen av energiforbruket som går til oppvarming. Sannsynligvis har andre variable enn verdien (i faste priser) av bygningene, maskinene og temperaturen en viss innvirkning på totalt energiforbruk i Tjenesteytende virksomhet. Spesielt bør endret sammensetning av næringsgruppene som utgjør Tjenesteytende virksomhet nevnes. Dette forholdet kan imidlertid ikke analyseres nærmere, siden energiforbrukets fordeling på disse næringsgruppene er ukjent, jfr. kapittel 3.

Det kan videre diskuteres om prisene på energivarer betyr noe for totalt energiforbruk. Utgiftene til energivarer i et kontorbygg er relativt små f.eks. i forhold til lønnskostnadene for de ansatte som arbeider i bygningen. Det er uklart om totalt energiforbruk i et kontorbygg kan reduseres særlig mye uten omfattende kostnader til isolasjon m.v.

Vi antar imidlertid at verdien av bygninger/maskiner (i faste priser) og utetemperaturen er de sentrale variable. Dette vil vi komme nærmere inn på i avsnitt 4.2.

Et datamateriale for bygninger og maskiner i Tjenesteytende virksomhet finnes i nasjonalregnskapet hvor det er tall for realkapital i faste priser. Tall for realkapitalen er gitt særskilt for bygninger og maskiner. Da vi er interessert i energiforbruket forklart ved beholdningen av bygninger som skal oppvarmes og drift av maskiner, bør vi la eldre bygninger og maskiner veie minst like mye som nye. (Trolig burde den eldre bygningsmassen og de eldre maskinene veie mer enn det nye kapitalutstyret.) Dette medfører at vi bør nytte ikke-avskrevet kapital (vurdert til dagens priser - nyverdi).

Til energiprognosene kan en videre ta utgangspunkt i MSG-tall for den beregnede utviklingen i realkapitalen (bygninger og maskiner) i Tjenesteytende virksomhet. MSG-beregningene gir tall for nedskrevet gjenanskaffelsesverdi av kapitalen. Det vil kreve en god del regnearbeid å omforme disse tallene til nyverdi. Vi har derfor sett på forholdet mellom realkapitalen til nedskrevet gjenanskaffelsesverdi og nyverdi. Dette forholdet har holdt seg så godt som konstant i den perioden vi studerte (1964-1975). Hvis vi får en noenlunde jamn utvikling av investeringene uten store svingninger for enkelte år samtidig som sammensetningen (etter levetid) holder seg forholdsvis konstant, er det rimelig å anta at dette forholdet (nedskrevet gjenanskaffelsesverdi / nyverdi) holder seg tilnærmet konstant også i framtiden. Vi nytter derfor nedskrevet gjenanskaffelsesverdi som mål på realkapitalen.

Vi antar altså at følgende sammenheng gjelder for det totale energiforbruket i Tjenesteytende virksomhet:

$$(4.1) \quad \ln E_t = a_1 \ln K_t + b_1 \ln G_t + c_1.$$

Her er  $E_t$  det totale energiforbruket i periode  $t$ ,  $K_t$  er beholdningen av bygninger og maskiner og  $G_t$  er antall graddager (se avsnitt 4.3) i samme periode.

#### 4.2. Elektrisitetens andel av det totale energiforbruket

Vi vet lite om hvordan etterspørselen etter energi i Tjenesteytende virksomhet genereres. Vår antakelse om en nær sammenheng mellom totalt energiforbruk og verdien i faste priser av maskiner/bygninger samt temperaturen kan oppfattes som teknisk bestemt. Når det gjelder energiforbrukets sammensetning, blir dette trolig bestemt av de relative energipriser.

Dessverre har vi ingen oversikt over substitusjonsmulighetene (på kort sikt) mellom ulike oppvarmingssystemer i Tjenesteytende virksomhet. Kjennskapet til utbredelsen av ulike oppvarmingssystemer er meget mangelfulle.

I en del bygninger vil det sannsynligvis være svært kostbart å skifte oppvarmingssystem. Dette vil neppe skje med mindre det gamle anlegget er nedslitt eller energiprisene forrykkes drastisk. I andre tilfelle kan en relativt enkelt montere f.eks. elektrisitetsskolber i eldre oljefyringskjeler.

I nybygg er forholdet selvsagt annerledes. Her vil ganske sikkert dagens energipriser og forventninger om framtidige energipriser være av betydning. Stor usikkerhet om priser og leveringssikkerhet kan føre til helgardering, altså muligheter for bruk av flere typer energibærere til oppvarming.

Følgende fakta bør en ha klart for seg: Realkapitalen (tabell 3) er fordoblet i løpet av de siste 10 år. Samtidig har elektrisitetsandelen (tabell 6) økt fra 30 prosent til 50 prosent fra begynnelsen av 1960-årene til i dag. Når det føres opp mange nye bygg i Tjenesteytende virksomhet, betyr dette naturligvis at sammensetningen av energiforbruket kan endres mye på relativt få år.

Som utgangspunkt for estimering av elektrisitetsandelen tenker vi oss at installasjonene i nybygg i stor grad bestemmes av de relative energipriser i installasjonsåret. Videre vil bruken av de ulike energibærere i nybygg med flere oppvarmingssystemer på kort sikt avhenge av prisforholdet. For bygg uten slike substitusjonsmuligheter antas at elektrisitetsandelen er konstant. Vi ledes til følgende sammenheng for elektrisitetsandelen i Tjenesteytende virksomhet:

$$(4.2) \quad \ln \alpha_t^{E^*} = a_2 \ln \frac{p_t^E}{p_t^O} + b_2.$$

Her er  $\alpha_t^{E^*}$  den ønskede elektrisitetsandelen i år  $t$ ,  $p_t^E$  og  $p_t^O$  er prisene på henholdsvis elektrisitet og olje i det samme året.  $a_2$  og  $b_2$  er konstanter.

Vi antar videre at tilpasningen til et sett av priser ikke skjer momentant men tar tid. Den realiserede elektrisitetsandelen kaller vi  $\alpha_t^E$ . Tilpasningen til det ønskede nivå antas å skje gradvis over flere år, presisert ved relasjonen:

$$(4.3) \quad \ln \alpha_t^E - \ln \alpha_{t-1}^E = (1 - \beta_1) (\ln \alpha_t^{E^*} - \ln \alpha_{t-1}^E), \quad 0 \leq \beta_1 \leq 1$$

Hvis vi setter inn for  $\ln \alpha_t^{E^*}$  fra (4.2) i (4.3), får vi:

$$(4.4) \quad \ln \alpha_t^E = (1 - \beta_1) a_2 \ln \frac{P_t^E}{P_t^O} + \beta_1 \ln \alpha_{t-1}^E + (1 - \beta_1) b_2.$$

Relasjon (4.3) gir uttrykk for at bare en andel  $(1 - \beta_1)$  av den ønskede endringen blir realisert mellom to perioder.

Likning (4.4) sammen med  $\alpha_t^E + \alpha_t^O = 1$  fastsetter elektrisitets- og oljeandelen ( $\alpha_t^O$ ) i Tjenesteytende virksomhet. Vi har forutsatt at totalt energiforbruk er uavhengig av energiprisene. Dermed vil elastisiteten av elektrisitetsandelen med hensyn på den relative energipris være lik elastisiteten av elektrisitetsforbruket med hensyn på den relative energipris. Det samme gjelder for elastisitetene av oljeandelen og det totale oljeforbruket.

De kortsiktige elastisitetene betegner vi  $\epsilon_{1t}$  og  $\epsilon_{2t}$  for henholdsvis elektrisitet og oljeprodukter. Disse elastisitetene uttrykker da hvilken virkning en prisendring har på forbruket av energivarene  $t$  år etter prisendringen. De langsiktige elastisitetene lar vi være  $\epsilon_1$  for elektrisitet og  $\epsilon_{21}$  for oljeprodukter. Elastisiteten for oljeprodukter avhenger av hvilken andel energibærerne har av det totale energiforbruket, se (4.5). Denne elastisiteten har derfor fått en fotskrift som beskriver hvilket år den refererer seg til (år 1). Hvordan elastisiteten endrer seg med situasjonen i utgangspunktet for prisendringen, ser vi av følgende uttrykk som følger av at det totale energiforbruket er uavhengig av prisene:

$$E \& \frac{P_1^E}{P_1^O} (x_{11} + x_{21}) = 0$$

$$\alpha_1^E \epsilon_1 + \alpha_2^O \epsilon_{21} = 0$$

som gir

$$(4.5) \quad \epsilon_{21} = - \frac{\alpha_1^E}{\alpha_1^O} \epsilon_1.$$

Ifølge (4.4) vil en prisendring føre til endringer i elektrisitetssandelene i flere år framover. Den langsiktige elastisiteten er summen av alle disse årlige endringene som følge av prisendringen.

Et uttrykk for de kortsiktige elastisitetene får vi av (4.4):

$$e_{11} = \frac{\frac{\partial \ln \frac{E}{P_1}}{\frac{E}{P_1}}}{\frac{\partial \ln \frac{O}{P_1}}{\frac{O}{P_1}}} = (1 - \beta_1) a_2$$

$e_{11}$  gir uttrykk for endringene i elandelen det første året.

$$(4.6) \quad e_{12} = \frac{\frac{\partial \ln \frac{E}{P_1}}{\frac{E}{P_1}}}{\frac{\partial \ln \frac{O}{P_1}}{\frac{O}{P_1}}} = \beta_1 \frac{\frac{\partial \ln \frac{E}{P_1}}{\frac{E}{P_1}}}{\frac{\partial \ln \frac{O}{P_1}}{\frac{O}{P_1}}} = \beta_1 (1 - \beta_1) a_2$$

$e_{12}$  gir uttrykk for endringene i elandelen det andre året etter prisbevegelsen.

$$e_{1t} = \beta_1^{t-1} (1 - \beta_1) a_2$$

$$\varepsilon_1 = \lim_{T \rightarrow \infty} \sum_{t=1}^T e_{1t} = (1 - \beta_1) a_2 \lim_{T \rightarrow \infty} \sum_{t=1}^T \beta_1^{t-1} = a_2 \lim_{T \rightarrow \infty} (1 - \beta_1^{T-1}) = a_2$$

$\varepsilon_1$  er dermed den samlede virkningen på elandelen av en prisendring i år 1.

Tilsvarende uttrykk får vi for oljeprodukter ved hjelp av (4.5) og

(4.6):

$$e_{21} = - \frac{\frac{\alpha_1^E}{O}}{\alpha_1} e_{11} = - \frac{\alpha_1^E}{O} (1 - \beta_1) a_2$$

$$e_{22} = - \frac{\alpha_1^E}{O} \beta_1 (1 - \beta_1) a_2$$

(4.7)

$$e_{2t} = - \frac{\alpha_1^E}{O} \beta_1^{t-1} (1 - \beta_1) a_2$$

$$\varepsilon_{21} = - \frac{\alpha_1^E}{O} (1 - \beta_1) a_2 \lim_{T \rightarrow \infty} \sum_{t=1}^T \frac{1 - \beta_1^{t-1}}{1 - \beta_1} = - \frac{\alpha_1^E}{O} a_2$$

Ligningene (4.2) og (4.4) har den ulempen at de ikke utelukker muligheten for en elektrisitetssandel større enn 1. De gir også en usymmetrisk behandling av olje og elektrisitet. Det er nemlig ikke likegyldig om vi estimerer en funksjon som (4.4) for elektrisitetssandelen eller oljeandelen. Vi får også, som nevnt tidligere, konstant priselastisitet for elektrisiteten. Dette er kanskje en tvilsom forutsetning når vi skal se på prognoser for en lengre periode.

#### 4.3. Datagrunnlaget

Datamaterialet dekker perioden 1957-1976.

- a) Elektrisitet: Elektrisitetssstatistikken gir elektrisitetsforbruket i offentlig og privat Tjenesteytende virksomhet. På grunn av elektrisitetssverkenes klassifisering av forbruket etter abonnementstype er opplysningene om elforbruket i Tjenesteytende virksomhet noe usikre.
- b) Petroleumsprodukter: Her er parafin og fyringsoljer med. Fra salgsstatistikken for petroleumsprodukter kan vi beregne salget til Tjenesteytende virksomhet fra 1973. Tallmaterialet før denne perioden er beregnet på grunnlag av totalleveransene til husoppvarming. For øvrig gir ikke tallene uttrykk for forbruket, men salg. Man har ikke oppgaver over lagerendringer hos forbrukerne. Salgstallene oppfattes da som anslag på forbruket.
- c) Tilfeldig elkraft til elektrokjeler: Vi kjenner disse leveranser bare for perioden 1973-1975. For perioden 1957-1972 er forbruket beregnet på grunnlag av forutsetningen om at de for disse årene har den samme andelen av tilfeldig kraft som i 1975 (0.193). Da Blaalid [1] ble skrevet, var elektrokjeleforbruket i Tjenesteytende virksomhet bare kjent for 1973. Med bare et observasjonsår hadde en ikke tilstrekkelig grunnlag til å anslå elektrokjeleforbruket i tidligere år. Elektrisitetstallene for Tjenesteytende virksomhet i Blaalid [1] er derfor eksklusive elektrokjeler.
- d) Kull og koks: Tallene for dette forbruk er hentet fra Blaalid [1]. Her finnes også en nærmere diskusjon av tallene i a) - f).
- e) Vekter: For å komme fram til et anslag på totalt energiforbruk, er koeffisientene for teoretisk energiinnhold (varmemengden) nyttet som vekter for å legge sammen de ulike energibærerne.
- f) Graddager: Graddagtallet gir uttrykk for differansen mellom utetemperatur og en antatt innetemperatur på  $17^{\circ}$  C. Denne differansen er summert for alle dager hvor utetemperaturen er mindre enn  $11^{\circ}$  C om høsten og  $9^{\circ}$  C om våren. Høyt graddagtall indikerer altså sterk kulde.

