

## 8. Efterspørgslen efter produktionsfaktorer

Erhvervenes efterspørgsel efter produktionsfaktorer – dvs. bygningskapital, maskinkapital, arbejdskraft, energi og materialer – er modelleret i et samlet system, idet faktorefterspørgslen bestemmes ud fra omkostningsminimering givet en "bagvedliggende" produktionsfunktion. Ligningerne for maskinkapital (og -investeringer), arbejdskraft, energi og materialer er beskrevet i afsnit 8.1 og 8.2, mens estimationsresultater og -teknik er beskrevet i afsnit 8.3.1 og 8.3.2. Ligninger og estimationsteknik for bygningskapital og -investeringer er beskrevet i afsnit 8.3.3. Afsnit 8.4 beskriver bestemmelsen af arbejdstiden i modellen, mens afsnit 8.5 beskriver bestemmelsen af arbejdsudbud og ledighed. I afsnit 8.A gennemgås datakonstruktionen i faktorefterspørgselssystemet, særligt hvad kapitalomkostninger (usercost) angår, samt nogle koblinger fra faktorefterspørgslen over til resten af modellen. Afsnit 8.B indeholder nogle uddybende matematiske udledninger vedrørende afsnit 8.2.1.

På langt sigt afhænger faktorefterspørgslen af produktionen, faktorpriserne samt nogle faktor-effektiviteter ("produktiviteter"). Hvad de sidste angår, er der til hver produktionsfaktor knyttet et effektivitetsindeks, som måler omfanget af ikke-indbyggede faktorudvidende tekniske fremskridt knyttet til den pågældende faktor; det kunne fx være i form af en opfindelse (maskinkapital) eller forøget uddannelse (arbejdskraft). Produktion, faktorpriser og faktoreffektiviteter virker på langt sigt, som følger:

- En øget produktion vil give en proportional stigning i efterspørgslen efter hver af produktionsfaktorerne
- En forøgelse af prisen på en af produktionsfaktorerne vil give en substitution bort fra denne og hen imod en eller flere af de andre
- En forøgelse af effektiviteten af en af produktionsfaktorerne gør det muligt at bruge mindre af både produktionsfaktoren selv og af de andre produktionsfaktorer

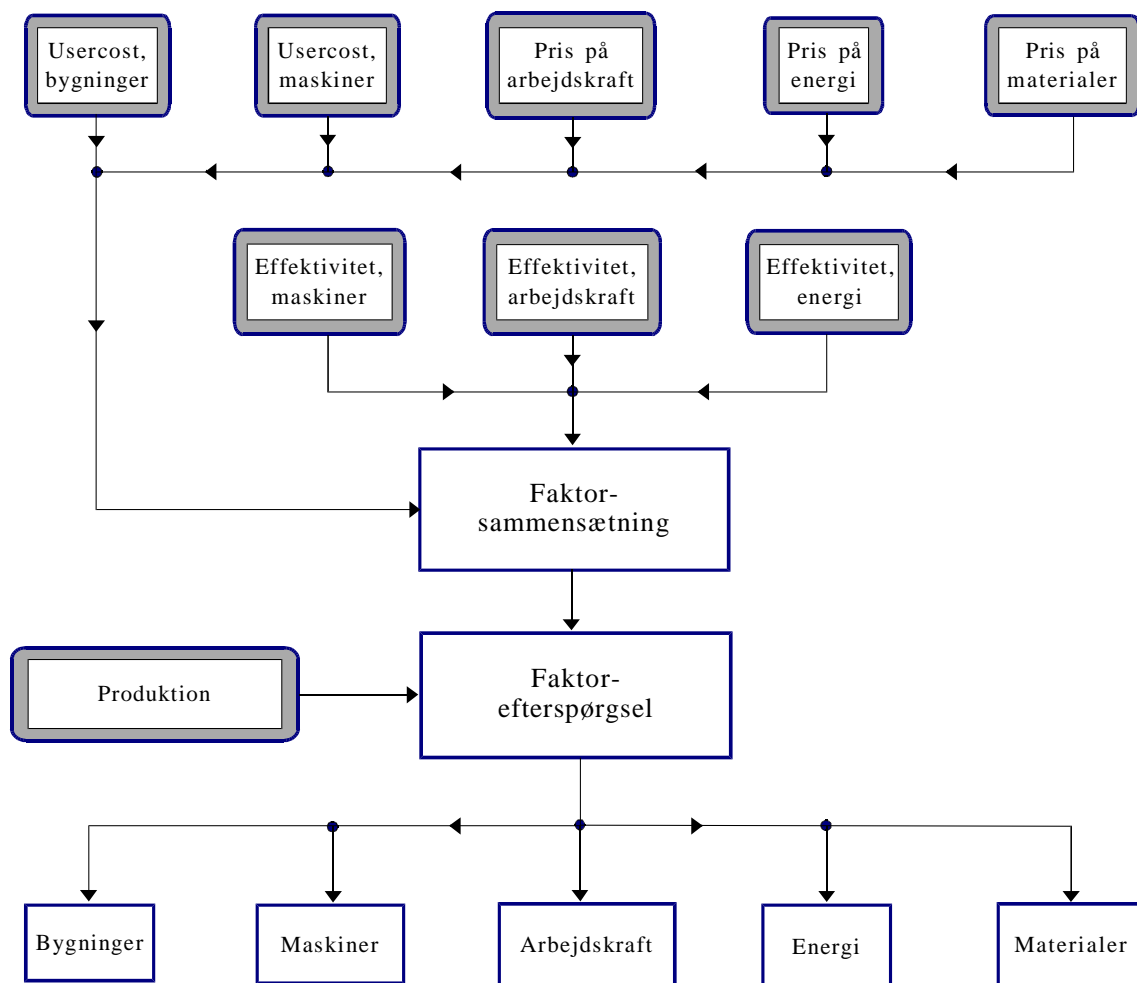
I figur 8.1 vises en oversigt over den langsigtede faktorefterspørgsel i ADAM.

Hvad de eksogene variabler angår, afhænger *usercost* (kapitalomkostninger) på bygninger og maskiner grundlæggende af renten og investeringspriserne, mens *prisen på arbejdskraft* svarer til timelønnen.<sup>1</sup> *Energiprisen* afhænger grundlæggende af de internationale energipriser samt af eventuelle energiafgifter på erhvervene. *Materialeprisen* bestemmes af import- og sektorpriser og følger den generelle indenlandske prisudvikling ganske tæt. *Produktionen* er bestemt af efterspørgslen efter indenlandsk producerede varer. Effektivitetsindeksene er eksogene variabler, som brugeren selv kan fastlægge.

---

<sup>1</sup>Konkret kan ADAMs usercost lidt simplificeret skrives op som  $P_K = P_I (i - R(P_I)^e + \delta)$ , hvor  $P_I$  er investeringsprisen,  $i$  den nominelle rente,  $R(P_I)^e$  den forventede inflation i investeringsprisen og  $\delta$  den fysiske afskrivningsrate. Opfatter man  $[i - R(P_I)^e]$  som en forventet realrente, kan man altså sige, at ADAMs usercost er givet som investeringsprisen multipliceret med realrente plus afskrivningsrate.

Figur 8.1. Faktorefterspørgslen på langt sigt



Hvad de endogene variabler angår, bestemmer *bygnings- og maskinkapitalen* de tilsvarende bygnings- og maskininvesteringer, og disse investeringer er meget centrale i konjunkturudviklingen, da investeringerne fluktuerer betydeligt mere end fx privatforbruget. Hertil kommer, at investeringerne er ganske rentefølsomme og derfor også af betydning for modellens crowding-out-egenskaber. Efterspørgslen efter *arbejdskraft* – i faktorefterspørgselssystemet opgjort som det samlede antal præsterede arbejdstimer – bestemmer beskæftigelsen og dermed (sammen med arbejdsudbuddet, jf. afsnit 8.5) ledigheden, som er helt central for løndannelsen og konkurrenceevnen. Beskæftigelse og ledighed er endvidere af betydning for indkomstdannelsen i modellen – for beskæftigelsens vedkommende for bestemmelsen af lønsummer og for ledighedens vedkommende for bestemmelsen af overførselsindkomster. Erhvervenes *energiforbrug* er af betydning for betalingsbalancen, men påkalder sig desuden stor selvstændig interesse i forbindelse med den energirelaterede luftforurening.

Ud over de ovennævnte koblinger til andre dele af modellen er faktorefterspørgslen også central for *sektorpriserne*, som på langt sigt bestemmes af erhvervenes samlede omkostninger pr. produceret enhed (enhedsomkostninger), jf. afsnit 9.2.

## 8.1. Oversigt og egenskaber

Faktorefterspørgslen bygger på en produktionsfunktion af følgende type (hvor der her er set bort fra effektivitetsindeks (tekniske fremskridt)):

$$Y = F(K, L, E, M) \quad (8.1)$$

hvor  $Y$  er produktionen, og hvor  $K$  står for kapitalapparat (både bygnings- og maskinkapital),  $L$  for arbejdskraft,  $E$  for energi og  $M$  for materialer. Der er i ADAM antaget konstant skalaafkast i produktionsfunktionen, hvilket indebærer, at produktionen stiger med 1%, hvis indsatsen af alle produktionsfaktorerne stiger med 1%.

Priserne på produktionsfaktorerne kaldes  $P_K$ ,  $P_L$ ,  $P_E$  og  $P_M$ , og ved at minimere de samlede omkostninger,  $C = P_K K + P_L L + P_E E + P_M M$ , med ovenstående produktionsfunktion som bibetingelse får man følgende langsigtede faktorefterspørgselsfunktioner:

$$\begin{aligned} K^* &= K(Y, P_K, \dots, P_M) \\ &\vdots \\ M^* &= M(Y, P_K, \dots, P_M) \end{aligned} \quad (8.2)$$

Antagelsen om konstant skalaafkast betyder, at efterspørgslen efter hver af produktionsfaktorerne på langt sigt stiger med 1%, hvis produktionen stiger med 1% (og faktorpriser og effektivitetsindeks er uforandrede), mens virkningen af ændrede faktorpriser (faktorsubstitutionen) fremgår af følgende oversigt:

**Tabel 8.1. Langsigtede priselasticiteter i faktorefterspørgselssystemet**

Mængde	Pris	Usercost, bygninger	Usercost, maskiner	Pris på arbejdskraft	Pris på energi	Pris på materialer
Bygningskapital .....		-0.13	0.00	0.00	0.00	0.00
Maskinkapital .....		0.00	-0.33	0.32	0.01	0.00
Arbejdskraft .....		0.00	0.10	-0.10	0.01	0.00
Energi .....		0.03	0.03	0.11	-0.23	-0.02
Materialer .....		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Anm. Egenpriselasticiteterne er markeret med gråtoner (diagonalen). Som følge af en række forenklinger summer elasticiteterne ikke (helt) til nul rækkevis, som de teoretisk set burde – og energiens materialepriselasticitet er heller ikke helt nul, som den burde være.

I tabellen ses fx, at efterspørgslen efter arbejdskraft på langt sigt falder med 0.10%, hvis timelønnen hæves med én procent, mens en sådan lønstigning samtidig får efterspørgslen efter maskinkapital og energi til at stige med 0.32% hhv. 0.11%. Fortolkningen af dette er, at virksomhederne ved en lønstigning vil substituere væk fra den dyrere arbejdskraft og over mod de andre (nu relativt billigere) produktionsfaktorer; her maskinkapital og energi.

Egenpriselasticiteterne ses på diagonalen i tabellen (gråtonede), og de ses at være -0.13 (bygninger), -0.33 (maskiner), -0.10 (arbejdskraft) og -0.23 (energi). Materialeanvendelsen er ikke prisfølsom, svarende til en egenpriselasticitet på nul. Elasticiteterne

er ikke voldsomt store, men de er dog store nok til at være af væsentlig betydning i både fremskrivninger og simulationseksperimenter.

### Tekniske fremskridt

Som nævnt tidligere opereres der i ADAM med effektivitetsindeks, som knytter sig til de enkelte produktionsfaktorer, dvs. (ikke-indbyggede) *faktorudvidende* tekniske fremskridt. Introduktionen af effektivitetsindeks betyder, at produktionsfunktionen (8.1) udvides som følger:

$$Y = F(e_K K, e_L L, e_E E, e_M M) \quad (8.3)$$

hvor  $e_i$ 'erne er de enkelte effektivitetsindeks, og hvor funktionsformen  $F(\cdot)$  er den samme som i (8.1). Disse effektivitetsindeks er normeret til at være lig 1 i 1990. Kapitalens effektivitetsindeks,  $e_K$ , repræsenterer de Solow-neutrale (kapitaludvidende) tekniske fremskridt, mens arbejdskraftens effektivitetsindeks,  $e_L$ , repræsenterer de Harrod-neutrale (arbejdskraftudvidende) tekniske fremskridt. Hvis alle effektiviteterne stiger med 1%, svarer det til, at de Hicks-neutrale (ikke-forvridende) tekniske fremskridt stiger med 1%.

Ud fra ovenstående produktionsfunktion ville man måske forvente, at en stigning i et af effektivitetsindeksene på 1% – for givet produktion – blot ville give sig udslag i et helt modsvarende 1% fald i anvendelsen af den pågældende faktor. Dette er imidlertid ikke tilfældet, da noget af effektivitetsfremgangen "bruges" på også at spare på nogle af de *andre* faktorer. I nedenstående tabel ses de langsigtede effekter af at hæve et af effektivitetsindeksene med 1 procent:

**Tabel 8.2. Langsigtet effekt af en stigning i de respektive effektivitetsindeks på 1% (privat sektor)**

	Vækst i eff.indeks	Maskiner	Arbejdskraft	Energi
<i>Mængde</i>				
Maskinkapital .....		-0.67	-0.32	0.06
Arbejdskraft.....		-0.10	-0.89	0.05
Energi.....		-0.03	-0.11	-0.92

Anm. Effekten på en faktor af at hæve dens *egen* effektivitet med 1% er markeret med gråtoner (diagonalen). Som følge af en række forenklinger summer effekterne ikke (helt) til minus én rækkevis, som de teoretisk set burde. Bygningskapital og materialer er ikke med i denne tabel, da der ikke er knyttet effektivitetsindeks til disse (jf. figur 8.1).

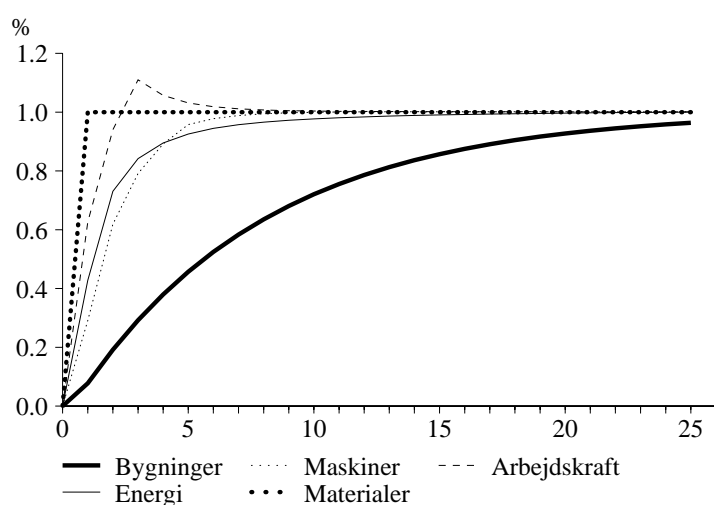
Hæves maskinkapitalens effektivitet med 1% (fx som følge af opfindelsen af en bedre maskine), falder efterspørgslen efter maskinkapital på langt sigt med 0.67% og ikke med 1%, som man måske ville vente. Dette skyldes, at noget af kapitalapparatets effektivitetsfremgang bruges til også at spare på arbejdskraften, idet efterspørgslen efter denne også falder (dog kun med 0.10%); effektivitetsstigningen formindsker således de *effektive* (effektivitetskorrigerede) usercost, hvilket inducerer en modsatrettet substitutionseffekt (jf. evt. afsnit 8.2.1 for detaljer). Hæves alternativt arbejdskraftens effektivitet med 1% (fx som følge af forøget efteruddannelse), ville man kunne klare sig med 0.89% mindre arbejdskraft – og 0.32% færre maskiner. Energiforbruget reduceres

også, når maskinkapitalens eller arbejdskraftens effektivitet forøges, og forøges energiforbrugets egen effektivitet med 1%, er der en næsten modsvarende effekt på energiforbruget selv, som falder med 0.92%.<sup>2</sup>

### Dynamisk tilpasning

På kort sigt er der ikke fuldstændig tilpasning til de langsigtede niveauer, bl.a. som følge af tilpasningsomkostninger, usikkerhed og leveringstider. Alle de ovenfor beskrevne egenskaber er således langsigtede egenskaber, som ikke slår igennem lige med det samme, og stiger produktionen fx med 1%, vil anvendelsen af produktionsfaktorerne – bortset fra materialer – stige med *mindre* end 1% i det første år, som det fremgår af figur 8.2.

**Figur 8.2. Effekt af en stigning i produktionen på 1 procent (privat sektor)**



Hvis man her forestiller sig, at bygnings- og maskinkapital er træge produktionsfaktorer, ville man teoretisk set forvente, at en eller flere af de andre faktorer kompenserede for træghederne ved at stige med *mere* end 1% på kort sigt. Som det ses af figuren, er dette tilfældet for arbejdskraften, der på 3-5 års sigt stiger med op til 1.11%, men som det også ses, er der i de to første år *ingen* af produktionsfaktorerne, som stiger med mere end 1%. Det er et empirisk faktum, at arbejdskraften på helt kort sigt ændres med mindre end 1%, når produktionen stiger med 1%, og forklaringen er, at arbejdskraften i et sådant eksperiment må antages at blive mere effektiv på helt kort sigt, svarende til, at de ansatte løber hurtigere for at imødekomme den forøgede produktion. Således er arbejdskraften – korrigeret for denne løben-hurtigere – rent faktisk også på helt kort sigt større end sit langsigtede niveau. Denne kortsigtede "labour-hoarding"-effekt antages at udspille sig i løbet af to år, således at lønmodtagerne i år tre er tilbage ved "normalt" arbejdstempo. I det tredje år er arbejdskraftforbruget således 1.11% større end i udgangssituationen, idet virksomhederne på det tidspunkt – hvor medarbejderne ikke længere løber hurtigere – er nødt til at kompensere for det "manglende" kapitalapparat ved at ansætte mere arbejdskraft, end der er brug for på langt sigt.

<sup>2</sup>At der bruges (lidt) *mere* maskinkapital og arbejdskraft, når energieffektiviteten forøges, ser umiddelbart lidt pudsigt ud, men hænger sammen med, at det blev valgt at foretage en række forenklinger i formuleringen af faktorefterspørgselssystemet, jf. senere i afsnit 8.2.1 og 8.B.

Energiforbruget ses også at reagere trægt på produktionsændringer, mens materialeforbruget reagerer med én til én allerede i det indeværende år. Tabel 8.3 svarer til figur 8.2.<sup>3</sup>

**Tabel 8.3. Effekt af en stigning i produktionen på 1 procent (privat sektor)**

% ændring i	1. år	2. år	3. år	4. år	5. år	Langt sigt
Bygningskapital .....	0.08	0.19	0.29	0.38	0.46	1.00
Maskinkapital .....	0.29	0.62	0.79	0.89	0.96	1.00
Arbejdskraft .....	0.63	0.94	1.11	1.06	1.03	1.00
Energi .....	0.43	0.73	0.84	0.89	0.93	1.00
Materialer .....	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

### Investeringer

Bygnings- og maskininvesteringer bestemmes ud fra kapitalapparaterne, idet (brutto)investeringerne er lig ændringen i kapitalapparatet (dvs. nettoinvesteringerne) plus fysiske afskrivninger:

$$I = D(K) + \delta K_{-1}, \quad \delta > 0 \quad (8.4)$$

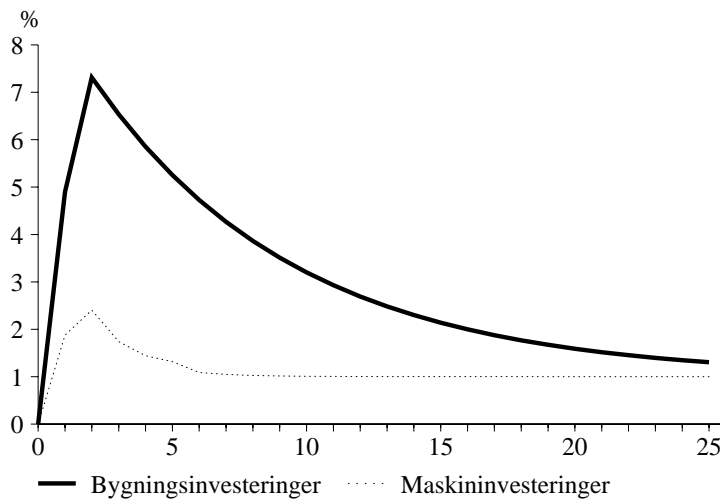
hvor  $I$  er investeringerne og  $\delta$  er den fysiske afskrivningsrate. Hvis man forestiller sig, at  $K$  tilpasser sig til det langsigtede/ønskede kapitalapparat,  $K^*$  (også ofte kaldet  $K^0$ ), ifølge "kapitaltilpasningsprincippet", fås  $K$  som

$$K = \lambda K^* + (1-\lambda) K_{-1}, \quad 0 < \lambda < 1 \quad (8.5)$$

hvor  $\lambda$  er tilpasningshastigheden. Hvis produktionen stiger med 1% vil  $K^*$  som følge af antagelsen om konstant skalaafkast også stige med 1%, men grundet den træge kapitaltilpasning (8.5) stiger  $K$  kun med  $\lambda\%$  i det første år. Ændringen i investeringerne er i det første år givet som ændringen i kapitalapparatet (se (8.4)), og da niveauet for kapitalapparatet er meget større end investeringsniveauet, stiger investeringerne procentuelt meget mere end kapitalapparatet – og typisk også meget mere end produktionen, med mindre tilpasningshastigheden i (8.5) er meget lav. I den følgende figur vises det, hvordan modellens bygnings- og maskininvesteringer påvirkes af at hæve produktionen med 1%:

<sup>3</sup>At energiforbruget reagerer trægt på produktionsændringer skyldes formentlig, at en stor del af erhvervenes energiforbrug går til opvarmning, som ikke på kort sigt følger produktionen, men snarere følger størrelsen af bygningskapitalapparatet (som er lang tid om at tilpasse sig, jf. figuren).

