

**RAPPORTER**

**93/10**

**ENERGIFORBRUK TIL OPPVARMINGS-  
FORMÅL I HUSHOLDNINGENE**

AV  
RUNA NESBAKKEN OG STEINAR STRØM

---

STATISTISK SENTRALBYRÅ  
CENTRAL BUREAU OF STATISTICS OF NORWAY

*Til salgs hos:*

Akademika  
- avdeling for offentlige publikasjoner  
Møllergt. 17  
Postboks 8134 Dep  
0033 Oslo

Tlf.: 22 11 67 70  
Telefax: 22 42 05 51

RAPPORTER FRA STATISTISK SENTRALBYRÅ 93/10

**ENERGIFORBRUK  
TIL OPPVARMINGSFORMÅL  
I HUSHOLDNINGENE**

AV

Runa Nesbakken og Steinar Strøm

STATISTISK SENTRALBYRÅ  
OSLO-KONGSVINGER 1993

ISBN 82-537-3836-6  
ISSN 0332-8422

**EMNEGRUPPE**

10 Ressurs- og miljøregnskap og andre generelle ressurs- og miljøemner

**EMNEORD**

Boligoppvarming

ENØK

Energisparing

Fyringsmåter

Hustyper

Omslaget er trykt ved Aasens Trykkerier A.S

Publikasjonen er trykt i Statistisk sentralbyrå

## Forord

Energiforbruket i husholdningene er ikke tilfredsstillende forklart i SSBs makroøkonomiske modeller. Formålet med denne analysen er å finne hvilke forhold som kan forklare husholdningenes energiforbruk til oppvarmingsformål på grunnlag av mikrodata. Analysen bygger på teorier for diskrete/kontinuerlige valg. Det diskrete valget gjelder valg av oppvarmingsteknologi. Data fra Energiundersøkelsen 1990 er benyttet i estimeringene. Sannsynlighetene for ulike teknologivalg er estimert på grunnlag av data knyttet til anskaffelsestidspunktene som sprer seg over 1970- og 1980-årene. Sannsynlighetene avhenger av forventede kostnader ved anskaffelse og drift av utstyret, samt en rekke observerte sosioøkonomiske variable som inntekt, hustype, eierforhold m.v. Det kontinuerlige valget gjelder utnyttningen av oppvarmingsutstyret. Utnyttingsåret er 1990 og data fra dette året er brukt til å estimere de deler av modellen som ikke ble estimert i behandlingen av det diskrete valget.

Dette arbeidet er finansiert av NORAS gjennom forskningsprogrammet SAMMEN (samfunn, miljø og energi).

Forfatterne takker Leif Andreassen, Olav Bjerkholt, Torstein Bye og Sarita Bartlett for nyttige kommentarer.

Statistisk sentralbyrå, Oslo 1. juni 1993

Svein Longva



## Innhold

|   |    |
|---|----|
| 1. Innledning .....   | 7  |
| 2. Valg av oppvarmingsportefølje og energiforbruk .....                         | 9  |
| 3. Økonometrisk utforming og estimeringsmetode.....                             | 13 |
| 4. Data .....   | 21 |
| 5. Resultater .....   | 27 |
| 6. Konklusjon .....   | 37 |
| Referanser .....  | 38 |
| Utkommet i serien Rapporter fra Statistisk sentralbyrå etter 1. juli 1991 ..... | 40 |

# Tabellregister

|  |    |
|--|----|
| <b>4. Data</b>   |    |
| 1. Summarisk statistikk .....  | 26 |
| <b>5. Resultater</b>   |    |
| 2. Realrente for gjennomsnittsverdier på $r_0$ og $Y$ i de tre periodene .....   | 27 |
| 3. Realrente for alternative inntekter i perioden 1986-1990 .....  | 27 |
| 4. Estimer for valg av oppvarmingsteknologi i boliger fra 1970-1990.<br>Referansevalget er elektrisitet. 565 boliger .....       | 29 |
| 5. Estimer for valg av oppvarmingsteknologi i boliger fra 1980-årene.<br>Referansevalget er elektrisitet. 270 boliger .....      | 30 |
| 6. Total inntektsvirkning på den betingede energietterspørselen etter<br>oppvarmingsalternativ .....                             | 31 |
| 7. Simuleringsresultater ved estimering av areal, isolasjons-<br>sannsynlighet og ubetinget forventet totalt energiforbruk ..... | 33 |
| 8. Areal og isolering .....  | 35 |
| 9. Energiforbruk, gitt porteføljevalg .....  | 35 |



# 1. Innledning

Utviklingen i husholdningenes energiforbruk til oppvarmingsformål blir ofte forsøkt forklart ved endringer i inntekt og energipriser alene. Stadig overgang fra bruk av olje til bruk av elektrisitet i 1980-årene - til tross for en utvikling i relative priser som skulle tilsi det motsatte - tyder på at flere variable må trekkes inn i analysene av husholdningenes energiforbruk.

Husholdningene står ved oppvarmingsbeslutninger overfor følgende tre valg:

- 1) Valg av oppvarmingsteknologi (type og tilhørende maksimum kapasitet) ved bygging av nye boliger<sup>1</sup>.
- 2) Valg av kapasitetsutnytting, gitt oppvarmingsteknologi.
- 3) Valg av oppvarmingsteknologi på tidspunkt  $t$ , gitt at bolig og opprinnelig oppvarmingsteknologi ble valgt på et tidligere tidspunkt.

En simultan modellering av alle tre valg ville gitt oss en dynamisk modell, se Dagsvik et al. (1987). Da vi mangler paneldata for husholdningene, vil vi begrense analysen til de to første valgene.

Valget av oppvarmingsteknologi er et valg av en teknisk portefølje; dvs. anskaffelse av kombinasjoner av utstyr som f.eks. antall og typer av ved- og panelovner. Et slikt valg av realkapital kan være avhengig av utstyspriser, lånerenten (etter skatt) og prisene på de energibærerene som et bestemt teknisk porteføljevalg innebærer. I den fremtidige utnyttningen av det installerte utstyret er det tekniske porteføljevalget gitt. Utnyttningen av dette utstyret kan avhenge av energiprisene på utnyttningstidspunktet, inntekt og andre sosio-økonomiske variable. I analysen av det diskrete (investerings-) og kontinuerlige (kapasitetsutnyttings-) valget antas det at den samme underliggende preferansestruktur ligger bak. Hovedformålet med analysen er å estimere denne underliggende preferansestrukturen. Dette innebærer en simultan økonometrisk analyse av et diskret og kontinuerlig valg, se blant annet McFadden (1973), Goett (1979), Dagsvik et al. (1987) og Dubin og McFadden (1984).

I SSBs makroøkonomiske modeller har en tradisjonelt estimert husholdningenes energiforbruk i to trinn. På øvre trinn bestemmes den totale etterspørselen etter energi i et lineært utgiftssystem (LES), se Cappelen og Longva (1987), Magnussen og Skjerpen (1992) og Aasness og Holtmark (1993). Energien er et aggregat av elektrisitet og olje. På nedre trinn bestemmes sammensetningen av elektrisitet og olje på grunnlag av en CES (Constant Elasticity of Substitution) nyttefunksjon og relative priser mellom elektrisitet og olje. En har særlig benyttet tidsseriedata, men det arbeides også med analyser på paneldata, se for eksempel Aasness et al. (1993). Nytt i vår analyse er at teorier for diskrete/kontinuerlige valg brukes (på tverrsnittsdata) og at opplysninger om oppvarmingsutstyret og boligen er med på forklare

---

<sup>1</sup> I mange tilfeller vil andre enn husholdningen selv (kjøperen) bestemme oppvarmingsutstyret i nye boliger. For eksempel vil ofte de som bygger husene bestemme oppvarmingsutstyret i blokkleiligheter og andre hus med flere boenheter. Ved valg av oppvarmingsutstyr tar trolig husbyggeren hensyn til mange av de samme forhold (for eksempel utstyspriser og hustype) som har betydning dersom husholdningen selv bestemmer utstysvalget. I analysen antar vi derfor som en forenkling at husholdningene selv bestemmer valget.

energiforbruket i husholdningene.

I avsnitt 2 vil vi drøfte valg av oppvarmingsportefølje og utnyttingen av dette tekniske valget. Fremstillingen har hentet mange elementer fra Dubin og McFadden (1984). Avsnitt 3 viser den økonometriske utformingen vi har valgt og de estimeringsmetoder som er benyttet. Avsnitt 4 beskriver data og avsnitt 5 gir resultatene av estimeringene, inklusive beregninger av etterspørselastisiteter. I avsnitt 6 oppsummerer vi de viktigste resultatene og gir forslag til videre arbeid.

## 2. Valg av oppvarmingsportefølje og energiforbruk

Anta at det i alt er  $K$  mulige oppvarmingsporteføljer slik at  $k=1,2,\dots, K$ . En oppvarmingsportefølje  $k$  består av én eller flere typer oppvarmingsutstyr. La videre

- $P_h$  = prisen på energibærer  $h$ ;  $h=1,2,\dots, H$ ,
- $X_k$  = totalt energiforbruk til oppvarmingsformål (tilført energi i kWh), gitt porteføljevalg  $k$ ,
- $X_{hk}$  = utnyttning av energibærer  $h$  i portefølje  $k$ ,
- $I_k$  = kapitalkostnader (regnet på årsbasis) knyttet til valg av portefølje  $k$ ,
- $C$  = konsum utover energi til oppvarmingsformål,
- $Z$  = observerbare sosio-økonomiske egenskaper ved husholdningen,
- $\eta$  = ikke-observerbare egenskaper ved husholdningen,
- $\epsilon_k$  = ikke-observerbare kvaliteter ved porteføljevalg  $k$ ,
- $Y$  = bruttoinntekt,
- $f(Y)$  = disponibel inntekt,
- $V$  = indirekte nytte,
- $U$  = nytte.

Alle variablene, bortsett fra prisvariablene  $P_h$  (i øre/kWh), er husholdnings-spesifikke. Av fremstillingsmessige grunner undertrykkes imidlertid indekseringen for disse variablene.

For husholdningene er  $\eta$  og  $\epsilon_k$  kjente størrelser, men for en observerende økonometriker er de ukjente, stokastiske variable. Fordelingen av  $\eta$  og  $\epsilon_k$  over husholdningene kommer vi tilbake til.

Husholdningens valg av oppvarmingsportefølje og kapasitetsutnyttning antas å være generert ved at husholdningen maksimerer nytten

$$U = U\left(\sum_{k=1}^K X_k, C, Z, \eta, \epsilon_k\right), \quad (1)$$

med hensyn på  $\{X_{hk}; h=1,2,\dots,H; k=1,2,\dots,K; \text{og } C\}$ ,

under bibetingelsene

$$X_k = \sum_{h=1}^H X_{hk}; k=1,2,\dots,K, \quad (2)$$

$$X_{hk} \geq 0; h=1,2,\dots,H; k=1,2,\dots,K, \quad (3)$$

$$X_{hk}X_{hj} = 0 \text{ for alle } j \neq k \text{ og } h=1,2,\dots,H, \quad (4)$$

$$I_k + \sum_{k=1}^K \sum_{h=1}^H P_h X_{hk} + C \leq f(Y), \quad (5)$$

$$C \geq 0. \quad (6)$$

Nytten avhenger av husholdningens totale energiforbruk  $\sum_{k=1}^K X_k$  hvor  $X_k$  er

energiforbruket knyttet til porteføljevalget  $k$ . Oppvarmingsporteføljene er gjensidig utelukkende og betingelsen (4) sikrer at bare én portefølje blir valgt.

Likning (2) definerer husholdningens totale energiforbruk ved porteføljevalg  $k$ .

Nytten avhenger dessuten av konsum av andre varer og tjenester enn energi ( $C$ ), av observerbare og uobserverbare egenskaper ved husholdningen ( $Z$  og  $\eta$ ), samt av uobserverbare kvaliteter ved et porteføljevalg i en husholdning ( $\epsilon_k$ ). Siden  $\eta$  og  $\epsilon_k$  er forutsatt å være kjente av husholdningene, forutsettes husholdningene derfor å maksimere nytten under full sikkerhet.

Betingelsen (3) sier at energiforbruket  $X_{hk}$  må være større eller lik null.