Fra Meteorologisk institutt har vi hentet oppgaver over graddagstallet i Oslo, Kristiansand S, Bergen, Trondheim og Tromsø. Byrådet har så beregnet et landsgjennomsnitt. Som vekter er det brukt befolkningen (1973) i de ulike landsdeler.

g) Realkapitalen: Nasjonalregnskapet gir tall for realkapitalen av bygninger og maskiner. Vi måler realkapitalen i 1970-priser. For noen av gruppene innen Tjenesteytende virksomhet finnes det ikke tall for realkapitalen i de tidligere årene. Vi kjenner imidlertid investeringene i denne perioden.

Med utgangspunkt i det første året vi kjenner størrelsen på realkapitalen til nyverdi, har vi beregnet realkapitalen i de tidligere årene etter følgende uttrykk:

$$K_{s-r} = K_s - \sum_{t=s-r+1}^s I_t + \sum_{t=s-L+1-r}^{s-L} I_t$$

$I_t$  er investeringene i år  $t$ , og  $L$  er realkapitalens levetid (målt med antall år). Fotskriften  $r$  er antall år fra første året ( $s$ ) til det året vi ønsker å beregne realkapitalen. Fra den kjente realkapitalbeholdningen (i år  $s$ ) trekker vi investeringene som er gjort i perioden etter året vi beregner for (året  $s-r$ ), og legger til det som har gått ut av beholdningen på grunn av nådd levetid i den samme perioden. Vi har ikke investeringene i så tidlige perioder som inngår i siste leddet i (2). Dette er satt lik null. Feilen i tallene for realkapitalen blir helt ubetydelig ved denne forenklingen. De realkapitalstørrelsene vi har beregnet er: maskiner i statlig og kommunal konsumkapital for henholdsvis 1957-1964 og 1957-1963, bygninger og maskiner i "Kreditt-, finans- og forsikringsvirksomhet", "Forretningsbygg" og "Privat og personlig tjenesteyting" i perioden 1957-1963. For "Post, telefon og telegraf" er det også inkludert anlegg.

Den serien vi får ved denne beregningen multipliseres med forholdstallet (gjennomsnitt for årene 1964-1976) mellom realkapitalen til nyverdi og nedskrevet gjenanskaffelsesverdi (0.714).

Realkapitalen til gjenanskaffelsesverdi og nyverdi i Tjenesteytende virksomhet er satt opp i tabell 3.

h) Oljeprisen: For prisutviklingen på olje (og kull/koks) nytter vi engrosprisindeksens delindeks for mineraloljeprodukter. Indeksen er omregnet til 1970=100. En bør være oppmerksom på at dette ikke direkte viser utviklingen i prisen på oljeprodukter levert nettopp til Tjenesteytende virksomhet, men vi antar allikevel at oljeprisene til Tjenesteytende virksomhet noenlunde har fulgt delindeksen for mineraloljeprodukter.

i) Elektrisitetsprisen: Som indikator på elektrisitetsprisen har vi brukt gjennomsnittsprisen fra Elektrisitetsstatistikken. Vi har regnet om



prisene til en prisindeks som viser hvor meget én energienhet (Joule) dekket ved elektrisitet, koster i forhold til én energienhet dekket ved olje i 1970. Vi har ikke moms med i disse prisdata, siden enhetene i Tjenesteytende virksomhet trolig tilpasser sitt forbruk basert på priser eksklusive moms.

j) Elandeler: Elandeler er forholdet mellom fastkraftforbruket og totalt energiforbruk. Teknologisk hører tilfeldig kraft med til elektrisitetsforbruket, men den relevante prisen er oljeprisen. Hvis den tilfeldige kraften slås sammen med fastkraftforbruket, vil vi få svingninger i forbruket av elektrisitet og olje som ikke vil kunne forklares ved hjelp av prisene. Svingningene har nær sammenheng med den kortsiktige produksjonskapasiteten innen elektrisitetsforsyningen. I prognosesammenheng er det fastkraftforbruket av elektrisitet man er interessert i. Dette er argumenter som taler for at tilfeldig kraft til elektrokjeler behandles sammen med oljeprodukter.

Tabell 1. Energiforbruket i Tjenesteytende virksomhet

	Parafin og fyringsolje		Fast kraft		Tilfeldig kraft til elektrokjeler		Kull		Koks		Totalt
	1 000 tonn	TJ	GWh	TJ	GWh	TJ	1 000 tonn	TJ	1 000 tonn	TJ	TJ
1957	117	4 948	846	3 046	123	444	50	1 403	40	1 139	10 980
1958	164	6 935	957	3 445	152	546	40	1 122	40	1 139	13 188
1959	150	6 343	1 029	3 704	98	355	30	842	35	996	12 240
1960	184	7 781	1 129	4 064	184	661	15	421	30	854	13 781
1961	186	7 865	1 224	4 406	312	1 122	10	281	25	712	14 386
1962	228	9 641	1 549	5 576	442	1 590	10	281	15	427	17 515
1963	233	9 853	1 966	7 078	236	850	8	224	10	285	18 290
1964	229	9 683	2 093	7 535	278	1 000	6	168	5	142	17 628
1965	254	10 741	2 288	8 237	387	1 395	4	112	3	85	20 570
1966	308	13 024	2 525	9 090	129	464	2	56	2	57	22 691
1967	315	13 320	2 738	9 857	362	1 304	-	-	-	-	24 481
1968	358	15 139	3 035	10 926	506	1 823	-	-	-	-	27 888
1969	426	18 014	3 325	11 970	123	443	-	-	-	-	30 427
1970	485	20 500	3 420	12 312	107	388	-	-	-	-	33 209
1971	474	20 044	3 806	13 702	389	1 402	-	-	-	-	35 148
1972	490	20 721	4 167	15 001	493	1 775	-	-	-	-	37 497
1973	462	19 537	4 489	16 160	507	1 893	-	-	-	-	37 590
1974	348	14 716	4 888	17 597	618	2 309	-	-	-	-	34 622
1975	362	15 308	5 476	19 714	723	2 602	-	-	-	-	37 624
1976	435	18 395	6 319	22 748	751	2 704	-	-	-	-	43 847

K i l d e: Se tekstavsnittet.

Måleenheter: TJ = Terajoule =  $10^{12}$  joule.  
 1 000 t olje = 42,287 TJ.  
 1 GWh elektrisk kraft = 3,6 TJ.  
 1 000 t kull = 28,051 TJ.  
 1 000 t koks = 28,470 TJ.

Tabell 2. Antall graddager

	Oslo	Kr.sand	S Bergen	Trond- heim	Tromsø	Veiet gjennomsnitt for landet
1957 .....	3 779	3 143	3 042	4 146	4 950	3 739
1958 .....	3 962	3 117	2 965	4 267	5 180	3 840
1959 .....	3 516	2 988	2 579	3 732	4 712	3 433
1960 .....	3 755	3 276	2 765	4 062	4 821	3 667
1961 .....	3 404	2 786	2 559	3 645	4 641	3 335
1962 .....	4 013	3 277	3 057	4 374	5 555	3 959
1963 .....	4 108	3 579	2 995	3 986	4 948	3 900
1964 .....	3 703	3 174	2 824	3 805	4 828	3 606
1965 .....	3 245	3 433	2 974	4 134	5 350	3 878
1966 .....	4 206	3 693	3 232	4 597	5 466	4 152
1967 .....	3 718	3 107	2 807	3 789	4 868	3 602
1968 .....	4 007	3 402	3 019	4 169	5 731	3 957
1969 .....	3 989	3 521	3 049	4 112	4 813	3 857
1970 .....	4 165	3 714	3 156	4 168	4 906	3 995
1971 .....	3 541	2 964	2 764	3 780	5 085	3 526
1972 .....	3 665	3 166	2 830	3 781	4 461	3 545
1973 .....	3 677	3 087	2 971	3 965	5 111	3 668
1974 .....	3 234	2 775	2 456	3 478	4 537	3 231
1975 .....	3 348	2 915	2 734	3 706	5 293	3 449
1976 .....	3 901	3 559	3 052	4 138	5 084	3 863
Normal 1931-60 .....	3 774	3 232	2 882	4 003	4 801	3 680
Vekter .....	40,5%	13,9%	19,2%	14,8%	11,6%	100,0%

K i l d e: Meteorologisk institutt. (Gjennomsnittet er beregnet av Byrået.)

Tabell 3. Realkapitalen i Tjenesteytende virksomhet. Bygninger og maskiner. Mill.kr. 1970-priser

	Gjenanskaffelses- verdi	Nyverdi	(1) : (2)
	(1)	(2)	(3)
1957 .....	18 502,2	25 913,4	)
1958 .....	19 765,9	27 683,3	)
1959 .....	21 168,9	29 648,1	)
1960 .....	22 698,7	31 790,0	) 0.714
1961 .....	24 310,3	34 048,1	)
1962 .....	25 957,5	36 355,1	)
1963 .....	27 796,8	38 931,1	)
1964 .....	30 207,5	41 694,5	0.724
1965 .....	31 705,1	44 434,8	0.714
1966 .....	33 883,7	47 471,3	0.714
1967 .....	36 268,0	50 755,1	0.715
1968 .....	38 792,2	54 263,3	0.715
1969 .....	41 166,9	57 381,5	0.717
1970 .....	43 498,0	60 911,2	0.714
1971 .....	46 029,1	65 075,8	0.707
1972 .....	49 613,7	69 977,0	0.709
1973 .....	53 183,4	74 493,6	0.714
1974 .....	56 885,5	79 707,9	0.714
1975 .....	61 239,1*	85 622,0*	0.715
1976 .....	65 949,8*	92 237,5*	0.715

Gjennomsnitt for  
perioden 1964-1976 .....

0.714

K i l d e: Se tekstavsnittet.

Tabell 4. Prisindekser for elektrisitet og oljeprodukter i Tjenesteytende virksomhet

År	Elektrisitet		Oljeprodukter <sup>3)</sup>
	Øre/kwh <sup>1)</sup>	Indeks <sup>2)</sup> . 1 TJ dekket med olje i 1970 = 100	
1958	8,13	379	116
1959	8,16	379	109
1960	8,02	375	105
1961	8,03	375	104
1962	7,94	371	103
1963	7,40	343	103
1964	7,44	347	103
1965	7,50	351	99
1966	7,53	351	98
1967	7,64	355	103
1968	7,79	363	103
1969	8,21	383	101
1970	8,56	399	100
1971	8,66	403	127
1972	8,94	415	120
1973	9,21	427	136
1974	9,85	459	260
1975	11,28	527	264
1976	12,43	583	303

1) Kilde: Elektrisitetsstatistikken. 2) I 1970 kostet 1 TJ elektrisitet 3,99 mer enn 1 TJ dekket med oljeprodukter (regnet i teoretisk energiinnhold). Denne indeksen er framkommet ved at en indeks for elektrisitet med 1970 lik 100 er multiplisert med 3,99. Dette blir en prisindeks for varmeequivalenter. 3) Delindeksen for mineraloljeprodukter i engrosprisindeksen.

#### 4.4. Estimering

Vi nyttet minste kvadraters metode ved estimeringen<sup>1)</sup> av modellen:

$$(4.9) \quad \ln E_t = a_1 \ln K_t + b_1 \ln G_t + c_1 + u_{1t}$$

og

$$(4.10) \quad \ln \alpha_t^E = K_{11} + K_{21} \ln \frac{P_t^E}{P_t} + K_{31} \ln \alpha_{t-1}^E + u_{2t}$$

Her er

$$K_{11} = (1 - \beta_1) b_2, \quad b_2 = \frac{K_{11}}{1 - K_{31}}$$

$$K_{21} = (1 - \beta_1) a_2, \quad a_2 = \frac{K_{21}}{1 - K_{31}}$$

$$K_{31} = \beta_1$$

1) Se [2].

$u_{it}$  er stokastisk restledd. Dette tar vare på tilfeldige avvik som kan skyldes målefeil, feilspesifikasjon av funksjonsformen, eller virkninger av andre variable enn de spesifiserte. Om restleddene antas

- Restleddene er normalfordelte.
- Forventningen er null.
- Variansen er konstant.
- De enkelte restledd er ukorrelerte.
- De enkelte restledd er stokastisk uavhengige av de høyresidevariable.

Når disse forutsetningene er oppfylt, vil estimering med minste kvadraters metode gi de variansminimale blant alle forventningsrette lineære estimatorer.

Til grunn for våre atferdsrelasjoner ligger det en forutsetning om at Tjenesteytende virksomhet fritt har kunnet tilpasse sitt energiforbruk til de eksisterende energiprisene. Rasjoneringsloven for elektrisk kraft ble opphevet 30. juni 1962. Før dette var det ulike former for restriksjoner på bruk av elektrisitet. Dette medførte at forbrukerne ikke fikk kjøpt så mye elektrisk kraft som de ønsket til eksisterende priser. Det er imidlertid noe usikkert hvilken effekt disse restriksjonene hadde. Vi regner imidlertid med at Tjenesteytende virksomhet hadde fått tilpasset seg som de ønsket til de eksisterende prisene i 1963. Vi vil derfor estimere våre funksjoner over to perioder. Den ene estimeringen går over hele observasjonsperioden (1958-1976). Den andre estimeringen er for perioden 1964-1976 (pluss 1963 for "lagget" variabel).