**Figur 8.3. Effekt på bygnings- og maskininvesteringer af en stigning i produktionen på 1% (privat sektor)**



For begge typer investeringsgoder ligger den maksimale effekt i det andet år, hvor effekten er godt 7½% på bygningsinvesteringerne og 2½% på maskininvesteringerne. På langt sigt er effekten 1% for begge investeringstyper, da nettoinvesteringerne på det tidspunkt er som i udgangssituationen, mens ændringen i (brutto)investeringerne udelukkende afspejler de større afskrivninger afledt af, at kapitalapparatet på langt sigt er blevet 1% større, jf. figur 8.2 eller tabel 8.3.

### Virkninger af ændret arbejdstid

Arbejdstiden i ADAMs faktorefterspørgselssystem virker på den måde, at en 1% stigning i arbejdstiden på langt sigt giver et fuldstændigt modsatrettet fald i beskæftigelsen på 1%, således at det samlede antal præsterede arbejdstimer er uforandret.

På kort sigt (det første år) reduceres medarbejderstaben imidlertid kun med ca. 1/2%, når arbejdstiden forøges med 1%, fordi der er store omkostninger forbundet med at ansætte og (i dette tilfælde) afskedige arbejdskraft, hvorfor tilpasningen til den langsigtede beskæftigelseseffekt (–1%) fordeles ud over et par år. Fra og med år tre er førnævnte "labour-hoarding"-effekt væk, svarende til at medarbejderstaben på det tidspunkt er blevet den ene procent mindre.

Det skal nævnes, at arbejdstidsnedsættelser forløber helt spejlvendt, således at en arbejdstidsnedsættelse på 1% giver ca. 1/2% flere beskæftigede i det første år, stigende til den fulde effekt på 1% på langt sigt.

## 8.2. Teoretisk grundlag

Faktorefterspørgselssystemet er baseret på en såkaldt "nestet" CES-produktionsfunktion (Constant Elasticity of Substitution) med konstant skalaafkast og nestningsstruktur  $((KL)E) - M$ , hvor  $K$  står for maskinkapital,  $L$  for arbejdskraft,  $E$  for energi og  $M$  for materialer. Nestningsstrukturen betyder, at materialerne er i-o bestemte (ikke pris-

følsomme), mens  $E$  antages at være separabel fra  $K$  og  $L$ , hvilket vil sige, at *forholdet* mellem  $K$  og  $L$  ikke påvirkes af energipriserne, jf. evt. det teoretiske afsnit 8.B. Bygningskapitalen er ikke en integreret del af "faktorblokken", men modelleres i en særskilt relation, som er beskrevet i afsnit 8.3.3.<sup>4</sup>

På *langt sigt* er faktorefterspørgslen som tidligere nævnt (jf. evt. figur 8.1) bestemt af faktorpriserne og produktionen, samt af nogle eksogene effektivitetsindeks (tekniske fremskridt). På *kort sigt* tilpasses faktorefterspørgslen – bortset fra materialeforbruget – ikke fuldstændigt til de langsigtede niveauer, da der er trægheder i produktionsprocessen, jf. figur 8.2 og tabel 8.3 i afsnit 8.1. Nedenfor i afsnit 8.2.1 beskrives det teoretiske grundlag for den *langsigtede* faktorefterspørgsel, mens den *kortsigtede* dynamiske tilpasning beskrives i afsnit 8.2.2.

### 8.2.1. Faktorefterspørgslen på langt sigt

Som nævnt i afsnit 8.1 baserer faktorefterspørgslen sig på en produktionsfunktion af følgende type:

$$Y = F(e_K K, e_L L, e_E E, e_M M) \quad (8.6)$$

hvor funktionsformen  $F(\cdot)$  er den samme som i (8.1), og hvor  $e$ 'erne er (ikke-indbyggede) faktorudvidende effektivitetsindeks – normeret til at være lig 1 i 1990. Det kan nemt vises, at omkostningsminimering med (8.6) som bibetingelse giver følgende faktorefterspørgsler:<sup>5</sup>

$$\begin{aligned} K^* &= \frac{1}{e_K} K \left( Y, \frac{P_K}{e_K}, \dots, \frac{P_M}{e_M} \right) \\ &\vdots \\ M^* &= \frac{1}{e_M} M \left( Y, \frac{P_K}{e_K}, \dots, \frac{P_M}{e_M} \right) \end{aligned} \quad (8.7)$$

hvor faktorefterspørgselsfunktionerne  $K(\cdot)$ ,  $L(\cdot)$ ,  $E(\cdot)$  og  $M(\cdot)$  er de samme som tidligere (8.2). Ved fx at gange  $e_K$  over på venstresiden i ligningen for  $K^*$  ses det, at efterspørgslen efter kapital i *effektive* enheder,  $e_K K^*$ , reagerer på faktorpriserne divideret med deres respektive effektivitetsindeks, dvs.  $P_K/e_K$ ,  $P_L/e_L$ ,  $P_E/e_E$  og  $P_M/e_M$ . Disse udtryk kan man fortolke som effektivitetskorrigerede faktorpriser, idet de udtrykker, hvad produktionsfaktorerne koster, efter at man har taget hensyn til, hvor effektive de er.<sup>6</sup>

<sup>4</sup>Vedrørende faktorblokkens "udviklingshistorie" henvises til et kommende modelgruppepapir, som vil give en kort oversigt over denne.

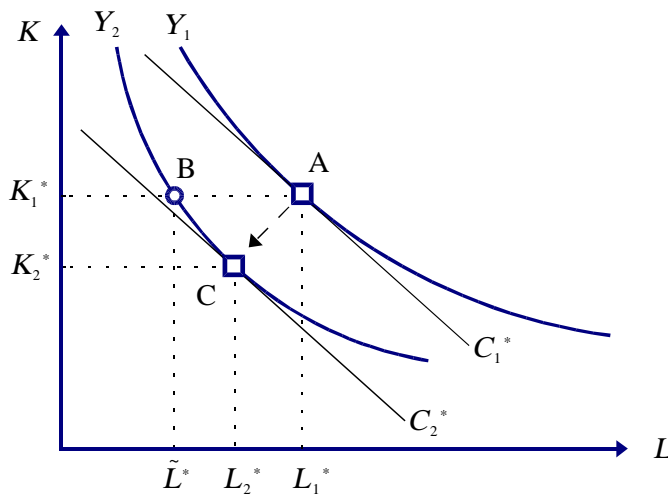
<sup>5</sup>Se evt. Modelgruppepapir KTH 7. december 1993 eller Thomas Thomsen: *Efterspørgslen efter produktionsfaktorer i Danmark*, Hovedopgave, Københavns Universitet, Økonomisk Institut, 1994.

<sup>6</sup>Formuleringen indebærer, at effekten på  $L$  af fx at hæve  $e_L$  med 1% er  $-(1+\epsilon_{LL})\%$ , mens effekten på  $K$  er  $-\epsilon_{KL}\%$ , hvor  $\epsilon_{LL}$  er  $L$ 's egenpriselastisitet og  $\epsilon_{KL}$  er  $K$ 's elasticitet mht.  $P_L$ . Dette stemmer pænt overens med tabel 8.1 og 8.2, hvor fx de  $-0.89$  i tabel 8.2 kan fås som  $-(1-0.10)$ , hvor de  $-0.10$  ( $\epsilon_{LL}$ ) er taget fra tabel 8.1. De  $-0.89\%$  kan således opfattes som værende udgjort af en *direkte* effekt på  $-1\%$  samt en substitutionseffekt på  $+0.10\%$ , jf. senere.



Effekten af at hæve en af faktorernes effektivitet – fx arbejdskraftens – kan illustreres i et isokvantdiagram som det nedenstående:

**Figur 8.4. Isokvantdiagram: illustration af at fordoble arbejdskraftens effektivitet**



I figuren startes der i punktet "A", svarende til isokvanten  $Y_1$ , hvorefter  $L$ 's effektivitet fordobles, svarende til, at hvert punkt på isokvanten rykker (projiceres) halvvejs ind mod  $K$ -aksen (fx fra "A" til "B"). Denne nye isokvant kaldes  $Y_2$ , og da  $L$  er blevet dobbelt så effektiv ses det, at man med den halve indsats af  $L$  ( $\tilde{L}^*$ ) og uforandret  $K$ -indsats ( $K_1^*$ ) ville kunne producere det samme som før. Denne kombination af  $K$  og  $L$  er givet som punkt B i figuren, men det er ikke den omkostningsminimerende kombination af  $K$  og  $L$ , da det vil kunne betale sig at bevæge sig fra B ned til C, hvor hældningen på isokvanten er den samme som i A. Således kan bevægelsen fra A til B benævnes den *direkte* effekt, mens bevægelsen fra B til C kan karakteriseres som *substitutionseffekten*. Omkostningerne i situationen med fordoblet  $L$ -effektivitet er naturligvis blevet mindre, svarende til at  $C_2^*$  ligger under  $C_1^*$ .

Som nævnt tidligere er faktorefterspørgselsligningerne udledt på baggrund af en nestet CES-produktionsfunktion med konstant skalaafkast og nestningsstruktur ( $((KL)E)-M$ ), tilsat effektivitetsindeks af ovennævnte type. Dette giver – sammen med en række forenkende antagelser, som er foretaget af praktiske grunde – følgende faktorligninger:<sup>7</sup>

$$K^* = \frac{\bar{\kappa}_1}{e_K} Y_{\text{BFI}} \cdot \delta_1^{\frac{\sigma_1}{1-\sigma_1}} \left[ \left( \frac{P_L}{P_K} \frac{e_K}{e_L} \right)^{1-\sigma_1} \left( \frac{1-\delta_1}{\delta_1} \right)^{\sigma_1} + 1 \right]^{\frac{\sigma_1}{1-\sigma_1}} \quad (8.8)$$

$$L^* = \frac{\bar{\kappa}_1}{e_L} Y_{\text{BFI}} (1-\delta_1)^{\frac{\sigma_1}{1-\sigma_1}} \left[ \left( \frac{P_K}{P_L} \frac{e_L}{e_K} \right)^{1-\sigma_1} \left( \frac{\delta_1}{1-\delta_1} \right)^{\sigma_1} + 1 \right]^{\frac{\sigma_1}{1-\sigma_1}} \quad (8.9)$$

<sup>7</sup>Se evt. afsnit 8.B, hvor der gås i flere detaljer vedrørende fortolkningen af nestningsstrukturen og det konkrete indhold af forenklingerne.

$$E^* = \frac{\bar{\kappa}_2}{e_E} Y_{\text{BFI}} \left( \frac{P_E}{P_{\text{BFI}}} \right)^{-\sigma_2} \quad (8.10)$$

$$M^* = \bar{\kappa}_3 Y \quad (8.11)$$

- $K^*$  Langsigtet kapitalapparat
- $L^*$  Langsigtet arbejdskraftforbrug
- $E^*$  Langsigtet energiforbrug
- $M^*$  Langsigtet materialeforbrug
- $P_K$  Pris på kapitalapparat (usercost)
- $P_L$  Pris på arbejdskraft (timeløn)
- $P_E$  Energiforbrug
- $P_M$  Materialepris
- $Y$  Produktionsværdi i faste priser
- $Y_{\text{BFI}}$  Bruttofaktorindkomst (BFI) i faste priser,  $Y_{\text{BFI}} \approx Y - E - M$
- $P_{\text{BFI}}$  BFI-deflator; sammenvejet pris på  $K$  og  $L$
- $e_K$  Effektivitet,  $K$
- $e_L$  Effektivitet,  $L$
- $e_E$  Effektivitet,  $E$

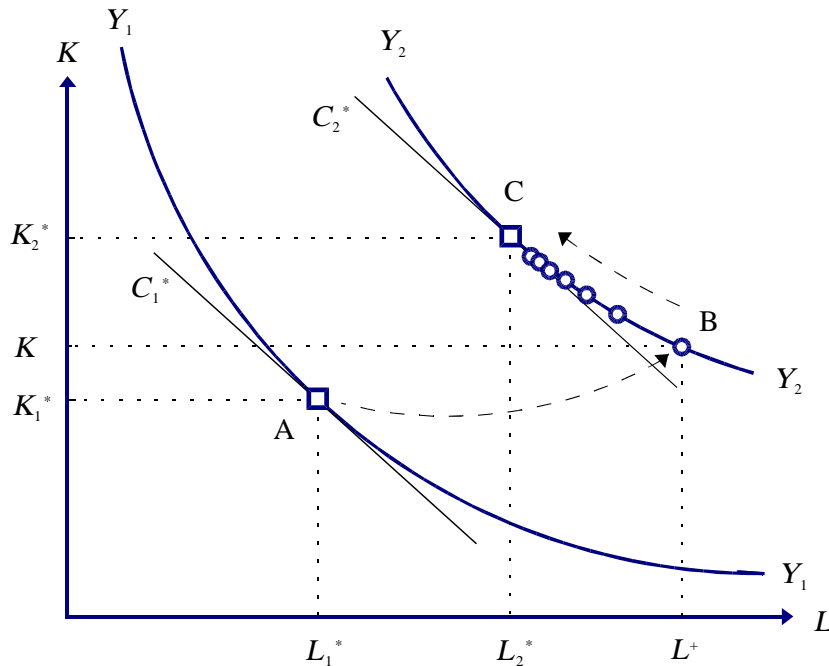
Ligningerne for  $K^*$  og  $L^*$  svarer helt til almindelige to-faktor CES-faktorefterspørgselsligninger med BFI som "produktionsbegreb". I energiligningen ( $E^*$ ) er det også BFI, som indgår som produktionsbegreb, mens det er prisen på BFI,  $P_{\text{BFI}}$ , som indgår som "alternativpris". Ligningen for  $M^*$  siger blot, at materialekøbet følger produktionen,  $Y$ , idet materialekøbet – som det også ses i tabel 8.1 i afsnit 8.1 – ikke er prisfølsomt. I ligningerne for  $K^*$  og  $L^*$  er effektivitetsindeksene introduceret helt ifølge den tidligere nævnte opskrift (8.7), mens  $e_E$  af praktiske grunde kun er introduceret ved at dividere højresiden af  $E$ -ligningen med  $e_E$  uden at introducere  $e_E$  i prisudtrykket. I materialeligningen opereres der ikke med effektivitetsindeks.

Ligningssystemet (8.8)-(8.11) kan som nævnt tidligere opfattes som en forenkling af den teoretiske model (se evt. afsnit 8.B for detaljer), og en af de umiddelbare fordele ved (8.8)-(8.11) er, at ligningerne for  $K^*$  og  $L^*$  kan estimeres uafhængigt af de øvrige ligninger. På samme måde kan  $E$ -ligningen estimeres for sig selv, og estimationsteknik har dette vist sig at være en stor fordel.

### 8.2.2. Faktorefterspørgslen på kort sigt

På kort sigt er der ikke fuldstændig tilpasning til de langsigtede niveauer, som følge af installationsomkostninger, usikkerhed, leveringstider osv. Inden for økonomisk teori antager man ofte, at det er *kapitalapparatet*, som bevæger sig trægt på kort sigt, og teoretisk set skulle en sådan træghed i kapitalapparatet udmønte sig i, at en eller flere af de andre (fleksible) produktionsfaktorer kompenserede for trægheden, fx som illustreret i det følgende diagram:

Figur 8.5. Isokvantdiagram: illustration af at fordoble produktionen



I dette diagram – hvor der kun er to produktionsfaktorer,  $K$  og  $L$  – startes i en ligevægtssituation, markeret med "A", svarende til produktionsniveauet  $Y_1$ . Hvis dette produktionsniveau fordobles, fordobles indsatsen af  $K$  og  $L$  også på langt sigt, således at den nye ligevægt befinder sig i "C" på figuren. På kort sigt tilpasser  $K$  sig ikke helt til  $K_2^*$ , så for at muliggøre et produktionsniveau på  $Y_2$  er  $L$  nødt til at kompensere for dette ved at "skyde over" sit langsigtede niveau (punkt B). Dette kortsigtede "nødvendige" niveau kaldes efterfølgende for  $L^+$ , og det ses dels, at  $L^+$  er større end  $L^*$ , og dels at omkostningerne på kort sigt (B) er større end i ligevægt (C), da B ligger over den isokostkurve, som netop tangerer i C (svarende til, at C er det omkostningsminimerende punkt, når  $K$  kan vælges frit). En sådan teoretisk konsistent kortsigtsdynamik (dvs. bevægelsen  $A \rightarrow B \rightarrow C$ ) kaldes ofte for *tredje-generationsdynamik* og indebærer altså bl.a., at omkostningerne er større på kort end på langt sigt.

Kravet om, at virksomhederne altid er "på produktionsfunktionen" – også på kort sigt – indebærer en række teoretiske og fortolkningsmæssige fordele, som gør, at denne tilgang generelt er blevet foretrukket for en såkaldt *anden-generationsdynamik*, hvor tilpasningen fra  $K_1^*$  til  $K_2^*$  hhv.  $L_1^*$  til  $L_2^*$  foregår "ad hoc", fx vha. fejlkorrektionsdynamik (jf. evt. kapitel 4). Formuleret således ville der ikke være nogen garanti for, at de kortsigtede faktorstørrelser befinder sig på isokvanten  $Y_2$ , som de burde ifølge økonomisk teori.

Ideelt set burde  $K$ ,  $L$ ,  $E$  og  $M$  modelleres som et samlet system med tredje-generationsdynamik, men en sådan mulighed blev valgt fra i forbindelse med beslutningen om at forenkle faktorblokken (se evt. ovenstående afsnit 8.2.1 samt afsnit 8.B), så  $K$  og  $L$  kunne estimeres for sig selv, dvs. isoleret fra estimationen af  $E$  (og  $M$ ). I det følgende beskrives derfor først, hvorledes  $K$  og  $L$  tilpasser sig til deres langsigtede niveauer og dernæst  $E$ 's og  $M$ 's dynamiske tilpasning.

### Dynamisk tilpasning af maskinkapital og arbejdskraft ( $K$ og $L$ )

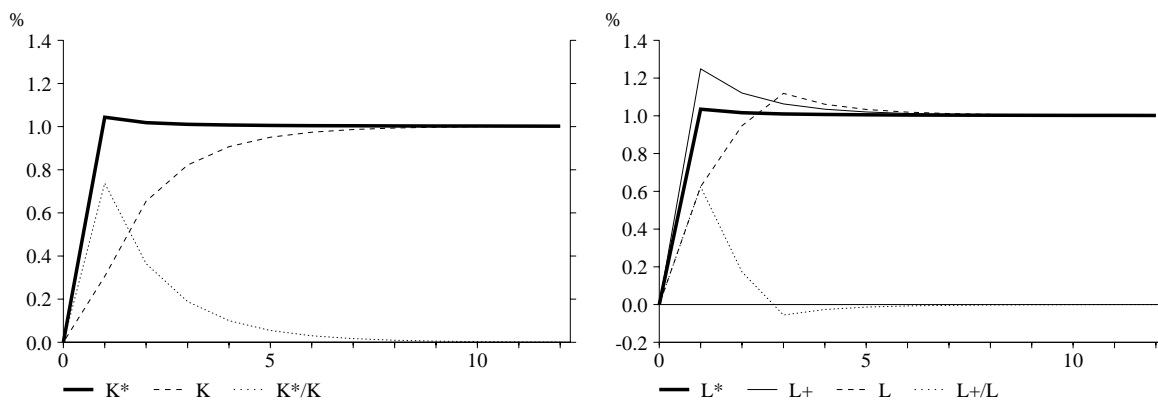
Givet størrelsen af maskinkapitalapparatet,  $K$ , kan det i figur 8.5 benyttede arbejdskraftbegreb – den "nødvendige" arbejdskraft,  $L^+$  – findes ved simpelthen at løse CES-produktionsfunktionen for  $L$ , således at  $L$  bliver en funktion af  $Y_{\text{BFI}}$  og det på forhånd givne  $K$ . Det giver følgende:<sup>8</sup>

$$L^+ = \frac{1}{e_L} \left[ \frac{1}{1-\delta_1} (\bar{\kappa}_1 Y_{\text{BFI}})^{\frac{\sigma_1-1}{\sigma_1}} - \frac{\delta_1}{1-\delta_1} (e_K K)^{\frac{\sigma_1-1}{\sigma_1}} \right]^{\frac{\sigma_1}{\sigma_1-1}} \quad (8.12)$$

Dynamikken for  $K$  og  $L$  i ADAMs faktorblok er nu givet på følgende måde: *først* tilpasses  $K$  mod  $K^*$  (givet ved ligning (8.8)) i en fejlkorrektionsmodel, og *derefter* udregnes  $L^+$  som funktion af bl.a.  $K$  vha. ovenstående ligning (8.12). Økonomisk teori ville nu pege på, at man skulle sætte  $L = L^+$ , hvorved man ville få en dynamik i  $L$  som vist i figur 8.5 (bevægelsen  $A \rightarrow B \rightarrow C$ ). Dette har imidlertid vist sig at være i direkte modstrid med data, som klart peger på, at der er en vis forsinkelse i tilpasningen af  $L$ . Dette modelleres ved at formulere  $L$  som et tre-perioders glidende gennemsnit af  $L^+$ , således at der i et eksperiment som det i figur 8.5 viste først er fuld tilpasning til  $L^+$  i det tredje år (jf. evt. forklaringerne i afsnit 8.1).