Modellen (1) - (6) antas å gjelde både på **anskaffelsestidspunktet** for oppvarmingsutstyret og på ethvert fremtidig **utnyttningstidspunkt**. På anskaffelsestidspunktet står husholdningen overfor et investeringsproblem. Investeringen i oppvarmingsutstyr innebærer et kapitalutlegg og en fremtidig forventet utgift ved utnytting av utstyret. En analyse av dette investeringsproblemet krever strengt tatt et intertemporalt opplegg, f.eks. maksimering av forventet neddiskontert fremtidig nytte, gitt en intertemporal budsjettbetingelse. Vi har imidlertid forenklet valgt å representere valgproblemet som et statisk problem under sikkerhet.  $I_k$  er den årlige kapitalkostnaden knyttet til porteføljevalg  $k$  og kan tolkes som leiekostnader i kr pr. år - eller brukerkostnadene i kr pr. år - ved anskaffelse av oppvarmingsporteføljen  $k$ . Leiekostnaden inngår i budsjettbetingelsen både på anskaffelsestidspunktet og på ethvert fremtidig utnyttningstidspunkt.

På anskaffelsestidspunktet vil  $P_h X_{hk}$  være forventede, fremtidige variable kostnader knyttet til utnytting av energibærer  $h$  i portefølje  $k$  og hvor vi som en forenkling opererer med en statisk forventning av realpris på energibærere og typisk energiforbruk. La

$$\tilde{b}_k = \sum_{h=1}^H \tilde{P}_h \tilde{X}_{hk} \quad (7)$$

være de forventede variable kostnader hvor forventningen både om **energipriser** ( $\tilde{P}_h$ ) og **energiforbruk** ( $\tilde{X}_{hk}$ ) er tatt på anskaffelsestidspunktet. De totale forventede kostnadene i kr pr. år blir nå

$$B_k = \tilde{b}_k + I_k. \quad (8)$$

Budsjettbetingelsen på **anskaffelsestidspunktet** (gitt porteføljevalg  $k$ ) kan da skrives som

$$B_k + C \leq f(Y). \quad (5a)$$

På **utnyttningstidspunktet** vet husholdningen hva energiprisene er og budsjettbetingelsen kan da skrives

$$I_k + \sum_{h=1}^H P_h X_{hk} + C \leq f(Y). \quad (5b)$$

$Y$  er bruttoinntekten og  $f(Y)$  er den disponible inntekten, dvs. inntekt etter skatt og utgifter til inntekts ervervelse. Den disponible inntektsfunksjonen  $f$  kan være

forskjellig på anskaffelses- og utnyttningstidspunktet. Dette har vi undertrykt her.

Kapitalkostnadene  $I_k$  spiller en vesentlig rolle i analysen og er definert ved

$$I_k = \sum_{h=1}^H (r(Y) + d) q_{hk} E_{hk} = (r(Y) + d) Q_k, \quad (9)$$

hvor

$$Q_k = \sum_{h=1}^H q_{hk} E_{hk}. \quad (10)$$

Her er  $q_{hk}$  innkjøpsprisen - i kr pr. kW - på utstyr som bruker energibærer  $h$  i porteføljen  $k$ ,  $E_{hk}$  er effekten i kW for energibærer  $h$  i porteføljen  $k$  og

$$E_k = \sum_{h=1}^H E_{hk} \quad (11)$$

er den totale innkjøpte effekten i energiporteføljen  $k$ .  $Q_k$  er kapitalutlegget i kr ved anskaffelse av porteføljen  $k$ ,  $r(Y)$  er lånerenten (alternativrenten for de som ikke låner penger) og  $d$  er en kapitalslirte. Som en forenkling har vi latt alt utstyr ha den samme kapitalslirte (samme levetid). Produktet av  $(r+d)$  og  $Q_k$  gir de årlige kapitalkostnader, dvs. leiekostnadene  $I_k$ , knyttet til anskaffelse av portefølje  $k$ .

Lånerenten kan avhenge av observerbare og ikke-observerbare forhold ved husholdningene. Her lar vi den bare avhenge av inntekten. Progressiv inntektsskatt og fradragsrett for lånerenter kan gjøre at den effektive lånerenten avtar med inntekten. Dessuten kan kredittverdigheten øke med inntekten og dermed gjøre at lånerenten blir lavere med inntekten. En enkel representasjon av dette kan være

$$r(Y) = r_0 - r_1 Y; \text{ hvor } r_0 > 0, r_1 > 0. \quad (12)$$

Setter vi inn for  $r(Y)$  i (9) får vi

$$I_k = (r_0 + d) Q_k - r_1 Q_k Y. \quad (13)$$

Anta at porteføljevalg  $j$  er optimalt og at  $V_j$  er den indirekte nytten knyttet til dette valget på anskaffelsestidspunktet,

$$V_j = V(\tilde{X}_j, f(Y) - B_j; Z, \eta, \epsilon_j). \quad (14a)$$

Merk at i (14a) og i uttrykket for  $B_j$  er  $\tilde{X}_j = \sum_h \tilde{X}_{hj}$  et eksogent gitt og forventet energiforbruk, gitt portefølje  $j$ .

Dersom valget  $j$  er optimalt, må

$$V_j > V_k \text{ for alle } k \neq j. \quad (15)$$

På utnyttningstidspunktet er porteføljen gitt og den indirekte nyttefunksjonen kan skrives

$$V_j = V(P_1, \dots, P_H, f(Y) - I_j; Z, \eta, \varepsilon_j). \quad (14b)$$

Et alternativ til (14a) er å la  $\tilde{X}_{hj}$  bli endogent bestemt. I såfall kan den indirekte nyttefunksjonen på anskaffelsestidspunktet skrives som

$$V_j = V(\tilde{P}_1, \dots, \tilde{P}_H, f(Y) - I_j; Z, \eta, \varepsilon_j). \quad (16)$$

hvor de forventede energipriser på anskaffelsestidspunktet inngår, mens løpende energipriser inngår i (14b).

Det optimale energiforbruket,  $X_{hj}$ , på utnyttningstidspunktet kan bestemmes ved Roy's identitet, se f.eks. Rødseth (1985)

$$X_{hj} = \frac{-\partial V / \partial P_h}{\partial V / \partial Y}, \quad (17)$$

og det samlede energiforbruket er gitt ved

$$X_j = \sum_{h=1}^H X_{hj}. \quad (18)$$

Fra standard mikroøkonomisk teori har vi at  $\partial V / \partial P_h < 0$  og  $\partial V / \partial Y > 0$ .

Energiforbruket  $X_{hj}$  varierer over døgn og sesong. For praktiske formål er det rimelig å anta at energiforbruket (over året),  $X_{hj}$ , er mindre enn den maksimale kapasiteten  $8760 E_{hj}$ , (dvs. at en oppvarmingsenhet ikke står på fullt i alle årets 8760 timer).

### 3. Økonometrisk utforming og estimeringsmetode.

For husholdningen er (15) og (17) deterministiske betingelser, men for økonometrikeren er de sannsynlighetsutsagn. La  $\pi_j$  være sannsynligheten for at porteføljen  $j$  er optimal<sup>2</sup>

$$\pi_j = \text{Prob} \left\{ (\varepsilon_1, \dots, \varepsilon_k, \eta) : V(\tilde{X}_j, f(Y) - B_j; Z, \eta, \varepsilon_j) > V(\tilde{X}_k, f(Y) - B_k; Z, \eta, \varepsilon_k), \forall k \neq j \right\} \quad (19)$$

For å få estimerbare relasjoner må vi enten spesifisere den direkte nyttefunksjonen, den indirekte nyttefunksjonen eller etterspørselsfunksjonen. Vi velger å spesifisere den indirekte nyttefunksjonen.

På grunn av at vi mangler gode nok data om forventede fremtidige energipriser og typisk energiforbruk, vil kapitalkostnadene  $I_k$  være den eneste kostnaden som antas å påvirke porteføljevalget. Videre inneholder energiundersøkelsen bare data for husholdningenes bruttoinntekter og ikke inntekter etter skatt. Den indirekte nyttefunksjonen blir følgelig formelt den samme på anskaffelses- og utnyttningstidspunktet. Spesifikasjonen vi har valgt er

$$V_k = \{ Z_1' \alpha_0^k + \sum_{h=1}^H \frac{\alpha_h}{g(Y)} + \sum_{h=1}^H \alpha_h P_h + Z_2' a + \beta(Y - I_k) + \beta_k Y + \eta \} e^{-g(Y)P_1} + \varepsilon_k. \quad (20)$$

der  $Z_1'$  er linjevektoren av sosio-økonomiske variable og  $Z_1' \alpha_0^k$  tar vare på at porteføljevalg  $k$  kan være avhengig av observerbare egenskaper ved husholdningen.

Det neste leddet  $\sum_{h=1}^H (\alpha_h / g(Y))$  er med av tekniske grunner.  $\sum_{h=1}^H \alpha_h P_h$  tar vare på energiprisenes innvirkning på energibruken, gitt det historiske porteføljevalget,  $Z_2' a$  tar vare på sammenhengen mellom observerbare sosio-økonomiske egenskaper ved husholdningen og energiforbruk, gitt porteføljevalget og  $-\beta I_k$  er virkninger av kapitalkostnader (på årskostnadsform) på porteføljevalg  $k$ . Noen oppvarmingsteknologier kan være lettere å betjene og renere enn andre, og tas vare på av  $\beta_k Y$ . Grunnen til at porteføljevalget avhenger av inntekten er at inntekten fanger opp alternativkostnaden på tid. Jo høyere inntekten er, jo større er kostnaden ved å bruke tid på å betjene et oppvarmingssystem.

Vektorene  $Z_1$  og  $Z_2$  kan inneholde ulike variable. Noen av variablene som inngår i vektorene  $Z_1$  og  $Z_2$  er de samme, mens andre variable er forskjellige.

Bruttoinntekten  $Y$  inngår direkte i den indirekte nyttefunksjonen, men det finnes også andre variable som avhenger av inntekten. Som vist i (13) avhenger  $I_k$  av inntekten. Dessuten avhenger to av variablene i vektoren  $Z_2$ , gitt ved  $Z_{21}$  og  $Z_{22}$ , av

---

<sup>2</sup> Vaage (1991) anvender et opplegg utviklet av Hanemann (1984) i en økonometrisk analyse av husholdningenes valg av oppvarmingsutstyr. Svakheterne ved Hanemanns og dermed Vaages opplegg, er at det ikke dras et skille mellom anskaffelses- og utnyttningstidspunktene. I modelleringen av porteføljevalget inngår derfor bare de løpende energiprisene. De faste kostnadene, uttrykt ved  $I_k$ , og de forventede, variable kostnadene på anskaffelsestidspunktet blir ikke trukket inn i analysen av valg av oppvarmingsportefølje.

inntekten. De inngår i den indirekte nyttefunksjonen som  $a_1 Z_{21} + a_2 Z_{22}$ . Vi har nå

$$g(Y) = a_1 \frac{\partial Z_{21}}{\partial Y} + a_2 \frac{\partial Z_{22}}{\partial Y} + \beta \left(1 - \frac{\partial I_k}{\partial Y}\right) + \beta_k. \quad (21)$$

der  $g(Y)$  er den deriverte med hensyn på  $Y$  av argumentet i kjernen av den indirekte funksjonen. Av (13) følger at  $\frac{\partial I_k}{\partial Y} = -r_k Q_k$  er uavhengig av  $Y$ . Dersom både  $Z_{21}$  og  $Z_{22}$  er lineære funksjoner av  $Y$ , vil også  $g(Y)$  være uavhengig av  $Y$  og dermed er  $g'(Y) = \frac{\partial g(Y)}{\partial Y} = 0$ . I fortsettelsen vil vi anta at  $g'(Y) \approx 0$ . Strengt tatt er  $g(Y)$  avhengig av alternativet  $k$ . Dette ser vi bort fra i det følgende, og vi vil senere vise at  $g'(Y) \approx 0$  og  $g(Y)$  uavhengig av  $k$  er rimelige antakelser.