#### 4.4.1. Estimering for perioden 1957-1976

Estimering av (4.9) gav følgende resultat:

$$(4.11) \quad \ln E_t = - 6.76931 + 1.11207 \ln K_t + 0.63125 \ln G_t$$

(0.04131)                      (0.24269)

t-verdien for  $a_1$ :                      26.91790

t-verdien for  $b_1$ :                      3.58279

Multipel korrelasjonskoeffisient: 0.98849

Durbin-Watson-observator:              0.55

Estimerte standardavvik er gitt i parentes under estimatene.

En hypotese om at koeffisientene  $b_1$  og  $c_1$  er null, må for begge vedkommende forkastes ved 5 prosent sannsynlighetsnivå. Durbin-Watson-testen tyder på at det er en positiv seriekorrelasjon i restleddene. Dette kan bety at funksjonsformen er feilspesifisert, eller at forklaringsvariable er utelatt.

De estimerte verdiene for  $E_t$  ved å nytte (4.11) i observasjonsperioden er satt opp i tabell 5. Vi ser at (4.11) gir oss et for høyt estimat for  $E_t$  i årene etter "oljekrisen" (1974-1976). Dette kan komme av at vi veier de ulike energibærerne sammen ved hjelp av deres teoretiske energiinnhold. I 1974 var det en meget sterk overgang fra olje til elektrisitet. Elektrisiteten har vesentlig høyere virkningsgrad<sup>1)</sup> enn oljeprodukter. Vi har ikke tatt hensyn til disse virkningsgradene. En sterk overgang fra olje til elektrisitet vil bety at et bestemt oppvarmingsbehov kan dekkes med mindre energi (målt ved det teoretiske energiinnholdet). Det er altså ikke slik at varmebehovet sank fra 1973 til 1974 som tallene for totalt energiforbruk i tabell 1 kan tyde på. Det teoretiske energiinnholdet er med andre ord mindre egnet som vekter når varmebehovet skal måles og det skjer sterk endring i energiforbrukets sammensetning.

Estimeringen av (4.10) gav følgende resultat:

$$(4.12) \quad \ln \alpha_t^E = 0.03511 - 0.17913 \ln \frac{P_t^E}{P_t^O} + 0.79008 \ln \alpha_{t-1}^E \\ (0.06237) \quad (0.07590)$$

$$\hat{b}_2 = \frac{\hat{K}_1}{1 - \hat{K}_3} = 0.1673$$

$$\hat{a}_2 = \frac{\hat{K}_2}{1 - \hat{K}_3} = -0.8533$$

t-verdien for  $K_2$ : 2.87212

t-verdien for  $K_3$ : 10.41012

Multipel korrelasjonskoeffisient (R): 0.96553

I relasjoner hvor vi som høyresidevariabel har venstresidevariablen fra forrige periode, vil vi ikke oppgi Durbin-Watson-observatoren. Da er ikke denne testen egnet til å avdekke seriekorrelasjon. Både  $K_1$  og  $K_2$  er signifikant forskjellige fra null ved 5 prosent sannsynlighetsnivå. De estimerte verdiene av elektrisitetsandelen er satt opp i tabell 6. Det estimerte elektrisitetsforbruket får en ved å kombinere (4.11) og (4.12). Tallene er gitt i tabell 7. Vi ser at også (4.12) gir oss for høye estimater etter "oljekrisen". Kombinasjonen av (4.11) og (4.12) gir oss da alt for høye estimater på elektrisitetsforbruket de siste årene av observasjonsperioden.

(4.12) gir følgende kortsiktige og langsiktige priselastisiteter for olje- og elektrisitetsforbruket:

Den kortsiktige priselastisitet for elektrisitet blir

$$e_{11} = b_2 a_2 = K_2 = -0.179$$

<sup>1)</sup> Bare en del av det teoretiske energiinnholdet i oljen som brukes i f.eks. et sentralvarmeanlegg kommer forbrukerne til gode som varme. Virkningsgraden er forholdet mellom denne nyttiggjorte varmen og det teoretiske energiinnholdet i oljen.

Den langsiktige priselastisitet blir tilsvarende

$$\epsilon_1 = a_2 = \frac{K_2}{1 - K_3} = -0.853.$$

Ved å benytte  $\alpha_1^E = 0.6$  og  $\alpha_1^0 = 0.4$  får vi:

den kortsiktige priselastisitet for oljeprodukter:

$$e_{21} = -\frac{\alpha_1^E}{\alpha_1^0} e_{11} = 0.269$$

og den langsiktige priselastisitet blir tilsvarende

$$\epsilon_{21} = -\frac{\alpha_1^E}{\alpha_1^0} \epsilon_1 = 1.280.$$

Med et estimat på  $\beta_1 = 0.790$  (jfr. relasjon (4.12)), får vi en temmelig langsom tilpasning til den ønskede elektrisitetsandelen. 21 prosent av tilpasningen foregår i samme år som prisendringen. Etter fem år har ca. 70 prosent og etter ti år har ca. 90 prosent av den totale tilpasningen funnet sted.

#### 4.4.2. Estimering for perioden 1964-1976<sup>1)</sup>

Estimering av (4.9) gav nå følgende resultat:

$$(4.13) \quad \ln E_t = -5.50922 + 1.06515 \ln K_t + 0.53967 \ln G_t$$

(0.10708)                      (0.3882)

t-verdien for  $b_1$ : 9.94719

t-verdien for  $c_1$ : 1.39020

Multipel korrelasjonskoeffisient (R): 0.95732

Koeffisienten foran graddagtallet,  $c_1$ , er ikke lenger signifikant forskjellig fra null. Standardavvikene til koeffisientene er økt betraktelig. Dette skyldes delvis at vi har færre observasjoner ved denne estimeringen, men det kan også skyldes at (4.9) passer dårligere på siste del av perioden enn de første årene. De estimerte verdiene av  $E_t$  er satt opp i tabell 5.

1) Forkastningsgrensene for Durbin-Watson-testen finnes ikke tabulert for mindre enn 15 observasjoner på grunn av at det da er knyttet stor usikkerhet til testen. Vi kan derfor ikke utføre testen når vi estimerer for perioden 1964-1976.

Estimering av koeffisientene i ligning (4.10) ved hjelp av data for 1964-1976 gir følgende verdier på koeffisientene:

$$(4.14) \quad \ln \alpha_t^E = -0.21893 - 0.31775 \ln \frac{P_t^E}{P_t^O} + 0.32717 \ln \alpha_{t-1}^E$$

$$(0.03830) \quad \quad \quad (0.10228)$$

$$\hat{b}_2 = \frac{\hat{K}_1}{1 - \hat{K}_3} = -0.3254$$

$$\hat{a}_2 = \frac{\hat{K}_2}{1 - \hat{K}_3} = -0.4723$$

t-verdien for  $K_2$ : -8.29521  
 t-verdien for  $K_3$ : 3.19883  
 Multiplere korrelasjonskoeffisient (R): 0.98573

Både  $K_2$  og  $K_3$  er fortsatt signifikant forskjellige fra null. Standardavviket for  $K_2$  er blitt betydelig mindre. Koeffisienten til den "laggede" variabelen er blitt vesentlig mindre og har fått et noe større standardavvik. Dette betyr at det ikke er så stor forskjell på den kortsiktige og langsiktige priselastisiteten.

Den kortsiktige priselastisiteten for elektrisitet blir:

$$e_{11} = (1 - \beta_1) a_2 = K_2 = -0.318.$$

Den langsiktige priselastisiteten blir tilsvarende

$$\epsilon_1 = a_2 = \frac{K_2}{1 - K_3} = -0.472.$$

Som tidligere benytter vi  $\alpha_1^E = 0.6$  og  $\alpha_1^O = 0.4$ ; da blir den kortsiktige priselastisiteten for oljeprodukter

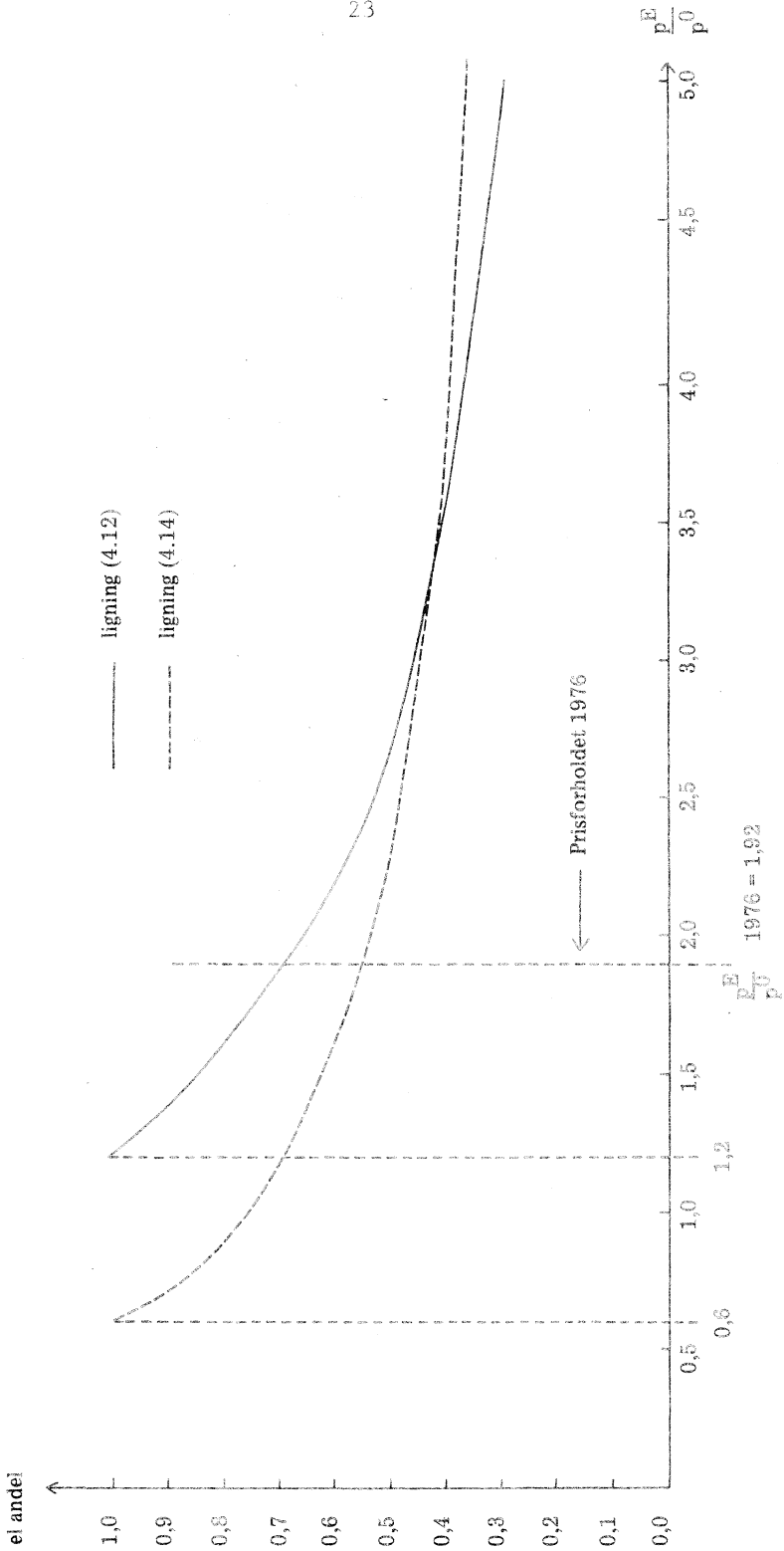
$$e_{21} = -\frac{\alpha_1^E}{\alpha_1^O} e_1 = 0.477$$

og den langsiktige

$$\epsilon_{21} = -\frac{\alpha_1^E}{\alpha_1^O} \epsilon_1 = 0.708.$$

Nå er  $\beta_1$  estimert til 0.328, og det betyr at hele 67,2 prosent av endringen i tilpasningen foregår samtidig med prisendringen. Etter to år har 89,2 prosent og etter fem år har praktisk talt hele (99,7 prosent) endringen i tilpasningen funnet sted.

Figur 1. Sammenheng mellom relativ energipris og likevektsverdier for elektrisitetsandelen. Estimert med (4.12) og (4.14)





De estimerte elektrisitetsandelene er satt opp i tabell 6, og det estimerte elektrisitetsforbruket ved kombinasjon av (4.13) og (4.14) finner vi i tabell 5.

Vi har tegnet inn sammenhengen mellom utviklingen i elandelen og prisforholdet mellom olje og elektrisitet i figur 1 for koeffisientverdiene, slik de er estimert både fra (4.12) og (4.14) på grunnlag av data fra perioden. De samhørende verdiene av elektrisitetsandelen og prisen er satt opp i tabell 7. Dette er likevekstsituasjoner for elektrisitetsandelen ( $\alpha_t^E = \alpha_{t-1}^E$ ) til gitte relative energipriser; altså situasjoner etter at hele effekten av prisendringen har slått igjennom. Til prisforholdet i 1976, som var 1.92, vil elektrisitetsandelen stabilisere seg på ca. 0.55 ifølge ligning (4.14). Dette vil bli nærmere diskutert i neste avsnitt.