Den dynamiske tilpasning af  $K$  og  $L$  bliver da som vist i figur 8.6, hvor produktionen,  $Y$ , hæves med 1%, helt svarende til figur 8.2 i afsnit 8.1.

**Figur 8.6. Dynamisk tilpasning af maskinkapital og arbejdskraft**



For det første ses det, at  $K^*$  og  $L^*$  stiger med lidt mere end 1% i det første år, når  $Y$  stiger med 1%. Dette skyldes blot, at  $Y_{\text{BFI}}$  som følge af trægheden i energiens tilpasning stiger med mere end 1% i det første år. På langt sigt er effekten på både  $K^*$ ,  $L^*$  og  $Y_{\text{BFI}}$  1%, da der er antaget konstant skalaafkast i produktionen.

I den venstre graf ses det, at  $K$  tilpasser sig trægt til  $K^*$ , således at "kapacitetsudnyttelsen" – her målt som  $K^*/K$  – stiger på kort sigt. Dette udmønter sig i, at  $L^+$  i det første år stiger med 1.25% (den højre figur), men som følge af, at  $L$  er formuleret som et tre-års glidende gennemsnit af  $L^+$ , er der ikke i de første to år en tilsvarende

<sup>8</sup>CES-produktionsfunktionen er ligning (8.44) i det teoretiske afsnit 8.B. Løses ligning (8.44) – med  $Y_{KL}$  erstattet af  $Y_{\text{BFI}}$ , og tilsat effektivitetsindeks,  $e_K$  og  $e_L$ , og konstantled,  $\bar{\kappa}_1$  – således for  $L$ , og kaldes dette udtryk for  $L^+$ , fås den viste relation.

"overreaktion" i  $L$ , og forholdet  $L^+/L$  udtrykker, hvor langt vi er fra at "være på produktionsfunktionen" (dvs. isokvanten  $Y_2$  i figur 8.5). En alternativ fortolkning er, at stigningen i  $L^+/L$  udtrykker, hvor meget hurtigere arbejdskraften løber på kort sigt, og det ses af figuren, at denne effekt er ganske stor i de første to år, hvorefter den falder bort fra og med det tredje år.

Matematisk er tilpasningen af  $K$  til  $K^*$  og  $L$  til  $L^+$  givet ved hhv. en fejlkorrektionsmodel og en MA(3)-model, idet tilpasningen i arbejdskraften dog foregår i antal *mand* ( $L/H$ ), hvor  $H$  er den gennemsnitlige arbejdstid pr. mand:

$$D\log(K) = \alpha_1 D\log(K^*) + \alpha_2 [\log(K^*) - \log(K)]_{-1} \quad (8.13)$$

$$\log(L/H) = \beta_1 \log(L^+/H) + \beta_2 \log(L^+/H)_{-1} + \beta_3 \log(L^+/H)_2 \quad (8.14)$$

- $K$  Kapitalapparat
- $K^*$  Langsigtet kapitalapparat
- $L$  Arbejdskraft (timer)
- $L^+$  "Nødvendig" arbejdskraft (timer)
- $H$  Gennemsnitlig arbejdstid (timer pr. mand)

hvor  $\beta_1 + \beta_2 + \beta_3 = 1$ . Begge ligninger er desuden estimeret med en AR(1)-proces i restleddene for at tage hensyn til den autokorrelation, som fejlkorrektionsformuleringen og MA(3)-processen ikke kan beskrive.<sup>9</sup>

Kapitaltilpasningen (8.13) er en helt almindelig fejlkorrektionsmodel (jf. evt. kapitel 4). Parameteren  $\alpha_1$  beskriver førestårseffekten på  $K$  af en stigning i  $K^*$ , og  $\alpha_2$  beskriver med hvilken hastighed resten af tilpasningen forløber. Ligningen kan opfattes som en generalisering af lærebøgernes sædvanlige partielle "kapitaltilpasningsligning" (jf. afsnit 8.1), som den også vil reducere til, hvis  $\alpha_1 = \alpha_2$ .

I arbejdstkrafttilpasningen (8.14) er både  $L$  og  $L^+$  divideret med arbejdstiden,  $H$ , således at den dynamiske tilpasning som nævnt foregår i antal mand ( $L/H$ ) og ikke i antal præsterede arbejdstimer ( $L$ ). For uændret arbejdstid er det naturligvis ligegyldigt, om man formulerer dynamikken i mand eller arbejdstimer, men arbejdstiden har historisk ændret sig en hel del, og teoretisk set må man formode, at træghederne i arbejdskraften knytter sig til antallet af *medarbejdere* (snarere end til antallet af præsterede arbejdstimer).<sup>10</sup>

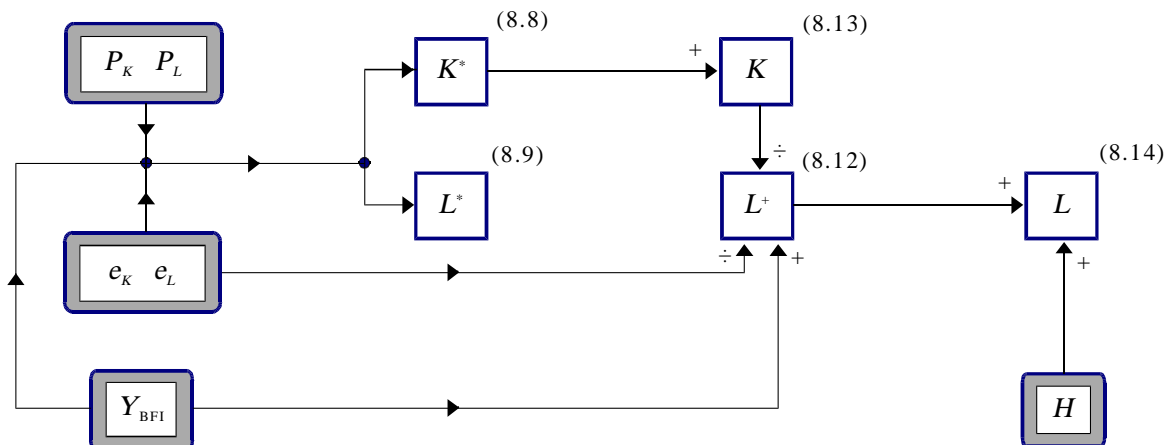
Sammenfattende kan den kortsigtede dynamiske tilpasning af maskinkapital og arbejdskraft illustreres som følger:

---

<sup>9</sup>AR(1)-formuleringen har stor betydning for estimationsresultaterne og har desuden stor betydning for, hvordan modellen reagerer ved overgang fra sidste statistikdækkede år til første simulationsår. Hvis autokorrelationsparametrene i AR(1)-processerne er tæt på 1, er der (næsten) ingen langsigtsammenhæng (ko-integration) mellem  $K$  og  $L$  og de forklarende variable. Manglende ko-integration indebærer, at et temporært stød til  $K$  eller  $L$  vil have *varige* effekter på disse.

<sup>10</sup>Dette skyldes, at der er store omkostninger forbundet med både nyansættelser og afskedigelser, og hvad *arbejdstiden* angår, viser tallene, at den gennemsnitlige arbejdstid ikke er særligt konjunkturafhængig, således at omfanget af (registreret) overarbejde tilsyneladende ikke stiger særligt meget, når produktionen stiger (jf. evt. afsnit 8.4).

Figur 8.7. Faktorefterspørgslen (maskinkapital og arbejdskraft) på kort sigt



På langt sigt er  $L = L^+$ , og da  $L^+$  på langt sigt er lig  $L^*$  (idet  $K = K^*$  på langt sigt), bliver  $L = L^*$  på langt sigt. I ovenstående figur svarer  $K^*$  og  $L^*$  til punkt C i figur 8.5, mens  $K$  og  $L^+$  svarer til punkt B. Begge disse faktorsammensætninger befinder sig på den rigtige isokvant (svarende til, at man er "på produktionsfunktionen" på kort sigt), i modsætning til kombinationen af  $K$  og  $L$ , hvor det implicit antages, at  $L$  på kort sigt bliver mere effektiv, svarende præcis til forskellen mellem  $L$  og det "teoretiske"  $L^+$ .

### Virkninger af ændret arbejdstid

Som dynamikken i arbejdskraften er formuleret, vil en koordineret stigning på 1% i både den "nødvendige" arbejdskraft,  $L^+$ , og i arbejdstiden,  $H$ , give en fuldstændigt tilsvarende stigning i arbejdskraftforbruget,  $L$ , på 1% uden nogen forsinkelse. Dette skyldes, at antallet af *mand* i et sådant eksperiment ville være uforandret, og træghederne knytter sig udelukkende til disse. Hvis  $L^+$  derimod stiger med 1% *uden* en tilsvarende stigning i  $H$ , vil tilpasningen af  $L$  til  $L^+$  forløbe over nogle år, da virksomheden i så fald ville være nødsaget til at nyansætte nye medarbejdere. Stiger arbejdstiden isoleret med 1%, vil dette som nævnt tidligere i afsnit 8.1 have en kortsigtet positiv effekt på ca. 1/2% på arbejdskraftforbruget målt i timer ( $L$ ), da virksomhederne på kort sigt undlader at foretage en fuld modsatrettet justering af medarbejderstaben.

Ovennævnte effekter kan sammenfattes i følgende tabel:

**Tabel 8.4. Virkningen på  $L$  af ændringer i  $L^+$  og  $H$  (privat sektor)**

% ændring i	$L^+$ øges 1%			$H$ øges 1%			$L^+$ og $H$ øges 1%		
	1. år	2. år	3. år	1. år	2. år	3. år	1. år	2. år	3. år
Præsterede timer ( $L$ ) .	0.51	0.81	1.00	0.49	0.19	0.00	1.00	1.00	1.00
Antal mand ( $L/H$ ) .....	0.51	0.81	1.00	-0.51	-0.81	-1.00	0.00	0.00	0.00

Anm. Det skal bemærkes, at når produktionen,  $Y$ , stiger med 1%, stiger  $L^+$  i det første år med 1.25%, jf. figur 8.6. På langt sigt – dvs. når kapitalapparatet har tilpasset sig – er effekten på  $L^+$  1%.

### Dynamisk tilpasning af erhvervenes energi- og materialeforbrug ( $E$ og $M$ )

Teoretisk set burde tilpasningen af  $E$  og  $M$  – ligesom tilpasningen for  $L$ , jf. ovenfor – afspejle uligevægten i den træge produktionsfaktor,  $K$ . Da  $K$  og  $E$  ifølge tabel 8.1 er substitutter, ville man teoretisk set forvente, at  $E$  er større end  $E^*$ , når  $K$  er mindre end  $K^*$ , således at en stigning i  $Y$  på 1% som følge af trægheden i  $K$  burde betyde, at  $E$  på kort sigt stiger med mere end 1% for at kompensere for trægheden i  $K$ . Af tabel 8.1 i afsnit 8.1 kan man desuden se, at der ikke er nogen substitution mellem  $K$  og  $M$ , hvorfor  $M$  teoretisk set altid burde være lig  $M^*$ , uanset afvigelsen mellem  $K$  og  $K^*$ .<sup>11</sup>

I praksis er der for energiens vedkommende set bort fra disse (tredje-generations-) effekter, og der er i stedet estimeret helt almindelige fejlkorrigeringsligninger, hvor  $E$  tilpasser sig trægt til  $E^*$ :

$$\text{Dlog}(E) = \alpha_1 \text{Dlog}(Y_{\text{BFI}}) - \alpha_2 \text{Dlog}\left(\frac{P_E}{P_{\text{BFI}}}\right) - \alpha_3 \text{Dlog}(e_E) + \gamma [\log(E^*) - \log(E)]_{-1} \quad (8.15)$$

I energiligningerne estimeres der desuden en effekt fra antallet af frostdøgn som udtryk for, at der bruges mere energi, jo koldere det er. Se evt. afsnit 8.3.2 for flere detaljer vedrørende energiligningerne.

For materialernes vedkommende er den kortsigtede tilpasning i overensstemmelse med den ovennævnte tredje-generationstilgang, idet materialeforbruget  $M$  antages at følge  $M^*$ , således at  $M$  umiddelbart stiger med 1%, hvis  $M^*$  stiger med 1%.

$$\text{Dlog}(M) = \text{Dlog}(M^*) \quad (8.16)$$

Da  $M^*$  er proportional med  $Y$ , jf. formel (8.11), vil væksten i  $M$  altså blive lig væksten i  $Y$ .<sup>12</sup>

### 8.3. Estimation og forklaringsevne

I dette afsnit gives en kort oversigt over estimationsmetode og forklaringsevne. Faktorefterspørgslens overordnede egenskaber er beskrevet i afsnit 8.1, men da der er estimeret faktorefterspørgselsligninger for hvert af ADAMs 19 erhverv, gives i tabel 8.5 en oversigt over langsigtede egenpriselasticiteter og førsteårs produktionselasticiteter for maskinkapital, arbejdskraft og energiforbrug for hvert enkelt erhverv.

<sup>11</sup>Man kan vise, at en afvigelse mellem  $K$  og  $K^*$  teoretisk set skulle betyde følgende for afvigelsen mellem  $E$  og  $E^*$ :  $\log(E/E^*) \approx \epsilon_{EK}/\epsilon_{KK} \log(K/K^*)$ , hvor  $\epsilon_{EK}$  er  $E$ 's partielle langsigtede priselasticitet mht.  $P_K$  og  $\epsilon_{KK}$  er  $K$ 's langsigtede egenpriselasticitet. Af tabel 8.1 ses det, at  $\epsilon_{EK} = 0.03$  og  $\epsilon_{KK} = -0.33$ , således at hvis  $K$  er 1% mindre end  $K^*$ , vil  $E$  ifølge formlen være  $0.03/0.33 = 0.09\%$  større end  $E^*$ . En tilsvarende sammenhæng gælder naturligvis for  $M$ , men da  $\epsilon_{MK} = 0$ , vil  $M$  ifølge formlen altid være lig  $M^*$ .

<sup>12</sup>Formuleret på denne måde er materialekøbet en ændringsrelation, således at et temporært stød til ligningen vil have varige effekter (fravær af ko-integration). En sådan egenskab er ikke behagelig, men svarer dog fuldstændig til formuleringen af materialeforbruget i tidligere modelversioner.

Tabel 8.5 Oversigt over de enkelte erhverv

Erhverv		Langsigtede egenpriselasticiteter			Substit. elast. $\sigma_1$	1. års produktions-elasticiteter			Andele, (1991), %		
		<i>K</i>	<i>L</i>	<i>E</i>		<i>K</i>	<i>L</i>	<i>E</i>	<i>K</i>	<i>L</i>	<i>E</i>
Landbrug mv. <sup>3</sup>	<i>a</i>	-0.32	-0.14	-0.40	0.47	0.29	0.50	0.09	8	5	9
Råolie m.m. <sup>1</sup>	<i>e</i>	0	0	•	0	0.05	1.00	•	1	0	•
Olieraffinaderier <sup>2</sup>	<i>ng</i>	-0.04	-0.06	0.00	0.10	0.20	0.65	1.00	0	0	•
El, gas og fjernvarme <sup>2</sup>	<i>ne</i>	0	0	0	0	0.20	0.65	1.39	1	1	•
Næringsmidler <sup>3</sup>	<i>nf</i>	-0.49	-0.16	-0.09	0.65	0.23	0.56	0.33	4	3	8
Nydelsesmidler <sup>3</sup>	<i>nn</i>	-0.19	-0.10	-0.23	0.27	0.25	0.62	0.57	1	0	1
Lev. til byggeri <sup>3</sup>	<i>nb</i>	-0.27	-0.14	-0.28	0.36	0.27	0.69	0.50	3	2	6
Jern- og metal <sup>3</sup>	<i>nm</i>	-0.39	-0.09	-0.18	0.49	0.30	0.79	0.46	8	7	5
Transportmidler <sup>3</sup>	<i>nt</i>	-0.35	-0.05	-0.21	0.40	0.24	0.37	0.72	1	1	1
Kemisk <sup>3</sup>	<i>nk</i>	-0.48	-0.21	-0.28	0.68	0.21	0.63	0.66	4	2	5
Anden fremstilling <sup>3</sup>	<i>nq</i>	-0.39	-0.08	-0.18	0.47	0.27	0.68	0.23	4	4	4
Bygge- og anlæg <sup>3</sup>	<i>b</i>	-0.30	-0.08	-0.13	0.38	0.37	0.80	0.42	6	6	4
Handel <sup>3</sup>	<i>qh</i>	-0.16	-0.04	-0.23	0.20	0.52	0.58	0.55	7	11	9
Søtransport <sup>2</sup>	<i>qs</i>	-0.16	-0.24	0.00	0.40	0.20	0.65	1.00	8	1	2
Anden transport mv. <sup>3</sup>	<i>qt</i>	-0.32	-0.16	-0.18	0.46	0.18	0.60	0.38	14	7	21
Finansiell virksomhed <sup>2</sup>	<i>qf</i>	0	0	-0.42	0	0.20	0.65	0.33	4	4	2
Andre tjenesteydende <sup>3</sup>	<i>qq</i>	-0.47	-0.14	-0.37	0.60	0.34	0.58	0.54	18	14	10
Boligbenyttelse <sup>1</sup>	<i>h</i>	0	0	0	0	0.05	1.00	1.00	0	0	0
Offentlige tjenester	<i>o</i>	0	0	-0.18	0	0.00	0.00	1.00	8	31	12
Private		-0.33	-0.10	-0.23	0.43	0.29	0.63	0.43	92	69	88
Alle		-0.29	-0.07	-0.22	0.36	0.26	0.43	0.51	100	100	100

Anm. Private erhverv er summen af alle erhverv undtagen *o*-erhvervet. Substitutionselasticiteten ( $\sigma_1$ ) mellem *K* og *L* i de enkelte erhverv kan fås som minus summen af *K*'s og *L*'s egenpriselasticiteter. Hvad energiforbruget angår, ses der for at undgå dobbeltregning bort fra energiinput i de tre energierhverv, *e*, *ng* og *ne*.

<sup>1</sup> Disse to erhverv er beskrevet helt rudimentært

<sup>2</sup> Disse fire erhverv er estimeret med udgangspunkt i en to-trinsestimation af CES-funktioner med produktionsværdi som produktionsbegreb. Dynamikken er restrikeret og af anden-generationstypen.

<sup>3</sup> Disse 12 erhverv er estimeret med udgangspunkt i CES-funktioner med BFI som produktionsbegreb. Dynamikken er af tredje-generationstypen.

De samlede pris- og produktionselasticiteter for den private sektor som helhed ses i den næstnederste linje i tabel 8.5, og disse elasticiteter kan også genfindes i tabel 8.1 og 8.3 i afsnit 8.1. Substitutionselasticiteten mellem maskinkapital og arbejdskraft,  $\sigma_1$ , er i gennemsnit 0.43 for de samlede private erhverv. Dette gennemsnit dækker over store forskelle for de enkelte erhverv, men samlet er substitutionen – som det også blev nævnt i afsnit 8.1 – forholdsvis beskeden, da substitutionen viser sig at ligge ca. midt imellem Leontief-specialtilfældet ( $\sigma_1 = 0$ ) og Cobb-Douglas-specialtilfældet ( $\sigma_1 = 1$ ).



