

Energie in Economische Modellen.

F. Muller ^x

^x Erasmus Universiteit Rotterdam, Instituut voor Economisch Onderzoek,
Burg. Oudlaan 50, Postbus 1738, 3000 DR Rotterdam.

Samenvatting.

De laatste jaren heeft het Instituut voor Economisch Onderzoek ervaring opgedaan met het opnemen van energie in economische modellen, zoals:

- (a) Een input-output model waarin energiesectoren en energieverbruik zijn opgenomen. Dit model is ook als lineair programmeringsmodel beschikbaar.
- (b) In een translog produktiefunctie worden kapitaal, arbeid, energie en materialen als substitueerbare produktiefactoren beschreven.
- (c) Een geïntegreerd macro-sector model maakt het mogelijk vraag en aanbod van energie, opgebouwd vanuit de individuele sectoren, binnen het raamwerk van de nationale economie te analyseren.

1. Inleiding.

In de economie bestaan verschillende methoden om het energieprobleem te analyseren. Zo is het mogelijk uit een geschatte vraagvergelijking naar energie prijs- en inkomenselasticiteiten af te leiden. Voorbeelde hiervan zijn te vinden bij Schweizer et. al. (1974) en Houthakker en Kennedy (1974a). Andere studies onderzoeken vooral het aanbod van energie (odell en Rosing, 1975).

Wanneer het aantal variabelen groot is, en ook interdependenties veelvuldig voorkomen, kunnen simulatiemodellen met succes worden toegepast. Deze modellen kunnen statisch of dynamisch zijn. Tot de simulatiemodellen behoren verschillende input-output studies (zie bijvoorbeeld Tintner, 1971; Lesuis en Muller, 1976); netwerkanalyse en systeemanalyse (Debanné, 1973; Oshima, 1974; Neu, 1975); en verder geïntegreerde vraag- en aanbodmodellen (Houthakker en Kennedy, 1974b; Jorgenson, 1976). Verschillende van deze modellen kunnen ook geoptimaliseerd worden, waarvoor diverse technieken van mathematisch programmeren ter beschikking staan (Hoffman, 1972; Dean et. al., 1973; Muller, 1979).

De laatste jaren heeft het Instituut voor Economisch Onderzoek ervaring opgedaan met het opnemen van energie in economische modellen. Wij zullen nu een overzicht geven van de gehanteerde methoden en de bereikte resultaten.

2. Energieverbruik en input-output analyse.

De intermediaire leveringen uit de input-output tabel worden aangeduid met de matrix X . Indien een proportionele relatie verondersteld wordt tussen de produktievector x en het intermediaire verbruik X , dan resulteert een

matrix van technische coëfficiënten A, waarvoor geldt:

$$A = X \hat{x}^{-1} \quad (2.1)$$

met $\hat{x}$ een gediagonaliseerde matrix van produktieniveau's. Gegeven de finale vraagvector f volgt:

$$x = Ax + f, \quad (2.2)$$

en

$$x = [I - A]^{-1} f \quad (2.3)$$

Ook de energiesectoren zijn in dit systeem opgenomen, hetgeen duidelijk wordt indien wij de input-output tabel als volgt partitioneren:

$$\begin{bmatrix} x^n \\ x^e \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} A^{nn} & A^{ne} \\ A^{en} & A^{ee} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x^n \\ x^e \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} f^n \\ f^e \end{bmatrix} \quad (2.4)$$

waarin n een energieverbruikende en e een energieproducerende vector aangeeft. Uit bovenstaand stelsel kan een energiebalans in waardegrootheden afgeleid worden.

Men kan het systeem van energiewinning, energie-omzetting en energieverbruik ook opvatten als een technisch systeem. Bij de omzetting van primaire energiedragers valt dan de nadruk op de technische processen of activiteiten. Getracht wordt dan het verbruik te relateren aan het energieverbruikende productie-apparaat. De produkten van de energiesector worden dan functioneel onderscheiden, bijvoorbeeld in proceshitte, ruimteverwarming en vervoer. Deze produkten kunnen via diverse processen door de energiesector worden voortgebracht. In feite vormt het blok A^{ee} uit bovenstaand stelsel een beschrijving van de energietransformatieprocessen, en geven de blokken A^{en} en A^{ne} de relaties weer die tussen de energiesector en de overige sectoren bestaan. Omrekening van input-output tabellen in lopende prijzen naar prijzen in een basisjaar zorgt voor een reeks consistente energiebalansen die uitgedrukt zijn in volume-eenheden.