Tabell 5. Faktisk og estimert energiforbruk. TJ

År	Faktisk energiforbruk, jfr. tabell 1	Estimert energiforbruk				
		Fastkraftforbruket	Totalt energiforbruk		Fastkraftforbruket <sup>1)</sup>	
			med rela- sjon (4.11) 1957-1976	med rela- sjon (4.13) 1964-1976	med rela- sjonene (4.11) og (4.12) 1958-1976	med rela- sjonene (4.13) og (4.14) 1964-1976
1957	10 980	3 046	11 505			
1958	13 188	3 445	12 593	3 602		
1959	12 240	3 704	12 662	3 634		
1960	13 781	4 064	14 265	4 064		
1961	14 386	4 406	14 501	4 548		
1962	17 515	5 576	17 382	5 619		
1963	18 290	7 078	18 580	6 626		
1964	17 628	7 535	19 396	19 906	7 633	
1965	20 570	8 237	21 430	21 798	8 692	
1966	22 691	9 090	24 090	24 275	9 634	
1967	24 481	9 857	23 753	24 172	9 567	
1968	27 888	10 926	27 164	27 319	10 942	
1969	30 427	11 970	28 554	28 765	11 110	
1970	33 209	12 312	31 039	31 022	12 006	
1971	35 148	13 702	30 548	30 801	11 747	
1972	37 497	15 001	33 318	33 460	13 127	
1973	37 590	16 160	36 778	36 699	15 047	
1974	34 622	17 597	36 586	36 817	17 567	
1975	37 464	19 714	41 383	41 254	22 186	
1976	43 847	22 748	48 272	47 459	25 685	

1) (4.12) og (4.14) benyttes til å finne elektrisitetsandelene av det totale energiforbruket. (4.12) og (4.14) kombinert med det totale energiforbruket gir oss da fastkraftforbruket.

Tabell 6. Faktiske og estimerte elektrisitetsandeler

År	Faktisk elektrisitetsandel <sup>1)</sup>	Estimert elektrisitetsandel	
		Estimert med relasjon (4.12) <sup>2)</sup> 1958-1976	Estimert med relasjon (4.14) <sup>2)</sup> 1964-1976
1957	0.277		
1958	0.261	0.286	
1959	0.303	0.287	
1960	0.295	0.321	
1961	0.306	0.314	
1962	0.318	0.323	
1963	0.387	0.357	
1964	0.427	0.394	0.400
1965	0.400	0.406	0.400
1966	0.401	0.400	0.397
1967	0.403	0.403	0.402
1968	0.392	0.403	0.400
1969	0.393	0.389	0.387
1970	0.371	0.387	0.381
1971	0.390	0.385	0.402
1972	0.400	0.394	0.398
1973	0.430	0.409	0.414
1974	0.508	0.480	0.509
1975	0.524	0.536	0.517
1976	0.519	0.553	0.528

1) Kilde: Tabell 1. 2)

$$2) (4.12): \ln \alpha_t^E = 0.03511 - 0.17913 \ln \left( \frac{P_t^E}{P_t} \right) + 0.79008 \ln \alpha_{t-1}^E$$

$$(4.14): \ln \alpha_t^E = -0.21893 - 0.31775 \ln \left( \frac{P_t^E}{P_t} \right) + 0.32717 \ln \alpha_{t-1}^E$$

Tabell 7. Likevektsverdi for elandelen med tilhørende priser

Elandel	Relative energipriser $\left( \frac{P_t^E}{P_t} \right)$ estimert	
	med (4.12)	med (4.14)
0.2	7.9	15.8
0.3	5.0	6.8
0.4	3.6	3.8
0.5	2.7	2.3
0.6	2.2	1.6
0.7	1.9	1.2
0.8	1.6	0.9
0.9	1.4	0.7
1.0	1.2	0.6

#### 4.5. Kommentarer

Relasjon (4.11) for det totale energiforbruket gav oss en relativt dårlig føyning for de første og siste årene av observasjonsperioden 1957-1976. Vi ser av tabell 5 at vi de tre siste årene får et økende avvik fra det faktiske totale energiforbruket. Likeledes gir relasjonen et for høyt forbruk i begynnelsen av perioden. Av tabell 6 ser vi at dette faller sammen med to sterke overganger til elektrisitet [1962/63 og 1973/74]. Det kan, som nevnt tidligere, være betenkelig å veie elektrisitet og olje med teoretisk energiinnhold. Et gitt oppvarmingsbehov kan dekkes ved ulike kombinasjoner av elektrisitet og olje. Selv om energibehovet er konstant, kan totalt energiforbruk (målt ved teoretisk energiinnhold) endres hvis sammensetningen av energiforbruket endres.

I en periode med sterk overgang til en av energivarene er det ikke uventet å få en dårlig føyning med en relasjon som (4.1). Relasjon (4.1), estimert for perioden 1964-1976, gir noe bedre føyning, men fremdeles gir den for høye anslag for årene etter 1973 (se tabell 7). Hvis det totale energiforbruk målt ved det teoretiske energiinnhold gir et riktig uttrykk for oppvarmingsbehovet, vil det føre riktig å nytte relasjonen estimert for hele perioden. Selv om det var rasjonering av elektrisitet i begynnelsen av perioden, så hadde man muligheter til å dekke oppvarmingsbehovet med olje.

Vi ser at det er store ulikheter i de estimerte koeffisientene i relasjonen for elektrisitetsandelen etter hvilken observasjonsperiode vi nytter til estimeringen. Elastisitetene blir store i tallverdi når vi estimerer over hele perioden. Dette skyldes antakelig oppheving av rasjoneringen i 1962. Vi fikk en sterk overgang til elektrisitet som følge av at en tidligere udekket elektrisitetsetterspørsmål nå ble dekket uten en tilsvarende stor endring i prisforholdet mellom elektrisitet og olje. Slik som vår etterspørselsrelasjon er utformet, vil en liten prisendring måtte forklare denne sterke overgangen til elektrisitet, noe som gir en høy priselastisitet. Når vi tar ut årene rett etter og før opphevelsen av rasjonering, får vi en mindre priselastisk elektrisitetsetterspørsmål. Av tabell 6 ser vi at estimert elektrisitetsandel gitt ved (4.14) føyer seg ganske bra til de historiske andelene. Fordirelasjon (4.1) overestimerer det totale energiforbruket, vil (4.14) gi oss for høyt elektrisitetsforbruk. På grunn av rasjoneringen før 1962 vil det være riktig eventuelt å nytte relasjonen for elektrisitetsandelen estimert for perioden 1964-1976. Hvor stor forskjell det blir etter hvilken periode vi nytter ved estimeringen, er illustrert i figur 1 og tabell 7. For et prisforhold mindre enn 2,5, vil vi få meget ulike resultater. Slik Modell 1 er utformet, kan elektrisitetsandelen ha verdier større enn 1. Dette er åpenbart umulig.

(4.12) gir en elektrisitetsandel lik 1 når prisforholdet er 1,2 og (4.14) gir en andel lik 7 når prisforholdet er 0,6. (4.14) krever altså at oljeprisen må være dobbelt så stor som i (4.12) for at elektrisitetsandelen skal være 1.

Siden elektrisitetsandelen kan bli større enn 1 kan vi uten videre si at Modell 1 bare gjelder for en begrenset del av det mulige variasjonsområdet for energiprisene. I neste kapittel presenteres en modell hvor vi både tar hensyn til at elektrisitetsandelen må være mindre enn 1 og at det er betenkelig å veie elektrisitet og olje med teoretisk energiinnhold.

## 5. MODELL 2

Vi skal nå presentere en alternativ modell som har noen andre egenskaper enn Modell 1<sup>1)</sup>. Modellen er utformet med sikte på å tilfredsstille kravet om at de ulike energivarenes andeler skal ligge mellom 0 og 1 uansett prisforholdet. Samtidig bør modellen ta hensyn til at energivarene har ulike bruksvirkningsgrader.

La oss her definere noen av de variable vi skal nytte oss av.

$X_{1t}$  = forbruk av elektrisk kraft.

$X_{2t}$  = forbruk av parafin, fyringsoljer, kull, koks og tilfeldig kraft til elektrokjeler.

Begge variable er målt med teoretisk energiinnhold, og enheten som nyttes er TJ.

$X_t$  = en variabel vi kaller nyttiggjort energi. Denne defineres ved (5.1).

$E_t$  = som tidligere totalt energiforbruk.  $E_t = X_{1t} + X_{2t}$ .

$p_t$  = prisen på elektrisitet. Vi vil bare være interessert i de relative prisene, så vi setter oljeprisen lik 1.  $p_t$  blir da egentlig forholdet mellom elektrisitetsprisen og oljeprisen.

### 5.1. Modell med momentan tilpasning

Energiforbruket i Tjenesteytende virksomhet går i stor utstrekning til oppvarming av bygninger. I hvilken grad dette forbruket dekkes av olje og elektrisitet er avhengig av de relative energiprisene. Tilpasningen vil ikke kunne skje momentant på grunn av at det tar tid å endre på de installerte oppvarmingsmetodene. Vi ser her først på tilfellet med momentan tilpasning og viser seinere hvordan treghet i tilpasningen tas hensyn til.

Energivarene elektrisitet ( $X_{1t}$ ) og olje ( $X_{2t}$ ) antar vi "produserer" den energi som blir nyttiggjort i Tjenesteytende virksomhet. "Produksjonen" av den nyttiggjorte energien (egentlig omvandlingen til den nyttiggjorte energien) antar vi lar seg beskrive ved en CES-funksjon:

1) Ideen til Modell 2 kommer fra forsker P. Frenger i Statistisk Sentralbyrå.

$$(5.1) \quad X_t = [\delta X_{1t}^{-\rho} + (1-\delta) X_{2t}^{-\rho}]^{-\frac{1}{\rho}}$$

$X_t$  har vi tolket som hva man "får ut av"  $X_{1t}$  og  $X_{2t}$ ; nemlig nyttiggjort energi.  $\delta$  og  $\rho$  er konstanter. Vi kan oppfatte dette som en teknisk sammenheng som sier noe om hvordan henholdsvis olje og elektrisitet kan gi nyttiggjort energi.

Vi kan nevne at den marginale substitusjonsbrøk  $(\frac{\partial X_{2t}}{\partial X_{1t}})_{X_t} = \bar{X}_t$  er

$$\frac{\partial X_{2t}}{\partial X_{1t}} = -\frac{\delta}{1-\delta} \left(\frac{X_{1t}}{X_{2t}}\right)^{-(\rho+1)}$$

Dette kan vi tolke som det marginale tekniské "bytteforholdet" mellom elektrisitet og olje. Vi ser at det er avhenig av elandelen, dvs. tilpasningspunktet  $(\frac{X_{1t}}{X_{2t}})$ .

Funksjonsformen i (5.1) er valgt ut ifra en antakelse om at denne kan beskrive i hvilken grad elektrisitet og oljeprodukter er substituerbare med hverandre i Tjenesteytende virksomhet. En sentral størrelse til å beskrive denne substitusjonsmulighet er substitusjonselastisiteten ( $\sigma$ ). Denne er her definert som

$$\sigma = \frac{1}{1+\rho}, \text{ og vi ser at den er konstant.}$$

Substitusjonselastisiteten gir uttrykk for hvor mye forholdet  $\frac{X_{1t}}{X_{2t}}$  endrer seg ved en endring i den marginale substitusjonsbrøken. Den marginale substitusjonsbrøken vil være lik den negative verdien av prisforholdet mellom  $X_{1t}$  og  $X_{2t}$  (se uttrykket før (iv) i vedlegget). En endring i prisforholdet vil derfor følges av en tilsvarende endring i den marginale substitusjonsbrøk, og substitusjonselastisiteten vil derfor si noe om i hvilken grad energivarene er priselastiske. Hvis  $\sigma$  har en stor verdi, endres  $\frac{X_{1t}}{X_{2t}}$  mye ved en liten endring i det relative prisforholdet, og  $X_{1t}$  og  $X_{2t}$  har høye priselastisiteter.

Hvis vi øker  $X_{1t}$  og  $X_{2t}$  i (5.1) med en gitt prosent, vil  $X$  øke med den samme prosenten. Dette, samt at substitusjonselastisiteten er konstant og lett identifiserbar, gjør at (5.1) er en del nyttet som produsentfunksjon i empiriske undersøkelser.

Vi antar at det er eksogent gitt at Tjenesteytende virksomhet har behov for en viss "mengde" nyttiggjort energi  $X_t = \bar{X}_t$ . Næringen ønsker å minimere kostnadene når de søker å dekke dette behovet med  $X_{1t}$  og  $X_{2t}$ .

Kostnadene er

$$K_t = p_t X_{1t} + X_{2t}.$$

Denne kostnadsfunksjonen skal minimeres når  $X_t = \bar{X}_t$  og  $X_t$  er gitt i (5.1):

$$(5.2) \quad \bar{X}_t = \left[ \delta X_{1t}^{-\rho} + (1-\delta) X_{2t}^{-\rho} \right]^{-\frac{1}{\rho}}.$$

Denne minimeringen, som er vist i eget vedlegg, gir oss følgende uttrykk for forholdet mellom elektrisitet og oljeprodukter:

$$(5.3) \quad \frac{X_{1t}}{X_{2t}} = \left\{ p_t \frac{1-\delta}{\delta} \right\}^{-\frac{1}{1+\rho}} = p_t^{-\sigma} \left( \frac{1-\delta}{\delta} \right)^{-\sigma}.$$

Hvis vi tar logaritmene til (5.3), får vi en funksjon som er grei å estimere. Alle koeffisientene er identifiserbare.