Det skal bemærkes, at energiinputtet i de energikonverterende og -forsynende *ng*- og *ne*-erhverv ikke regnes med som energiforbrug i tabellens yderste søjle. Dette er for at undgå dobbeltregning af energiforbruget, men der findes særskilte relationer for de to erhvervs eget energiinput, hvorom det specielt bemærkes, at *ne*-erhvervets energiinput på kort sigt stiger med 1.39%, når produktionen stiger med 1%, som følge af at der på kort sigt må tages mindre energieffektive værker i brug.<sup>13</sup>

### 8.3.1. Estimation af maskinkapital og arbejdskraft

Der er estimeret relationer for efterspørgslen efter maskinkapital og arbejdskraft i 16 af ADAMs 19 erhverv, dvs. i alle erhverv undtagen råolie m.m., *e*, boligbenyttelse, *h*, og offentlige tjenester, *o*. Af disse 16 erhverv er de 12 (svarende til 92% af den private beskæftigelse i 1991) estimeret med såkaldt *tredje-generationsdynamik*, dvs. i overensstemmelse med det teoretiske oplæg i afsnit 8.2.2. De resterende 4 erhverv; olieraffinaderier, *ng*, el, gas og fjernvarme, *ne*, søtransport, *qs* og finansiell virksomhed, *qf*, er estimeret med såkaldt *anden-generationsdynamik*, hvor *K* og *L* tilpasser sig direkte til  $K^*$  hhv.  $L^*$  i nogle simple tilpasningsligninger, hvor parametrene er fastsat på forhånd, og som bl.a. er karakteriserede ved, at der ikke er nogen langsigtsammenhæng (ko-integration) mellem *K* og  $K^*$  hhv. *L* og  $L^*$ .<sup>14</sup>

For de 12 tredje-generationserhverv ser estimationsligningerne for erhverv *j* ud som følger (ligningsnumrene for de tilsvarende tidligere viste ligninger er angivet):

$$fK_{j,w} = \frac{\bar{\kappa}_1}{dtfkm_j} fYf_j \cdot \delta_1^{\frac{\sigma_1}{1-\sigma_1}} \left[ \left( \frac{l_j 1}{uim_j} \frac{dtfkm_j}{dthq_j} \right)^{1-\sigma_1} \left( \frac{1-\delta_1}{\delta_1} \right)^{\sigma_1} + 1 \right]^{\frac{\sigma_1}{1-\sigma_1}} \quad (8.17)$$

~(8.8)

$$HQ_{j,n} = \frac{1}{dthq_j} \left[ \frac{1}{1-\delta_1} (\bar{\kappa}_1 fYf_j)^{\frac{\sigma_1-1}{\sigma_1}} - \frac{\delta_1}{1-\delta_1} (dtfkm_j fK_{j,w})^{\frac{\sigma_1-1}{\sigma_1}} \right]^{\frac{\sigma_1}{\sigma_1-1}} \quad (8.18)$$

~(8.12)

$$D\log(fK_{j,w}) = \alpha_1 D\log(fK_{j,w}) + \alpha_2 [\log(fK_{j,w}) - \log(fK_{j,w})]_{-1} + u_k \quad (8.19)$$

~(8.13)

$$\log(HQ_{j,n}/Hgnl) = \beta_1 \log(HQ_{j,n}/Hgnl) + \beta_2 \log(HQ_{j,n}/Hgnl)_{-1} \quad (8.20)$$

$$+ \beta_3 \log(HQ_{j,n}/Hgnl)_{-2} + u_l \quad (8.14)$$

$$dtfkm_j = \exp(\omega_{k1} t + \omega_{k2} t^2 + \omega_{k3} t^3 + \omega_{k4} t^4 + \omega_{k5} t^5) \quad (8.21)$$

$$dthq_j = \exp(\omega_{l1} t + \omega_{l2} t^2 + \omega_{l3} t^3 + \omega_{l4} t^4 + \omega_{l5} t^5) \quad (8.22)$$

<sup>13</sup>Se Modelgruppepapir FKN 29. november 1994.

<sup>14</sup>Desuden bruges der produktionsværdi i stedet for BFI som produktionsbegreb.

$fKm_jw$	Ønsket/langsigtet maskinkapitalapparat ( $K^*$ )
$HQ_jn$	"Nødvendig" arbejdskraft (timer) ( $L^+$ )
$fYf_j$	Bruttofaktorindkomst (BFI) i faste priser ( $Y_{BFI}$ )
$uim_j$	Usercost, maskiner ( $P_K$ )
$l_jl$	Timelønomkostninger ( $P_L$ )
$dtfkm_j$	Effektivitetsindeks, maskinkapital, 1990 = 1 ( $e_K$ )
$dthq_j$	Effektivitetsindeks, arbejdskraft, 1990 = 1 ( $e_L$ )
$fKm_j$	Maskinkapitalapparat ( $K$ )
$HQ_j$	Arbejdskraft (timer) ( $L$ )
$Hgnl$	Gennemsnitlig arbejdstid ( $H$ )
$t$	Tidsvariabel, $t = -1$ i 1958 og $t = 0$ i 1990; $t = (tid - 1990)/32$
$u_k, u_l$	Restled

For at reducere antallet af trendparametre, er der i (8.21) og (8.22) pålagt den restriktion, at vækstraten i effektivitetsindekset i begyndelsen (1958) og slutningen (1990) af estimationsperioden er konstant (jf. evt. den efterfølgende figur 8.8).<sup>15</sup> Formuleringen indebærer, at effektivitetsvækstraten er konstant ("flad") i endepunkterne, hvilket er en fordel, da der ellers kan være en tendens til urealistiske primo- og ultimovækstrater i effektivitetsindeksene. Samtidig er effektivitetsindeksene dog stadig fleksible nok til at fange bevægelserne inden for estimationsperioden, men i adskillige af estimationerne er  $\omega_{k5}$  hhv.  $\omega_{l5}$  dog bundet til at være lig nul, for at dæmpe (urealistiske) sving i effektivitetsudviklingen.<sup>16</sup>

Endelig er tilpasningsligningerne (8.19) og (8.20) som nævnt tidligere begge estimeret med en AR(1)-proces i restleddene for at tage højde for eventuel autokorrelation i restleddene, som ikke kan fanges af de dynamiske specifikationer. AR(1)-processerne er af typen  $u_k = \rho_k u_{k,-1} + \varepsilon_k$  og  $u_l = \rho_l u_{l,-1} + \varepsilon_l$ , og konkret kaldes de to autokorrelationsparametre ( $\rho$ 'er) i modellen for *vrho<sub>k</sub>* hhv. *vrho<sub>l</sub>*; de optræder i modellen som (konstante) tidsserier og fremskrives normalt med deres estimerede værdier.

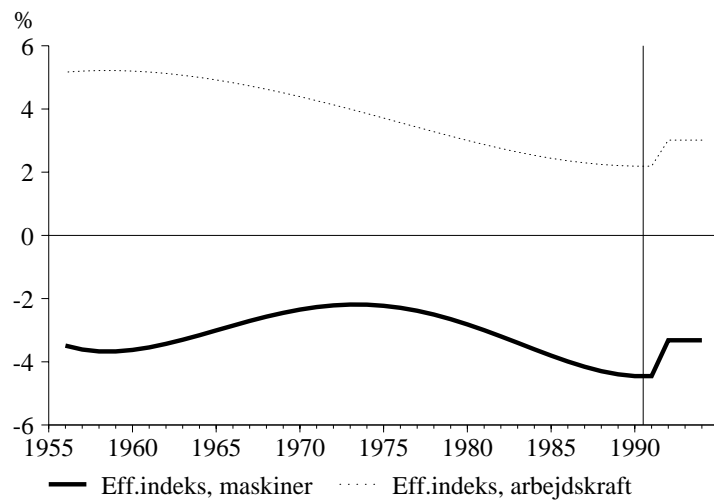
Effektivitetsindeksenes historiske vækstrater fremgår af figur 8.8.

Det ses her, at udviklingen i maskinkapitalens effektivitetsindeks har været permanent negativ igennem hele estimationsperioden, mens udviklingen i arbejdskraftens effektivitet svarer mere til, hvad man på forhånd ville forvente. I fremskrivninger er det op til brugeren selv at fremskrive effektivitetsindeksene, mens de i de foreløbige år (dvs. i figuren årene 1992-94) fremskrives med værdier, som "passer" med de foreløbige tal for  $K$  og  $L$ .<sup>17</sup>

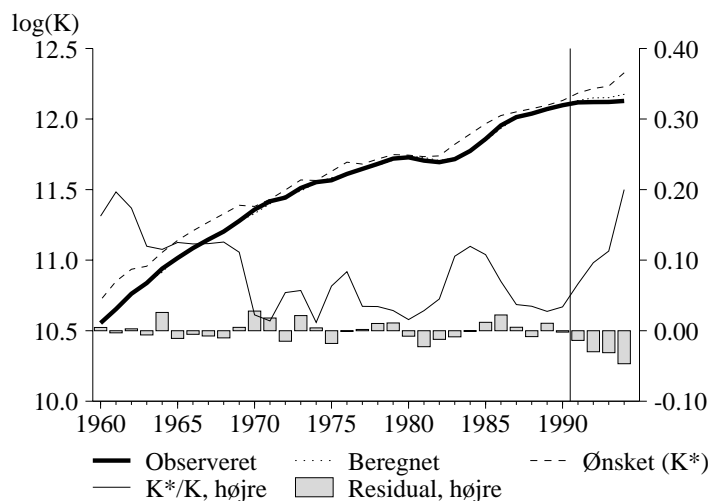
<sup>15</sup>Dette kan formuleres som, at de andenafledede,  $\partial^2 \log(dt fkm_j) / \partial t^2$  og  $\partial^2 \log(dthq_j) / \partial t^2$ , bindes til at være lig nul i 1958 og 1990. Restriktionerne indebærer konkret, at  $\omega_{i2} = 0$  og  $-2 \cdot 3\omega_{i3} + 3 \cdot 4\omega_{i4} - 4 \cdot 5\omega_{i5} = 0$ ,  $i = k, l$ . Se evt. Modelgruppepapir TTH 28. februar 1995 for flere detaljer.

<sup>16</sup>Hvis effektivitetsindeksene formuleres som femtegradspolynomier i tiden, betyder de to endepunktsrestriktioner, at der reelt estimeres tre trendparametre, svarende til at polynomiet har samme grad af fleksibilitet som et almindeligt (urestrikeret) tredje gradspolynomium.

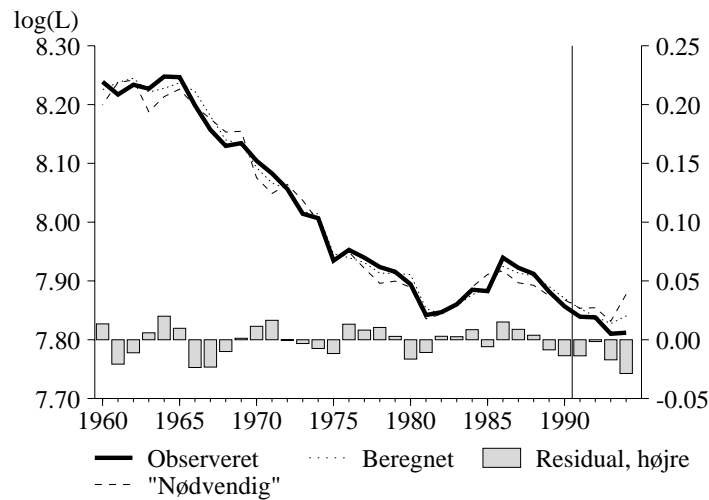
<sup>17</sup>Se Modelgruppepapir TTH 5. september 1995 vedr. foreløbige tal for effektivitetsindeksene. Hvad den historiske udvikling i kapitalapparatets effektivitet angår, kan det historiske fald i effektiviteten måske fortolkes derhen, at de tekniske fremskridt (her opfattet som en slags ekstra produktionsfaktor) og kapitalapparatet er *komplementære*, forstået på den måde, at en opfindelse (et teknisk fremskridt) ikke erstatter maskinerne, men måske netop kræver flere af disse, som opfindelsen så at sige "bygges ind i".

**Figur 8.8. Årlig vækst i effektivitetsindeks, privat sektor**


I figur 8.9 ses det, at  $K^*$  igennem hele estimationsperioden har været større end  $K$ , hvilket også ses af den tynde fuldt optrukne kurve, som viser  $K^*/K$ -forholdet. Dette sidste følger nogenlunde konjunkturerne, og forklaringen er, at en stigende produktion får  $K^*$  til at stige tilsvarende, og da  $K$  kun tilpasser sig langsomt til  $K^*$ , vil  $K^*/K$  i høj grad følge svingene i  $K^*$  (og dermed konjunkturerne). Over en periode med vækst vil  $K^*/K$ -forholdet kunne være permanent større end 1, som følge af at  $K$  hele tiden vil "halte bagefter"  $K^*$ .

**Figur 8.9. Historisk forklaringssevne, maskinkapital, samlet privat sektor**


Anm. Størrelsen af residualerne kan tilnærmelsesvis opfattes som *relative* afvigelser.

**Figur 8.10. Historisk forklaringssevne, arbejdskraft, samlet privat sektor**

Anm. Størrelsen af residualerne kan tilnærmelsesvis opfattes som *relative* afvigelser.

I det følgende gennemgås estimationen af et af erhvervene, nemlig jern- og metalindustrien (*nm*). Estimationen er foretaget vha. LSQ-ordren i TSP 4.3A på ligningerne (8.19) og (8.20), hvor (8.21) og (8.22) først indsættes i (8.17) og (8.18), hvorefter (8.17) indsættes i (8.19) og (8.18) indsættes i (8.20). LSQ-ordren er en maximum likelihood-estimator, som tager hensyn til kovariansen mellem restleddene i *K*- og *L*-ligningerne. Det giver følgende estimationsresultat:<sup>18</sup>

<sup>18</sup>Se Modelgruppepapirer TTH 28. februar 1995 samt JSM og KTH 25. januar 1995 vedrørende estimationerne af de enkelte erhverv.

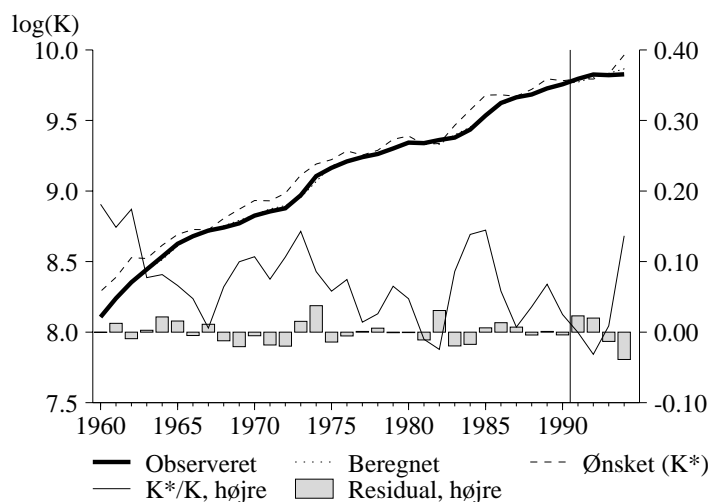
**Tabel 8.6. Estimation af maskinkapital- og arbejdskraftefterspørgsel, *nm*-erhvervet**

Fortolkning af parameter	Parameter	Estimat	Spredning
Substitutionselasticitet	$\sigma_1$	0.4855	0.1234
Fordelingsparameter	$\delta_1$	0.2449	0.0317
Skalaparameter	$\bar{\kappa}_1$	0.9352	0.0139
Trendparameter ( $t$ ), $K$	$\omega_{k1}$	-1.9074	0.6722
Trendparameter ( $t^3$ ), $K$	$\omega_{k3}$	4.0822	3.1041
Trendparameter ( $t^5$ ), $K$	$\omega_{k5}$	0.9527	1.7447
Trendparameter ( $t$ ), $L$	$\omega_{l1}$	-0.2190	0.1861
Trendparameter ( $t^3$ ), $L$	$\omega_{l3}$	6.5234	1.1009
Trendparameter ( $t^5$ ), $L$	$\omega_{l5}$	2.5561	0.6434
Førsteårseffekt, $K$	$\alpha_1$	0.2902	0.0518
Tilpasningshastighed, $K$	$\alpha_2$	0.5311	0.0801
Autokorrelationsparameter, $K$	$\rho_k$	0.5017	0.1822
Førsteårseffekt, $L$	$\beta_1$	0.6671	0.0635
Andenårseffekt, $L$	$\beta_2$	-0.1157	0.0630
Autokorrelationsparameter, $L$	$\rho_l$	0.3391	0.1685

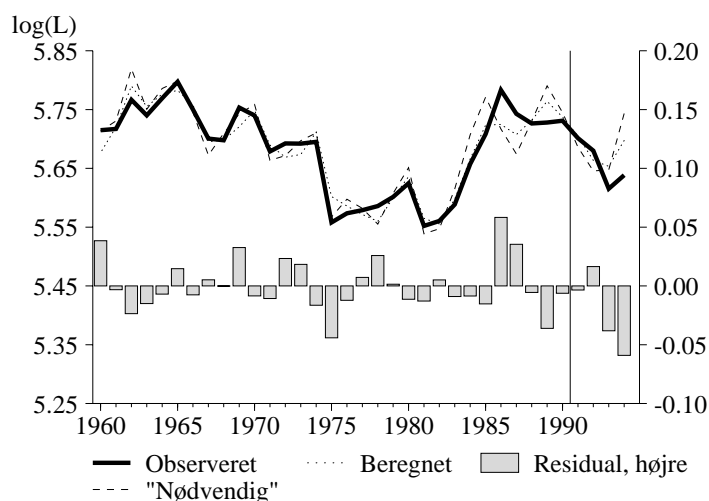
Anm.  $n = 1957-1990$   $s_K = 0.0141$   $R^2_K = 0.9993$   $DW_K = 1.95$   
 $s_L = 0.0211$   $R^2_L = 0.9245$   $DW_L = 1.59$

Bemærk, at både  $K$  og  $L$ , de tilhørende faktorpriser samt produktionen af rent beregningstekniske grunde omskaleres, før der estimeres på dem. Jf. evt. bilagsbindet (bilag 2) for detaljer.

Det skal bemærkes, at der kun estimeres tre trendparametre i hver af  $K$ - hhv.  $L$ -effektiviteterne, da der som nævnt for hvert effektivitetsindeks er pålagt to (endepunkts)-restriktioner – jf. fodnote 15. Desuden skal det bemærkes, at  $\beta_3$  er givet som  $\beta_3 = 1 - \beta_1 - \beta_2$ , da  $\beta$ 'erne skal summe til 1 (se (8.14) eller (8.20)). De statistiske egenskaber ser pæne ud, med en spredning på 1.4% hhv. 2.1% i  $K$ - og  $L$ -ligningerne. Udviklingen i kapacitetsudnyttelsen,  $K^*/K$ , følger konjunkturerne ganske pænt, og der ser ikke ud til at være alvorlige problemer med systematik i residualerne i nogen af de to relationer:

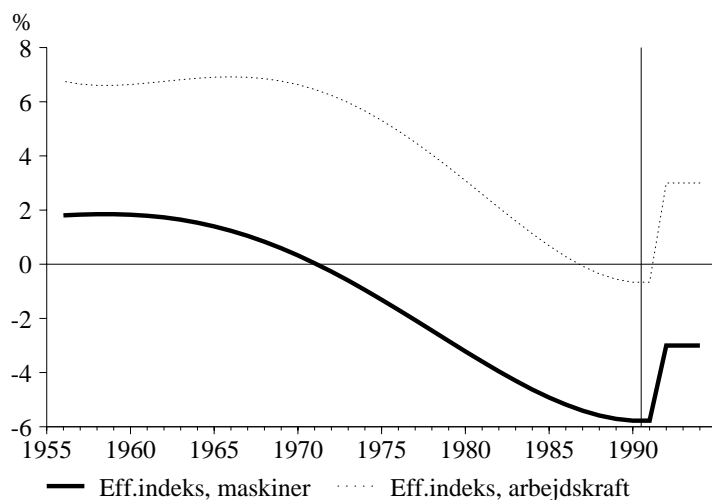
**Figur 8.11. Historisk forklaringsevne, kapitalapparat, *nm*-erhvervet, logaritmer**


Anm. Størrelsen af residualerne kan tilnærmelsesvis opfattes som *relative* afvigelser.

**Figur 8.12. Historisk forklaringssevne, arbejdskraft, *nm*-erhvervet, logaritmer**

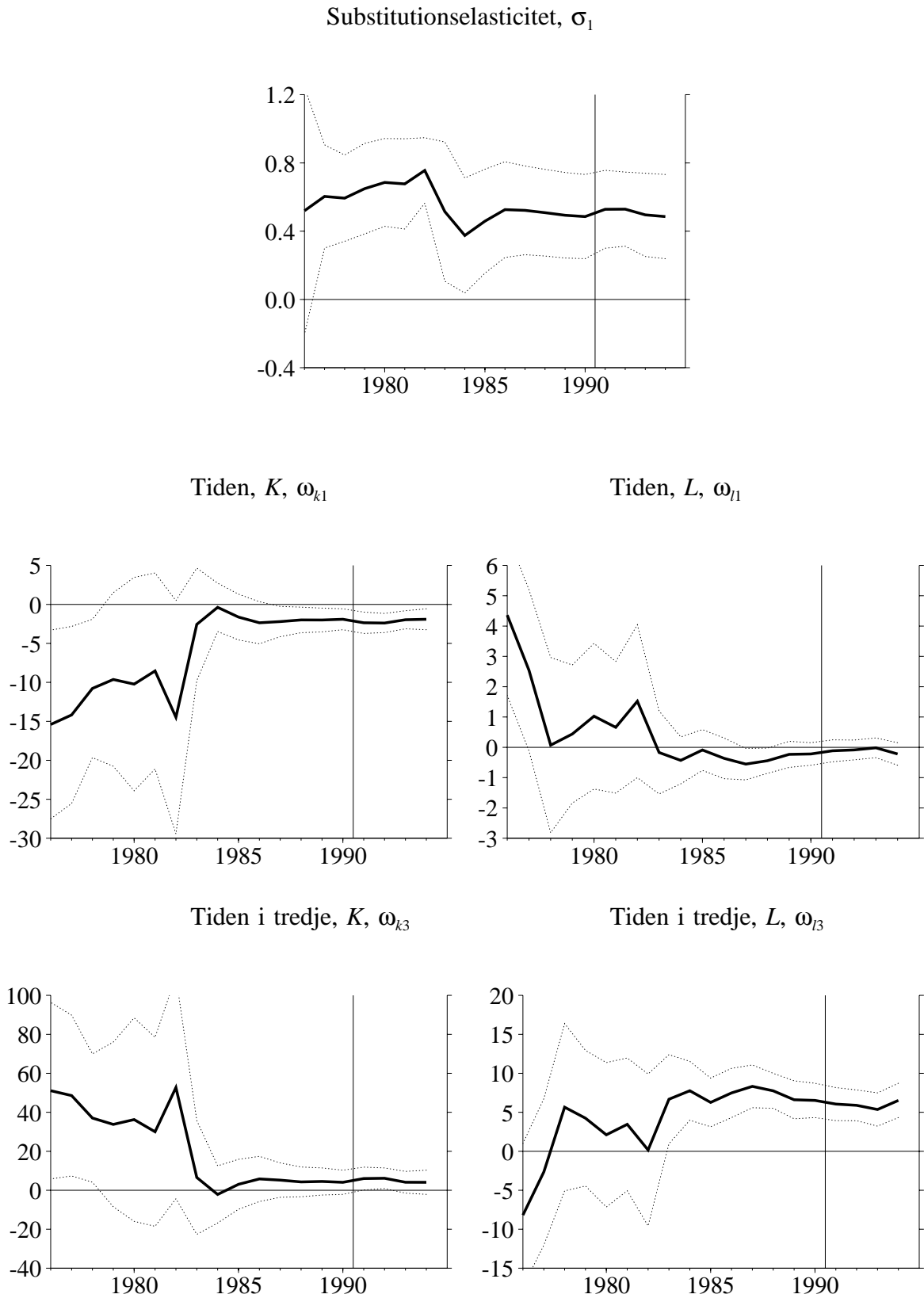
Anm. Størrelsen af residualerne kan tilnærmelsesvis opfattes som *relative* afvigelser.