Het inzicht in de verwevenheid van het fysieke energieverbruik met de finale vraag naar energieprodukten kan verder worden uitgewerkt door een onderscheid aan te brengen tussen direct en indirect energieverbruik. Indien een vast verband verondersteld wordt tussen energieverbruik en productie, kan het energieverbruik als volgt bepaald worden:

$$e = Ex + f^e \quad (2.5)$$

waarbij E een matrix van energieverbruikscoefficiënten, en f^e een vector van finaal energieverbruik. Substitutie van x uit (2.3) geeft:

$$e = E [I-A]^{-1} f + f^e \quad (2.6)$$

Het directe energieverbruik per eenheid finale vraag is nu $Ef + f^e$; het indirecte verbruik wordt bepaald als het verschil tussen het totale en het directe verbruik. Op deze wijze kan de energie-intensiteit van een produkt bepaald worden.

Eveneens uitgaande van een lineaire (Leontief) technologie kunnen de volgende vergelijkingen toegevoegd worden:

$$V = v' x \quad (2.7)$$

$$W = w' x \quad (2.8)$$

Deze vergelijkingen representeren de toegevoegde waarde V , resp. de werkgelegenheid W (eventueel in efficiency-eenheden). Ook kunnen invoer- en uitvoervergelijkingen opgenomen worden, zodat betalingsbalanseffecten kunnen worden bepaald. Het model kan nationaal van opzet zijn, of als interregionaal model worden geformuleerd (zie Lesuis en Muller, 1976).

Met het model wordt een beschrijving gegeven van de bestaande produktie-structuur. Naast bepaling van het directe en indirecte energieverbruik kan een gevoeligheidsanalyse uitgevoerd worden. Dit kan eenvoudig gebeuren door het model te formuleren als lineair programmeringsmodel, met restricties op productiecapaciteit, beschikbare energie en arbeid. Mogelijk is, een enkelvoudige doelstelling te maximeren, bijvoorbeeld de toegevoegde waarde of de werkgelegenheid. Anderzijds is maximering van een set doelstellingen mogelijk door middel van multi-criteria analyse (Lesuis, Muller en Nijkamp, 1979).

De structuur van het model maakt het geschikt voor de analyse van korte termijn verstoringen in de energievoorziening en de bepaling van een optimale toewijzing van energieprodukten in zulke omstandigheden. Het model is toegepast voor de situatie in 1973, toen een verstoring in de energievoorziening plaatsvond als gevolg van een selectieve boycot die de Arabische landen tegen Nederland instelden (Lesuis en Muller, 1976).

Uitgegaan werd van een beperking in de olie-aanvoer van 20%; hierbij is echter verondersteld, dat de oorspronkelijke invoer van olieprodukten gehandhaafd kon worden. Verder werd een zestal alternatieven onderscheiden. Tabel 1 geeft een overzicht van de verschillende veronderstellingen die aan de alternatieven ten grondslag liggen, terwijl de resultaten die met behulp van het model verkregen werden in tabel 2 vermeld worden.

Tabel 1: Onderzochte alternatieven bij een vermindering van de olie-aanvoer van 20%.

	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
afname in het aanbod van ruwe olie	0	20%	20%	20%	20%	20%	20%
beschikbaar bedrag voor additionele import van olieprodukten (mln f)	0	0	0	0	100	1000	1000
beperking in de export van olieprodukten	0	20%	20%	20%	20%	0	0
bezuiniging op het finale verbruik (olie en elektriciteit)	0	20%	20%	20%	20%	20%	0
substitutie	nee	nee	nee	ja	nee	nee	nee
maximalisatie toegevoegde waarde	+	+	-	+	+	+	+
maximalisatie werkgelegenheid	-	-	+	-	-	-	-

Tabel 2: Enige economische gevolgen bij een vermindering van de olie-aanvoer van 20%.