I vedlegget har vi også utledet etterspørselsfunksjonene for elektrisitet og oljeprodukter på grunnlag av kostnadsminimeringen. Etterspørselsfunksjonen for elektrisitet er

$$(5.4) \quad X_{1t} = \bar{X}_t \left[ \delta + (1-\delta) \left( p_t \frac{1-\delta}{\delta} \right)^{\sigma-1} \right]^{\frac{\sigma}{1-\sigma}}.$$

Etterspørselsfunksjonen for oljeprodukter er

$$(5.5) \quad X_{2t} = \bar{X}_t \left[ \delta \left( p_t \frac{1-\delta}{\delta} \right)^{1-\sigma} + (1-\delta) \right]^{\frac{\sigma}{1-\sigma}}.$$

$X_t$  er som nevnt eksogent gitt. Det totale energiforbruket ( $E_t$ ), som måles ved teoretisk energiinnhold, kan nå være elastisk med hensyn på den relative energiprisen. For oppvarmingsformål etterspørres egentlig varme som sådan. Hvis det skjer en substitusjon mellom energibærerne, vil totalt energiforbruk ( $E_t$ ) kunne endres - selv om varmeforbruket ( $X_t$ ) er konstant. Vi må derfor, i Modell 2, knytte  $X$  (og ikke  $E$  som i Modell 1) til temperaturen og realkapitalen.

Siden  $E_t = X_{1t} + X_{2t}$  har vi at elasticiteten av totalt energiforbruk ( $\epsilon_{E_t}$ ) er

$$(5.6) \quad \epsilon_{E_t} = \epsilon_{p_t} E_t = \frac{\frac{X_{1t}}{X_{1t}} \frac{\partial X_{1t}}{\partial p_t} p_t + \frac{X_{2t}}{X_{2t}} \frac{\partial X_{2t}}{\partial p_t} p_t}{X_{1t} + X_{2t}} = \alpha_{1t} \epsilon_{1t} + \alpha_{2t} \epsilon_{2t}.$$

(5.6) vil i alminnelighet være forskjellig fra null. For å studere

denne elastisiteten nærmere, har vi i vedlegget også utledet  $\epsilon_{1t}$  og  $\epsilon_{2t}$ , som er henholdsvis

$$(5.7) \quad \epsilon_{1t} = -\gamma_{2t}^\sigma$$

og

$$(5.8) \quad \epsilon_{2t} = \gamma_{1t}^\sigma.$$

Her er  $\gamma_{it}$  energivarenes budsjettandeler:

$$\gamma_{1t} = \frac{p_t X_{1t}}{p_t X_{1t} + X_t}$$

$$\gamma_{2t} = \frac{X_{2t}}{p_t X_{1t} + X_{2t}}$$

$$\gamma_{1t} + \gamma_{2t} = 1.$$

(5.6), (5.7) og (5.8) gir oss da

$$(5.9) \quad \epsilon_{E_t} = \text{El}_{p_t} E_t = (\alpha_{2t} \gamma_{1t} - \alpha_{1t} \gamma_{2t})^\sigma \quad \text{og} \quad \epsilon_{E_t} \begin{matrix} > \\ < \\ = \end{matrix} 0 \quad \text{ettersom} \quad p_t \begin{matrix} > \\ < \\ = \end{matrix} 1.$$

Elastisiteten av  $E_t$  er altså bare lik null når  $p_t = 1$ , dvs. når prisen på en varmeeinheit av olje er lik prisen på samme varmemengde av elektrisitet.

## 5.2. Modell med treghet i tilpasningen

Vi tar nå utgangspunkt i (5.3) og antar at det er en treghet i tilpasningen av forholdet mellom elektrisitet og oljeprodukter. Ved å innføre et skille mellom ønsket og realisert forhold mellom energivarene tilsvarende hva vi gjorde for elektrisitetsandelen i Modell 1, vil vi få følgende relasjon for den realiserte tilpasningen:

$$(5.10) \quad \frac{X_{1t}}{X_{2t}} = p_t^{-\sigma(1-\beta_2)} \left(\frac{1-\delta}{\delta}\right)^{-\sigma(1-\beta_2)} \left(\frac{X_{1t-1}}{X_{2t-1}}\right)^{\beta_2}; \quad 0 \leq \beta_2 \leq 1.$$

Ved å nytte et slikt "lag" får vi tatt hensyn til den langsiktige omstillingen av oppvarmingssystemet i Tjenesteytende virksomhet samtidig som vi bare mister en frihetsgrad ved estimeringen. For en gitt  $p_t$ , gir (5.10) at det er en differanse mellom den ønskede verdi av forholdet mellom elektrisitet og oljeprodukter og den realiserte verdien. Denne differansen blir i hver periode redusert eksponensielt med  $(1 - \beta_2)$ .

Vi kan nå skille mellom den kortsiktige og langsiktige substitusjonselastisiteten. Den kortsiktige er  $\sigma(1 - \beta_2)$  og den langsiktige substitusjonselastisiteten er som tidligere  $\sigma$ . Hvis vi betegner situasjonen hvor  $X_{1t} = X_{1t-1}$  som likevektssituasjonen, så beskriver (5.10) tilpasningene mellom to likevektssituasjoner som følge av en ny prissituasjon. Når  $X_{1t} = X_{1t-1}$ , har man tilpasset seg til det ønskede forholdet mellom elektrisitet og oljeprodukter til det eksisterende prisforholdet. Med  $X_{1t} = X_{1t-1}$  reduserer (5.10) seg til

$$(5.3) \quad \frac{X_{1t}}{X_{2t}} = p_t^{-\sigma} \left( \frac{1-\delta}{\delta} \right)^{-\sigma}.$$

Vi nytter (5.10) og (5.2) til å finne etterspørselsfunksjonene til  $X_1$  og  $X_2$ . Dette gjør vi på samme måte som tidligere, og vi finner da

$$(5.11) \quad X_{1t} = \bar{X}_t \left[ \delta + (1-\delta) p_t^{\sigma-1} \left( \frac{1-\delta}{\delta} \right)^{\sigma-1} \left( \frac{X_{1t-1}}{X_{2t-1}} \right)^{-\frac{\beta_2}{\sigma} (\sigma-1)} \right]^{\frac{\sigma}{1-\sigma}}$$

$$(5.12) \quad X_{2t} = \bar{X}_t \left[ \delta p_t^{1-\sigma} \left( \frac{1-\delta}{\delta} \right)^{1-\sigma} \left( \frac{X_{1t-1}}{X_{2t-1}} \right)^{-\frac{\beta_2}{\sigma} (1-\sigma)} + (1-\delta) \right]^{\frac{\sigma}{1-\sigma}}$$

I likevekt ( $X_{1t} = X_{1t-1}$ ) blir etterspørselsfunksjonene som tidligere

$$X_{1t} = \bar{X}_t \left\{ \delta + (1-\delta) \left( \frac{1-\delta}{\delta} \right)^{\sigma-1} p_t^{\sigma-1} \right\}^{\frac{\sigma}{1-\sigma}}$$

$$X_{2t} = \bar{X}_t \left\{ \delta \left( \frac{1-\delta}{\delta} \right)^{1-\sigma} p_t^{1-\sigma} + (1-\delta) \right\}^{\frac{\sigma}{1-\sigma}}.$$

Vi kan nå skille mellom langsiktige og kortsiktige etterspørselsetastisiteter:

$$(5.13) \quad \begin{cases} e_{1t} = -\gamma_{2t} \sigma(1-\beta_2) \\ e_{2t} = \gamma_{1t} \sigma(1-\beta_2) & \text{(kort sikt)} \\ e_{Et} = (\alpha_{2t} \gamma_{1t} - \alpha_{1t} \gamma_{2t}) \sigma(1-\beta_2) \end{cases}$$

$$(5.14) \quad \begin{cases} e_{1t} = -\gamma_{2t} \sigma \\ e_{2t} = \gamma_{1t} \sigma & \text{(lang sikt)} \\ e_{Et} = (\alpha_{2t} \gamma_{1t} - \alpha_{1t} \gamma_{2t}) \sigma. \end{cases}$$



De langsiktige ("totale") elastisitetene er grenseverdien for summen (eksemplet er for  $X_{1t}$ )

$$(5.15) \quad \tilde{\epsilon}_{1T} = -\gamma_{2t} \sigma (1-\beta_2) [1 + \beta_2 + \beta_2^2 + \dots + \beta_2^{T-1}] = -\gamma_{2t} \sigma [1 - \beta_2^T].$$

Vi kan da sette opp følgende uttrykk for hvor stor del av den totale endringen i  $X_1$  og  $X_2$  som har skjedd fra år 1 (hvor prisendringen skjer) fram til og med år T.

$$(5.16) \quad \Gamma_T = \frac{-\gamma_{2t} \sigma [1 - \beta_2^T]}{-\gamma_{2t} \sigma} = 1 - \beta_2^T.$$

### 5.3. Stokastisk modell og estimering

Vi estimerer (5.10) på følgende form:

$$(5.17) \quad \ln \left( \frac{X_{1t}}{X_{2t}} \right) = K_{12} \ln p_t + K_{22} \ln \left( \frac{X_{1,t-1}}{X_{2,t-1}} \right) + K_{32} + u_{3t}.$$

Her er

$$\begin{aligned} K_{12} &= -\sigma(1-\beta_2) & \sigma &= -\frac{K_{12}}{1-K_{22}} \\ K_{22} &= \beta_2 \\ K_{32} &= -\sigma(1-\beta_2) \ln\left(\frac{1-\delta}{\delta}\right) & \delta &= \frac{1}{\frac{K_{32}}{K_{12}} + e} \end{aligned}$$

Vi antar nå, som nevnt i 5.1, at forbruket av energi (målt ved nyttiggjort energi) blir bestemt av realkapitalen og graddagene. Dette gir

$$(5.18) \quad \ln X_t = a_3 \ln K_t + b_3 \ln G_t + c_3 + u_4.$$

Her er  $X_t = [\delta X_{1t}^{-\rho} + (1-\delta) X_{2t}^{-\rho}]^{-\frac{1}{\rho}}$ . Dette betyr at vi nytter resultatene fra estimeringen av (5.17) til å beregne  $X_t$  for hvert år. Vi får dermed en usikkerhet knyttet til estimeringen av (5.18). På grunn av rasjoning tidlig i observasjonsperioden, estimerer vi begge ligningene for hele observasjonsperioden og for tidsrommet 1964-1976.

Nå er det viktig å nytte prisene på en slik form som de er satt opp i tabell 4. Dette ser vi ved å betrakte uttrykkene for priselastisitetene. Disse er ikke uavhengig av hvordan vi måler prisene. Prisene må måles i kr/TJ.

Hvis vi skal nytte priser på indeksform, må vi da sette prisen for 1 TJ dekket ved en av energibærerne i ett år lik 100. Her har vi valgt oljeprisen i 1970 lik 100. Olje- og elektrisitetsprisen måles da i forhold til denne basis. Dette påvirker bare estimatet for konstantleddet i (5.17).

### 5.3.1. Estimering for perioden 1957-1976

Estimering med ordinær minste kvadraters metode av (5.17) gav dette resultatet:

$$(5.19) \quad \ln \left( \frac{X_{1t}}{X_{2t}} \right) = -0.34228 \ln p_t + 0.78007 \ln \left( \frac{X_{1t-1}}{X_{2t-1}} \right) + 0.34160.$$

(0.10260)                      (0.07815)

Siden  $\hat{\beta}_2 = 0.78007$   
og  $\hat{\sigma}(1-\hat{\beta}_2) = 0.34228$

blir  $\hat{\sigma} = \frac{0.34228}{1 - 0.78007} = 1.55631.$

Dessuten  $\hat{\delta} = \frac{1}{\frac{0.34160}{1 + e^{-0.34228}}} = 0.73104$

t-verdi for  $\hat{K}_{12}$ : -3.33596

t-verdi for  $\hat{K}_{22}$ : 9.98199

Multipel korrelasjonskoeffisient (R): 0.96792

Koeffisientene er signifikant forskjellige fra null med 5 prosent sannsynlighetsnivå.

I tabell 8 har vi satt opp det estimerte forholdet  $\frac{X_{1t}}{X_{2t}}$  og den avledete elektrisitetsandelen. Elektrisitetsandelen er regnet på grunnlag av

$$\frac{X_{1t}}{X_{2t}} = \frac{\alpha_{1t}}{\alpha_{2t}} = \frac{\alpha_{1t}}{1-\alpha_{1t}}.$$

### 5.3.2. Estimering for perioden 1964-1976

Her fikk vi disse estimatene for (5.17):

$$(5.20) \quad \ln \left( \frac{X_{1t}}{X_{2t}} \right) = -0.57746 \ln p_t + 0.33817 \ln \left( \frac{X_{1t-1}}{X_{2t-1}} \right) + 0.45537.$$

(0.06373)                      (0.09341)

Siden  $\hat{\beta}_2 = 0.33817$   
og  $\hat{\sigma}(1-\hat{\beta}_2) = 0.57746$

blir  $\hat{\sigma} = 0.87252.$

Dessuten  $\hat{\delta} = \frac{1}{1 + e^{-0.78857}} = 0.68750$

t-verdi for $\hat{K}_{12}$ :	-9.06086
t-verdi for $K_{22}$ :	3.62040
Multippel korrelasjonskoeffisient (R):	0.98805

Sammenliknet med resultatene fra estimeringen over hele observasjonsperioden, er standardavviket for  $\hat{K}_{12}$  blitt en del mindre, mens tallverdien har økt. Standardavviket til  $K_{22}$  har økt noe, men koeffisientens verdi er blitt mer enn halvert.