Anta at  $\varepsilon_k$  er identisk og uavhengig ekstrem-verdi fordelt over porteføljene  $k$ , ( $k=1, \dots, K$ ), gitt husholdning ; og over husholdning, gitt portefølje  $k$ ; dvs.

$$\text{Prob}(\varepsilon_k \leq \varepsilon) = \exp(-e^{-\varepsilon}), \quad \forall k \text{ og alle husholdninger.} \quad (22)$$

Den ubetingede forventningen og variansen til  $\varepsilon_k$  er dermed henholdsvis null og 1. Forutsetningen om uavhengighet over alternativene er restriktiv, men den er nødvendig for å gi en estimerbar modell. De ikke-observerbare egenskapene ved husholdningene  $\eta$  antas fordelt slik at den ubetingede forventningen og variansen er henholdsvis null og  $\sigma^2$ . Vi vil tillate at  $\eta$  og  $\varepsilon_k$  kan være korrelerte, slik at fordelingen for  $\eta$  betinget av  $(\varepsilon_1, \dots, \varepsilon_K)$  har forventningen

$$\sigma \sum_{k=1}^K \rho_k \varepsilon_k,$$

og variansen

$$\sigma^2 \left(1 - \sum_{k=1}^K \rho_k^2\right),$$

hvor  $\sigma$  og  $\rho_k$  er ukjente koeffisienter og hvor

$$\sum_{k=1}^K \rho_k = 0 \quad \text{og} \quad \sum_{k=1}^K \rho_k^2 < 1.$$

Det kan da vises at forventningen for  $\eta$  betinget av porteføljevalget  $j$  er gitt ved

$$E[\eta|j] = \sum_{k \neq j} \sigma \rho_k \left( \frac{\pi_k \ln \pi_k}{1 - \pi_k} + \ln \pi_j \right). \quad (23)$$

Størrelsen  $\rho_k$  tar vare på korrelasjon mellom uobserverbare egenskaper ved husholdningen,  $\eta$ , og uobserverbare egenskaper ved en portefølje  $k$ ,  $\varepsilon_k$ . En kan ikke se bort fra at det er en systematisk - og ikke observert - sammenheng mellom valg av oppvarmingsteknologi og intensiteten med hvilket den vil bli brukt. Et eksempel på en slik sammenheng kan være følgende. Jo høyere utdanningen er, desto høyere er



vanligvis arbeidsinntekten og dermed alternativverdien på fritid. Desto høyere inntekt og dermed alternativverdi på fritid er, desto større er sjansen for at det velges en oppvarmingsportefølje som er lett å betjene, dvs. en sparer tid. Leddet  $\beta_k Y$  er ment å ta vare på dette forholdet. Noen vil påstå at en akademiker med høy inntekt i noen tilfeller også er klossete og av den grunn vil velge en oppvarmingsteknologi som er lett å betjene, for eksempel elektrisitet alene. Dette er en uobserverbar egenskap ved porteføljen,  $\varepsilon_k$ . Akademiske bokormer med lavt fysisk aktivitetsnivå kan være mer frosne av seg enn folk flest og vil ønske å ha en høyere innetemperatur enn hva observerte sosio-økonomiske forhold skulle tilsi. Dette er reflektert i  $\eta$ . I dette eksemplet vil det være en positiv korrelasjon mellom  $\varepsilon_1$  (hvor  $k=1$  står for elektrisitetsutstyr alene) og  $\eta$ .

Av (20) ser vi at den alternativspesifikke ( $k$ ) delen av den indirekte nyttefunksjonen er gitt ved

$$V_k = [Z_1' \alpha_0^k - \beta I_k + \beta_k Y] e^{-g(Y)P_1} + \varepsilon_k, \quad (24)$$

hvor vi har utnyttet forutsetningen om at  $g(Y)$  ikke avhenger av alternativ. Lar vi argumentet i hakeparentesen være  $W_k$ ,

$$W_k = Z_1' \alpha_0^k - \beta I_k + \beta_k Y, \quad (25)$$

gir (19) og (22), se McFadden (1973)

$$\pi_j = \left\{ \text{Prob}[\varepsilon_k - \varepsilon_j < e^{-g(Y)P_1} (W_j - W_k)] \text{ for alle } k \neq j \right\} = \frac{e^{W_j}}{\sum_{k=1}^K e^{W_k}}, \quad (26)$$

Relasjon (26) innebærer at sannsynlighetene for porteføljevalget har en multinomisk logit form.

Etterspørselsrelasjonene, betinget av det optimale porteføljevalget  $j$ , finner vi ved å bruke Roy's identitet på den indirekte nyttefunksjonen i (20). Forenklet kan (20) skrives  $V_k = \{ \cdot \} e^{-g(Y)P_1} + \varepsilon_k$ . Ved å benytte (21) får vi

$$\partial V / \partial P_1 = -\{ \cdot \} g(Y) e^{-g(Y)P_1} + \alpha_1 e^{-g(Y)P_1},$$

$$\partial V / \partial Y = -\{ \cdot \} g'(Y) P_1 e^{-g(Y)P_1} + g(Y) e^{-g(Y)P_1} \approx g(Y) e^{-g(Y)P_1}$$

$$\partial V / \partial P_h = \alpha_h e^{-g(Y)P_1} \text{ for } h=2,3,\dots,H.$$

Roy's identitet gir da

$$X_{1j} = -\frac{\partial V / \partial P_1}{\partial V / \partial Y} = \{ \cdot \} - \frac{\alpha_1}{g(Y)} = W_j + \beta Y + Z_2' a + \sum_{h=1}^H \alpha_h P_h + \sum_{h=2}^H \frac{\alpha_h}{g(Y)} + \eta \quad (27)$$

$$X_{hj} = -\frac{\alpha_h}{g(Y)} \text{ for alle } h = 2, 3, \dots, H. \quad (28)$$

Energibærer 1 har vi latt spille en mer fremtredende rolle, men det er ingen ting i veien for en mer symmetrisk behandling. Siden vi er ute etter å finne etterspørselen etter total energi til oppvarmingsformål og ikke etterspørselen etter de enkelte energibærerne, gitt porteføljevalget, har vi forenklet fremstillingen. Av (27) og (28) får vi

$$\begin{aligned} X_j &= \sum_{h=1}^H X_{hj} = W_j + \beta Y + Z_2' a + \sum_{h=1}^H \alpha_h P_h + \eta \\ &= Z_1' \alpha_0^j + \sum_{h=1}^H \alpha_h P_h + Z_2' a + \beta(Y - I_j) + \beta_j Y + \eta. \end{aligned} \quad (29)$$

Vi ser at den betingede etterspørselsrelasjonen er lineær i priser og inntekt. Som vist i (23) kan  $E[\eta|j] \neq 0$  og vi får

$$\begin{aligned} X_j &= Z_1' \alpha_0^j + \sum_{h=1}^H \alpha_h P_h + Z_2' a + \beta(Y - I_j) + \beta_j Y \\ &\quad + \sum_{k \neq j} \sigma \rho_k \left( \frac{\pi_k \ln \pi_k}{I - \pi_k} + \ln \pi_j \right) + \mu \end{aligned} \quad (30)$$

hvor  $E[\mu | j] = 0$ .

Av forutsetningen om  $\sum_{k=1}^K \rho_k = 0$  og definisjonen av  $W_j$  ser vi at (30) kan skrives

$$(X_j - W_j - \beta Y) = Z_2' a + \sum_{h=1}^H \alpha_h P_h + \sigma_1 \ln \pi_j + \sum_{k \neq j} \sigma_k m_k + \mu, \quad (31)$$

hvor

$$\sigma_1 = -\sigma \rho_1, \quad \sigma_k = \sigma \rho_k \quad \text{og} \quad m_k = \frac{\pi_k \ln \pi_k}{I - \pi_k}.$$

Likningene (26) og (31) er de som vil bli brukt til å estimere de ukjente koeffisientene i problemet.

## I. Porteføljevalget

Porteføljevalget består av valg mellom følgende 5 alternativer:

- k=1: Elektrisitet
- k=2: Ved
- k=3: Elektrisitet og olje
- k=4: Elektrisitet og ved
- k=5 Elektrisitet, olje og ved.

Dette valget av oppvarmingsteknologi er ifølge (13), (25) og (26) avhengig av

- 1) Sosio-økonomiske variable  $Z_1'$ ;
  - a) Eierforhold til boligen (borettslag eller aksjeleilighet kontra annet forhold)
  - b) Hustype (enebolig/våningshus kontra annen bolig)
  - c) Husholdningens størrelse
  - d) Boligens alder.
- 2) Inntekten  $Y$ ; gjennom virkningen på lånerenten og gjennom inntektens direkte preferansevirkning på valg av oppvarmingsteknologi. Vi har to effekter som blir estimert hver for seg;
  - den direkte effekten  $\beta_k Y$
  - samspillseffekten  $\beta_r Q_k Y$ .
- 3) Den inntektsuavhengige kapitalkostnaden som er lik produktet av kapitalutlegget  $Q_k$  og årskostnadsfaktoren,  $(r_0 + d)$ .

Det er viktig å understreke at alle variable som brukes i estimeringen av porteføljevalget daterer seg til tidspunktene for anskaffelsene av oppvarmingsporteføljene. Disse tidspunktene sprer seg over et stort antall år (tilbake til 1970). En svakhet ved datamaterialet er at i noen tilfeller er ikke den intervjuete husholdningen i 1990 den samme husholdningen som flyttet inn da huset og oppvarmingsutstyret var nytt. Siden det er rimelig å anta at husholdningsstørrelse og inntekt ikke varierer så mye blant husholdninger som bebor samme hus i denne perioden, spiller likevel denne svakheten ved datamaterialet en mindre rolle.

## II. Energietterspørselen, gitt porteføljevalget

I estimeringen av (31) tar vi hensyn til at vi allerede i porteføljevalget har estimert  $W_j$  og  $\beta Y$ . Venstre side i (31) kan dermed beregnes på basis av resultatene fra estimeringen av porteføljevalget.

Den betingede etterspørselen avhenger av

- 1) Sosio-økonomiske variable gjennom leddet  $Z_2' a$ . Dette leddet er spesifisert som:

$$\{a_0 + a_1 \text{ Areal} + a_2 \text{ Isolering} + a_3 \text{ Graddager} + a_4 \text{ Boligens alder}\}$$

Areal og isolering er tidligere betegnet  $Z_{21}$  og  $Z_{22}$ . Siden "Areal" og "Isolering"

åpenbart kan variere blant annet med inntekt, har vi forutsatt at

$$\text{Areal} = a_0^A + a_1^A \text{ Husholdningsstørrelse} + a_2^A \text{ Inntekt} + \mu_A \quad (32)$$

Sannsynligheten for isolering er gitt ved

$$\Pi_I = \frac{e^{a_0^I + a_1^I \text{ Graddager} + a_2^I \text{ Inntekt}}}{1 + e^{a_0^I + a_1^I \text{ Graddager} + a_2^I \text{ Inntekt}}} \quad (33)$$