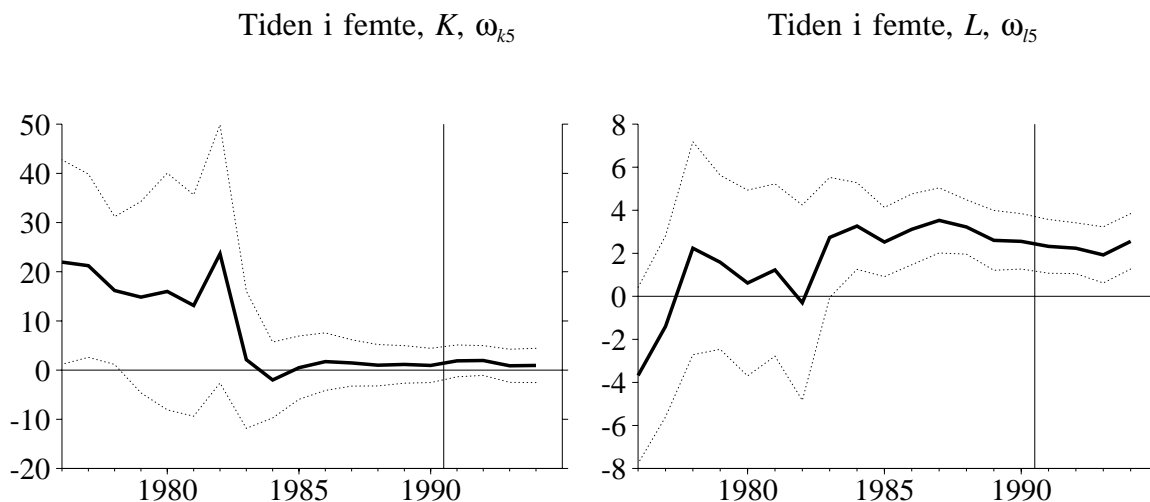
Udviklingen i effektivitetsindeksene i jern- og metalindustrien er præget af et kraftigt fald i effektivitetsvækstraten for begge faktorer, begyndende omkring 1970. For de foreløbige år (her 1992-94) har det været nødvendigt at opjustere effektivitetsindeksene for at bringe disse i overensstemmelse med foreløbige tal for  $K$  og  $L$ .

**Figur 8.13. Årlig vækst i effektivitetsindeks for kapital og arbejdskraft, *nm*-erhvervet**

Parametrene har været rimeligt stabile – i hvert fald siden 1983 – men den konkrete (fleksible) formulering af effektivitetsparametrene gør, at disse bliver meget usikkert bestemt, når estimationsperioden afskæres meget. Nedenfor vises rekursiv estimation af substitutionselasticiteten og af de seks trendparametre:

**Figur 8.14. Parameterstabilitet, *nm*-erhvervet**





### 8.3.2. Estimation af energi- og materialeforbrug

Energiforbruget i ADAMs erhverv,  $fVe_j$ , er givet ud fra ligninger af følgende type:<sup>19</sup>

$$\begin{aligned} D\log(fVe_j) = & \alpha_1 D\log(fYf_j) - \alpha_2 D\log\left(\frac{pve_j}{pyf_j}\right) + \beta_0 D(fros) - \gamma D\log(dtfe_j) \\ & + \gamma \left[ \bar{\kappa}_2 + \log(fYf_j) - \sigma_2 \log\left(\frac{pve_j}{pyf_j}\right) + \beta_0 fros - \log(dtfe_j) - \log(fVe_j) \right]_{-1} \end{aligned} \quad (8.23)$$

$$dtfe_j = \exp\left[ \omega_{e1} t + \omega_{e2} t(t+86) \right] \quad (8.24)$$

$fVe_j$	Energiforbrug
$fYf_j$	Bruttofaktorindkomst (BFI) i faste priser
$pve_j$	Energipris
$pyf_j$	BFI-deflator
$fros$	Antal frostdøgn
$dtfe_j$	Effektivitetsindeks, 1990 = 1
$t$	Tidsvariabel, $t = 0$ i 1990; $t = tid - 1990$ .

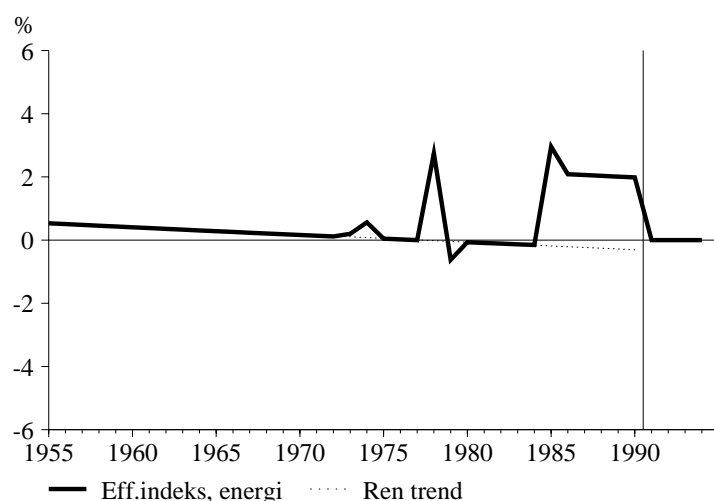
I (8.23) ses langsigtsammenhængen – jf. (8.10) i afsnit 8.2.1 – i den kantede parentes (bemærk at hele parentesen er lagget en periode). De andre led viser, hvorledes energieferspørgslen påvirkes i det første år – jf. (8.15) i afsnit 8.2.2. Det bemærkes, at frostdøgnene,  $fros$ , har den samme (semi)elasticitet på både kort og langt sigt, nemlig  $\beta_0$ . Denne restriktion er pålagt, da alt andet ville være vanskeligt at fortolke. Energieffektiviteten,  $dtfe_j$ , er på kort sigt bundet til at påvirke energiforbruget med en elasticitet

<sup>19</sup>Se bl.a. Modelgruppepapir JSM og FKN 24. januar 1995 vedrørende ADAMs energiligninger.



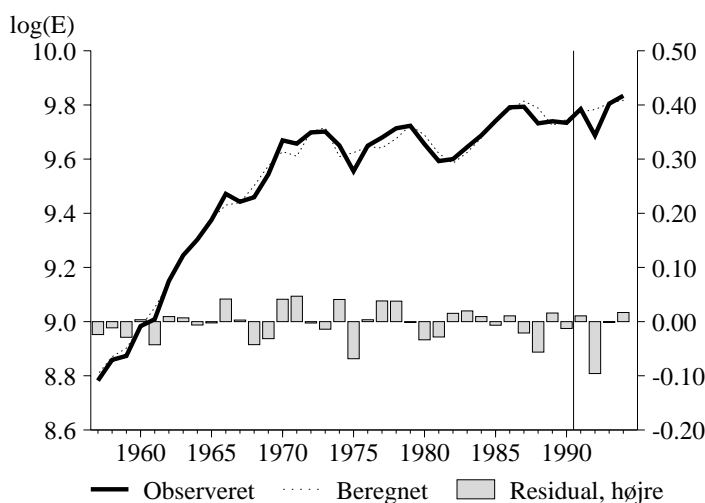
på  $-\gamma$ , hvor  $\gamma$  er tilpasningshastigheden.<sup>20</sup> Energieffektiviteten er – ligesom effektiviteterne for maskinkapital og arbejdskraft – lig 1 i 1990.

**Figur 8.15. Historisk udvikling i effektivitetsindeks, alle erhverv**



Væksten i energiens effektivitet for alle erhverv under ét ser noget "savtakket" ud, men det skyldes blot, at effektivitetsindeksene rent teknisk også – ud over den rene trend – indeholder dummyer, som er blevet brugt til at fange uforklarlige sving i nogle erhvervs energiforbrug. Disse sving har formentlig med en ikke alt for god datakvalitet at gøre; det skal også bemærkes, at den kraftige stigning i effektiviteten i 1985 og frem skyldes, at der i transporterhervets energiforbrug, *fVeqt*, er brugt en kraftig dummy i disse år. Den "rene" (trendmæssige) vækst i energieffektiviteten har været svagt aftagende, som det ses af den prikkede kurve.

<sup>20</sup>Dette betyder, at man kan fjerne leddet  $-\gamma D\log(dt\dot{f}ve_i)$  i ligningen, hvis man samtidig fjerner lagget i energitrenden i fejlkorrigeringsleddet (den kantede parentes). Denne rent matematiske omskrivning er foretaget i modellens ligningssystem. I ligningssystemet optræder der desuden både en konstant i fejlkorrigeringsleddet og en konstant udenfor. Dette har rent historiske årsager og er ikke udtryk for, at der er blevet estimeret to konstantled. Hvad energitrenden angår, kan det måske undre, at der bruges  $t \cdot (t+86)$  og ikke simpelthen  $t^2$  som kvadratisk led. Dette har rent historiske årsager og betyder ikke noget for estimationsresultatet.

**Figur 8.16. Historisk forklaringssevne, erhvervenes energiforbrug**

Anm. Størrelsen af residualerne kan tilnærmelsesvis opfattes som *relative* afvigelser.

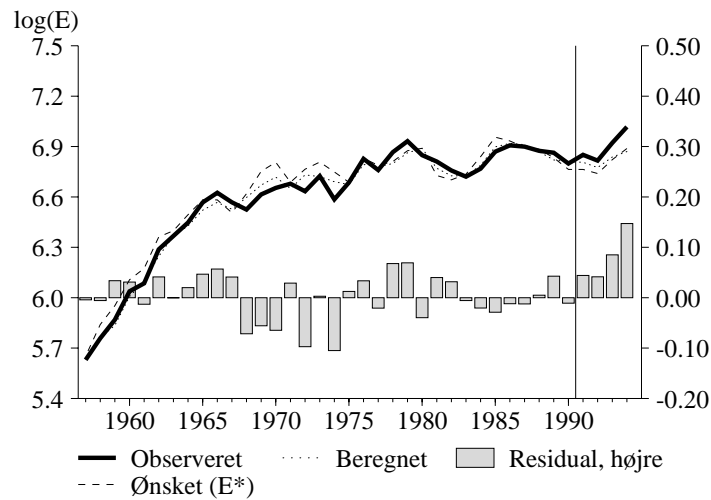
I det følgende gennemgås estimationen af jern- og metalindustriens energiforbrug, *fVenn*, ganske kort, idet en estimation af ligningen (8.23) med (8.24) indsat giver følgende resultat:<sup>21</sup>

**Tablet 8.7. Estimation af energiefterspørgsel, *nm*-erhvervet, ikke-lineær estimation**

Fortolkning af parameter	Parameter	Koefficient	Spredning
1. års produktionselasticitet	$\alpha_1$	0.4412	0.1366
1. års substitutionselasticitet	$\alpha_2$	0.1540	0.0604
Frostdøgnseffekt (semielasticitet)	$\beta_0$	0.001675	0.000419
Tilpasningshastighed	$\gamma$	0.6343	0.1287
Skalaparameter	$\bar{\kappa}_2$	-3.4169	0.0413
Langsigtet substitutionselasticitet	$\sigma_2$	0.1837	0.0472
Trendparameter, lineær	$\omega_{e1}$	0	•
Trendparameter, kvadratisk	$\omega_{e2}$	0.000287	0.000026

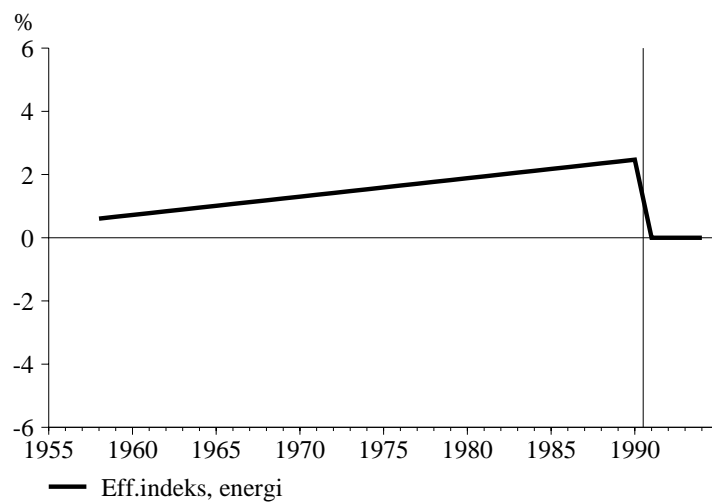
Anm.  $n = 1950-1990$      $s = 0.0471$      $R^2 = 0.70$      $DW = 1.76$

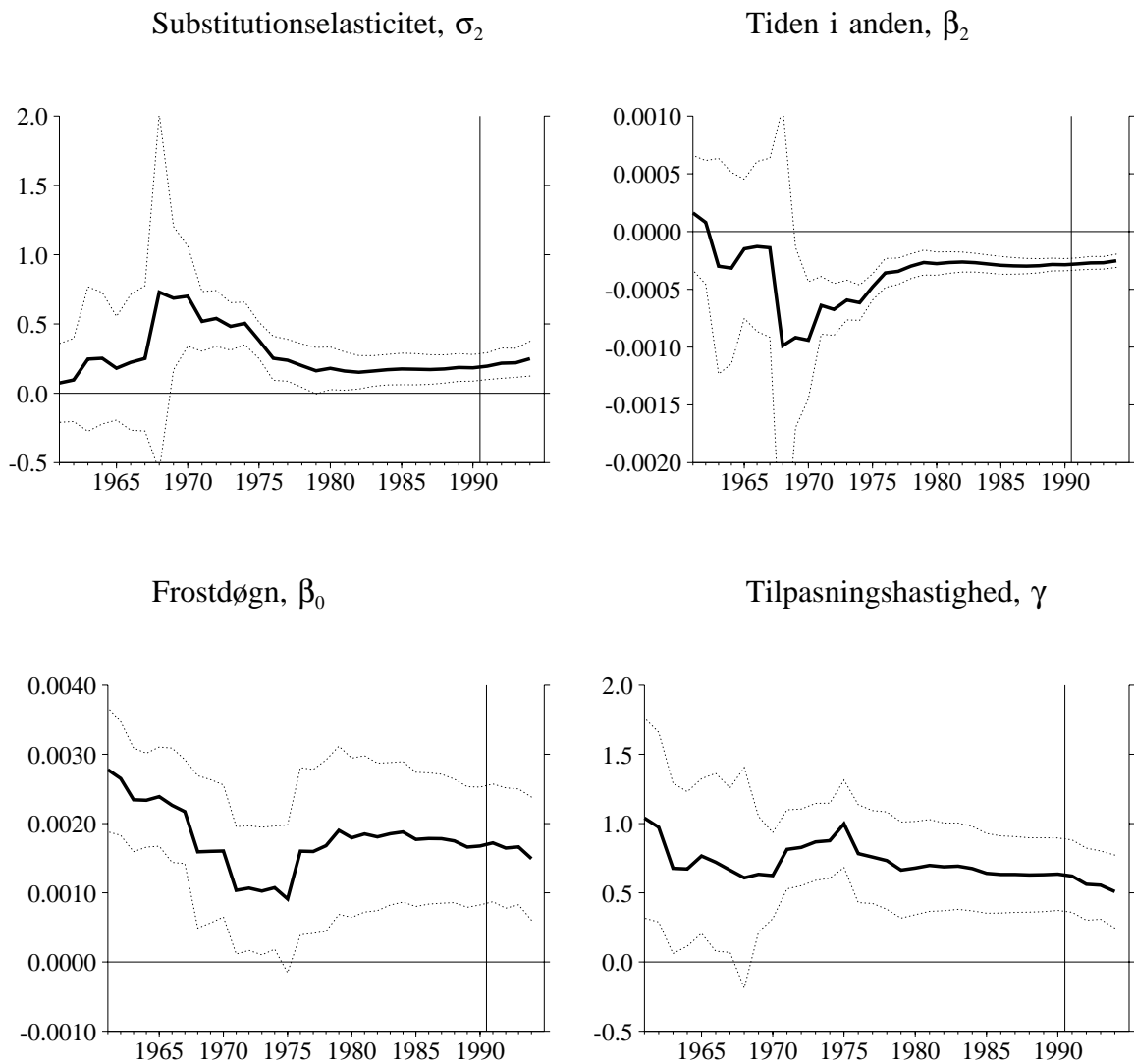
<sup>21</sup>Se Modelgruppepapir JSM og FKN 24. januar 1995 vedrørende estimationerne af de enkelte erhverv. Ligningen er estimeret ikke-lineært for at få spredningsmål på de enkelte parametre. Relationen kunne imidlertid godt estimeres vha. almindelig OLS, på samme måde som fx forbrugsligningen, jf. evt. kapitel 4.

**Figur 8.17. Historisk forklaringssevne, energiforbrug, *nm*-erhvervet**

Anm. Størrelsen af residualerne kan tilnærmelsesvis opfattes som *relative* afvigelser.

Den historiske forklaringssevne er rimelig (4.7% spredning), men i de foreløbige år skyder relationen desværre konsekvent for lavt. I figuren er der også indtegnet det langsigtede energiforbrug,  $E^*$ , svarende til (8.10) eller indholdet i den kantede parentes i (8.23).

**Figur 8.18. Årlig vækst i energieffektivitet, *nm*-erhvervet**

**Figur 8.19. Parameterstabilitet, nm-erhvervet**

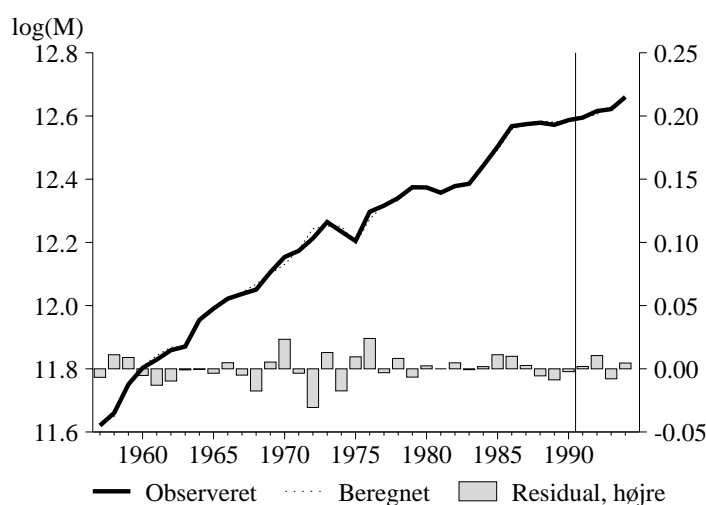
Parametrene har været rimeligt stabile siden midten af 1970-erne, men det ses, at det er vanskeligt at fastlægge både trenden og substitutionselasticiteten før 1970, idet de tydeligvis varierer modsat.

### Materialeforbrug

Materialeforbruget,  $fV_m$ , er ikke estimeret, men er – som i tidligere modelversioner – sat til at følge produktionen,  $fX_j$ :

$$D\log(fV_m) = D\log(fX_j) \quad (8.25)$$

hvilket betyder, at hvis produktionen stiger med 1%, vil materialeforbruget også stige med 1%.

**Figur 8.20. Historisk forklaringssevne, erhvervenes materialeforbrug**

Anm. Størrelsen af residualerne kan tilnærmelsesvis opfattes som *relative* afvigelser.

Antagelsen om, at væksten i materialeforbruget følger væksten i produktionen, må siges at passe ganske godt.

### 8.3.3. Estimation af bygningsinvesteringer (og -kapital)

Som nævnt i afsnit 8.2 er relationer for bygningsinvesteringer og -kapital ikke estimeret som en integreret del af faktorefterspørgselssystemet. Teoretisk set ville der ikke være noget til hinder for at estimere bygningskapitalen sammen med de andre produktionsfaktorer i ét stort samlet system, hvilket dog ikke er gjort til denne modelversion af både tidsmæssige og rent praktiske grunde. Dette er i øvrigt i god overensstemmelse med den internationale litteratur på området, hvor der i faktorefterspørgselssystemer meget sjældent opereres med mere end én type kapital ad gangen.