Begge koeffisientene er signifikant forskjellige fra null ved 5 prosent sannsynlighetsnivå.

Estimering av (5.18) gav for perioden 1964-1976 disse verdiene:

$$(5.21) \quad \ln X_t = 1.19178 \ln K_t + 0.36190 \ln G_t - 6.18984$$

(0.06140)                      (0.22260)

t-verdi til $\hat{a}_3$ :	19.40944
t-verdi til $b_3$ :	1.62576
Multippel korrelasjonskoeffisient:	0.98869

$\hat{b}_3$  er ikke signifikant forskjellig fra null, men  $\hat{a}_3$  er det for 5 prosent sannsynlighetsnivå<sup>1)</sup>.

(5.18) kan vi også estimere for hele observasjonsperioden på grunnlag av resultatene i (5.20). Dette kan vi gjøre siden det er tilpasningen av elektrisitetsforbruket som har vært pålagt restriksjoner tidlig i observasjonsperioden. Vi forutsetter da at Tjenesteytende virksomhet har hatt muligheten til å dekke sitt nyttiggjorte energibehov med oljeprodukter utover det de fikk dekket ved elektrisitet. Dette gav følgende resultat:

$$(5.22) \quad \ln X_t = 1.35811 \ln K_t + 0.69218 \ln G_t - 10.69205$$

(0.03287)                      (0.19307)

t-verdi for $\hat{K}_{12}$ :	41.32295
t-verdi for $K_{22}$ :	3.58518
Multippel korrelasjonskoeffisient (R):	0.99507
Durbin-Watson-observator:	0.877

Nå er begge koeffisientene signifikant forskjellige fra null. Begge koeffisientene har økt i verdi samtidig med at standardavvikene er blitt mindre, men vi må fortsatt forkaste hypotesen om at det ikke er seriekorrelasjon i restleddene.

Vi har satt opp i tabell 9 estimatene for  $X_t$  utregnet med (5.21) og (5.22) mot de "faktiske" verdiene utregnet med (5.1) og koeffisienter fra (5.20).

1) Se note 1, side 21.

Tabell 8. Forholdet mellom forbruket av elektrisitet og oljeprodukter og elektrisitetsandelen

År	Faktisk forhold fra tabell 1		Estimert ved ligning (5.19)		Estimert fra ligning (5.20)	
	$\frac{X_1}{X_2}$	$\alpha_1$	$\frac{X_1}{X_2}$	$\alpha_1$	$\frac{X_1}{X_2}$	$\alpha_1$
				1)		1)
1958 .....	0.354	0.261	0.409	0.290		
1959 .....	0.434	0.303	0.408	0.290		
1960 .....	0.418	0.295	0.475	0.322		
1961 .....	0.441	0.306	0.460	0.315		
1962 .....	0.467	0.318	0.480	0.324		
1963 .....	0.631	0.387	0.557	0.358		
1964 .....	0.747	0.427	0.649	0.394	0.699	0.401
1965 .....	0.668	0.400	0.680	0.405	0.668	0.401
1966 .....	0.668	0.401	0.664	0.399	0.658	0.397
1967 .....	0.674	0.403	0.673	0.402	0.673	0.402
1968 .....	0.644	0.392	0.672	0.402	0.667	0.400
1969 .....	0.649	0.393	0.633	0.388	0.629	0.386
1970 .....	0.589	0.371	0.625	0.385	0.613	0.380
1971 .....	0.639	0.390	0.627	0.385	0.677	0.404
1972 .....	0.667	0.400	0.649	0.394	0.662	0.398
1973 .....	0.754	0.430	0.693	0.409	0.710	0.415
1974 .....	1.034	0.508	0.930	0.482	1.032	0.508
1975 .....	1.101	0.524	1.140	0.533	1.070	0.517
1976 .....	1.078	0.519	1.212	0.548	1.116	0.527

1) Utregnet på grunnlag av  $\frac{X_1}{X_2} = \frac{\alpha_1}{1-\alpha_1}$ .

Tabell 9. Nyttiggjort energi i Tjenesteytende virksomhet. Terajoule

År	Faktisk. Gitt ved (5.1) <sup>1)</sup>	Estimert ved (5.21)	Estimert ved (5.22)
1957 ...	4 103		4 216
1958 ...	4 608		4 697
1959 ...	4 675		4 771
1960 ...	5 184		5 490
1961 ...	5 531		5 643
1962 ...	6 684		6 946
1963 ...	7 994		7 544
1964 ...	8 306	8 677	8 000
1965 ...	9 158	9 438	8 985
1966 ...	10 090	10 471	10 309
1967 ...	10 910	10 786	10 247
1968 ...	12 260	12 091	11 983
1969 ...	13 400	12 858	12 762
1970 ...	14 190	13 906	14 092
1971 ...	15 400	14 219	13 957
1972 ...	16 650	15 578	15 511
1973 ...	17 380	17 733	17 453
1974 ...	17 070	17 731	17 515
1975 ...	18 750	19 823	20 255
1976 ...	21 770	22 560	24 229

1) Vi har her nyttet koeffisientene fra (5.20).

#### 5.4. Priselastisiteter - to regneeksempler

Vi skal her se på priselastisitetene på kort og lang sikt for to sett av parameterverdier, og vi nytter koeffisientverdier fra (5.20).

i) Tilsvarende situasjonen i 1959

$$\begin{aligned}\alpha_{11} &= 0.3 & \gamma_{11} &= 0.6 & p_1 &= 3.48 \\ \alpha_{21} &= 0.7 & \gamma_{21} &= 0.4 \\ e_{11} &= -0.4 \cdot 0.58 = -0.232 \\ e_{21} &= 0.6 \cdot 0.58 = 0.348 \\ e_{E1} &= 0.58 [0.7 \cdot 0.6 - 0.3 \cdot 0.4] = 0.116 \\ \epsilon_{11} &= -\frac{0.232}{1 - 0.34} = -0.352 \\ \epsilon_{21} &= \frac{0.348}{1 - 0.34} = 0.527 \\ \epsilon_{E1} &= \frac{0.116}{1 - 0.34} = 0.176\end{aligned}$$

ii) Tilsvarende situasjon i 1975

$$\begin{aligned}\alpha_{11} &= 0.52 & \gamma_{11} &= 0.68 & p_1 &= 2.00 \\ \alpha_{21} &= 0.48 & \gamma_{21} &= 0.32 \\ e_{11} &= -0.32 \cdot 0.58 = -0.186 \\ e_{21} &= 0.68 \cdot 0.58 = 0.394 \\ e_{E1} &= 0.58 [0.48 \cdot 0.68 - 0.52 \cdot 0.32] = 0.093 \\ \epsilon_{11} &= \frac{0.186}{1 - 0.34} = -0.282 \\ \epsilon_{21} &= \frac{0.394}{1 - 0.34} = 0.597 \\ \epsilon_{E1} &= \frac{0.093}{1 - 0.34} = 0.142\end{aligned}$$

iii) Vi skal nå nytte (5.16) for å se hvor raskt tilpasningen til den nye relative energiprisen foregår.

$$\begin{aligned}\Gamma_1 &= 1 - \beta_2 = 0.66 \\ \Gamma_2 &= (1 - \beta_2)(1 + \beta_2) = 0.88 \\ \Gamma_3 &= (1 - \beta_2)(1 + \beta_2 + \beta_2^2) = 0.96.\end{aligned}$$

Vi ser at tilpasning til det ønskede forholdet mellom energivarene skjer relativt raskt. Etter tre år er hele 96 prosent av den totale tilpasningen foretatt.

### 5.5. Kommentarer

Av estimeringen av Modell 2 ser vi at vi får de samme forholdene som i Modell 1: 1) en høy (langsiktig) priselastisitet når vi estimerer for hele observasjonsperioden, og 2) ligningen for nyttiggjort energi gir for høye estimater i begynnelsen og slutten av perioden. I tabell 8 har vi regnet ut elektrisitetsandelen på grunnlag av (5.19) og (5.20). Disse andelene er meget nær andelene vi får ved (4.12) og (4.14). Av tabell 1 og tabell 9 ser vi for øvrig at totalt energiforbruk (målt ved teoretisk energiinnhold) er ca. 4 ganger større i 1976 enn i 1957, mens nyttiggjort energi er blitt 5 ganger større.

I Modell 2 har vi sterk seriekorrelasjon for nyttiggjort energi. Det ser altså ikke ut til at det å innføre nyttiggjort energi som variabel har gitt oss bedre mulighet til å estimere sammenhengen mellom total realkapital og samlet energiforbruk. I neste kapittel skal vi prøve å utlede relasjoner for totalt og nyttiggjort energiforbruk hvor vi tar hensyn til seriekorrelasjon i det stokastiske restleddet.

### 6. ALTERNATIVE RELASJONER FOR TOTALT OG NYTTIGGJORT ENERGIFORBRUK

Ved estimeringen av (4.9) og (5.18) fikk vi klar forkastning av hypotesen om at restleddene var ukorrelerte. Dette leder oss til en hypotese om at restleddet burde ha vært spesifisert som

$$(6.1) \quad u_{it} = w_i u_{it-1} + \epsilon_{it}$$

Her antas at  $\epsilon_{it}$  oppfyller de forutsetningene vi gjorde for  $u_{it}$  i avsnitt 4.4 på side 18. Da vi testet hypotesen om seriekorrelasjon i restleddene ved estimeringen av (4.9) og (5.18), innebar dette en test om  $w_i = 0$ . Denne hypotesen måtte vi imidlertid forkaste.

I det følgende skal vi utlede alternative relasjoner for henholdsvis (4.9) og (5.18), hvor vi tar hensyn til at vi tidligere ikke fikk uavhengighet i restleddene.  $G_t$  [graddagene] er en observerbar stokastisk variabel, og  $G_t$  må antas å være uavhengig av  $G_s$  for alle  $s \neq t$ . Vi vil nå spesifisere relasjonene for den totale og nyttiggjorte energibruken som

$$(6.2) \quad \ln E_t = a_4 \ln K_t + c_4 + v_{4t}$$

og

$$(6.3) \quad \ln X_t = a_5 \ln K_t + c_5 + v_{5t}$$

(6.2) er et alternativ til (4.9) og (6.3) til (5.18).

Her er restleddet

$$(6.4) \quad v_{it} = b_i \ln G_t + w_i v_{it-1} + \varepsilon_{it} \quad (i=4,5).$$

Vi forutsetter at vi kjenner verdien av  $w_i$ . Om  $\varepsilon_{it}$  forutsetter vi at de

- a) er normalfordelte
- b) har forventning lik null
- c) har konstant varians
- d) er ukorrelerte
- e) er stokastisk uavhengige av de høyresidevariable

$v_{it}$  vil nå bare være uavhengig av  $v_{is}$  ( $t \neq s$ ) hvis  $w_i = 0$ . Med  $w_i = 0$  vil (6.2) og (6.3) bli lik (4.9) og (5.18). Relasjonene (6.2) og (6.3) for periode  $(t-1)$  multipliseres begge med  $w_i$ . Vi får:

$$(6.5) \quad w_4 \ln E_{t-1} = w_4 a_4 \ln K_{t-1} + w_4 c_4 + w_1 v_{4t-1}$$

og

$$(6.6) \quad w_5 \ln X_{t-1} = w_5 a_5 \ln K_{t-1} + w_5 c_5 + w_5 v_{5t-1}.$$

Vi trekker nå (6.5) og (6.6) fra henholdsvis (6.2) og (6.3) og setter inn fra (6.4) for restleddene. Dette gir:

$$(6.7) \quad \ln E_t - w_4 \ln E_{t-1} = a_4 (\ln K_t - w_4 \ln K_{t-1}) + b_4 \ln G_t + (1-w_4)c_4 + \varepsilon_{4t}$$

$$(6.8) \quad \ln X_t - w_5 \ln X_{t-1} = a_5 (\ln K_t - w_5 \ln K_{t-1}) + b_5 \ln G_t + (1-w_5)c_5 + \varepsilon_{5t}.$$

Hvis vi kjenner verdien av  $w_i$  (og forutsetningene om  $\varepsilon_{it}$  er oppfylt), vil estimering av (6.7) og (6.8) med minste kvadraters metode gi de variansminimale estimatører blant alle forventningsrette lineære estimatører. Vi kjenner imidlertid ikke verdien av  $w_i$ . En vanlig måte å gå fram på er å estimere  $w_i$  simultant med de andre koeffisientene i ligningene. Av praktiske årsaker har vi valgt å estimere (6.7) og (6.8) ved en annen framgangsmåte. Vi velger å estimere koeffisientene i to trinn. I første trinn estimeres  $w_i$ . Dette gjør vi ved å estimere (6.7) og (6.8) på formen:

$$(6.9) \quad \ln E_t = a'_4 \ln K_t + a''_4 \ln K_{t-1} + b'_4 \ln G_t + w_4 \ln E_{t-1} + \varepsilon'_{4t}$$

$$(6.10) \quad \ln X_t = a'_5 \ln K_t + a''_5 \ln K_{t-1} + b'_5 \ln G_t + w_5 \ln X_{t-1} + \varepsilon'_{5t}.$$

Her vil koeffisientene foran henholdsvis  $\ln E_{t-1}$  og  $\ln X_{t-1}$  gi oss et estimat på verdiene av  $w_4$  og  $w_5$ . Disse estimatene kan vi så nytte til

å konstruere følgende variable:

$$\begin{aligned}
 \ln E_t^{**} &= \ln E_t - \hat{w}_4 \ln E_{t-1} \\
 \ln K_t^{**} &= \ln K_t - \hat{w}_4 \ln K_{t-1} \\
 \ln X_t^{***} &= \ln X_t - \hat{w}_5 \ln X_{t-1} \\
 \ln K_t^{***} &= \ln K_t - \hat{w}_5 \ln K_{t-1}
 \end{aligned}
 \tag{6.11}$$

Ved å sette disse variable inn i (6.7) og (6.8) får vi følgende relasjoner hvor minste kvadraters metode vil gi oss effisiente estimatorer.

$$(6.12) \quad \ln E_t^{**} = a_4 \ln K_t^{**} + b_4 \ln G_t + C_4 + \varepsilon_{4t}$$

$$(6.13) \quad \ln X_t^{***} = a_5 \ln K_t^{***} + b_5 \ln G_t + C_5 + \varepsilon_{5t}$$

Her er  $C_i = (1-w_i)c_i$  ( $i=4,5$ ).