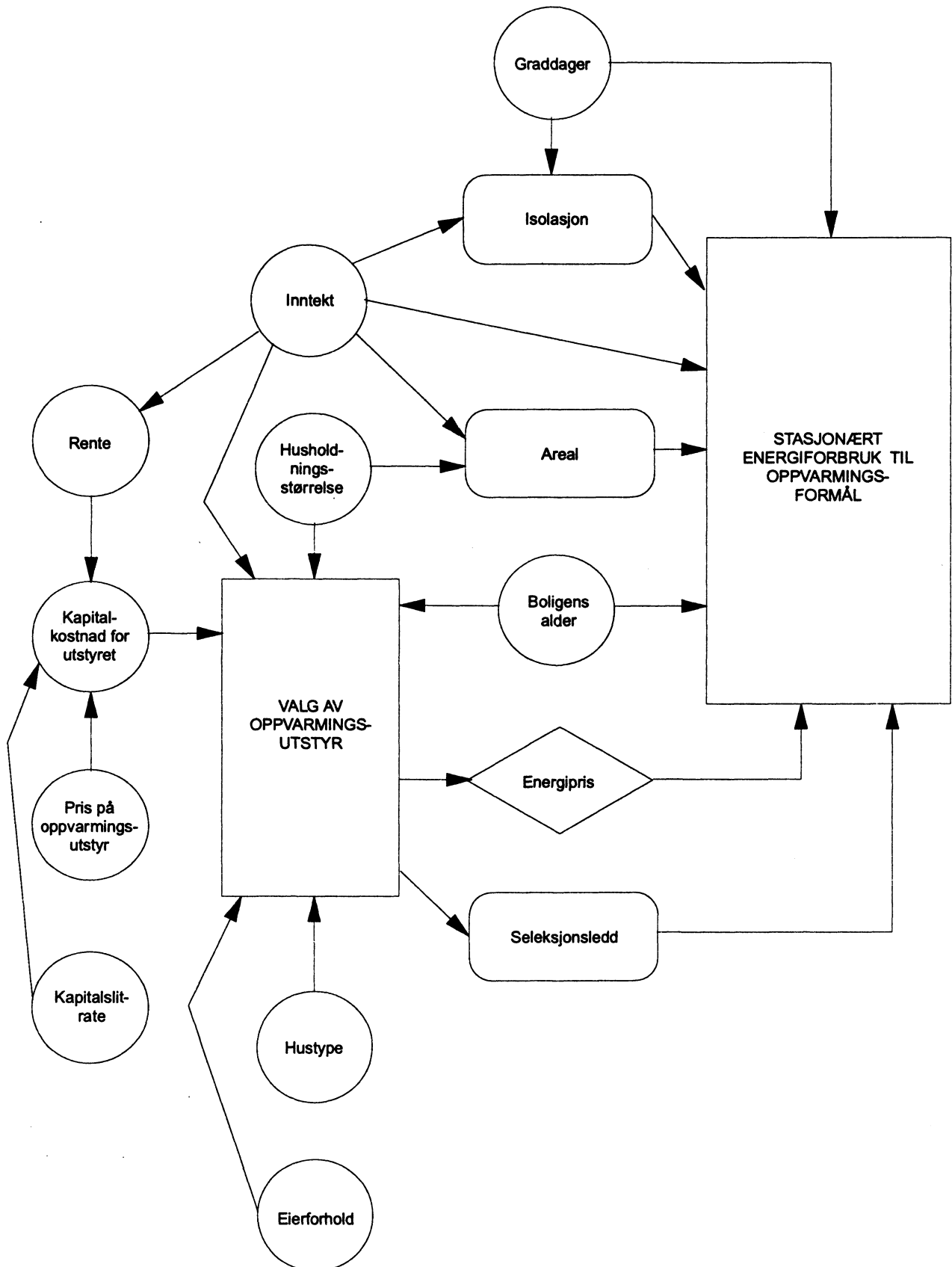
- 2) Energiprisen  $P_j$ ; i stedet for priser på ulike energibærere har vi konstruert en energiprisindeks (med eksogene vekter) for hvert oppvarmingsalternativ  $j$ .
- 3) Seleksjonsleddet  $\sigma_1 \ln \pi_j + \sum \sigma_k m_k$ . Merk at  $\sigma_1 = -\sigma \rho_1$ , og at  $\sigma_1$  a priori kan ha hvilket som helst fortegn (dvs.  $\rho_1$  kan være negativ og positiv). Det samme er tilfelle med  $\sigma_k$ .

I figur 1 har vi gitt en skjematisk fremstilling av modellen.

### Estimeringsmetode

Det beste ville vært en simultan estimering av det diskrete og kontinuerlige valget, men slik estimering innebærer svært krevende programmeringsarbeid. Vi estimerer i stedet modellen sekvensielt i to trinn. Porteføljevalget er estimert ved en "Maksimum likelihood" prosedyre (LIMDEP, versjon 5.1). Den betingede etterspørselen etter energi (relasjon (31)) er estimert ved OLS.  $\pi_j$  er beregnet fra estimeringen av porteføljevalget. "Areal"- og "Isoleringsrelasjonene" i (32) og (33) er estimert ved OLS og LOGIT, og de beregnede verdier for forventet areal og isolering er satt inn i (31).

Figur 1. Flytdiagram for variable som inngår i modellen



Kilde: SSB



## 4. Data

I dette avsnittet gjøres det rede for hvor data kommer fra, hvordan de er bearbeidet og hvordan variablene er definert. Bortsett fra pris på oppvarmingsutstyr, er alle data hentet fra Energiundersøkelsen 1990 (Ljones et al. (1992)). Utgangspunktet for estimeringene er 1301 husholdninger. Disse husholdningene har samsvar mellom forbruk av ulike energibærere og oppvarmingsutstyr samt at de har oppgitt boligens areal. Langt færre husholdninger inngår i estimeringene fordi ikke alle boligåranger er med.

Sentralfyring er tatt ut. Fordi husholdninger med fellesbetalte individualgoder trolig har en annen adferd enn andre når det gjelder energiforbruk, er husholdninger med felles sentralfyr ikke tatt med. Ofte antas det at husholdninger som betaler en gitt andel av det samlede energiforbruket i en blokk eller lignende, bruker mer energi enn om de betalte spesifikt for den energimengden de faktisk bruker. Husholdninger med egen sentralfyr er tatt ut fordi vi mangler opplysninger om priser på oppvarmingsutstyr av denne typen.

Bare husholdninger som har besvart sentrale spørsmål om inntekt, hustype, eierforhold, husholdningsstørrelse og byggeår er tatt med.

### I. Porteføljevalget - Valg av oppvarmingsteknologi

Vi estimerer sannsynligheter for valg av oppvarmingsutstyr innenfor de typene oppvarmingsutstyr som *faktisk er brukt*. 565 husholdninger er med i estimeringen på dette trinnet. Bare 8 husholdninger hadde oppvarmingsutstyr basert på olje alene eller kombinasjonen olje og ved. Disse er derfor ikke med i estimeringene og husholdningene fordeler seg på de 5 porteføljevalgene nevnt tidligere. **Dessuten er bare husholdninger med boliger bygget senere enn 1970 med i beregningene.** Det hadde vært ønskelig å få med flere husholdninger, men fordi vi manglet anskaffelsespriser for oppvarmingsutstyr som var kjøpt tidligere enn 1970, var ikke dette mulig. Grunnen er at pris på oppvarmingsutstyr er en svært sentral variabel i analysen.

### Variablene

#### *Kapitalkostnader*

Prisene på oppvarmingsutstyr er i faste 1989-priser. Utstyrprisene relaterer seg til husets byggeår. Vi kjenner ikke året oppvarmingsutstyret ble anskaffet. Som en tilnærming bruker vi året huset ble bygget. I utvalget inngår boliger bygget i 1970-årene, og noen av disse husholdningene kan ha endret oppvarmingsutstyr i løpet av 20 år. Vi skiller på boliger bygget i perioden 1971-80, 1981-1985 og 1986-1990. For valget elektrisitet er utstyrsprisen basert på data fra Nobø Electro A/S, Stjørdal (personlig henvendelse i 1992). Derfra har vi fått årlige data tilbake til 1970. Gjennomsnittspris pr. elektrisk ovn er beregnet ut fra forholdet mellom omsetning og

salgsvolum i antall ovner. Pris på ved- og parafinovner er hentet fra Jøtul, Fredrikstad (personlig henvendelse i 1992) hvor vi har tall fra 1970, 1975, 1980, 1985 og 1990<sup>3</sup>. For hvert av de nevnte tidspunktene er det beregnet gjennomsnittlig pris for de mest solgte ovnene. Videre er det beregnet jevn prisvekst i periodene, og prisanslaget er knyttet til midtpunktet i perioden. Pris for kombinasjoner av flere typer oppvarmingsutstyr er beregnet ved gjennomsnittet av prisen for utstyrstypene. Fordi det er forskjeller i kapasitet for elektriske ovner og ovner basert på olje eller ved, er det beregnet pris pr. kW. Vi antar at elektriske ovner i gjennomsnitt yter 1000 W og ved- og parafinovner 3000 W. Utstyrprisene er tillagt anslag for monteringskostnader.

Kapitalkostnader knyttet til oppvarmingsutstyret er beregnet ved å ta hensyn til husholdningenes effektbehov til oppvarmingsformål. Effektbehovet varierer blant annet med hustype, boligens alder og areal. På grunnlag av Norsk Standard NS 3032 (1984) har vi antatt følgende effektbehov

*Blokk:*

Bygget i 1971-80: 50 W/m<sup>2</sup>

Bygget i 1981-90: 45 W/m<sup>2</sup>

*Rekkehus, tomannsboliger mv.:*

Bygget i 1971-80: 62 W/m<sup>2</sup>

Bygget i 1981-90: 56 W/m<sup>2</sup>

*Enebolig, våningshus:*

Bygget i 1971-80: 77 W/m<sup>2</sup>

Bygget i 1981-90: 70 W/m<sup>2</sup>.

Tall for boligens areal gir sammen med tallene over, effektbehov pr. bolig. I gjennomsnitt er effektbehovet beregnet til 8,2 kW. Med antatt brukstid for utstyret på 2500 timer pr. år gir det et energiforbruk til oppvarmingsformål på 20 500 kWh. Ifølge våre beregninger er faktisk gjennomsnittlig energiforbruk til oppvarming om lag 13 000 kWh. Husholdningenes effektbehov vil imidlertid være høyere i deler av døgnet og året og de trenger så mye effekt at også slike topper kan dekkes.

Realrenter er beregnet på grunnlag av tall fra modelldatabanken (nasjonalregnskapstall) til SSB. Gjennomsnittlig utlånsrente for sparebanker, forretningsbanker og statsbanker, gjennomsnittlig skattesats for husholdningene og vekst i konsumdeflatoren er brukt i beregningene. Realrente etter gjennomsnittlig skatt for periodene 1971-80, 1981-85 og 1986-90 er beregnet til henholdsvis -3,87 prosent, -1,84 prosent og 2,80 prosent. Kapitalslitraten er satt lik 5 prosent pr. år (levetid 20 år).

Når gjennomsnittlige skattesatser er trukket inn i beregningene av realrentene, må størrelsen  $r_1$  (se (12)) tolkes slik at den gir reduksjonen i lånerenten som følge av en progressiv beskatning som innebærer at marginale skatter overstiger den gjennomsnittlige skattesatsen. I tillegg kan inntekten ha virkning på

---

<sup>3</sup> Tallene for vedovner går helt tilbake til 1941 og for parafinovner tilbake til 1955. Fordi vi mangler priser for elektriske ovner for tiden før 1970 har vi ikke med den eldste delen av prismaterialet fra Jøtul.



kredittverdigheten.

Andre forklaringsvariable som inngår på trinn I avhenger bare av husholdning og ikke av oppvarmingsalternativ. Disse variablene inngår derfor som dummy-variable. For hver forklaringsfaktor er det laget én **dummyvariabel** for hvert oppvarmingsalternativ. En av dummyene må settes lik null for å kunne estimere modellen (for å unngå en singulær Hesse-matrise). Vi har valgt å sette dummyen for elektrisitet lik null. Elektrisitet er dermed referansealternativet, og virkningen av en forklaringsvariabel på valgsannsynligheten må for hvert valgalternativ vurderes relativt til sannsynligheten for å velge elektrisitet.

### ***Eierforhold til boligen***

eierforhold = 1 hvis husholdningen bor i borettslag eller aksjeleilighet

eierforhold = 0 ellers

### ***Hustype***

hustype = 1 hvis hustypen er enebolig eller våningshus

hustype = 0 ellers

### ***Boligens alder***

Denne variabelen er definert som differansen mellom 1990 og midtpunktet i intervallet som angir husets byggeår.

### ***Husholdningsstørrelse***

Antall personer i husholdningen.

### ***Husholdningens bruttoinntekt***

Husholdningene har oppgitt hvilket intervall inntekt før skatt inngår i. Punkter i inntektsintervallene er bestemt ved gjennomsnittet av 250 tilfeldig uttrukne observasjoner innenfor hvert av intervallene. Den faste abonnementsavgiften for bruk av elektrisitet er trukket fra for at inntekten skal gjenspeile den delen av inntekten som er disponibel til blant annet kjøp av energi utover den delen som er bundet opp til den faste avgiften. I analysen av porteføljevalget bruker vi beregnet inntekt på de ulike anskaffelsestidspunktene (faste 1989-kr). På grunnlag av husholdningenes inntekter i 1989 og justeringsfaktorer basert på utviklingen i realdisponibel inntekt for husholdningssektoren har vi beregnet inntekter for det tidspunktet oppvarmingsutstyret ble anskaffet. For boliger bygget i perioden 1971-80 er inntekten i 1989 justert med en faktor lik 0,77, mens faktorene for perioden 1981-85 og 1986-90 er henholdsvis 0,93 og 1,0.

## **II. Energiforbruk, gitt porteføljevalg**

I trinn II estimeres det kontinuerlige valget som består i å fastsette hvor stort energiforbruket er, gitt valg av oppvarmingsutstyr. En del av variabeltypene som ble brukt på trinn I er også brukt på dette trinnet. I tillegg kommer noen andre variable. Det er viktig å understreke at alle variablene som inngår i trinn II refererer seg til utnyttningstidspunktet, dvs. i 1990.