Bygningsinvesteringer og -kapital bestemmes på følgende måde: Først bestemmes det ønskede aggregerede bygningskapitalapparat (aggregeret over ADAMs private erhverv ekskl. boligbenyttelse) ud fra produktion og usercost i forhold til outputprisen. Ud fra dette ønskede kapitalapparat bestemmes kapitalapparatet i en tilpasningsligning. Ved hjælp af det aggregerede bygningskapitalapparat kan de aggregerede bygningsinvesteringer beregnes, og disse erhvervsfordeles herefter på ADAMs erhverv på en enkel måde og benyttes sluttelig til at beregne bygningskapitalapparaterne i de enkelte erhverv.<sup>22</sup> Det skal bemærkes, at erhvervsfordelt bygningskapital udelukkende har betydning for sektorpriserne, jf. afsnit 9.2; variableerne indgår ikke andre steder i modellen.

<sup>22</sup>Se evt. Modelgruppepapir PUD 17. januar 1995.

## Teori

Det ønskede bygningskapitalapparat,  $K^*$ , er en funktion af forventet produktion, forventede usercost og forventet outputpris:

$$K^* = Y^e \left[ \kappa_1 + \gamma \left( \frac{P_K}{P_Y} \right)^e \right], \quad \gamma < 0 \quad (8.26)$$

hvor  $Y^e$  er den forventede produktion, og  $(P_K/P_Y)^e$  er den forventede reale usercost (usercost,  $P_K$ , i forhold til prisen på produktionen,  $P_Y$ ). At der bruges prisen på produktionen som "deflator" følger af, at det i bygningsinvesteringsrelationen er antaget, at virksomhederne profitmaksimerer på et fuldkommen konkurrence-marked.<sup>23</sup> Tilpasningsprocessen antages at være partiel ("kapitaltilpasningsprincippet", jf. evt. afsnit 8.1), således at vi kan skrive:

$$D(K) \equiv In = \lambda [K^* - K_{-1}], \quad 0 < \lambda < 1 \quad (8.27)$$

hvor  $In$  er nettoinvesteringerne. For at undgå at skulle opgøre bygningskapitalapparatet,  $K$ , er (8.27) estimeret i *ændringer*, dvs.

$$D(In) = \lambda [D(K^*) - D(K_{-1})] = \lambda [D(K^*) - In_{-1}] \quad (8.28)$$

Indsættes (8.26) i (8.28), kan man med en tidsserie for netto-bygningsinvesteringer estimere parametrene, dvs.  $\kappa_1$ ,  $\gamma$  og  $\lambda$ . Det foretrækkes imidlertid at estimere med brutto-bygningsinvesteringerne som venstresidevariabel, hvilket gøres ud fra sammenhængen  $In = I - \delta \cdot K_{-1} \Leftrightarrow D(In) = D(I) - \delta \cdot D(K_{-1}) = D(I) - \delta \cdot In_{-1}$ , hvor  $\delta$  er den fysiske afskrivningsrate – estimeret til 0.0158 = 1.58% i modellens relation for bygningsafskrivninger (jf. evt. også afsnittet om investeringer i afsnit 8.1). Ligning (8.28) kan således omskrives til:

$$D(I) = \lambda D(K^*) - (\lambda - \delta) \cdot In_{-1} \quad (8.29)$$

Indsættes ligningen for  $K^*$  (8.26) i ovenstående ligning fås modellens bygningsinvesteringsrelation:

$$D(I) = \lambda \kappa_1 D(Y^e) + \lambda \gamma D \left[ Y^e \left( \frac{P_K}{P_Y} \right)^e \right] - (\lambda - \delta) In_{-1} \quad (8.30)$$

Forventningsvariablerne,  $Y^e$  og  $(P_K/P_Y)^e$  er formuleret som simple vejede gennemsnit af historiske værdier af  $Y$  og  $P_K/P_Y$ , hvor lagstrukturen er fastlagt ved estimation.

<sup>23</sup>Jf. evt. Modelgruppepapir PBR 27. januar 1993.

**Estimation**

På estimationsform og med variabelnavne oversat til ADAM-nomenklatur, bliver (8.30) til:<sup>24</sup>

$$D(flpb - fleb) = \alpha_0 D(fXvb) + \alpha_1 D(fXvb_{-1}) + \beta D[fXvb(0.2 uipbl_{-1} + 0.4 uipbl_{-2} + 0.4 uipbl_{-3})] - (\lambda - \delta) [flpnb_{-1} - fleb_{-1}] \quad (8.31)$$

<i>flpb</i>	Brutto-bygningsinvesteringer
<i>fleb</i>	Bygningsinvesteringer i udvinding af olie m.m.
<i>fXvb</i>	Produktionsværdi
<i>uipbl</i>	Relative usercost, bygninger
<i>flpnb</i>	Netto-bygningsinvesteringer

Venstresidevariablen er ændringer i de samlede private bygningsinvesteringer eksklusive energiinvesteringer, som hovedsagelig er investeringer i forbindelse med olie- og naturgasudvinding. Estimeres (8.31) fås følgende:<sup>25</sup>

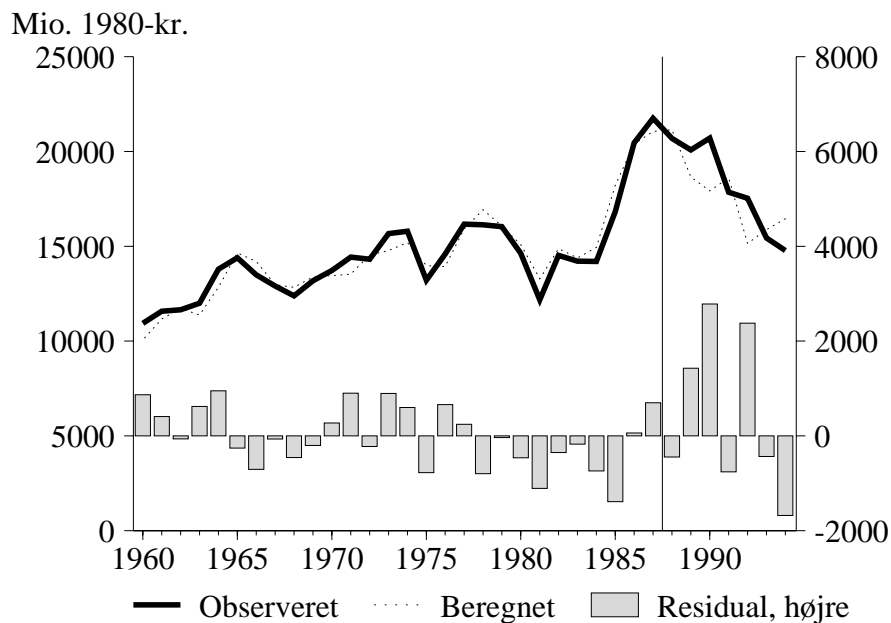
**Tabel 8.8. Estimation af relationen for bygningsinvesteringer**

Variabel	ADAM-navn	Koefficient	Spredning
Bruttoinvesteringer	$D(flpb - fleb)$		
Produktion	$D(fXvb)$	$\alpha_0$	0.0575 0.0067
Produktion, lagget	$D(fXvb_{-1})$	$\alpha_1$	0.0287 0.0033
Reale usercosts	$D[fXvb(0.2 \cdot uipbl_{-1} + 0.4 \cdot uipbl_{-2} + 0.4 \cdot uipbl_{-3})]$	$\beta$	-0.1159 0.0292
Nettoinvesteringer, lagget	$flpnb_{-1} - fleb_{-1}$	$-(\lambda - \delta)$	-0.1081 0.0207

Anm.  $n = 1960-87$   $s = 675.35$   $R^2 = 0.81$   $DW = 1.47$   $LM_1 = 1.44$

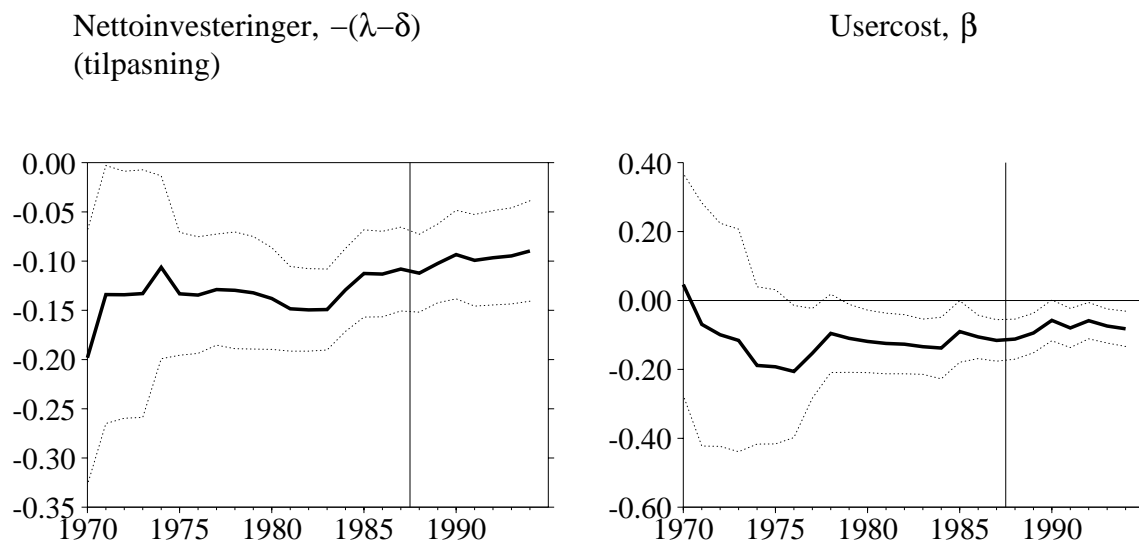
<sup>24</sup>Den opmærksomme læser bemærker, at  $Y^e$  i den kantede parentes i (8.30) er erstattet af  $Y$  i estimationsligningen. Dette er blot af praktiske grunde og har ikke nævneværdig betydning.

<sup>25</sup>Lagstrukturen for  $uipbl$  og for det inflationsforventningsudtryk, som indgår i  $uipbl$ , er fastlagt ved grid-search, jf.: ADAMs investeringsrelationer: Estimation med ændrede lagfordelinger i usercost og inflationsforventninger (Modelgruppepapir PBR og TTH 30. juli 1991).

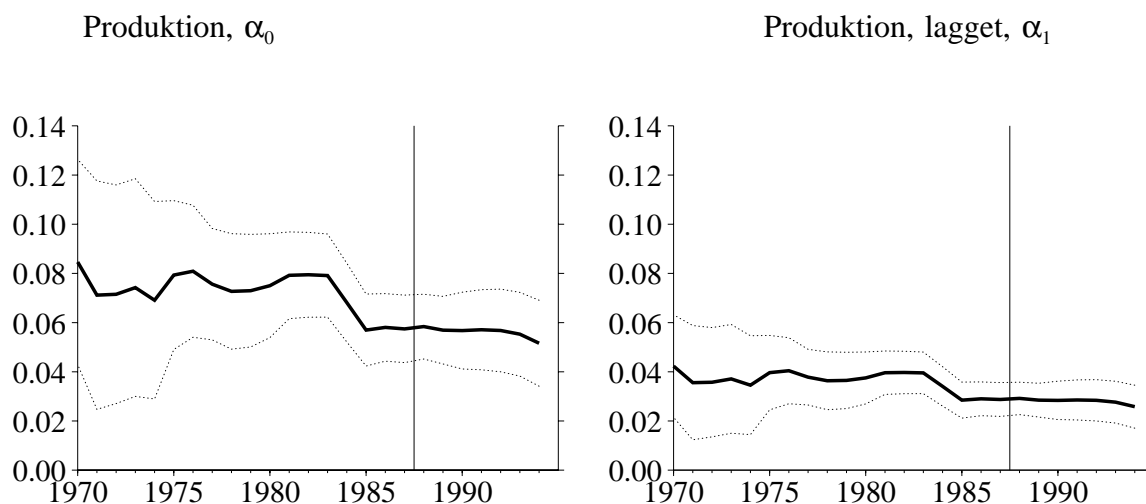
**Figur 8.21. Bygningsinvesteringsrelationens historiske forklaringssevne**

Anm. I figuren er "Observeret" lig  $f_{lpb}$ , og "Beregnet" er en forudsigtelse af ligning (8.31) løst for  $f_{lpb}$ . Residualerne er identiske med estimationsresidualerne.

Forklaringsevnen ser ganske fornuftig ud inden for estimationsperioden, mens der er tegn på heteroskedasticitet (stigende spredning) efter 1987, sikkert fordi der estimeres i absolutte og ikke relative ændringer. Parametrene har dog været pænt stabile siden 1985, som det ses i de efterfølgende figurer:

**Figur 8.22. Parameterstabilitet, bygningsinvesteringsrelationen**





## 8.4. Arbejdstid

Ovenfor er det blevet beskrevet (se afsnit 8.1 og 8.2.2) hvorledes den gennemsnitlige arbejdstid,  $Hgn1$ , påvirker arbejdskraftefterspørgslen i faktorblokken.  $Hgn1$  er imidlertid selv en endogen variabel, som dog grundlæggende følger den aftalte arbejdstid, men ud over det er svagt konjunkturmedløbende. Således vil  $Hgn1$  stige med 0.07% i det første år, hvis produktionen stiger permanent med 1%, men allerede fra og med det andet år vil denne "overarbejds-effekt" være væk igen.<sup>26</sup>

Der opereres i modellen med tre begreber for årlig arbejdstid:

- Den aftalte arbejdstid for en heltidsansat,  $Ha$
- Den gennemsnitlige arbejdstid,  $Hgn1$
- Normalarbejdstiden,  $Hnn2$

Den aftalte arbejdstid,  $Ha$ , er eksogen i modellen. Den er fastlagt ud fra de kollektive overenskomster.  $Ha$  er modellens generelle arbejdstidsvariabel.

I modellens adfærdsrelationer benyttes dog den gennemsnitlige arbejdstid,  $Hgn1$ , defineret som forholdet mellem antal arbejdstimer og antal arbejdere ifølge industristatistikken. Denne definition medfører, at  $Hgn1$  vil udvise kortsigtede svingninger, der afspejler mængden af (registreret) overarbejde. Formålet med bestemmelsen af  $Hgn1$  i modellen er at tage hensyn til disse svingninger, samtidig med at den grundlæggende følger udviklingen i den aftalte arbejdstid,  $Ha$ .

Normalarbejdstiden,  $Hnn2$ , er en hjælpevariabel, der er defineret som den underliggende tendens i  $Hgn1$ . Normalarbejdstiden for heltidsansatte,  $Hhnn2$ , findes ved at korrigere for omfanget af deltidsarbejde.<sup>27</sup>

<sup>26</sup>Se Modelgruppepapir LAE 30. maj 1995 vedrørende yderligere detaljer om modellens arbejdstidsbestemmelse, herunder estimation af ligningen for  $Hgn1$ .

<sup>27</sup> $Hhnn2$  fremgår implicit af ligningen  $Hnn2 = Hhnn2(1 - bqn/2)$ , idet  $bqn$  er deltidsfrekvensen. Det antages altså, at en deltidsbeskæftiget i gennemsnit arbejder på halv tid. Dette er en almindelig antagelse. En nærmere undersøgelse er foretaget i *Produktivitetens udviklingen i Danmark 1966-87* (Arbejdsnotat nr. 25, 1989, s. 27).

I modellen bestemmes udviklingen i  $Hhnn2$  primært ud fra udviklingen i  $Ha$ . Hertil kommer korrektioner for arbejdsårets afvigelse fra normalåret som følge af skudår og forskydelige helligdage samt – frem til 1980 – en negativ trend.  $Hnn2$  følger af  $Hhnn2$  ved en deltidskorrektion.

Det antages, at omkostningsminimering hurtigt fører til overensstemmelse mellem  $Hgn1$  og  $Hnn2$ , jf. ovenfor. Afvigelser kan fortolkes som forårsaget af omkostninger i forbindelse med tilpasning af antallet af arbejdere til produktionen.

## 8.5. Arbejdsudbud og ledighed

Arbejdsudbuddet eller erhvervsfrekvensen afhænger i ADAM alene af beskæftigelsesgraden, og modelleringen er dermed i princippet ganske enkel. Begrundelsen for denne afhængighed er den såkaldte "discouraged-worker effect", ifølge hvilken en lille sandsynlighed for at få arbejde (dvs. høj arbejdsløshedsprocent) afskrækker personer i den potentielle arbejdsstyrke fra at træde ind på arbejdsmarkedet.<sup>28</sup> Det samlede arbejdsudbud findes ved at multiplicere erhvervsfrekvensen med den potentielle arbejdsstyrke, der opfattes som demografisk bestemt og derfor er eksogen i modellen.

Der er i relationen taget højde for den kraftige positive trend, der har været i kvindernes erhvervsfrekvens siden begyndelsen af 1960'erne. Det er således implicit antaget, at denne trend skyldes faktorer, som vi ikke har mulighed for at modellere. Trenden er modelleret som en indtrængningskurve, der er specificeret ud fra en antagelse om, at kvindernes erhvervsfrekvens på langt sigt nærmer sig mændenes.

Arbejdsudbuddets væsentligste rolle i modellen findes i bestemmelsen af ledigheden. Ved stød til modellen dæmper det endogene arbejdsudbud udsvingene i ledigheden med ca. en fjerdedel, fordi arbejdsudbuddet følger med beskæftigelsen både op og ned. Det mere afdæmpede forløb for ledigheden betyder for hele modellen via en mindre lønreaktion, at crowding-out mekanismen dæmpes, jf. kapitel 3 om modellens samlede egenskaber. Dermed er arbejdsudbudsrelationen med til at forsinke tidspunktet, hvor fuld crowding-out nås.

### 8.5.1. Arbejdsudbud, modelrelationen

Grundlæggende er arbejdsudbuddet modelleret ved en erhvervsfrekvens og en potentiel arbejdsstyrke:

$$Q^s = f \cdot U \quad (8.32)$$

$Q^s$  Arbejdsudbud  
 $U$  Befolkning (potentiell arbejdsstyrke)  
 $f$  Erhvervsfrekvens

Der har, som omtalt indledningsvis, siden 1960'erne været en tydelig trend i kvindernes erhvervsfrekvens, mens mændenes har ligget stabilt på ca. 0.95. Endvidere har det vist

---

<sup>28</sup>Se fx A. Deaton og R. E. Quandt: A Model of Rationing and Labour Supply: Theory and Estimation. *Economica*, 50, 1983 (s. 221-233).

sig, at kvindernes arbejdsudbud tilsyneladende gennem hele perioden er mere konjunkturafhængigt end mændenes. På den baggrund er valgt en specifikation, der tillader forskellige erhvervsfrekvensfunktioner for mænd og kvinder. Af modeltekniske årsager samles disse dog inden estimationen til én.

Erhvervsfrekvensen for mænd afhænger i modellen alene af den for befolkningen samlede beskæftigelsesgrad, mens kvindernes yderligere antages at afhænge af en trend, herved kan vi opstille ligninger for mændenes hhv. kvindernes erhvervsfrekvens:

$$f_m = f_m \left( \frac{Q}{U} \right) \quad (8.33)$$

$$f_k = f_k \left( \frac{Q}{U}, trend \right)$$

$f_{m,k}$  Erhvervsfrekvensen for mænd hhv. kvinder  
 $Q$  Beskæftigelse

Man kunne forvente, at også reallønnen – eventuelt efter skat – skulle indgå som forklarende variabel. Imidlertid har det empirisk været svært at afgøre fortegnet til reallønnen, og det er derfor valgt at udelade den i ADAMs relation for arbejdsudbud. Udeladelsen skal også ses i lyset af, at der implicit i modellens lønrelation er indeholdt udbudsadfærd for lønmodtagerne, jf. afsnit 9.1.

Konkret er det valgt ikke at modellere selve arbejdsudbuddet (som er defineret som summen af antallet af beskæftigede og antallet af arbejdsløse), men arbejdsudbuddet tillagt efterlønsmodtagere. Det skyldes, at det pludselige fald i erhvervsfrekvensen, som indførelsen af efterlønsordningen i 1979 medførte, hverken kan forklares af trenden eller af beskæftigelsesgraden.

Videre udgøres den potentielle arbejdsstyrke af befolkningen mellem 15 og 64 år fratrukket uddannelsessøgende; erhvervsfrekvensen, som skal modelleres, bliver derved fastlagt som:

$$f = \frac{Ua + Upe}{U1564 - Uu} \quad (8.34)$$

$Ua$  Arbejdsudbud  
 $Upe$  Efterlønsmodtagere  
 $U1564$  Befolkning i alderen 15-64 år  
 $Uu$  Antal uddannelsessøgende

De to arbejdsudbudsrelationer specificeres som ændringsrelationer. Hvis det forenkende antages, at trenden i kvindernes erhvervsfrekvensrelation indgår additivt, at der er et fast forhold mellem antallet af mænd og kvinder i befolkningen, samt at dette forhold er 1:1, kan de to ovenstående ligninger samles til én:<sup>29</sup>

<sup>29</sup> Den samlede erhvervsfrekvens kan derved skrives som:  $f = 0.5 \cdot f_m + 0.5 \cdot f_k$ . Da trenden indgår additivt er  $f_k = trend + f_{k,rest}$ , hvor  $f_{k,rest}$  er den del af variationen i kvindernes erhvervsfrekvens, som ikke kan tilskrives trenden. Herefter kan den samlede erhvervsfrekvens skrives som  $f = f + 0.5 \cdot trend$ , hvor,  $f$ , den korrigerede

$$D(f) - 0.5 \cdot D(\text{trend}) = \alpha \cdot D\left(\frac{Q}{U1564 - Uu}\right) \quad (8.35)$$

Her er trenden estimeret i kvindernes erhvervsfrekvensrelation, (8.33), og siden trukket fra på venstresiden af (8.34). Venstresiden er erhvervsfrekvensen korrigeret for trenden, hvorefter beskæftigelsesgraden forklarer de konjunkturbetingede udsving i erhvervsfrekvensen for såvel kvinder som mænd.