Denne framgangsmåten har asymptotisk de samme egenskapene som om  $W_i$  ble estimert simultant med de andre koeffisientene i ligningene<sup>1)</sup>.

Også disse relasjonene skal vi estimere for periodene 1958-1976 og 1964-1976. Siden noen variabler inneholder to års observasjoner, får vi nå en observasjon mindre enn tidligere ved hver estimering.

### 6.1. Estimering for perioden 1957-1976

Ved estimering av (6.9) og (6.10) ved minste kvadraters metode fikk vi

$$\begin{aligned}
 \hat{w}_1 &= 0.67715 & (0.12864) \\
 \hat{w}_2 &= 0.63203 & (0.12128)
 \end{aligned}$$

For beregning av  $X_t$ , nytter vi oss av koeffisientene fra (5.21) for perioden 1964-1976. Ved å nytte  $w_1$  og  $w_2$  estimerte vi (6.7) og (6.8) med disse resultatene.

$$\begin{aligned}
 (6.14) \quad \ln E_t^{**} &= -6.38452 + 1.13752 \ln K_t^{**} + 0.70371 \ln G_t \\
 & \quad (0.07983) \quad (0.14050)
 \end{aligned}$$

1) Se [2].



t-verdi for $\hat{b}_1$ :	14.24877
t-verdi for $\hat{c}_1$ :	5.00857
Multipel korrelasjonskoeffisient (R):	0.96427
Durbin-Watson-observator:	2.011

$$(6.15) \quad \ln X_t^{***} = -6.49242 + 1.32615 \ln K_t + 0.58106 \ln G_t$$

(0.05504)                      (0.11031)

t-verdi for $\hat{b}_2$ :	24.09477
t-verdi for $\hat{c}_2$ :	5.26737
Multipel korrelasjonskoeffisient (R):	0.98658
Durbin-Watson-observator:	2.121

Vi får nå ikke forkastet hypotesen om at restleddene er ukorrelerte. Alle koeffisientene er signifikant forskjellige fra null ved 5 prosent sannsynlighetsnivå. Det er blitt små endringer i koeffisientverdiene. Standardavvikene til koeffisientene for realkapitalen økte noe, men vi har fremdeles høye t-verdier. Standardavvikene til koeffisientene til graddagene ble mindre, noe som har ført til at disse koeffisientene nå har høyere t-verdi.

Test av de estimerte ligningene (6.14) og (6.15) på observasjonsmaterialet - gitt at vi for hvert år kjenner energiforbruket i det foregående året - er satt opp i tabell 10.

## 6.2. Estimering for perioden 1964-1976<sup>1)</sup>

Nå gav estimeringen av (6.9) og (6.10) disse resultatene for  $w_i$ :

$$\hat{w}_1 = 0.78240 \quad (0.15585)$$

$$\hat{w}_2 = 0.67703 \quad (0.18576)$$

Vi nytter fortsatt estimatene fra (5.21) ved beregning av  $X_t$ . (6.7) og (6.8) har i denne perioden følgende verdier og egenskaper:

$$(6.16) \quad \ln E_t^* = -6.46875 + 1.22187 \ln K_t^{**} + 0.71297 \ln G_t$$

(0.23558)                      (0.19324)

t-verdi for $\hat{b}_1$ :	5.18657
t-verdi for $\hat{c}_1$ :	3.68963
Multipel korrelasjonskoeffisient:	0.86237

$$(6.17) \quad \ln X_t^{***} = -4.93136 + 1.28264 \ln K_t^{***} + 0.43481 \ln G_t$$

(0.11691)                      (0.13979)

t-verdi for $\hat{b}_1$ :	10.97147
t-verdi for $\hat{c}_1$ :	3.11057
Multipel korrelasjonskoeffisient:	0.96217

1) Se note 1, side 21.

Fremdeles er alle koeffisientene signifikant forskjellige fra null ved 5 prosent sannsynlighetsnivå, men de har et større standardavvik enn da de var estimert over hele observasjonsperioden. Vi legger også merke til at koeffisientene til graddagene nå er blitt signifikant forskjellige fra null i motsetning til i (4.13) og (5.22)

Tabell 10. Forholdet mellom estimert og virkelig energiforbruk

År	$\frac{\hat{X}_t}{X_t}$	$\frac{\hat{E}_t}{E_t}$	$\frac{\hat{X}_t}{X_t}$	$\frac{\hat{E}_t}{E_t}$
	Ligning (6.15)	Ligning (6.14)	Ligning (6.17)	Ligning (6.16)
1958 ....	1.008	0.973		
1959 ....	1.038	1.069		
1960 ....	1.017	0.971		
1961 ....	0.994	0.966		
1962 ....	0.976	1.008		
1963 ....	0.944	1.001		
1964 ....	1.026	1.052	1.036	1.046
1965 ....	0.990	0.997	0.986	0.981
1966 ....	1.041	1.057	1.026	1.050
1967 ....	0.976	0.973	0.982	0.968
1968 ....	0.995	0.984	0.986	0.981
1969 ....	0.987	0.982	0.983	0.986
1970 ....	1.031	0.996	1.021	1.002
1971 ....	0.942	0.935	0.947	0.943
1972 ....	0.971	0.952	0.975	0.963
1973 ....	1.031	1.039	1.029	1.050
1974 ....	1.024	1.057	1.038	1.059
1975 ....	1.002	1.005	1.000	0.982
1976 ....	1.014	0.995	0.994	0.995

### 6.3. Kommentarer

På grunnlag av estimeringene i dette kapitlet kan vi ikke forkaste hypotesen om at restleddene er ukorrelerte i de alternative relasjonene for totalt og nyttiggjort energiforbruk i perioden 1957-1976. Standardavvikene til koeffisientene for realkapitalen er fortsatt relativt lave, og standardavvikene til graddagene er blitt mindre. Koeffisientene til graddagene er nå også blitt signifikant forskjellige fra null (for perioden 1964-1976). I tabell 10 ser vi at relasjonene føyer seg godt til de faktiske verdiene til det totale og nyttiggjorte energiforbruket. Vi ser spesielt at føyningen er vesentlig bedre enn i kapitlene 4 og 5 når det gjelder perioden etter 1973.

## 7. OPPSUMMERING OG KONKLUSJON

Dette arbeidet bærer preg av prøving og feiling ved utforming av en modell for energietterspørselen i Tjenesteytende virksomhet. Dette henger bl.a. sammen med at det tidligere er gjort svært lite - både i Norge og utlandet - når det gjelder å beskrive denne sektorens energietterspørsel.

Vi har i denne artikkelen forsøkt å beskrive energiforbruket i Tjenesteytende virksomhet ved hjelp av to modeller. Begge modellene bygger på forutsetningen om at det totale energibehovet er uelastisk med hensyn på energiprisene. I Modell 2 antok vi imidlertid at totalt tilført energiforbruk kunne endre seg avhengig av hvordan et gitt energibehov ble dekket av henholdsvis elektrisitet og oljeprodukter.

Funksjonene er estimert for to perioder: en for hele observasjonsperioden (1957-1976), og en for perioden 1964-1976 på grunn av rasjonering av elektrisitet tidlig i observasjonsperioden. Estimeringen av parametrene i de to modellene gav svært forskjellige resultater. For funksjonene med totalt energiforbruk i Modell 1 og nyttiggjort energi i Modell 2 fikk vi skarpt bestemte koeffisienter for hele perioden. Koeffisientene til graddagene var ikke signifikant forskjellige fra null i de to modellene for perioden 1964-1976. Dessuten fikk vi en verdi på Durbin-Watson-observatoren som indikerte en sterk seriekorrelasjon. Dette kan skyldes feilspesifikasjon av funksjonene. Dette forsøkte vi å korrigere for i kapittel 6. Vi fikk da fortsatt koeffisienter klart signifikant forskjellige fra null - også for graddagene i perioden 1964-1976.

Relasjonene som bestemmer elektrisitetens andel av totalt energiforbruk gav også forskjellig resultat etter hvilken observasjonsperiode som ble nyttet til estimeringen. Dette tillegger vi rasjoneringen fram til 1962. Tjenesteytende virksomhet fikk ikke tilpasset sitt elektrisitetforbruk fritt til de eksisterende energiprisene. Det vil derfor være riktig å nytte relasjoner som er estimert for perioden 1964-1976 når energiforbrukets sammensetning skal vurderes. Resultatene fra denne perioden er satt opp i tabell 11. Da vi i begge modellene har forholdet mellom prisene på elektrisitet og oljeprodukter, vil elastisitetene i tabellen være med hensyn på elektrisitetsprisen. Elastisitetene med hensyn på oljeprisen vil være av samme størrelse men med motsatt fortegn.

Hvis vi nytter ligninger fra kapittel 6 for totalt og nyttiggjort energiforbruk estimert for 1957-1976, henholdsvis kombinert med ligningen for elektrisitetsandelen i Modell 1 og ligningen for forholdet mellom energivarene i Modell 2, ser det ut til at disse to alternativene gir oss omtrent like god føyning til de historiske data.

Tabell 11. Tjenesteytende virksomhet. 1964-1976. Priselastisiteter med hensyn på elektrisitetsprisen<sup>1)</sup>

	Totalt energiforbruk		Elektrisitet		Oljeprodukter	
	Kort sikt	Lang sikt	Kort sikt	Lang sikt	Kort sikt	Lang sikt
	forutsatt	forutsatt				
Modell 1 <sup>2)</sup> ..	0	0	-0,32	-0,47	0,48	0,57
Modell 2 <sup>2)</sup> ..	0,09	0,14	-0,19	-0,28	0,39	0,60

1) Disse elastisitetene er uavhengig av relasjonene for totalt energiforbruk, og er derfor ikke påvirket av endringene som er foretatt i kapittel 6. 2) Elastisitetene vil avhenge av størrelsen på de variable i modellen. For utregningene i tabellen er det derfor gjort forutsetninger om disse. I Modell 1 er elektrisitetsandelen 0,60, og i Modell 2 er elektrisitetsandelen 0,52, elektrisitetens utgiftsandel 0,68 og prisforholdet er lik 2,00.

Hensikten med dette arbeidet har vært å komme fram til en metode for framskrivinger av energiforbruket i Tjenesteytende virksomhet. For å vurdere hvor godt egnet våre modeller er til dette formålet, burde vi bl.a. ha testet relasjonene på et datamateriale som ikke er blitt nyttet i estimeringen. Dette har vi imidlertid ikke noen mulighet til å gjøre. Det vi kan gjøre er å vurdere hvilken modell som teoretisk er mest tilfredsstillende.

I Modell 1 er det mulig å få en elektrisitetsandel som er større enn 1 - noe den selvfølgelig aldri vil kunne bli i virkeligheten. Modellen tar heller ikke hensyn til at elektrisitet og olje har forskjellige bruks-egenskaper. Dette ser imidlertid ikke ut til å spille noen særlig rolle ved estimeringen av relasjonene for totalt og nyttiggjort energiforbruk. Modell 2 gir ikke andeler av energivarer som er større enn 1, og det totale energiforbruket vil endre seg med hvordan det er sammensatt av oljeprodukter og elektrisitet.

Selv om de to modellene har omtrent like egenskaper ved estimeringen, så har Modell 2 bedre egenskaper fra et teoretisk synspunkt. På grunn av rasjoneringen tidlig i observasjonsperioden, vil det være riktig å nytte atferdsrelasjonen estimert for perioden 1964-1976. Vi mener derfor det vil være riktig å eventuelt nytte relasjonene (6.16) og (5.20) til prognoseformål. Koeffisientene i (5.20) nyttes da i etterspørselsrelasjonene (5.11) og (5.12).

Vi vil i denne forbindelse spesielt peke på de generelle innvendinger mot disse modellene som er gjengitt i avsnittene i 4.1 og 4.2.

## ENGLISH SUMMARY

This article derives the demand relations of Trade and Service Industries for energy. Trade and Service Industries is an aggregation of the following activity groups in the Norwegian Standard Industrial Classification (SIC) (which is based on the International Standard Industrial Classification of all Economic Activities):

(SIC 6) Wholesale and retail trade, restaurants and hotels.