Utgangspunktet for estimeringen på trinn II er at de samme husholdningene som inngikk på trinn I skal være med. Antall husholdninger er imidlertid redusert til 556 fordi ikke alle husholdningene har oppgitt om veggene er isolerte og vi mangler opplysninger om graddager for noen husholdninger.

### **Energiforbruk**

Data for forbruk av ulike energibærere finnes i Energiundersøkelsen 1990 (Ljones et al. (1992)). Forbruket pr. husholdning er regnet om fra fysiske enheter til tilført energi i kWh og summert for å gi husholdningens totale stasjonære energiforbruk. Omregningsfaktorene er hentet fra Statistisk sentralbyrå (1992b)

|                       |          |
|-----------------------|----------|
| 100 liter parafin     | 937 kWh  |
| 100 liter fyringsolje | 975 kWh  |
| 1 sekk ved            | 140 kWh  |
| 1 favn ved            | 3360 kWh |

I analysen inngår bare stasjonært energiforbruk til **oppvarmingsformål**. Dette energiforbruket kan ikke observeres, men er estimert ved gitte andeler av observert totalt energiforbruk i husholdningen. Andelene til ulike formål er beregnet av Energidata A/S, se Ljones et al. (1992).

### **Log $\pi_j$**

$\pi_j$  er den estimerte a priori sannsynligheten for at en husholdning skal velge oppvarmingsalternativet den faktisk har valgt. For en gitt husholdning kan en på grunn av resultatene fra trinn I estimere sannsynligheter for mulige valg som summerer seg til 1. Hvis en husholdning for eksempel har valgt en kombinasjon av elektriske ovner og vedovner, er variabelen  $\pi_j$  definert som den a priori sannsynligheten for at denne husholdningen velger oppvarmingsutstyr basert på elektrisitet og ved; gitt hustype, husholdningsstørrelse osv. Log  $\pi_j$  er (den naturlige) logaritmen til sannsynligheten  $\pi_j$ . De øvrige leddene i seleksjonsuttrykket til høyre i (31) ble også testet, men disse leddene var klart ikke signifikant forskjellige fra null.

### **Pris på energibærer**

Prisene gjelder fyringssesongen 1989/90.

*Elektrisitetsprisen* er basert på opplysninger fra elektrisitetsverkene om priser og elektrisitetsavgifter knyttet til H4-tariffen og momssatser. Disse opplysningene ble samlet inn i tilknytning til Energiundersøkelsen 1990. H4-tariffen innebærer at det betales en fast abonnementsavgift og en fast pris pr. kWh. I prisvariablene inngår bare den variable elektrisitetsprisen inklusive avgifter og moms siden det er denne prisen som er relevant for hvor stort energiforbruket blir. For husholdninger hvor vi mangler opplysninger om hvilket E-verk de er tilknyttet, har vi brukt gjennomsnittspris for fylket husholdningen tilhører. Siden det er stor prisvariasjon innen fylket, er dette en mulig feilkilde.

*Prisen på parafin, fyringsolje og ved* er beregnet på grunnlag av opplysninger i Energiundersøkelsen 1990 fra husholdninger som har oppgitt både det fysiske

forbruket og verdien av dette. For at prisene for ulike energibærere skal være sammenlignbare er de omregnet til felles enhet, øre/kWh, på grunnlag av det teoretiske energiinnholdet i energibærerne. Prisen beregnet på denne måten kan vi bare få fra husholdninger som har forbruk av fast eller flytende brensel. Dessuten har ikke alle husholdningene med forbruk av fast eller flytende brensel oppgitt både mengde og verdi. Vi har 228 observasjoner av pris på olje eller parafin og 228 observasjoner av vedpris. For husholdninger hvor prisen ikke kan beregnes ut fra husholdningens opplysninger har vi brukt gjennomsnittsprisen for fylket. Felles pris på olje og parafin er beregnet som gjennomsnittet av prisen for disse energibærerne med antall som har forbruk av energibæreren som vekter. Vedprisen er regnet i øre/kWh som et veid gjennomsnitt av priser for vedforbruk i hl og i sekker.

I trinn II benytter vi en alternativ-spesifikk energipris. Det betyr at for de som opplyser at de bare har elektrisitet eller bare ved, bruker vi henholdsvis elektrisitetsprisen og vedprisen. I kombinasjonsalternativene benytter vi et uveiet gjennomsnitt av prisene på de ulike benyttede energibærerne.

### *Graddager*

På grunnlag av datamaterialet i Energiundersøkelsen 1990 har Energidata knyttet opplysninger om graddager i 1989 til husholdningene. Disse graddagstallene er benyttet i estimeringene. Graddagstallet er differansen mellom utetemperatur og innetemperatur, jfr. Energistatistikk 1991 (Statistisk sentralbyrå (1992a)). Differansen summeres for alle dager fra gjennomsnittlig utetemperatur kommer ned i 11 grader Celsius om høsten til den kommer opp i 9 grader Celsius om våren. Høyt graddagstall indikerer derfor et kaldt område av landet.

### *Isolering av vegger*

I Energiundersøkelsen 1990 er det stilt mange spørsmål som går på isolering av vegger, tak og gulv. Fordi bare litt over 60 prosent svarte på alle isolasjonsspørsmålene, mens de fleste svarte på isolering av vegger, har vi bare brukt opplysninger om isolering av veggene som forklaringsvariabel for energiforbruket. Variablene er definert slik at

isolering = 1 hvis veggene er isolerte

isolering = 0 hvis veggene ikke er isolerte eller husholdningen ikke vet om veggene er isolerte.

### *Areal*

Boligens areal er inklusive eventuelt innredet loft og eksklusive kjeller.

Tabell 1 viser summarisk statistikk for variable som inngår i modellen.

Tabell 1. Summarisk statistikk<sup>1)</sup>

|  | Antall obs. | Min    | Gjennomsnitt | Maks    | Standardavvik |
|--|-------------|--------|--------------|---------|---------------|
| <b>Andel med:</b>                                    |             |        |              |         |               |
| Elektrisitet   | 565         | 0      | 0,30         | 1       | 0,46          |
| Ved  | 565         | 0      | 0,04         | 1       | 0,19          |
| Elektrisitet og olje                                 | 565         | 0      | 0,05         | 1       | 0,22          |
| Elektrisitet og ved                                  | 565         | 0      | 0,55         | 1       | 0,50          |
| Elektrisitet, olje og ved                            | 565         | 0      | 0,06         | 1       | 0,24          |
| <b>Energiforbruk, kWh</b>                            | 556         | 107    | 13 027       | 46 611  | 7 414         |
| <b>Kapitalkostnader<sup>2)</sup> (1989-kr/år)</b>    |             |        |              |         |               |
| 1971-80:   |             |        |              |         |               |
| Elektrisitet   | 565         | 17,94  | 96,10        | 368,43  | 39,82         |
| Ved  | 565         | 23,70  | 126,92       | 486,61  | 52,60         |
| Elektrisitet og olje                                 | 565         | 29,08  | 155,73       | 597,06  | 64,53         |
| Elektrisitet og ved                                  | 565         | 20,82  | 111,51       | 427,52  | 46,21         |
| Elektrisitet, olje og ved                            | 565         | 27,28  | 146,13       | 560,24  | 60,55         |
| 1981-85:   |             |        |              |         |               |
| Elektrisitet   | 565         | 63,90  | 227,45       | 504,99  | 86,47         |
| Ved  | 565         | 91,27  | 324,85       | 721,23  | 123,50        |
| Elektrisitet og olje                                 | 565         | 116,50 | 414,64       | 920,60  | 157,63        |
| Elektrisitet og ved                                  | 565         | 77,59  | 276,15       | 613,11  | 104,98        |
| Elektrisitet, olje og ved                            | 565         | 108,09 | 348,71       | 854,15  | 146,25        |
| 1986-90:   |             |        |              |         |               |
| Elektrisitet   | 565         | 125,19 | 622,62       | 1437,68 | 258,81        |
| Ved  | 565         | 200,05 | 994,96       | 2297,43 | 413,58        |
| Elektrisitet og olje                                 | 565         | 264,35 | 1314,77      | 3035,89 | 546,52        |
| Elektrisitet og ved                                  | 565         | 162,62 | 808,79       | 1867,56 | 336,20        |
| Elektrisitet, olje og ved                            | 565         | 242,92 | 1208,17      | 2789,74 | 502,21        |
| <b>Effektbehov i kW</b>                              | 565         | 1,5    | 8,20         | 30,80   | 3,34          |
| <b>Inntekt (100000 1989-kr/år)</b>                   | 565         | 0,37   | 2,98         | 5,56    | 1,38          |
| <b>Innt. ved anskaffelse av oppvarmingsutstyr i:</b> |             |        |              |         |               |
| 1971-80  | 565         | 0,56   | 2,16         | 4,29    | 1,04          |
| 1981-85  | 565         | 0,34   | 2,89         | 5,18    | 1,30          |
| 1986-90  | 565         | 0,73   | 3,21         | 5,57    | 1,38          |
| $X_j - W_j - \beta Y$                                | 556         | -1830  | 11247        | 44970   | 7386          |
| $\text{Log } \pi_j$                                  | 556         | -5,05  | -0,98        | -0,10   | 0,92          |
| <b>Energipris (øre/kWh)</b>                          | 556         | 17,90  | 32,84        | 106,30  | 5,78          |
| <b>Eierforhold, (dummy)</b>                          | 565         | 0      | 0,14         | 1       | 0,34          |
| <b>Hustype (dummy)</b>                               | 565         | 0      | 0,70         | 1       | 0,46          |
| <b>Husholdningsstørrelse, antall</b>                 | 565         | 1      | 3,2          | 7       | 1,3           |
| <b>Boligens alder (år)</b>                           | 565         | 2      | 9,94         | 15      | 5,30          |
| <b>Graddager</b>                                     | 556         | 2398   | 3 211        | 5 662   | 699           |
| <b>Areal (m<sup>2</sup>)</b>                         | 556         | 30     | 120          | 400     | 43            |
| <b>Isolering (dummy)</b>                             | 556         | 0      | 0,91         | 1       | 0,29          |

1) Med unntak av kapitalkostnadene og inntekt gjelder tallene for 1990.

2) Kapitalkostnader er definert som  $\sum_{h=1}^H (r_0 + d) E_{hk} q_{hk}$ .

## 5. Resultater

### Porteføljevalget

Tabell 4 gir resultatene av å estimere porteføljevalget (sannsynlighetene i (26)). Vi ser at de fleste koeffisientene er skarpt bestemt. Den sentrale koeffisienten  $\beta$  er relativt sett skarpt bestemt og er estimert til 0,006. Siden det er  $-\beta$  som er knyttet til kapitalkostnadene, betyr dette at jo høyere kapitalkostnadene på oppvarmingsutstyret er, desto lavere er sannsynligheten for å velge slikt utstyr.

Vi ser at koeffisienten ( $\beta r_1$ ) knyttet til samspillsleddet mellom kapitalkostnad og inntekt er estimert til  $0,51 \cdot 10^{-9}$ . Av dette estimatet og estimatet på  $\beta$  følger det at estimatet på  $r_1$  er,

$$\hat{r}_1 = (0,51 / 0,006) \cdot 10^{-9} = 8,5 \cdot 10^{-8}. \quad (34)$$

Det betyr at vi har følgende anslag på realrentens variasjon med inntekt,

$$r = r_0 - 8,5 \cdot 10^{-8} Y, \quad (35)$$

hvor  $Y$  er målt i kr.

Tabell 2. Realrente for gjennomsnittsverdier på  $r_0$  og  $Y$  i de tre periodene

|               | 1971-80 | 1981-85 | 1986-90 |
|---------------|---------|---------|---------|
| 100 $r_0$ (%) | -3,87   | -1,84   | 2,80    |
| 100 $r$ (%)   | -5,71   | -4,30   | 0,07    |

For gjennomsnittsverdier på inntekten blir realrenten, se tabell 2, redusert som følge av rentens variasjon med inntekt. Variasjonen er relativt sterk, jfr. tabell 3.