Som relationen ser ud i modellen, følger erhvervsfrekvensen og dermed arbejdsudbuddet beskæftigelsen med en elasticitet på 0.28. Det betyder fx, at når beskæftigelsen stiger med 10%, stiger arbejdsudbuddet med 2.8%. Umiddelbart synes dette at være en kraftig effekt, men en tilsvarende effekt findes eksempelvis i Nationalbankens model, MONA, og i flere udenlandske modeller.<sup>30</sup> Det er dog værd at bemærke, at den høje konjunkturafhængighed i arbejdsudbuddet alene kan henføres til kvindernes arbejdsudbud, mens mændenes ikke er signifikant forskellig fra nul.

I relationen i modellen er trenden og (8.34) indsat i (8.35), hvorefter der er løst for arbejdsudbudsvariablen,  $Ua$ .

### 8.5.2. Estimation af arbejdsudbudsrelationen

Estimationen er som nævnt opdelt i to trin: Først estimeres trenden i en erhvervsfrekvensrelation for kvinder alene, dernæst forklares ændringer i erhvervsfrekvensen ud over dem, der stammer fra trenden, med ændringer i beskæftigelsesgraden.

Da trenden skal afspejle kvindernes indtræden på arbejdsmarkedet, er det fundet naturligt at specificere den som en logistisk trend:

$$\text{trend} = \frac{\beta_1}{1 + e^{\beta_2 \cdot (t - \beta_3)}} \quad (8.36)$$

$t$     Årstallet

Parameteren  $\beta_1$  er forskellen mellem den logistiske kurves top og bund,  $\beta_2$  er indtrængningshastigheden, og  $\beta_3$  er tidspunktet for vendetangenten til den logistiske kurve.

Relationen (8.33) estimeres som trin ét ud fra oplysninger om kvindernes arbejdsudbud. Herved fås trenden, der er specificeret i (8.36):

---

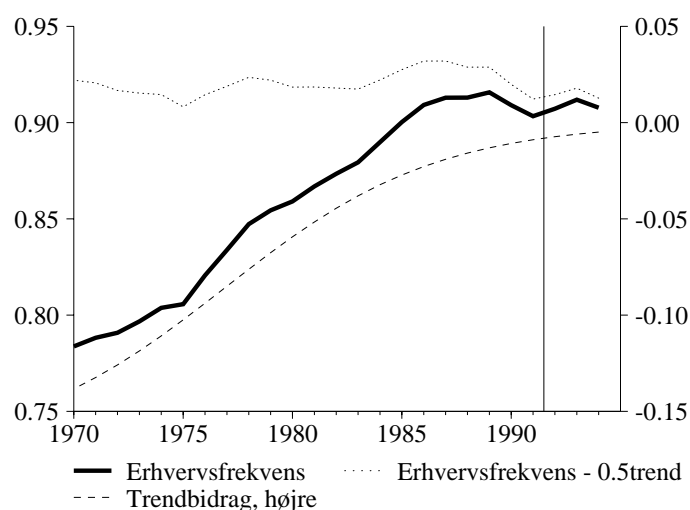
erhvervsfrekvens fås som gennemsnittet af  $f_m$  og  $f_{k,rest}$ . For en mere udførlig beskrivelse af udledningen, se Modelgruppepapir SBO 8. september 1994.

<sup>30</sup>Se A. M. Christensen og D. Knudsen: MONA: A quarterly Model of the Danish Economy. *Economic Modelling*, 9, 1992 (s. 10-75) og *The BOF4 Quarterly Model of the Finnish Economy*. Bank of Finland, Helsingfors, 1990.

$$trend = \frac{-0.3432}{1 + e^{0.2062 \cdot (t-1976.9)}} \quad (8.37)$$

Trenden sætter af med kvindernes indtræden på arbejdsmarkedet midt i 1960'erne, kulminerer i 1976 og ophører midt i 1990'erne, hvor kvindernes erhvervsfrekvens stort set har nået mændenes. Såvel trenden som erhvervsfrekvensen korrigeret for trenden, dvs. den forklarede variabel i (8.35), ses af figur 8.23.

**Figur 8.23. Erhvervsfrekvensen**



Grundet en svært fortolkelig udvikling i erhvervsfrekvensen i slutningen af 1960'erne, der sandsynligvis skyldes problemer med data bl.a. i form af et skift i kilderne, er det valgt at udelade perioden før 1969 ved den efterfølgende estimation af (8.35).

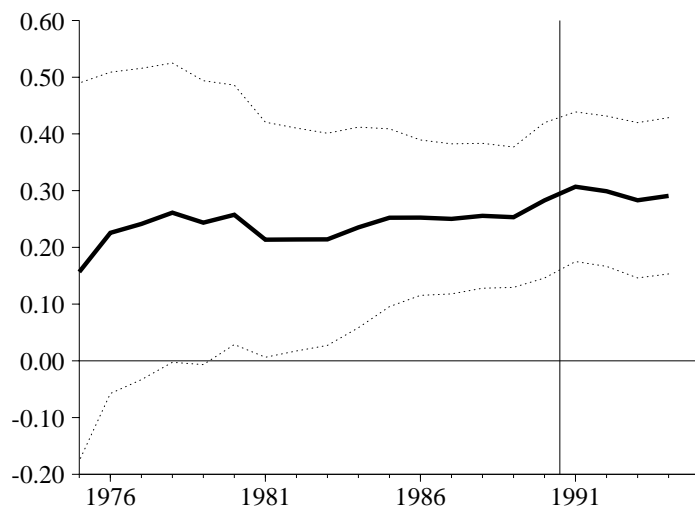
Med trenden fastlagt i kvindernes erhvervsfrekvensfunktion, kan ændringsrelationen (8.35) estimeres i andet trin med OLS (her med trenden på højresiden):

**Tabel 8.9. Estimation af erhvervsfrekvensen, trin 2**

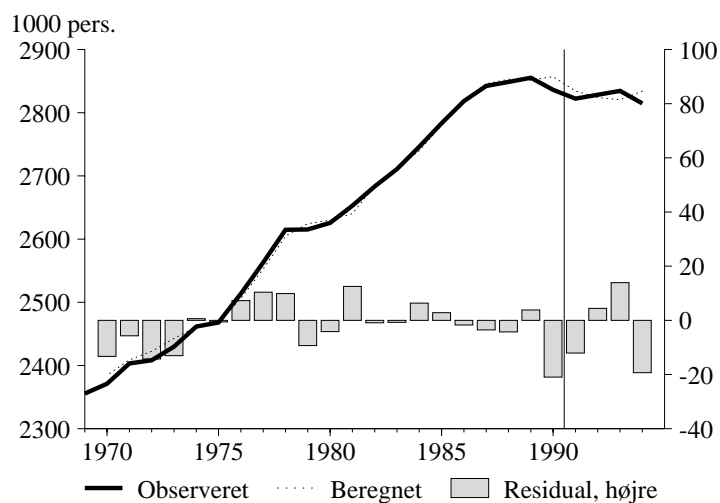
Variabel	ADAM-navn	Koefficient	Spredning
Erhvervsfrekvens	$D((Ua+Upe)/(U1564-Uu))$		
Beskæftigelsesgrad	$D(Q/(U1564-Uu))$	0.28286	0.0657
Trend	$0.5 \cdot D(trend)$	1	•

Anm.  $n = 1970-90$   $s = 0.0028$   $R^2 = 0.6603$   $DW = 1.21$   $LM_1 = 0.40$

Parameteren til beskæftigelsesgraden på ca. 0.28 implicerer som nævnt, at udbuddet følger beskæftigelsen med ca. 1/4. Som det fremgår af figur 8.24 nedenfor, hvor parameteren til beskæftigelsesgraden er aftegnet som funktion af estimationsperiodens slutår, er denne parameter stabil over for ændringer i estimationsperioden.

**Figur 8.24. Rekursiv estimation, parameteren til beskæftigelsesgraden**

Nedenfor følger en graf, der giver et indtryk af den samlede relations evne til at beskrive den historiske udvikling i arbejdsudbuddet,  $U_a$ .

**Figur 8.25. Arbejdsudbudsrelationens historiske beskrivelse**

### 8.5.3. Ledighed

Som nævnt indledningsvis er ledigheden via lønrelationen en vigtig faktor i bestemmelsen af prisniveauet.

Ledigheden bestemmes i modellen som den del af arbejdsudbuddet, der ikke bliver beskæftiget:

$$Ul = Ua - Q$$

$Ul$                       Ledighed

Derudover findes i modellen en række ledighedsbegreber, der afledes simpelt af  $Ul$ , til brug for bestemmelsen af arbejdsløshedsdagpenge og kontantydelse, jf. afsnit 10.4.

## 8.A. Datakonstruktion i faktorblokken, herunder usercost, samt omregning til investeringer og beskæftigelse

I forbindelse med arbejdet med at opstille faktorefterspørgselsfunktioner er der blevet konstrueret erhvervsfordelte data for produktionsfaktorerne og priserne på disse (faktorpriser). Det er ikke hensigten her at gå i detaljer med datakonstruktionen, og kun kapitalomkostningerne (usercost) vil blive behandlet i detaljer, da den konkrete formulering har betydning for modelegenskaberne.<sup>31</sup>

Kort sammenfattet er data konstrueret som følger:

- *Bygnings- og maskinkapital*,  $fKb_j$  og  $fKm_j$ , er dannet ud fra erhvervsfordelte bruttoinvesteringer og en antagelse om konstante fysiske afskrivningsrater på hhv. 3% og 15%. Kapitalomkostningerne,  $uib_j$  og  $uim_j$ , er beskrevet nedenfor.<sup>32</sup>
- *Arbejdskraft*,  $HQ_j$ , måles som antal præsterede arbejdstimer og fremkommer ved for hvert erhverv at opgøre det samlede antal beskæftigede (inklusive selvstændige) og multiplicere dette tal med den gennemsnitlige årlige arbejdstid. Lønomkostningerne,  $l_jl$ , udgøres af timelønnen inkl. bidrag til sociale ordninger.
- *Energiforbruget*,  $fVe_j$ , i et givet erhverv defineres som leverancer fra *e*-, *ng*- og *ne*-erhvervene (ADAMs energiproducerende eller -konverterende erhverv) samt energiimport ( $m3k$ ,  $m3q$  og  $m3r$ ) til det pågældende erhverv. Energiforbruget,  $pve_j$ , er køberprisen på disse leverancer, dvs. inklusive energiforbruget og -avancer.
- *Materialeforbruget*,  $fVm_j$ , er den del af det samlede råstofinput,  $fV_j$ , som ikke er energiforbrug. Materialeprisen,  $pvm_j$ , er tilsvarende prisen på ikke-energileverancer.

<sup>31</sup>Se Modelgruppepapir TTH 10. august 1995 vedr. en uddybende gennemgang af datakonstruktionen i forbindelse med faktorblokken.

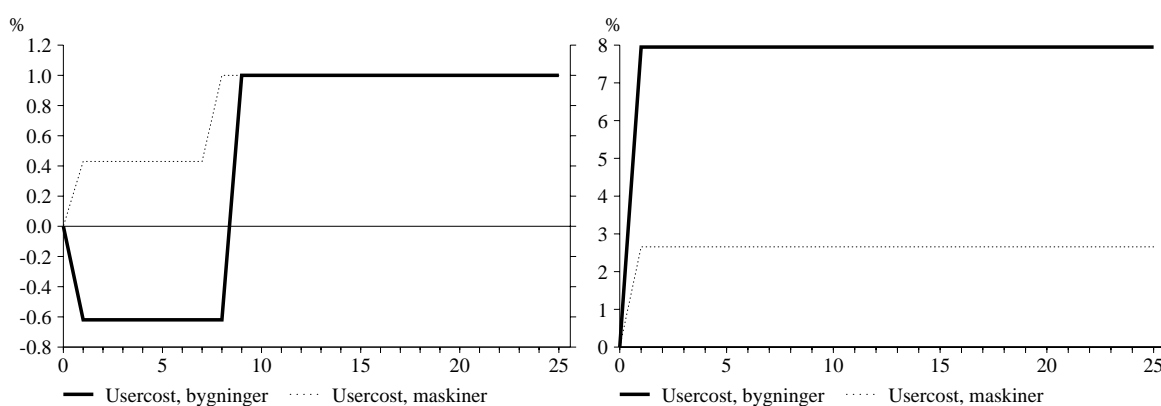
<sup>32</sup>Der er *ikke* tale om nationalregnskabet nye kapitaltal, som først forelå, efter at estimationsarbejdet var afsluttet.

## Usercost

Usercost skal opfattes som omkostningen ved at holde én enhed kapital i ét år, og i indledningen til kapitel 8 blev det nævnt, at bygnings- og maskin-usercost (eller: kapitalomkostninger/kapitalleje) påvirkes af renten og investeringspriserne. Disse sammenhænge undersøges nærmere i det følgende.

Hvis investeringspriserne hæves med 1%, vil man forvente, at usercost også stiger med 1%, da en investering i nyt kapitaludstyr bliver 1% dyrere. Dette er da også tilfældet på langt sigt, men på kort sigt påvirkes usercost mindre end 1% – og bygnings-usercost *falder* ligefrem på kort sigt, når bygnings-investeringsprisen hæves.

**Figur 8.26. Effekt på bygnings- og maskin-usercost af at hæve investeringspriserne med 1% (venstre) og renten med 1%-point (højre)**



Anm. Bygnings-usercost er her det usercost, som indgår i bygningsinvesteringsrelationen,  $uipb1$ , nominelt (dvs. multipliceret med  $pxvb$ ). I investeringspriseksperimentet (venstre figur) hæves  $pxvb$  også, da denne indgår i inflationsforventningerne,  $Rpxvbe$ . Jf. evt. senere i dette afsnit.

Grunden til dette er, at der i usercost-udtrykkene indgår et *inflationsforventningsled* – dvs. et led, som udtrykker forventningerne til, hvordan prisen på kapitalapparatet vil udvikle sig i fremtiden. Disse inflationsforventninger – som konkret er dannet som et glidende gennemsnit af den historiske inflationsrate – påvirker usercost negativt. Dette skyldes, at hvis der er forventninger om, at prisen på kapital vil stige i fremtiden, svarer det til, at der i så fald forventes at være *kapitalgevinster* forbundet med at holde kapital.

Når investeringspriserne således stiger med 1%, skaber det en forventning om, at prisen på kapital vil blive ved med at stige fremover – og disse forventninger holder sig i den konkrete formulering i otte år for bygnings-usercost og syv år for maskin-usercost, hvorefter inflationsforventnings-effekten er væk.<sup>33</sup> For bygnings-usercost dominerer inflationsforventnings-effekten i de første otte år, således at bygnings-usercost i denne periode falder med ca. 0.6%, når investeringsprisen stiger med 1%. For maskin-usercost er effekten ca. 0.4% i de første syv år. På langt sigt stiger begge typer usercost med 1%. Den kraftigere kort- og mellemlistede effekt på bygnings-usercost hænger sammen med den forholdsvis lange levetid på bygninger i forhold til levetiden for maskiner.

<sup>33</sup>De otte hhv. syv år er valgt, fordi dette gav den bedste beskrivelse af maskin- og bygningsinvesteringerne i den forrige modelversion.



Over for renteændringer er især bygnings-usercost meget følsomme (igen som følge af den længere levetid for bygninger), idet bygnings-usercost stiger med ca. 8%, når renten stiger med 1%-point. Effekten på maskin-usercost er noget mindre: ca. 2½%. Denne store følsomhed (semielasticitet) i usercost for bygninger er værd at lægge mærke til, da den fx betyder, at bygningskapitalen på langt sigt falder med ca. 1% (og maskinkapitalen med 0.8%), når renten stiger med 1%-point (effekterne kan udregnes vha. tabel 8.1 i afsnit 8.1).

Den matematiske formulering af modellens (efter-skat) usercost-udtryk ser ud som følger:<sup>34</sup>

$$P_K = (1-t \cdot z) P_I [(1-t)i - R(P_I)^e + \delta + \mu] \quad (8.38)$$

$t$	Forventet marginal selskabsskattesats
$z$	Tilbagediskonterede værdi af forventede skattemæssige afskrivninger pr. enhed realkapital <sup>35</sup>
$P_I$	Investeringspris
$R(P_I)^e$	Forventet inflationsrate i $P_I$
$i$	Nominel rente
$\delta$	Fysisk afskrivningsrate, 3% for bygninger og 15% for maskiner
$\mu$	Risikopræmie <sup>36</sup>

Hvis både skattesatsen,  $t$ , den nominelle rente,  $i$ , den forventede inflation,  $R(P_I)^e$ , og risikopræmien,  $\mu$ , alle er lig nul, reduceres udtrykket til det helt simple  $P_K = \delta P_I$ , dvs. at omkostningerne ved at forbruge én enhed realkapital er lig investeringsprisen multipliceret med den fysiske afskrivningsrate. En nominel rente større end nul fordyrer investeringen (i form af en alternativomkostning), mens en forventet fremtidig investeringsprisstigning formindsker kapitalomkostningerne, da der antages at være et perfekt marked for brugt kapitaludstyr, hvor man så i en fremtidig periode ville kunne sælge det kapitalapparat, som ikke er gået i stykker (afskrevet), til en god pris.<sup>37</sup>

Når der introduceres skatter og skattemæssige afskrivninger, bliver den nominelle rente multipliceret med  $(1-t)$ , da renteudgifter er fradragsberettigede. Desuden bliver hele udtrykket multipliceret med  $(1-t \cdot z)$ , fordi det offentlige betaler andelen  $t \cdot z$  af investeringen (dvs. skatteværdien af de fradragsberettigede afskrivninger på kapitaludstyr,  $z$ ).

<sup>34</sup>Se Modelgruppepapirer PBR 27. januar 1993, PBR 28. januar 1993 og PBR 9. april 1994.

<sup>35</sup>Ved en rentesats på nul svarer fuld skattemæssig afskrivning til  $z = 1$ . En positiv rente eller mindre end fuld skattemæssig afskrivning betyder, at  $z < 1$ .

<sup>36</sup>Risikopræmien er for hvert erhverv beregnet, så den "rene profit" – dvs. erhvervenes omsætning minus omkostninger til bygnings- og maskinkapitalapparat, arbejdskraft, energi og materialer – er nul i gennemsnit over estimationsperioden. Risikopræmierne er ens for bygninger og maskiner og er positive, bortset fra erhvervene  $nt$ ,  $qt$ ,  $qs$  og  $o$ .

<sup>37</sup>En sådan forudsætning om et perfekt marked for brugt kapitaludstyr er naturligvis problematisk, især for maskiner. En alternativ og mere plausibel fortolkning er følgende: hvis en virksomhed *alligevel* regner med at skulle investere i en fremtidig periode, og virksomheden samtidig forventer, at investeringspriserne vil stige fremover, skaber dette et incitament til at investere med det samme, så det ikke vil være nødvendigt at investere så meget senere hen. En sådan "hamstringseffekt" kræver ikke et perfekt marked for brugt kapitaludstyr.

Med ADAM-variabelbetegnelser bliver de to usercostudtryk følgende for erhverv  $j$ :<sup>38</sup>

$$uib_j = \frac{1 - tsdsu \cdot bivpb}{1 - tsdsu} pib_j \left[ (1 - tsdsu) iw bz - \left( \left( \frac{pib_j}{pib_{j,-8}} \right)^{1/8} - 1 \right) + 0.03 + \mu_j \right] \quad (8.39)$$

$$uim_j = \frac{1 - tsdsu \cdot bivpm}{1 - tsdsu} pim_j \left[ (1 - tsdsu) iw lo - \left( \left( \frac{pim_j}{pim_{j,-7}} \right)^{1/7} - 1 \right) + 0.15 + \mu_j \right] \quad (8.40)$$

- $tsdsu$  Forventet marginal selskabsskattesats  
 $bivpb$  Tilbagediskonteret værdi af forventede skattemæssige afskrivninger pr. enhed bygningsskapital  
 $bivpm$  Tilbagediskonteret værdi af forventede skattemæssige afskrivninger pr. enhed maskinkapital  
 $pib_j$  Investeringspris, bygninger<sup>39</sup>  
 $pim_j$  Investeringspris, maskiner  
 $iwbz$  Effektiv obligationsrente  
 $iwlo$  Pengeinstitutternes effektive udlånsrente  
 $\mu_j$  Risikopræmie (ens for bygninger og maskiner inden for de enkelte erhverv)

For bygninger anvendes obligationsrenten, mens der for maskiner anvendes bankernes udlånsrente ud fra den betragtning, at maskininvesteringer typisk finansieres via banklån. Inflationsforventningerne er som det ses dannet som et 8 hhv. 7 års glidende (geometrisk) gennemsnit af de historiske inflationsrater i den pågældende investeringspris.