produktiedaling (miljarden f, 1972)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
<i>Rijmond</i>						
olie-industrie	1,277 ^a	1,277 ^a	1,277 ^a	1,277 ^a	1,277 ^a	1,277 ^a
chemische industrie	2,706	2,729	1,366	0,912	-	1,305
bouwnijverheid	1,803	1,808	-	-	-	-
openbaar nut	0,128 ^a	0,129 ^a	0,080 ^a	0,077 ^a	0,064 ^a	0,023 ^a
transport	-	4,079	-	-	-	-
overige industrie	0,260	-	-	-	-	-
diensten	4,778	3,184	-	-	-	-
<i>Overig Nederland</i>						
chemische industrie	0,406	1,892	-	-	-	-
bouwnijverheid	1,565	1,560	-	-	-	-
openbaar nut	0,615 ^a	0,615 ^a	0,542 ^a	0,539 ^a	0,536 ^a	0,008 ^a
transport	2,394	5,966	-	-	-	-
diensten	3,105	-	-	-	-	-
<i>Nederland totaal</i>						
productie	-19,036	-23,269	-3,261	-2,802	-1,877	-2,612
betalingsbalans	- 1,360	- 4,744	-0,425	-0,394	-0,263	-0,775
bruto binnenlands produkt	-10,411	-11,780	-0,735	-1,173	-0,831	-0,938
werkgelegenheid (mln manjaren)	- 0,395	- 0,371	-0,015	-0,012	-0,008	-0,007

a. per veronderstelling

De uitkomsten laten zien, dat vooral de gevolgen in de alternatieven (2) en (3), waarin geen substitutiemogelijkheden aanwezig zijn en waarin geen extra olieprodukten ingevoerd kunnen worden, zeer ernstig kunnen zijn. Er vindt een aanzienlijk verlies plaats aan inkomen en werkgelegenheid. Terwijl echter sommige olieprodukten volledig gebruikt worden, blijven er van andere overschotten bestaan. Dit geeft reeds aan, dat van substitutie gunstige effecten verwacht kunnen worden, hetgeen onderzocht is in alternatief (4). Indien onderlinge substitutie tussen energieprodukten tot de mogelijkheden behoort, kunnen de nadelige gevolgen beperkt worden tot de olie-industrie en de chemische industrie. Ook door extra importeren van olieprodukten kan een aanzienlijke verbetering bereikt worden, zoals blijkt uit de alternatieven (5), (6) en (7).

3. Input-output model met substitutiemogelijkheden.

Een bezwaar van het traditionele input-output model is, dat de technische coëfficiënten vast zijn. In plaats hiervan zullen wij nu een model beschrijven, waarin substitutie kan plaatsvinden. Gekozen wordt voor een produktiefunctie van het translog type. Deze functie kan gezien worden als een lokale benadering van een willekeurige continue tweemaal differentiëerbare produktie- of kostenfunctie.

Voor iedere sector s geldt:

$$\ln P_s = \beta_s^0 + \sum_i \beta_s^i \ln P^i + \frac{1}{2} \sum_i \sum_j \beta_s^{ij} \ln P^i \ln P^j \quad (3.1)$$

waarin P^i de prijzen van de inputs weergeven ($i=1, I$) en P_s de kosten per eenheid produkt van sector s . Bij volledig vrije mededinging op de afzetmarkt is P_s gelijk aan de afzetprijs.

Substitutie- en prijselasticiteiten kunnen uitgedrukt worden in de β -coëfficiënten, en kunnen per sector en per waarnemingsperiode verschillen. Technische vooruitgang kan worden opgenomen door middel van een faktor t .

Aangenomen wordt, dat de ondernemers bij iedere produktie-omvang naar minimale kosten streven. Door partiëel differentiëren van de price possibility frontier (3.1) naar P^i volgen optimale kostenaandelen per eenheid produkt:

$$S_s^i = \beta_s^i + \sum_j \beta_s^{ij} \ln P^j, \quad I=1, I \quad (3.2)$$

waarbij

$$S_s^i = \frac{p^i * X^i}{p_s * X_s} \quad (3.3)$$

Gegeven de prijzen wordt hiermee de vraag naar inputs bepaald. Bij lineaire homogeniteit worden verder de volgende restricties opgelegd:

$$\sum_i \beta_s^i = 1 \quad \text{en} \quad \sum_j \beta_s^{ij} = 0, \quad i=1, I \quad (3.4)$$

Wegens de symmetrie van de Slutsky-matrix wordt verder opgelegd, dat

$$\beta_s^{ij} = \beta_s^{ji} \quad \text{voor alle } i, j, i \neq j \quad (3.5)$$

Ter vereenvoudiging wordt aangenomen, dat de inputstructuur separabel is in inputgroepen als kapitaal (K), arbeid (L), energie (E) en materialen (M). Deze separabiliteit heeft tot gevolg, dat geoptimeerd kan worden in twee fasen: eerst voor de energie- en materialen afzonderlijk, en vervolgens voor de geaggregeerde grootheden K, L, E en M. Hierbij wordt de eis gesteld, dat de som van de kostenaandelen gelijk is aan één.