Tabell 3. Realrente for alternative inntekter i perioden 1986-1990

|             | Inntekt $Y$ (i kr): |         |         |         |
|-------------|---------------------|---------|---------|---------|
|             | 100 000             | 200 000 | 300 000 | 400 000 |
| 100 $r$ (%) | 1,95                | 1,10    | 0,25    | -0,60   |

Estimatene i tabell 4 viser at  $\beta_k$  er signifikant for alle  $k$ . Inntekten har altså en direkte virkning på valg av portefølje. Elektrisitet og elektrisitet og ved ser som ventet ut til å være sterkere preferert blant husholdninger med høyere inntekter enn andre oppvarmingsalternativ.

For de andre variablene ser vi at dersom husholdningen bor i et borettslag eller en aksjeleilighet, er sannsynligheten for valg av utelukkende elektrisitet større enn for

oppvarmingsalternativet elektrisitet og olje. For de andre alternativene er resultatet mer usikkert.

Estimatene knyttet til virkningene av hustype viser at det er større sjanser for at husholdninger i eneboliger velger alternativer med ved, enn andre alternativer.

Resultatet for boligens alder viser at jo eldre boligen er, desto større er sjansen for at husholdningen velger alternativene elektrisitet og elektrisitet/ved. Ved tolkningen av resultatet må en ta i betraktning at ingen boliger i utvalget er eldre enn fra 1971. Stor sannsynlighet for valg av elektrisitet i boliger fra 1970-årene kan for eksempel henge sammen med at byggeforskriftene på 70 tallet tillot nye bygg uten pipe. Etter 1979 ble det påbudt med pipe.

Husholdningsstørrelsen er estimert til å ha en signifikant virkning på alternativet elektrisitet og ved, og kan henge sammen med at store familier tenderer til å bo i større eneboligheter. Virkningen av husholdningsstørrelse er derfor konsistent med resultatet for hustype.

I en alternativ estimering ser vi på valget av utstyr i boliger bygget utelukkende i 1980-årene. Datamaterialet er mindre omfattende enn når boliger fra 1970-årene også er med. For det første er det færre antall observasjoner, 270 mot 565. For det andre tillater materialet fra 1980-årene bare valg mellom to oppvarmingsteknologier; elektrisitet, og elektrisitet og ved. For det tredje har vi ikke tatt med inntekt som forklaringsvariabel. Resultatene er vist i tabell 5.

Siden det er bare to oppvarmingsalternativ i dette reduserte materialet fra 1980-årene, og fem i det utvidete materialet, er det ikke mulig å sammenlikne størrelsen på estimatene knyttet til dummyvariablene. Tabell 5 viser at fortegnene er de samme som i tabell 4. Det mest oppsiktsvekkende - og betryggende - ved tabell 5 er at den gir nøyaktig det samme anslaget som i tabell 4, på den viktige koeffisienten  $\beta$ , nemlig 0,006. At  $\beta$  blir estimert til den samme verdien i to ulike datamaterialer er et av de viktigste resultatene i denne undersøkelsen.

**Tabell 4. Estimer<sup>1)</sup> for valg av oppvarmingsteknologi i boliger fra 1971-1990. Referansevalget er elektrisitet. 565 boliger**

| <b>Forklaringsvariabler</b>                        | <b>Estimater</b>      | <b>t-verdier</b> |
|--|-----------------------|------------------|
| <b>1. Eierforhold:</b>                             |                       |                  |
| Ved  | -1,55                 | -1,43            |
| Elektrisitet + olje                                | -2,50                 | -2,34            |
| Elektrisitet + ved                                 | -0,61                 | -1,86            |
| Elektrisitet + olje + ved                          | -2,10                 | -1,95            |
| <b>2. Hustype:</b>                                 |                       |                  |
| Ved  | 1,61                  | 2,73             |
| Elektrisitet + olje                                | 0,70                  | 1,46             |
| Elektrisitet + ved                                 | 1,75                  | 6,69             |
| Elektrisitet + olje+ ved                           | 1,58                  | 3,11             |
| <b>3. Husholdningsstørrelse:</b>                   |                       |                  |
| Ved  | 0,18                  | 0,92             |
| Elektrisitet + olje                                | 0,11                  | 0,64             |
| Elektrisitet + ved                                 | 0,44                  | 4,80             |
| Elektrisitet + olje + ved                          | 0,18                  | 1,15             |
| <b>4. Bruttoinntekt (i kr):</b>                    |                       |                  |
| Ved  | $-0,66 \cdot 10^{-5}$ | -3,05            |
| Elektrisitet + olje                                | $-0,68 \cdot 10^{-5}$ | -2,82            |
| Elektrisitet + ved                                 | $-0,28 \cdot 10^{-5}$ | -3,11            |
| Elektrisitet + olje + ved                          | $-0,79 \cdot 10^{-5}$ | -3,53            |
| <b>5. Boligens alder:</b>                          |                       |                  |
| Ved  | -0,14                 | -3,27            |
| Elektrisitet + olje                                | -0,03                 | -0,72            |
| Elektrisitet + ved                                 | -0,09                 | -4,31            |
| Elektrisitet + olje + ved                          | -0,06                 | -1,65            |
| <b>6. Kapitalkostnader (kr/år) (-β)</b>            | -0,006                | -4,22            |
| <b>7. Kapitalkostnader*inntekt (β<sub>1</sub>)</b> | $0,51 \cdot 10^{-9}$  | 1,96             |

1) McFaddens føyningsindikator = 0,39. McFaddens føyningsindikatorer er definert som  $1-L1/L0$ , hvor L1 er "likelihood"-verdien i den estimerte sammenhengen og L0 er "likelihood"-verdien under en nullhypotese om at koeffisientene er lik null. Føyningsindikatoren varierer mellom 0 og 1; jo nærmere 1, desto bedre føyning.

Tabell 5. Estimer<sup>1)</sup> for valg av oppvarmingsteknologi i boliger fra 1980-årene. Referansevalget er elektrisitet. 270 boliger

| Forklaringsvariabler             | Estimater | t-verdier |
|----------------------------------|-----------|-----------|
| <b>1. Eierforhold:</b>           |           |           |
| Elektrisitet + ved               | -1,57     | -3,52     |
| <b>2. Hustype:</b>               |           |           |
| Elektrisitet + ved               | 2,56      | 5,39      |
| <b>3. Husholdningsstørrelse:</b> |           |           |
| Elektrisitet + ved               | 0,30      | 2,93      |
| <b>4. Kapitalkostnader (-β)</b>  | -0,006    | -2,25     |

1) McFaddens føyningsindikator = 0,52.

## Energiforbruket

Tabell 8 viser de estimerte sammenhengene for areal og isolering. Areallikningen er estimert ved OLS. Isolering av vegger er estimert ved en Logit-modell siden isolering er en binær-variabel (lik 1 hvis isolert og 0 ellers). Vi ser av tabellen at arealet øker med husholdningsstørrelse og inntekt, mens sannsynligheten for isolering av vegger er større jo kaldere det er ute og jo høyere inntekten er. I estimeringen av energiforbruket er den predikerte verdien av forventet areal og den predikerte verdien av sannsynlighet for isolering brukt som forklaringsvariable. De predikerte verdiene er gitt ved

$$\text{Predikert areal} = 61,1 + 10,2 \text{ Husholdningsstørrelse} + 8,6 \cdot 10^{-5} \text{ Inntekt}, \quad (36)$$

$$\text{Predikert isolering} = \frac{e^{0,37 \cdot 10^{-3} \text{ Graddager} + 0,42 \cdot 10^{-5} \text{ Inntekt}}}{1 + e^{0,37 \cdot 10^{-3} \text{ Graddager} + 0,42 \cdot 10^{-5} \text{ Inntekt}}}. \quad (37)$$

Inntekten er målt i kr.

Tabell 9 viser estimatene for etterspørselen etter energi, gitt porteføljevalget. Vi ser at energiforbruket øker med predikert areal.

Jo høyere den predikerte sannsynligheten for isolering er, desto lavere er energiforbruket. Dersom isolasjon hadde vært brukt direkte som forklaringsvariabel, viser estimer at energiforbruket hadde økt med isolasjonsvariabelen. En slik representasjon av isolering i modellen ville vært en feilspesifikasjon, og en kunne feilaktig komme til å trekke den konklusjon at bedre isolasjon gir større muligheter til å holde en høy innetemperatur og at en derfor "fyrer" mer. Vår instrumentering av isolasjonsvariabelen, med graddager og inntekt som instrumenter, viser at det ikke er dekning for å trekke en slik konklusjon. I Ljones (1984) hevdes det at mange husholdninger øker innetemperaturen og varmer opp en større del av boligen etter at tilleggisolering er gjennomført. Disse resultatene bygger imidlertid på data også for boliger bygget før 1970.

Vi ser at graddager er estimert til å ha en direkte virkning på energiforbruket. Gitt isolering, bidrar et kaldere uteklima til å øke energiforbruket. Graddagene har også



en indirekte virkning gjennom isolasjonsvariabelen som trekker den andre vegen.  $\pi_1$  er isolasjons-sannsynligheten og vi lar  $G$  stå for graddager. Nettoeffekten av graddager på det forventede betingede energiforbruket  $EX_j$  blir da

$$\begin{aligned} \frac{dEX_j}{dG} &= \left. \frac{\partial EX_j}{\partial G} \right|_{\pi_1} + \frac{\partial EX_j}{\partial \pi_1} \cdot \frac{\partial \pi_1}{\partial G} \\ &= 4,20 - 39610 \cdot 0,37 \cdot 10^{-3} \pi_1 (1 - \pi_1) = 3,00 \end{aligned} \quad (38)$$

hvor vi har brukt utvalgsgjennomsnittet for  $\pi_1$ . Resultatet viser at den totale effekten av kaldere uteklime er høyere energiforbruk.

Inntekten har også en direkte og indirekte virkning på det betingede energiforbruket. Den direkte virkningen er gitt ved

$$\frac{\partial EX_j}{\partial Y} = \hat{\beta} = 0,006 \quad (39)$$

De indirekte virkningene kommer gjennom virkningene på lånerenten, areal og isolasjon. Det kan lett vises at de totale virkningene av inntekten på den betingede energietterspørselen - betinget av porteføljevalget - er lik  $g(Y)$  definert i (21). Estimaten gir dermed følgende resultat for den totale inntektsderiverte i den betingede energietterspørselen. ( $Z_{21}$  og  $Z_{22}$  i (21) er henholdsvis areal og isolering).

$$\begin{aligned} \frac{dEX_j}{dY} &= g(Y, j) = 134,3 \cdot 8,6 \cdot 10^{-5} - 39610 \cdot 0,42 \cdot 10^{-5} (1 - \pi_1) \pi_1 \\ &+ 0,006(1 + 8,5 \cdot 10^{-8} Q_j) + \hat{\beta}_j \end{aligned} \quad (40)$$

I det økonometriske opplegget har vi ignorert at  $g(Y, j)$  er avhengig av porteføljealternativet  $j$ . Spørsmålet er derfor i hvilken grad  $g(Y, j)$  varierer over alternativene  $j=1, 2, 3, 4, 5$ . For middelveier på  $\pi_1$  og  $Q_j$  får vi anslag på den totale inntektsderiverte i den betingede energietterspørselen som referert i tabell 6.

**Tabell 6. Total inntektsvirkning på den betingede energietterspørselen etter oppvarmingsalternativ**

| Oppvarmingsalternativ     | Inntektsderivert $g(Y, j)$ |
|---------------------------|----------------------------|
| Elektrisitet              | $3,929 \cdot 10^{-3}$      |
| Ved                       | $3,924 \cdot 10^{-3}$      |
| Elektrisitet + olje       | $3,925 \cdot 10^{-3}$      |
| Elektrisitet + ved        | $3,927 \cdot 10^{-3}$      |
| Elektrisitet + olje + ved | $3,924 \cdot 10^{-3}$      |

Vi ser at de inntektsderiverte i de betingede etterspørselsrelasjonene praktisk talt ikke varierer over alternativene. Det at variasjonen er så svak understøtter forutsetningen foran om at  $g(Y, j)$  er tilnærmet uavhengig av alternativet. Den totale

inntektsderiverte er om lag 0.004 og er altså lavere enn den direkte effekten på 0,006.

I det økonometriske opplegget har vi forutsatt at  $g'(Y) \approx 0$ . Av (37) og (40) får vi

$$g'(Y) = -39610 \cdot (0,42)^2 \cdot 10^{-10} \Pi_j (1 - \Pi_j) (1 - 2 \Pi_j),$$

som for gjennomsnittsverdier i datamaterialet gir

$$g'(Y) = 469 \cdot 10^{-10} = 0.000000047.$$

Forutsetningen om at  $g'(Y) \approx 0$  ser dermed ut til å være en rimelig forutsetning.