<sup>38</sup>At de følgende usercostudtryk i forhold til (8.38) er divideret med  $(1-t)$  har følgende forklaring: Omkostningerne til produktionsfaktorerne er alle fradragsberettigede, og da usercost-udtrykkene ganges med  $(1-t \cdot z)$ , som udtrykker skatteværdien af de skattemæssige afskrivninger, er modellens usercost altså *efter*-skat-usercost. De andre faktorpriser er imidlertid regnet *før* skat (da de ikke er multipliceret med  $(1-t)$ ), og det reelle efter-skat-forhold mellem fx  $P_K$  og  $P_L$  skal derfor være følgende:

$$\frac{(1-t \cdot z) P_I \left[ (1-t)i - \mathbf{R}(P_I)^e + \sigma + \mu \right]}{(1-t) P_L}$$

hvor  $P_L$  er multipliceret med  $(1-t)$ , dvs. efter skattemæssige fradrag. Da man i faktorefterspørgselssammenhæng kun er interesseret i de *relative* faktorpriser, er det rent praktisk blevet valgt at dividere  $(1-t)$  op i usercostudtrykkene, i stedet for at multiplicere alle andre faktorpriser med  $(1-t)$ . Brøken  $(1-t \cdot z)/(1-t)$  kommer derved til at udtrykke, hvorledes fradragsreglerne for kapitaludstyr er i forhold til fradragsreglerne for de andre produktionsfaktorer. Hvis der var fuld skattemæssig afskrivning af kapitaludstyr, svarende til  $z = 1$ , ville  $(1-t \cdot z)/(1-t)$  da også blive lig 1 og forsvinde ud af usercost-udtrykkene, svarende til at skattereglerne ikke forvrider de relative faktorpriser.

<sup>39</sup>Det skal bemærkes, at i modellens usercostudtryk er de erhvervsfordelte investeringspriser givet implicit som  $pib_j = kpib_j \cdot pibp$  hhv.  $pim_j = kpim_j \cdot pim_p$ , hvor  $pibp$  hhv.  $pim_p$  er aggregerede investeringspriser, og hvor korrektionsfaktorerne  $kpib_j$  og  $kpim_j$  er residualberegnet.

Det skal dog bemærkes, at ovenstående usercostudtryk for bygninger ( $uib_j$ ) kun bruges i sektorprisrelationerne og således *ikke* er det usercost, som bruges i bygningsinvesteringsrelationen ( $uipbl$ ). Af historiske årsager ser sidstnævnte en smule anderledes ud end de ovenstående udtryk (selv om der indholdsmæssigt er tale om præcis det samme).<sup>40</sup>

### Omregning til investeringer og beskæftigelse

Faktorefterspørgselssystemet beskriver umiddelbart erhvervenes maskinkapitalapparat og arbejdstimeforbrug, og for at beregne maskininvesteringer (som er af stor betydning for den samlede efterspørgsel) og antal beskæftigede (som er af stor betydning for ledigheden) er det derfor nødvendigt med nogle omregninger.

Erhvervsfordelte maskininvesteringer,  $flm_j$ , fås fra de erhvervsfordelte maskinkapitalapparater,  $fKm_j$ , som følger:

$$flm_j = fKm_j - (1-0.15)fKm_{j-1} \quad (8.41)$$

hvor de 0.15 = 15% er den (i ADAM antagne) fysiske afskrivningsrate for maskinkapital. Beskæftigelsen opgjort i antal mand,  $Q_j1$ , følger af arbejdstimeforbruget som følger:

$$Q_j1 = \frac{HQ_j}{Hgnl} \quad (8.42)$$

hvor  $HQ_j$  er beskæftigelsen opgjort i antal præsterede arbejdstimer, og  $Hgnl$  er den gennemsnitlige årlige arbejdstid. Den samlede beskæftigelse,  $Q_j1$ , opdeles herefter i lønmodtagere,  $Q_wj$  og selvstændige,  $Q_sj$ , som følger:

$$Q_sj = bqs_j \cdot Q_j1, \quad Q_wj = Q_j1 - Q_sj \quad (8.43)$$

hvor  $bqs_j$  er en tidsvarierende "selvstændigkvote". Denne opdeling har hovedsagelig betydning for opdelingen af faktorindkomsten i løn og restindkomst, jf. afsnit 7.3.

## 8.B. Udledning af ADAMs faktorefterspørgelsesligninger

ADAMs faktorefterspørgselssystem baserer sig som nævnt i afsnit 8.2.1 på en nestet CES-produktionsfunktion, og vha. denne kan man – som det bliver gjort efterfølgende – ud fra omkostningsminimering udlede de teoretisk "rigtige" faktorefterspørgelsesfunktioner. Disse afviger på visse punkter fra de forenkledte faktorefterspørgelses-

<sup>40</sup>Det nævnte usercost-udtryk ser ud som følger:

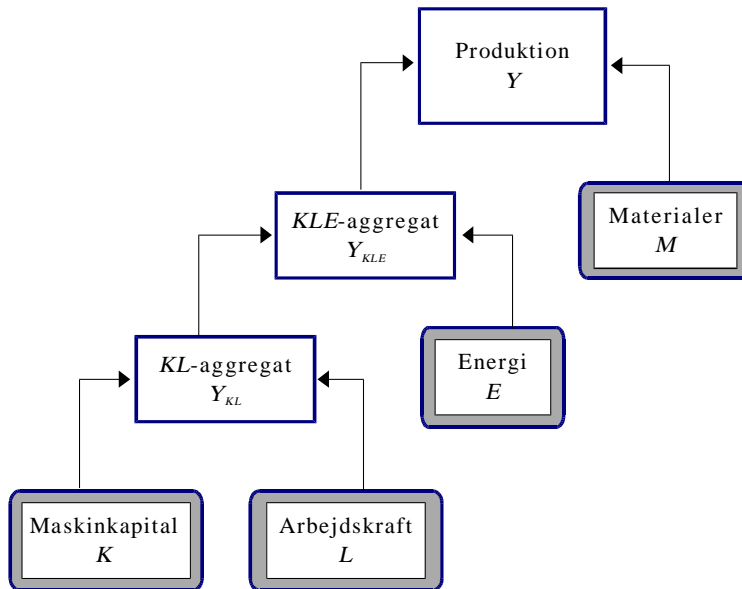
$$uipbl = \frac{1 - tsdsu \cdot bivpb}{1 - tsdsu} \frac{pipb [(1 - tsdsu) iwbz - Rpxvbe + 0.0158]}{pxvb}$$

hvor  $pxvb$  er en (vægtet) sektorpris, mens  $Rpxvbe$  er et otte perioders glidende (aritmetisk) gennemsnit af samme. Det bemærkes, at udtrykket er divideret med  $pxvb$ , således at  $uipbl$  er *reale* bygningsusercost, jf. (8.26) i afsnit 8.3.3. Desuden skal det bemærkes, at inflationsforventningerne hér afhænger af de historiske sektorpriser (i stedet for af investeringspriserne), samt at der ikke opereres med en risikopræmie. Afskrivningsraten er sat til 1.58%, hvilket er i overensstemmelse med modellens relation for bygningsafskrivninger,  $flpvb$ .

funktioner, som bruges i modellen (se (8.8)-(8.11) i afsnit 8.2.1). Nærværende afsnit indeholder derfor også en gennemgang af, hvori afvigelserne består, og begrundelserne for at foretage dem.

At CES-produktionsfunktionen er nestet vil sige, at den er "brugt på sig selv" successivt, idet produktionen,  $Y$ , antages at blive dannet trinvist som vist i den følgende figur:

**Figur 8.27. Illustration af nestningsstrukturen  $((KL)E)-M$**



Nestningsstrukturen  $((KL)E)-M$  skal altså forstås på den måde, at der først – dvs. i det inderste nest (nederste niveau i figuren) – "produceres" et såkaldt "KL-aggregat",  $Y_{KL}$ , som herefter i det næstinderste nest kombineres med  $E$  og danner et  $KLE$ -aggregat,  $Y_{KLE}$ . Produktionen fremkommer endelig ved, at  $KLE$ -aggregatet kombineres med  $M$ . Et sådant hierarki i virksomhedernes produktionsproces kaldes også "separabilitet", idet  $K$  og  $L$  i ovenstående skitse siges at være separable fra  $E$ , mens  $K$ ,  $L$  og  $E$  siges at være separable fra  $M$ . Det skal desuden nævnes, at der er antaget konstant skalaafkast i hvert enkelt "trin", hvilket indebærer, at der også vil være konstant skalaafkast i den samlede produktionsfunktion.

Ovenstående nestningsstruktur (eller: separabilitetsantagelser) har betydning for, hvorledes ændringer i de relative faktorpriser påvirker faktorefterspørgslen, idet det vil gælde, at prisen på  $E$ ,  $P_E$ , ikke påvirker *forholdet* mellem  $K$  og  $L$ , mens prisen på  $M$ ,  $P_M$ , ikke påvirker *forholdet* mellem  $K$ ,  $L$  og  $E$ . Den første separabilitetsantagelse ses af tabel 8.1 i afsnit 8.1 ved, at  $K$  og  $L$  begge stiger med 0.01%, hvis  $P_E$  stiger med 1%. Om den anden separabilitetsantagelse bemærkes det, at der er antaget såkaldt "stærk" separabilitet, således at  $K$ ,  $L$  og  $E$  overhovedet ikke påvirkes af  $P_M$ . Dette kan også udtrykkes som, at materialeforbruget bestemmes i et ydre Leontief-nest, eller at materialerne er i-o bestemte, hvilket er angivet vha. tankestregen ("–") i betegnelsen for nestningsstrukturen:  $((KL)E)-M$ .

De to "inderste" CES-funktioner – jf. figur 8.27 – ser ud som følger:

$$Y_{KL} = \left[ \delta_1 K^{\frac{\sigma_1-1}{\sigma_1}} + (1-\delta_1) L^{\frac{\sigma_1-1}{\sigma_1}} \right]^{\frac{\sigma_1}{\sigma_1-1}}, \quad \sigma_1 > 0, \quad 0 < \delta_1 < 1 \quad (8.44)$$

$$Y_{KLE} = \left[ \delta_2 Y_{KL}^{\frac{\sigma_2-1}{\sigma_2}} + (1-\delta_2) E^{\frac{\sigma_2-1}{\sigma_2}} \right]^{\frac{\sigma_2}{\sigma_2-1}}, \quad \sigma_2 > 0, \quad 0 < \delta_2 < 1 \quad (8.45)$$

hvor  $\sigma$ 'erne er substitutionselasticiteter, mens  $\delta$ 'er ofte kaldes "fordelingsparametre". Substitutionselasticiteten udtrykker, hvor mange procent forholdet mellem produktionsfaktorerne ændrer sig med, når forholdet mellem faktorpriserne ændrer sig med 1%.

Da  $M$  er antaget at være stærkt separabel, svarende til at substitutionselasticiteten er lig nul, reduceres den yderste CES-funktion til følgende:

$$Y = \min(\kappa_1 Y_{KLE}, \kappa_2 M), \quad \kappa_1 > 0, \quad \kappa_2 > 0 \quad (8.46)$$

Dette er en (limitational) "Leontief-produktionsfunktion", som bevirker, at det altid vil være optimalt at efterspørge  $Y_{KLE}$  og  $M$  i det samme forhold;  $Y_{KLE}/M = \kappa_2/\kappa_1$ , uanset størrelsen af faktorpriserne. Minimering af de samlede omkostninger,  $C = P_K K + P_L L + P_E E + P_M M$ , under bibetingelse af produktionsfunktionen (givet ved (8.44)-(8.46)) resulterer i følgende system af langsigtede faktorefterspørgsler:<sup>41</sup>

$$K^* = Y_{KL}^* \cdot \delta_1^{\sigma_1} \left( \frac{P_K}{P_{KL}} \right)^{-\sigma_1} \quad (8.47)$$

$$L^* = Y_{KL}^* (1-\delta_1)^{\sigma_1} \left( \frac{P_L}{P_{KL}} \right)^{-\sigma_1} \quad (8.48)$$

$$E^* = \frac{Y}{\kappa_1} (1-\delta_2)^{\sigma_2} \left( \frac{P_E}{P_{KLE}} \right)^{-\sigma_2} \quad (8.49)$$

$$M^* = \frac{Y}{\kappa_2} \quad (8.50)$$

hvor

$$Y_{KL}^* = \frac{Y}{\kappa_1} \cdot \delta_2^{\sigma_2} \left( \frac{P_{KL}}{P_{KLE}} \right)^{-\sigma_2} \quad (8.51)$$

<sup>41</sup>Vedrørende udlledningen, se evt. Modelgruppepapir EDM 24. maj 1996.

$$P_{KL} = \left[ \delta_1^{\sigma_1} P_K^{1-\sigma_1} + (1-\delta_1)^{\sigma_1} P_L^{1-\sigma_1} \right]^{\frac{1}{1-\sigma_1}} \quad (8.52)$$

$$P_{KLE} = \left[ \delta_2^{\sigma_2} P_{KL}^{1-\sigma_2} + (1-\delta_2)^{\sigma_2} P_E^{1-\sigma_2} \right]^{\frac{1}{1-\sigma_2}} \quad (8.53)$$

Variabelbetegnelserne er de samme som i det tidligere viste forenklede ligningssystem (8.8)-(8.11), bortset fra at der optræder de tre ovenstående "hjælpevariabler",  $Y_{KL}^*$ ,  $P_{KL}$  og  $P_{KLE}$ , hvor  $Y_{KL}^*$  er et  $KL$ -"aggregat",  $P_{KL}$  er et sammenvejet udtryk for prisen på  $K$  og  $L$ , mens  $P_{KLE}$  er et sammenvejet udtryk for prisen på  $K$ ,  $L$  og  $E$ .

Det skal bemærkes, at ligningerne for  $K^*$  og  $L^*$  alternativt kan opskrives på følgende måde (hvor ligningen for  $P_{KL}$  er indsat i begge ligninger), og det er konkret også den måde, ligningerne er opskrevet på i modellens ligningssystem.

$$K^* = Y_{KL}^* \cdot \delta_1^{\frac{\sigma_1}{1-\sigma_1}} \left[ \left( \frac{P_L}{P_K} \right)^{1-\sigma_1} \left( \frac{1-\delta_1}{\delta_1} \right)^{\sigma_1} + 1 \right]^{\frac{\sigma_1}{1-\sigma_1}} \quad (8.54)$$

=(8.47)

$$L^* = Y_{KL}^* (1-\delta_1)^{\frac{\sigma_1}{1-\sigma_1}} \left[ \left( \frac{P_K}{P_L} \right)^{1-\sigma_1} \left( \frac{\delta_1}{1-\delta_1} \right)^{\sigma_1} + 1 \right]^{\frac{\sigma_1}{1-\sigma_1}} \quad (8.55)$$

=(8.48)

Ligningerne (8.52) og (8.53) kaldes sædvanligvis for "CES-prisindeks", idet de udtrykker omkostningerne ved at anvende  $KL$ -aggregatet hhv.  $KLE$ -aggregatet (jf. evt. figur 8.27) i produktionsprocessen. Ved at indsætte ligningerne (8.51)-(8.53) de relevante steder i (8.54), (8.55) og (8.49) bliver  $K$ ,  $L$  og  $E$  funktioner af  $Y$ ,  $P_K$ ,  $P_L$  og  $P_E$ , mens  $M$  (8.50) udelukkende er en funktion af  $Y$ . Systemet består af seks parametre,  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$ ,  $\delta_1$ ,  $\delta_2$ ,  $\kappa_1$  og  $\kappa_2$ , hvoraf de væsentligste er  $\sigma_1$  og  $\sigma_2$ , som udtrykker substitutionen mellem  $K$  og  $L$  hhv. mellem  $KL$ -aggregatet og  $E$ .  $Y_{KL}^*$  givet ved (8.51) er et CES-aggregat af  $K^*$  og  $L^*$ , hvilket man kan overbevise sig om ved at indsætte (8.54) og (8.55) i ligningen for  $KL$ -aggregatet (8.44).

Ovenstående ligningssystem er temmelig ikke-lineært, og det viser sig desværre, at man i praksis ofte løber ind i beregningstekniske vanskeligheder og konvergensproblemer, når man forsøger at estimere de ovenstående ligninger som et samlet system. Af den grund – men også af tidsmæssige årsager – blev det besluttet at forenkle det ovenstående system ved i (8.54), (8.55), (8.49) og (8.50) at erstatte de to modeltekniske variabler  $Y_{KL}^*$  og  $P_{KLE}$  med nationalregnskabets variabler bruttofaktoringdomst (BFI) i faste priser,  $Y_{BFI}$ , hhv. BFI-deflator,  $P_{BFI}$ .

Motivationen for at foretage denne forenkling var, at  $Y_{KL}^*$  og  $P_{KLE}$  er et CES-aggregat af  $K^*$  og  $L^*$  hhv. et CES-prisindeks bestående af  $P_K$ ,  $P_L$  og  $P_E$ . Det første teoretiske udtryk burde have sin pendant i nationalregnskabets udtryk for det samme, nemlig BFI i faste priser. BFI-deflatoren er nationalregnskabsmæssigt et vejet gennemsnit af prisen på

kapital og arbejdskraft, således at også dette turde være nogenlunde det samme som det andet teoretiske udtryk, da energien udgør en forholdsvis beskedne del af erhvervenes samlede omkostninger.<sup>42</sup>

Som det kan ses nedenfor, betyder forenklingen, at  $E$  kan estimeres uafhængigt af  $K$  og  $L$ , som på deres side kan estimeres i en simpel tofaktor CES-funktion med BFI i faste priser som produktionsbegreb.

$$K^* = \bar{\kappa}_1 Y_{\text{BFI}} \cdot \delta_1^{\frac{\sigma_1}{1-\sigma_1}} \left[ \left( \frac{P_L}{P_K} \right)^{1-\sigma_1} \left( \frac{1-\delta_1}{\delta_1} \right)^{\sigma_1} + 1 \right]^{\frac{\sigma_1}{1-\sigma_1}} \quad (8.56)$$

~(8.54)

$$L^* = \bar{\kappa}_1 Y_{\text{BFI}} (1-\delta_1)^{\frac{\sigma_1}{1-\sigma_1}} \left[ \left( \frac{P_K}{P_L} \right)^{1-\sigma_1} \left( \frac{\delta_1}{1-\delta_1} \right)^{\sigma_1} + 1 \right]^{\frac{\sigma_1}{1-\sigma_1}} \quad (8.57)$$

~(8.55)

$$E^* = \bar{\kappa}_2 Y_{\text{BFI}} \left( \frac{P_E}{P_{\text{BFI}}} \right)^{-\sigma_2} \quad (8.58)$$

~(8.49)

$$M^* = \bar{\kappa}_3 Y \quad (8.59)$$

~(8.50)

Det bemærkes her, at parametrene  $\kappa_1$ ,  $\kappa_2$  og  $\delta_2$  er blevet erstattet af parametrene  $\bar{\kappa}_1$ - $\bar{\kappa}_3$ . Dette er en rent teknisk omskrivning, som følger af, at de teoretiske udtryk  $Y_{KL}^*$  og  $P_{KLE}$  er blevet erstattet af  $Y_{\text{BFI}}$  hhv.  $P_{\text{BFI}}$ . Omskrivningen resulterer i det samme antal parametre som før (seks, hvoraf substitutionselasticiteterne  $\sigma_1$  og  $\sigma_2$  er de egentligt interessante). Om energiligningen bemærkes det, at produktionsværdien,  $Y$ , er erstattet af BFI i faste priser,  $Y_{\text{BFI}}$ , hvilket skyldes et ønske om, at stigende materialeforbrug (fx som følge af forøget arbejdsdeling) burde udmønte sig i, at man sparede på de andre produktionsfaktorer, herunder energi. Det sidste ville ikke være tilfældet, hvis man brugte  $Y$  som produktionsbegreb, mens det er tilfældet, hvis man bruger  $Y_{\text{BFI}}$  ( $\approx Y - E - M$ ), ligesom i ligningerne for  $K$  og  $L$ .<sup>43</sup>

Udvides ovenstående faktorefterspørgselssystem med effektivitetsindeks, resulterer det i de ligninger, som blev vist i afsnit 8.2.1 (ligningerne (8.8)-(8.11)).

<sup>42</sup>I begge tilfælde er der tre væsentlige problemer. For det første indeholder ADAMs (og nationalregnskabet)  $Y_{\text{BFI}}$  og  $P_{\text{BFI}}$  ud over maskinkapital og arbejdskraft også bygningskapital, som udgør en ganske stor del af BFI. For det andet er både  $Y_{KL}^*$  og  $P_{KLE}$  ligevægtsstørrelser eller langsigtede størrelser, hvilket vil sige, at disse teoretiske størrelser ikke afhænger af de observerede størrelser af  $K$ ,  $L$  (og  $E$ ), men af de størrelser, disse ville have, hvis de var i ligevægt. Og for det tredje skal det nævnes, at når der introduceres faktorudvidende effektivitetsindeks vil de teoretiske størrelser  $Y_{KL}^*$  og  $P_{KLE}$  begge være i såkaldt "effektive" enheder, jf. afsnit 8.2.1. Det sidste er dog kun et problem, hvis effektivitetsindeksene for  $K$ ,  $L$  og  $E$  udvikler sig forskelligt (dvs. er faktorforvridende).

<sup>43</sup>For flere detaljer og yderligere begrundelser for at bruge BFI som produktionsbegreb i energiforbruget henvises til Modelgruppepapir FKN 27. juli 1994.