Met behulp van gegeven exogene prijzen van kapitaal, arbeid en invoer kunnen de optimale kostenaandelen en de sectorprijzen berekend worden. Op deze wijze wordt een nieuwe matrix van input-output coëfficiënten verkregen.

Schatting van de coëfficiënten in de translog functie heeft plaatsgevonden voor elf sectoren over de periode 1960-1973. De resultaten van deze schatting worden gemeld in Lesuis, Muller en Nijkamp (1978).

Bij wijze van voorbeeld worden twee scenario's gepresenteerd. In het eerste scenario wordt een stijging van de (exogene) invoerprijs van olie met 200% verondersteld, en een prijsverhoging van kolen met 25%. In het tweede scenario wordt bovendien nog een prijsverhoging van kapitaal met 25% en een stijging van de nominale loonvoet met 50% aangenomen. Het sectorale prijsverloop dat hieruit resulteert wordt vermeld in tabel 3, terwijl de nieuwe input-output coëfficiënten in tabel 4 worden weergegeven. De laatste tabel toont duidelijk de substitutie die door de ontwikkeling van de relatieve prijzen geïnduceerd wordt.

4. Geïntegreerd macro-sector model.

Een wezenlijk kenmerk van een geïntegreerd macro-sector model is een zodanige desaggregatie van sectoren, dat de consistentie met de macro-economische relaties gehandhaafd blijft. In opdracht van de Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid (WRR) is door ons een geïntegreerd macro-sector model ontwikkeld, waarvan een uitvoerige beschrijving wordt gegeven in Muller,

Tabel 3: Prijseffecten bij verschillende scenario's (1963 = 100).

	Energieprijzen			Materiaalprijzen			Sectorprijzen		
	1972	Sc.1	Sc.2	1972	Sc.1	Sc.2	1972	Sc.1	Sc.2
landbouw	104,4	151,8	181,2	131,1	133,0	189,2	134,2	135,9	193,4
chemie	118,8	160,7	198,6	120,6	125,4	174,0	106,1	111,8	152,8
metallurgie	121,6	147,8	189,2	132,1	134,0	190,0	126,2	128,0	181,2
bouwnijv.	103,5	143,7	178,2	144,6	146,8	210,4	162,1	164,8	238,9
ov. industrie	104,3	130,2	161,8	127,8	129,5	184,1	116,6	118,0	167,7
transport	101,5	151,7	182,5	148,1	150,4	214,5	133,4	136,9	193,6
diensten	104,6	138,3	172,1	153,0	155,5	221,9	206,0	207,9	299,7
kolen	126,2	148,7	171,7	155,2	157,4	225,1	213,5	220,5	310,8
aardgas	104,6	119,4	153,0	149,1	151,4	215,9	109,0	109,6	142,0
olie raffin.	94,6	238,3	254,7	132,8	136,5	192,2	101,8	172,0	200,0
openb. nutsb.	123,2	149,8	185,5	149,8	152,0	217,1	99,5	104,1	138,0

Tabel 4: Input-coëfficiënten voor kapitaal, arbeid, energie en materialen
(in prijzen van 1963).