Bruker vi middelverdier for energiforbruket (13027 kWh) og inntekt (298 000 kr) i 1990 får vi følgende to inntektselastisiteter i de betingede etterspørselsrelasjonene:

$$\text{Direkte betinget inntektselastisitet} = \frac{\partial EX_j}{\partial Y} \frac{Y}{EX_j} = \frac{0,006 \cdot 298000}{13027} = 0,14 \quad (41)$$

$$\text{Total betinget inntektselastisitet} = \frac{dEX_j}{dY} \frac{Y}{EX_j} = \frac{0,004 \cdot 298000}{13027} = 0,09. \quad (42)$$

Den ubetingede forventede totale energietterspørselen er gitt ved

$$EX = \sum_{j=1}^5 \pi_j E[X|j] = \sum_{j=1}^5 \pi_j EX_j, \quad (43)$$

der  $\pi_j$  er gitt i (26) og estimert i tabell 4.  $EX_j$  er gitt ved

$$EX_j = W_j + \beta Y + Z_2 a + \alpha P_j. \quad (44)$$

Den totale inntektsderivate i den ubetingede energietterspørselen er

$$\frac{dEX}{dY} = \sum_{j=1}^5 \left( \frac{\partial \pi_j}{\partial Y} EX_j + \frac{\partial EX_j}{\partial Y} \pi_j \right). \quad (45)$$

Den partielt deriverte  $\frac{\partial EX_j}{\partial Y}$  i den ubetingede etterspørselen er lik den totalderiverte i den betingede etterspørselen, dvs.

$$\frac{\partial EX_j}{\partial Y} = g(Y, j) \approx g(Y). \quad (46)$$

Det er rett frem å vise at

$$\frac{\partial \Pi_j}{\partial Y} = \Pi_j \left[ (\beta_{r_1} Q_j + \beta_j) - \sum_{k=1}^5 (\beta_{r_1} Q_k + \beta_k) \Pi_k \right]. \quad (47)$$

Setter vi inn fra (46) og (47) i (45), får vi

$$\frac{dEX}{dY} = g(Y) + \sum_{j=1}^5 \Pi_j (\beta_{r_1} Q_j + \beta_j) (EX_j - EX). \quad (48)$$

Setter vi inn for  $g(Y) \approx 0.004$  og for estimatene for  $\beta_{r_1}$  og  $\beta_j$ , får vi følgende uttrykk for inntektselastisiteten i den ubetingede energietterspørselen

$$\frac{dEX}{dY} \frac{Y}{EX} = \frac{0,004Y}{EX} + \sum_{j=1}^5 \Pi_j (0,51 \cdot 10^{-9} Q_j + \hat{\beta}_j) Y \left( \frac{EX_j}{EX} - 1 \right). \quad (49)$$

Anslag på denne elastisiteten er gitt i tabell 7.

Vi har brukt den estimerte modellen til å simulere verdier for energiforbruket. I simuleringene har vi latt husholdningsinntekten variere fra kr 100 000 til kr 400 000. Alle andre inntektsuavhengige, eksogene variable har vi holdt konstant lik verdiene for utvalgsgjennomsnittene. Simuleringsresultatene er vist i tabell 7.

*Tabell 7. Simuleringsresultater ved estimering av areal, isolasjonssannsynlighet og ubetinget forventet totalt energiforbruk. Inntekts- og priselastisiteter.*

| Inntekt: 10 <sup>5</sup><br>kr (1989 kr) | Simulert<br>areal i m <sup>2</sup> | Simulert<br>sanns. for<br>isolering av<br>vegger | Simulert ube-<br>tinget forventet<br>totalt energifor-<br>bruk i kWh | Total<br>ubetinget<br>inntekts-<br>elastisitet | Priselas-<br>tisitet |
|--|------------------------------------|--|--|--|----------------------|
| 1,0                                      | 102,4                              | 0,83   | 12 770   | 0,03   | -0,47                |
| 2,0                                      | 111,0                              | 0,88   | 12 488   | 0,05   | -0,48                |
| 2,98 <sup>4</sup>                        | 119,4                              | 0,92   | 12 755   | 0,08   | -0,47                |
| 4,0                                      | 128,1                              | 0,95   | 13 481   | 0,10   | -0,44                |

I figur 2 viser vi energiforbruk til oppvarmingsformål beregnet på grunnlag av husholdningens totale energiforbruk jfr. Energiundersøkelsen 1990 og estimerte andeler til oppvarmingsformål. Videre viser figuren simulert energiforbruk til oppvarming ved bruk av vår modell til å forklare dette formålsfordelte energiforbruket. Figuren gjenspeiler at vi har en føyningskoeffisient på bare 0,21. Det simulerte forbruket er mer konsentrert rundt gjennomsnittsverdien enn det beregnede forbruket til oppvarming er.

<sup>4</sup> Gjennomsnittsinntekten for husholdningene.

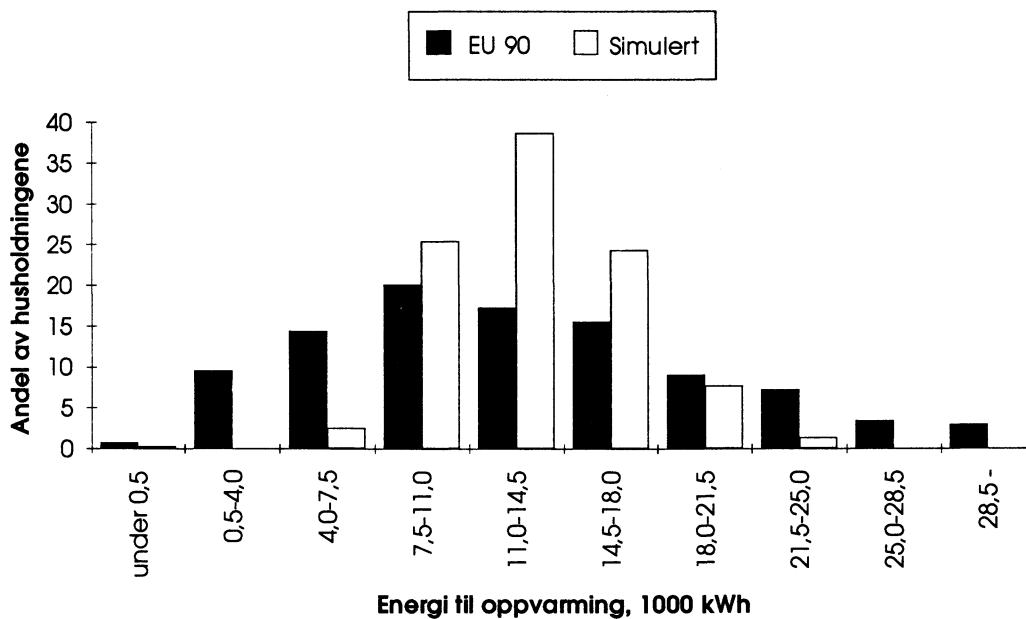
Estimatet knyttet til boligens alder, se tabell 9, viser at energiforbruket er høyere jo eldre boligen er. Estimatet på koeffisienten knyttet til energipris viser at energiforbruket blir lavere jo høyere energiprisen er. Den direkte prisderiverte er gitt ved

$$\frac{dEX_j}{dP_j} = -181,24. \quad (50)$$

I tabell 7 er priselastisiteten beregnet for ulike husholdningsinntekter. Priselastisiteten varierer i liten grad med inntekten.

Tabell 9 viser at seleksjonsvariabelen ikke er signifikant. Det betyr at vi ikke finner noen signifikante sammenhenger mellom uobserverte egenskaper ved husholdningen ( $\eta$ ) og uobserverte kvaliteter ved porteføljevalget ( $\epsilon_k$ ).  $\beta$  er imidlertid et viktig bindeledd mellom porteføljevalget og kapasitetsutnyttningen.

**Figur 2.** Energiforbruk til oppvarming, jfr. Energiundersøkelsen 1990 (EU90) og estimerte oppvarmingsandeler, og simulert energiforbruk til oppvarming, 1990



**Tabell 8. Areal og isolering**

| Forklaringsvariabler  | Areal*    |           | Isolasjon**          |           |
|-----------------------|-----------|-----------|----------------------|-----------|
|                       | Estimater | t-verdier | Estimater            | t-verdier |
| Konstantledd          | 61,1      | 11,7      | -                    | -         |
| Husholdningsstørrelse | 10,2      | 7,6       | -                    | -         |
| Inntekt***            | 8,6       | 7,0       | 0,42                 | 3,59      |
| Graddager             | -         | -         | $0,37 \cdot 10^{-3}$ | 3,64      |

\* Estimert med OLS

\*\* Estimert med LOGIT

\*\*\* Inntekt er kronebeløp  $\cdot 10^{-5}$ .

**Tabell 9. Energiforbruk, gitt porteføljevalg\***

| Forklaringsvariabler | Estimater** | t-verdier |
|----------------------|-------------|-----------|
| Konstantledd         | 21854,7     | 3,13      |
| Predikert areal      | 134,3       | 5,90      |
| Predikert isolasjon  | -39 610,8   | -3,81     |
| Graddager            | 4,20        | 8,38      |
| Boligens alder       | 200,89      | 3,67      |
| Energipris           | -181,24     | -3,49     |
| Log $\pi_i$          | 217,93      | 0,69      |
| R <sup>2</sup>       | 0,21        |           |

\* Venstresidevariabel er  $X_j - W_j - \beta Y$ .

\*\* OLS-estimer



## 6. Konklusjon

Etterspørselen etter energi til oppvarmingsformål er blitt estimert ut fra en modell som forutsetter at husholdningene kan velge mellom 5 oppvarmingsporteføljer. Gitt valget av oppvarmingsporteføljer blir kapasitetsutnyttningen - dvs. energiforbruket - bestemt. Data er for husholdninger som anskaffet seg bolig i årene 1970-1990. Kapasitetsutnyttningen refererer seg til 1990.

Resultatene viser en energiprisfølsomhet av moderat styrke, elastisiteten for en gjennomsnittshusholdning er beregnet til  $-0,46$ , på linje med makropriselastisiteter. Inntektselastisiteten for en gjennomsnittshusholdning er relativt lav og viser at energiforbruket kan øke langt mindre enn proporsjonalt med inntekten. I tolkningen av disse resultatene er det viktig å være oppmerksom på at langt flere variable enn pris og inntekt inngår i modellen, og noen av disse variablene er nært korrelert med inntekt. Det vil derfor være feilaktig å gi prognoser for energiforbruket ut fra opplysninger om fremtidige verdier på pris og inntekt alene.

I det videre arbeidet med energianalyser bør en prøve ut alternative funksjonsformer på den indirekte nyttefunksjonen. Bedre data for isolering, kapitalkostnader, priser, prisforventninger og disponible inntekter i husholdningene, vil være viktig å få tilgang til. Dessuten kan det være av interesse å studere overganger mellom ulike oppvarmingsteknologier, gitt et opprinnelig valg. Til dette trenger en paneldata. I Aaheim og Nesbakken (1993) gjøres det rede for behov for energidata blant annet i forbindelse med analyser av den typen som er utført her.

## Referanser

**Cappelen, Å. og S. Longva (1987):** "MODAG A; A medium-term macroeconomic model of the Norwegian economy". In Bjerkholt, O. og J. Rosted (eds.) 1987: *Macroeconomic Medium-Term Models in the Nordic Countries*, North Holland, Amsterdam.

**Dagsvik, J.K., L. Lorentsen, Ø. Olsen og S. Strøm (1987):** "Residential Demand for Natural Gas". In Golombek, R., M. Hoel and J. Vislie. (eds.) 1987: *Natural Gas Markets and Contracts*, North-Holland, Amsterdam.

**Dubin, J.A. og D.L. McFadden (1984):** "An Econometric Analysis of Residential Electric Appliance Holdings and Consumption", *Econometrica*, Vol 52, no.2.

**Goett, A. (1979):** "A Structural Logit Model of Appliance Investment and Fuel Choice", *Cambridge Systematics/West Working Paper*.