(SIC 719) Services allied to transport storage.

(SIC 72) Communication.

(SIC 8) Financing, insurance, real estate and business services.

(SIC 9) Community, social and personal services.

We have annual data on the consumption of firm power, occasional power to electric boilers and fuel oils for the period 1957-1976. Up to 1962 there was rationing on the consumption of electricity. Therefore the equations are fitted to data for the period 1964-1976 as well as for the period 1957-1976.

We have used two models in our estimations. Model 1 is presented in chapter 4:

$$(4.1) \quad \ln E_t = a_1 \ln K_t + b_1 \ln G_t + c_1$$

$$(4.4) \quad \ln \alpha_t^E = (1-\beta_1) a_2 \ln p_t + \beta_1 \ln \alpha_{t-1}^E + (1-\beta_1) b_2.$$

$E_t$ : total energy consumption in year  $t$ . The aggregation is based on the thermal content of each energy commodity.

$K_t$ : stock of buildings and machineries (cars not included).

$G_t$ : number of degree days (indicates outdoor temperature).

$\alpha_t^E$ : share of electricity (firm power) of total energy consumption.

$p_t = \frac{p_t^E}{p_t^O}$ : ratio of the prices of electricity and fuel oils.

$a_1, b_1, c_1, \beta_1, a_2, b_2$  are coefficients to be estimated. We note that (4.1) has the unsatisfactory property to give electricity shares larger than 1.

Model 2 is presented in chapter 5:

$$(5.1) \quad X_t = (\delta X_{1t}^{-\ell} + (1-\delta) X_{2t}^{-\ell})^{-\frac{1}{\ell}}$$

$$(5.18) \quad \ln X_t = a_3 \ln K_t + b_3 \ln G_t + c_3$$

$X_{1t}$ : consumption of electricity (firm power) measured at thermal content of energy.

$X_{2t}$ : consumption of fuel oils and occasional power to electric boilers, both measured at thermal content of energy.

$X_t$ : "utilized energy".

$\delta$ ,  $e$ ,  $a_3$ ,  $b_3$ ,  $c_3$  are coefficients to be estimated.

(5.1) is a "production function" that describe the "production" of "utilized energy" with electricity and fuel oils (both measured at thermal content of energy) as inputs. The relation can be interpreted as an aggregation of electricity and fuel oils where we take into account that they have different technological efficiencies in the heating system. This was not taken into account in Model 1 where total energy was measured at the thermal content of fuels (that is  $E_t = X_{1t} + X_{2t}$ ).

The demand for utilized energy is given by (5.18). Through cost-minimizing behaviour the group Trade and Service Industries fixes the shares of electricity and fuel oils. When we take into account that the process of adjustment is not instantaneous, we have the following equation to estimate:

$$(5.10) \quad \frac{X_{1t}}{X_{2t}} = p_t^{-\sigma(1-\beta_2)} \left(\frac{1-\delta}{\delta}\right)^{-\sigma(1-\beta_2)} \left(\frac{X_{1t-1}}{X_{2t-1}}\right)^{\beta_2}$$

where

$$\sigma = \frac{1}{1+\ell}$$

With the estimated parametres from (5.10) we can compute time series of  $X_t$  to estimate (5.18). The demand equations of electricity and fuel oils in the short run are (5.11) and (5.12) on page 31, and the long run demand equations are (5.4) and (5.5) on page 29.

The estimation of (4.1) and (5.18) revealed a strong positive serial correlation. To deal with this the equations were reformulated in chapter 6 to

$$(6.7) \quad \ln E_t - W_4 \ln E_{t-1} = a_4 (\ln K_t - W_4 \ln K_{t-1}) + b_4 \ln G_t + c_4 + \varepsilon_{4t}$$

$$(6.8) \quad \ln X_t - w_5 \ln X_{t-1} = a_5 (\ln K_t - w_5 \ln K_{t-1}) + b_5 \ln G_t + c_5 + \epsilon_{5t}$$

(6.7) and (6.8) were estimated by the Durbin method which have asymptotic the same properties as the Cochrane-Orcutt method.

In the table below we present an example of the demand-elasticities of both models. As we operate with the price ratio, the price elasticities presented will be only those with respect to the price of electricity. The price elasticities with respect to the price of fuel oils are of the same magnitude but with opposite sign. The elasticities are based on estimations for the period 1964-1976.

Price elasticities<sup>1)</sup> with respect to the price of electricity

	Total energy		Electricity		Fuel oils	
	short run	long run	short run	long run	short run	long run
Model 1 <sup>2)</sup> .....	assumed 0	assumed 0	-0.32	-0.47	0.48	0.57
Model 2 <sup>3)</sup> .....	0.09	0.14	-0.19	-0.28	0.39	0.60

1) These elasticities will vary according to the level of the variables in the models. See notes 2 and 3 below. 2)  $\alpha^E = 0.6$ . 3)  $\alpha^E = 0.52$ , the cost share of electricity is 0.68 and  $p = 2.00$ .

Both models have equal goodness of fit. However, in chapter 7 we argue that Model 2 is to be chosen for predictions as it has the best theoretical properties.

Vi skal her utlede etterspørselsrelasjonene og priselastisitetene som er nyttet i kapittel 5, Modell 2.

Her er utgangspunktet å minimere kostnadene

$$K_t = p_t X_{1t} + X_{2t}$$

gitt at

$$(i) \quad \bar{X}_t = [\delta X_{1t}^{-\rho} + (1-\delta) X_{2t}^{-\rho}]^{-\frac{1}{\rho}}.$$

Da benytter vi oss av følgende Lagrange-uttrykk:

$$(ii) \quad \Delta = p_t X_{1t} + X_{2t} - \mu \left\{ \bar{X}_t - [\delta X_{1t}^{-\rho} + (1-\delta) X_{2t}^{-\rho}]^{-\frac{1}{\rho}} \right\}.$$

Vi får disse 1.ordensbetingelsene for minimum:

$$a) \quad p_t = -\mu \delta X_{1t}^{-\rho-1} (-\rho)(\cdot)^{-\frac{1}{\rho}-1} \left(-\frac{1}{\rho}\right)$$

$$(iii) \quad b) \quad 1 = -\mu(1-\delta) X_{2t}^{-\rho-1} (-\rho)(\cdot)^{-\frac{1}{\rho}-1} \left(-\frac{1}{\rho}\right).$$

$$\text{Her er } (\cdot) = (\delta X_{1t}^{-\rho} + (1-\delta) X_{2t}^{-\rho}).$$

Dividerer vi (iii.b) på (iii.a) får vi

$$p_t = \left(\frac{\delta}{1-\delta}\right) \left(\frac{X_{1t}}{X_{2t}}\right)^{-(\rho+1)}$$

som kan omformes til

$$(iv) \quad \frac{X_{1t}}{X_{2t}} = p_t^{-\sigma} \left(\frac{1-\delta}{\delta}\right)^{-\sigma}.$$

Vi skal nå utlede etterspørselsfunksjonene. Da setter vi (iv) på formen

$$(v) \quad X_{1t} = X_{2t} p_t^{-\sigma} \left(\frac{1-\delta}{\delta}\right)^{-\sigma}$$

(v) setter vi inn for  $X_{1t}$  i (i) og får da

$$(vi) \quad X_{2t} = \bar{X}_t \left[ \delta \left(p_t \frac{(1-\delta)}{\delta}\right)^{1-\sigma} + (1-\delta) \right]^{\frac{\sigma}{1-\sigma}}.$$



Kombinasjon av (v) og (vi) gir oss uttrykket for  $X_{1t}$ :

$$(vii) \quad X_{1t} = \bar{X}_t \left[ \delta + (1-\delta) \left( p_t \frac{1-\delta}{\delta} \right)^{\sigma-1} \right]^{\frac{\sigma}{1-\sigma}}$$

For å kunne utlede uttrykkene for priselastisitetene, skal vi først definere budsjettandelene:

$$(viii) \quad a) \quad \frac{p_t X_{1t}}{p_t X_{1t} + X_{2t}} = \gamma_{1t}$$

$$b) \quad \frac{X_{2t}}{p_t X_{1t} + X_{2t}} = \gamma_{2t}$$

Hvert av disse uttrykkene kan omformes slik at  $p_t$  er uttrykt ved parametrene  $\gamma_{it}$  og  $\delta$ . Vi benytter oss av  $\gamma_{2t}$ :

$$(ix) \quad \frac{1}{\gamma_{2t}} = p_t^{1-\sigma} \left( \frac{1-\delta}{\delta} \right)^{-\sigma} + 1.$$

Elektrisitetens priselastisitet er

$$(x) \quad \epsilon_{1t} = E \left[ \frac{\partial X_{1t}}{\partial p_t} \cdot p_t \right] \frac{X_{1t}}{X_{1t}} = \frac{-\sigma(1-\delta) \left( \frac{1-\delta}{\delta} p_t \right)^{\sigma-1}}{\delta + (1-\delta) \left( \frac{1-\delta}{\delta} p_t \right)^{\sigma-1}} = - \frac{\sigma}{p_t^{1-\sigma} \left( \frac{1-\delta}{\delta} \right)^{-\sigma} + 1}$$

Nevneren i (x) ser vi er lik høyre side i (ix). Setter vi inn i nevneren fra (ix), får vi at elektrisitetens priselastisitet er

$$(xi) \quad \epsilon_{1t} = -\gamma_{2t} \sigma.$$

En lignende regneoperasjon for oljeprodukter gir oss en priselastisitet lik

$$(xii) \quad \epsilon_{2t} = \gamma_{1t} \sigma.$$

## LITTERATURHENVISNINGER


- [1] Blaalid, Jon: En analyse av energiforbruket i Tjenesteytende virksomhet, Industri og Bergverk. Arbeidsnotater fra Statistisk Sentralbyrå, IO 76/2 (1976).
- [2] Kmenta, Jan: Elements of Econometrics (Macmillan Publishing Co., Inc. New York, 1971)
- [3] Lorentsen, Lorents og Skoglund, Tor: MSG-3. En modell for analyse av den langsiktige økonomiske utvikling. Artikler fra Statistisk Sentralbyrå nr. 83, 1976.

## Utkommet i serien ART

*Issued in the series Articles from the Central Bureau of Statistics (ART)*

\* Utsolgt *Out of sale*

- Nr. 96 Odd Aukrust: Inflation in the Open Economy: A Norwegian Model *Inflasjon i en åpen økonomi: En norsk modell* 1977 67 s. kr 11,00 ISBN 82-537-0737-1
- " 97 Idar Møglestue: Allmennlærerutdanning og yrke En analyse av tall fra Folketelling 1970 *General Teacher Training and Occupation An Analysis of Data from Population Census 1970* 1977 66 s. kr 11,00 ISBN 82-537-0743-6
- " 98 Tor Fr. Rasmussen: Pendling i Norge 1970 *Commuting in Norway 1970* 1977 84 s. kr 11,00 ISBN 82-537-0754-1
- " 99 Inger Gabrielsen: Aktuelle skattetall 1977 *Current Tax Data 1977* 59 s. kr 11,00 ISBN 82-537-0770-3
- " 100 Sigurd Høst: Mediabruk som fritidsaktivitet *The Use of Mass Media as a Leisure Activity* 1977 33 s. kr 9,00 ISBN 82-537-0778-9
- " 101 Hilde Bojer: The Effect on Consumption of Household Size and Composition *Konsum og husholdningens størrelse og sammensetning* 1977 37 s. kr 9,00 ISBN 82-537-0788-6
- " 102 Odd Skarstad: Levestandard for private husholdninger *Standard of Living for Private Households* 1977 64 s. kr 11,00 ISBN 82-537-0789-4
- " 103 Stephen Andersen: Prisnivåjusterte regnskaper Bergverksdrift og industri *Price-Level Accounting Mining and Manufacturing* 1977 81 s. kr 11,00 ISBN 82-537-0791-6
- " 104 Idar Møglestue og Turid Sletten: Lønnsforholdene for ansatte i bank, forsikring og statstjeneste *Wage Conditions for Employees in Banks, Insurance and Central Government* 1977 45 s. kr 9,00 ISBN 82-537-0798-3
- " 105 Jon Blaalid og Turid Sletten: Husholdningenes etterspørsel etter elektrisitet 1966-1975 *The Demand for Electricity by Households* 1977 67 s. kr 11,00 ISBN 82-537-0801-7
- " 106 Ståle Dyrvik: Utviklingstendensar i 1976 i Norges befolkning *Trends in the Norwegian Population* 1978 37 s. kr 9,00 ISBN 82-537-0820-3
- " 107 Vilhelm Aubert: Den samiske befolkning i Nord-Norge *Sámi álbmut Davvi Norgas The Lappish Population in Northern Norway* 1978 s. kr 13,00 ISBN 82-537-0842-4
- " 108 Erik Biørn: Comparing Consumer Expenditure Functions Estimated from Household Budget Data from the Years 1967 and 1973 *Sammenlikning av konsumutgiftsfunksjoner estimert på grunnlag av husholdningsdata fra årene 1967 og 1973* 35 s. kr 9,00 ISBN 82-537-0859-9



Publikasjonen utgis i kommisjon hos  
H. Aschehoug & Co. og Universitetsforlaget, Oslo,  
og er til salgs hos alle bokhandlere  
Pris kr 11,00

Omslag trykt hos Grøndahl & Søn Trykkeri, Oslo

ISBN 82-537-0866-1