**Hanemann, M. (1984):** "Models of Consumer Demand", *Econometrica*, Vol 52, no 3.

**Ljones, A. (1984):** "Energiundersøkelsen 1983". Rapport 84/20, Statistisk sentralbyrå, Oslo.

**Ljones, A., R. Nesbakken, S. Sandbakken og A. Aaheim (1992):** "Energibruk i husholdningene. Energiundersøkelsen 1990". Rapport 92/2, Statistisk sentralbyrå, Oslo.

**Magnussen, K.A. og T. Skjerpen (1992):** "Consumer Demand in MODAG and KVARTS". Rapport 92/22, Statistisk sentralbyrå, Oslo.

**McFadden, D. (1973):** "Conditional Logit Analysis of Qualitative Choice Behavior", in "Frontiers in Econometrics", ed. by P. Zarembka, New York, Academic Press.

**Norsk Standard NS3032 (1984):** "Bygningers energi- og effektbudsjett". 1. utgave mai 1984, Norges standardiseringsforbund.

**Rødseth, A. (1985):** "Innføring i konsumentteori". Universitetsforlaget A/S, Oslo.

**Statistisk sentralbyrå (1992a):** "Energistatistikk 1991". NOS 1992, Statistisk sentralbyrå, Oslo.

**Statistisk sentralbyrå (1992b):** "Naturressurser og miljø 1991". Rapport 92/1, Statistisk sentralbyrå, Oslo.

**Vaage, K. (1991):** "Heating Technology and Energy Use". SNF-notat, upublisert.

**Aaheim, A. og R. Nesbakken (1993):** "Data om husholdningers stasjonære energiforbruk." Notat 93/5, Statistisk sentralbyrå, Oslo



**Aasness, J. og B. Holtsmark (1993):** "Consumer demand in MSG-EE". Upublisert notat, Statistisk sentralbyrå, Oslo.

**Aasness, J., E. Biørn og T. Skjerpen (1993):** "Engel functions, panel data and latent variables". Kommer i *Econometrica*.

# Utkommet i serien Rapporter fra Statistisk sentralbyrå etter 1. januar 1992 (RAPP)

*Issued in the series Reports from the Central Bureau of Statistics  
since 1 January 1992 (REP)*

ISSN 0332-8422

- |           |  |           |  |
|-----------|--|-----------|--|
| Nr. 91/18 | Børge Strand: Personlig inntekt, formue og skatt 1980-1989 Rapport fra registerbasert skattestatistikk. 1992-50s. 60 kr ISBN 82-537-3618-5                                   | Nr. 92/10 | Pasientstatistikk 1990. 1992-73s. 90 kr ISBN 82-537-3654-1   |
| - 91/19   | Arne S. Andersen: Familiesituasjon og økonomi En sammenlikning av husholdningers levestandard. 1992-70s. 80 kr ISBN 82-537-3627-4  | - 92/11   | Jan Lyngstad: Økonomiske levekår for barnefamilier og eldre 1970-1986. 1992-80s. 90 kr ISBN 82-537-3660-6  |
| - 92/1    | Naturressurser og miljø 1991 Energi, luft, fisk, skog, jordbruk, kommunale avløp, avfall, miljøindikatorer Ressursregnskap og analyser. 1992-154s. 100 kr ISBN 82-537-3651-7 | - 92/12   | Odd Frank Vaage: Kultur- og mediebruk 1991. 1992-64s. 95 kr ISBN 82-537-3673-8   |
| - 92/1A   | Natural Resources and the Environment 1991. 1992-159s. 100 kr ISBN 82-537-3668-1   | - 92/13   | Offentlig forvaltning i Norge. 1992-72s. 90 kr ISBN 82-537-3674-6  |
| - 92/2    | Arne Ljones, Runa Nesbakken, Svein Sandbakken og Asbjørn Aaheim: Energibruk i husholdningene Energiundersøkelsen 1990. 1992-106s. 90 kr ISBN 82-537-3629-0                   | - 92/14   | Else Helena Flittig: Folketrygden Utviklingen fra 1967 til 1990. 1992-52s. 90 kr ISBN 82-537-3675-4  |
| - 92/3    | Knut Moum (red.): Klima, økonomi og tiltak (KLØKT). 1992-97s. 90 kr ISBN 82-537-3647-9   | - 92/15   | Lasse Sigbjørn Stambøl: Flytting og utdanning 1986-1989 Noen resultater fra en undersøkelse av innenlandske flyttinger på landsdelsnivå og utdanning. 1992-73s. 90 kr ISBN 82-537-3682-7 |
| - 92/4    | Totalregnskap for fiske- og fangstnæringen 1986-1989. 1992-34s. 75 kr ISBN 82-537-3633-9   | - 92/16   | Petter Jakob Bjerve: Utviklingshjelp til offisiell statistikk i Bangladesh. 1992-22s. 75 kr ISBN 82-537-3683-5   |
| - 92/5    | Tom Granseth: Hotelløkonomi og overnattinger En analyse av sammenhengen mellom hotellenes lønnsomhet og kapasitetsutnyttning mv. 1992-53s. 90 kr ISBN 82-537-3635-5          | - 92/17   | Anne Brendemoen, Solveig Glomsrød og Morten Aaserud: Miljøkostnader i makroperspektiv. 1992-46s. 75 kr ISBN 82-537-3684-3  |
| - 92/6    | Liv Argel: Informasjonen om Folke- og bolig telling 1990 i massemediene. 1992-68s. 90 kr ISBN 82-537-3645-2  | - 92/18   | Ida Skogvoll: Folke- og bolig telling 1990 Dokumentasjon av kontroll- og opprettingsregler for skjemarkjerner. 1992-48s. 75 kr ISBN 82-537-3694-0  |
| - 92/7    | Ådne Cappelen, Tor Skoglund og Erik Storm: Samfunnsøkonomiske virkninger av et EF-tilpasset jordbruk. 1992-51s. 75 kr ISBN 82-537-3650-9                                     | - 92/19   | Ida Skogvoll: Folke- og bolig telling 1990 Dokumentasjon av kodeopp- legget i Folke- og bolig telling 1990. 1992-27s. 75 kr ISBN 82-537-3695-9   |
| - 92/8    | Finn Gjertsen: Dødelighet ved ulykker 1956-1988. 1992-127s. 100 kr ISBN 82-537-3652-5  | - 92/20   | Tor Arnt Johnsen: Ressursbruk og produksjon i kraftsektoren. 1992-35s. 75 kr ISBN 82-537-3696-7  |
| - 92/9    | Kommunehelsetjenesten Årsstatistikk for 1990. 1992-56s. 90 kr ISBN 82-537-3653-3   | - 92/21   | Kurt Åge Wass: Prisindeks for ny enebolig. 1992-43s. 75 kr ISBN 82-537-3734-3  |
|           |  | - 92/22   | Knut A. Magnussen and Terje Skjerpen: Consumer Demand in MODAG and KVARTS. 1992-73s. 90 kr ISBN 82-537-3774-2  |

- |           |   |          |   |
|-----------|---|----------|---|
| Nr. 92/23 | Skatter og overføringer til private<br>Historisk oversikt over satser mv.<br>Årene 1975-1992. 1992-70s. 90 kr<br>ISBN 82-537-3778-5                           | Nr. 93/6 | Leif Andreassen, Truls Andreassen,<br>Dennis Fredriksen, Gina Spurkland og<br>Yngve Vogt: Framskrivning av<br>arbeidsstyrke og utdanning<br>Mikrosimuleringsmodellen MOSART 1<br>(Under utgivelse)    |
| - 92/24   | Pasientstatistikk 1991. 1992-76s. 90 kr<br>ISBN 82-537-3780-7   | - 93/7   | Anders Barstad: Omfordeling og<br>endring av miljøproblemer på bostedet<br>(Under utgivelse)  |
| - 92/25   | Astrid Busengdal og Ole O. Moss:<br>Avfallsstatistikk Prøveundersøkelse for<br>kommunalt avfall og gjenvinning.<br>1992-37s. 75 kr<br>ISBN 82-537-3782-3      | - 93/8   | Odd Frank Vaage: Feriereiser 1991/92.<br>1993-44s. 75 kr ISBN 82-537-3831-5   |
| - 92/26   | Nils Øyvind Mæhle: Kryssløpsdata og<br>kryssløpsanalyse 1970-1990.<br>1993-230s. 140 kr<br>ISBN 82-537-3783-1   | - 93/9   | Erling Holmøy, Bodil M. Larsen og<br>Haakon Vennemo: Historiske<br>brakerpriser på realkapital.<br>1993-63s. 90 kr ISBN 82-537-3832-3   |
| - 92/27   | Terje Erstad og Per Morten Holt:<br>Selskapsbeskatning Analyse og<br>statistikk. 1992-118s. 100 kr<br>ISBN 82-537-3786-6                                      | - 93/10  | Runa Nesbakken: Energiforbruk til<br>oppvarmingsformål i husholdningene<br>(Under utgivelse)  |
| - 92/28   | Terje Skjerpen og Anders Rygh<br>Swensen: Estimering av dynamiske<br>utgiftssystemer med feiljusterings-<br>mekanismer. 1992-60s. 90 kr<br>ISBN 82-537-3792-0 | - 93/11  | Bodil M. Larsen: Vekst og<br>produktivitet i Norge 1971-1990.<br>1993-44s. 75 kr ISBN 82-537-3837-4   |
| - 92/29   | Charlotte Koren og Tom Kornstad:<br>Typehusholdsmodellen ODIN.<br>1993-34s. 75 kr ISBN 82-537-3797-1  | - 93/12  | Resultatkontroll jordbruk 1992.<br>1993-79s. 90 kr ISBN 82-537-3835-8   |
| - 92/30   | Karl Ove Aarbu: Avskrivningsregler<br>og leiepriser for kapital<br>1981-1992. 1993-50s. 75 kr<br>ISBN 82-537-3807-2   | - 93/13  | Odd Frank Vaage: Mediebruk 1992.<br>1993-38s. 75 kr ISBN 82-537-3854-4  |
| - 93/1    | Naturressurser og miljø 1992.<br>1993-144s. 115 kr<br>ISBN 82-537-3844-7  | - 93/14  | Kyrre Aamdal: MAKKO - En modell<br>til analyse av kommunal ressursbruk<br>og tjenesteyting (Under utgivelse)  |
| - 93/1A   | Natural Resources and the<br>Environment (Under utgivelse)  | - 93/15  | Olav Bjerkholt, Torgeir Johnsen og<br>Knut Thonstad: Muligheter for en<br>bærekraftig utvikling. Analyser på<br>World Model. 1993-64s. 90 kr<br>ISBN 82-537-3861-7                                    |
| - 93/2    | Anne Brendemoen: Faktoretterspørsmål<br>i transportproduserende sektor.<br>1993-49s. 75 kr ISBN-82-537-3814-5   | - 93/16  | Tom Langer Andersen, Ole Tom<br>Djupskås og Tor Arnt Johnsen:<br>Kraftkontrakter til alminnelig forsyning<br>i 1992 Priser, kvantum og<br>leveringsbetingelser. 1993-42s. 75 kr<br>ISBN 82-537-3864-1 |
| - 93/3    | Jon Holmøy: Pleie- og<br>omsorgstjenesten i kommunene 1989.<br>1993-136s. 100 kr<br>ISBN 82-537-3811-0  | - 93/17  | Steinar Strøm, Tom Wennemo og Rolf<br>Aaberge: Inntektsulikhet i Norge<br>1973-1990 (Under utgivelse)   |
| - 93/4    | Magnar Lillegård: Folke- og<br>boligtelling 1990 Dokumentasjon av<br>de statistiske metodene. 1993-48s. 90<br>kr ISBN 82-537-3818-8                           | - 93/18  | Kjersti Gro Lindquist: Empirical<br>Modelling of Exports of Manufactures:<br>Norway 1962-1987 (Under utgivelse)   |
| - 93/5    | Audun Langørgen: En økonometrisk<br>analyse av lønnsdannelsen i Norge.<br>1993-48s. 100 kr ISBN 82-537-3819-6   | - 93/19  | Knut Røed : Den selvforsterkende<br>arbeidsledigheten om hystereseeffekter<br>i arbeidsmarkedet (Under utgivelse)   |

Pris kr 75,00

Publikasjonen utgis i kommisjon hos Akademika - avdeling for offentlige publikasjoner, Oslo, og er til salgs hos alle bokhandlere.



9 788253 738369

ISBN 82-537-3836-6  
ISSN 0332-8422