	Kapitaal			Arbeid			Energie		
	1972	Sc.1	Sc.2	1972	Sc.1	Sc.2	1972	Sc.1	Sc.2
landbouw	,127	,122	,095	,264	,272	,271	,025	,020	,026
chemie	,181	,163	,105	,110	,117	,108	,128	,134	,146
metallurgie	,104	,105	,124	,155	,157	,150	,040	,035	,039
bouwnijv.	,048	,040	,026	,263	,270	,273	,046	,037	,048
ov. industrie	,082	,085	,100	,154	,155	,153	,027	,023	,024
transport	,226	,224	,207	,377	,387	,386	,095	,078	,088
diensten	,175	,179	,140	,440	,443	,465	,044	,034	,037
kolen	,070	,035	,000	,494	,532	,491	,298	,257	,377
aardgas	,692	,684	,593	,096	,112	,135	,043	,048	,051
olie raffin.	,215	,396	,354	,035	,045	,043	,734	,515	,548
openb. nutsb.	,365	,382	,403	,179	,179	,167	,337	,312	,313

Materialen		
1972	Sc.1	Sc.2
,616	,616	,650
,620	,621	,610
,750	,749	,735
,685	,688	,687
,777	,775	,759
,327	,328	,338
,364	,361	,361
,192	,207	,216
,109	,103	,200
,060	,051	,055
,147	,144	,140

Lesuis en Boxhoorn (1980).

Het produktieblok heeft voorlopig nog de input-output structuur met vaste technische coëfficiënten, maar kan in principe ook op de translog functie gebaseerd worden. De afzetprijzen worden bepaald door de kostenontwikkeling per eenheid produkt. Aan de vraagzijde zijn de consumptieve bestedingen afhankelijk van de prijzen en het beschikbaar inkomen. De herkomst van de consumptiegoederen naar binnenlandse produktie of invoer is mede afhankelijk van relatieve prijzen. De export wordt bepaald door de prijsontwikkeling ten opzichte van het buitenland. De materiële overheidsbestedingen zijn exogeen. Belastingen, premies en overheidsuitgaven worden endogeen bepaald, evenals de vraag naar de primaire produktiefactoren arbeid en kapitaal.

Nagegaan kan worden hoe een verandering in de invoerprijs van energie in het model doorwerkt. Allereerst zal er een opwaartse druk op de kosten ontstaan, die wordt doorberekend in de prijs van energieprodukten. De kosten van de energieverbruikende sectoren zullen daarom eveneens toenemen, en afhankelijk van de mate waarin energie verbruikt wordt in de afzetprijzen tot uitdrukking komen. De afzet wordt verder beïnvloed door de zich wijzigende inkomensontwikkeling. Een eventuele verandering in de concurrentiepositie ten opzichte van het buitenland leidt tot een verandering in het aandeel van de binnenlandse produktie in de afzet. Op deze wijze ontstaat er een algehele doorwerking op produktie, inkomen, werkgelegenheid, prijsniveau en betalingsbalans.

Ten behoeve van de brede maatschappelijke discussie heeft het model gediend om een energie-scenario uit te werken voor het jaar 1985 (Muller, 1983). Het energieverbruik wordt gerelateerd aan de reële toegevoegde waarde. De energiecoëfficiënten zijn echter niet constant gehouden, maar worden beïnvloed door een uit te voeren besparingsprogramma, waardoor een verlaging van het energieverbruik bereikt kan worden. Het geformuleerde programma beperkt zich nog tot het energieverbruik benodigd voor vervoer, ondervuring en verwarming, zodat nog niet op elektriciteitsverbruik bezuinigd wordt. De bereikte besparing is 6,7% (uitgedrukt ten opzichte van het totale energieverbruik van bedrijven).

Ter stimulering van energiebesparing wordt aanbevolen, dat de overheid financiële middelen ter beschikking stelt. Aangenomen wordt, dat bedrijven de mogelijkheid geboden wordt bij de overheid een lening af te sluiten tegen een rente van 10% per jaar, welke lening door middel van annuïteit in 10 jaar wordt afgelost. Een energiebesparingsprogramma op deze wijze uitgevoerd, heeft modeltechnisch gesproken de volgende consequenties:

- De input-output coëfficiënten van het energieverbruik zijn niet langer constant, maar dalen. Hetzelfde geldt voor de directe invoer van energie.
- De toegevoegde waarde coëfficiënten stijgen dienovereenkomstig.
- Aangenomen wordt verder, dat zowel de energiekosten als de (toegenomen) kapitaalkosten worden doorberekend in de prijzen.

De besparing aan energiekosten en de hiervoor vereiste investeringen worden door het model simultaan bepaald. Enige macro-economische gevolgen van zo'n energiebesparingsprogramma worden in tabel 5 weergegeven.

Tabel 5: Enige macro-economische gevolgen van een energiebesparingsprogramma.

	Projectie 1985		verschil
	zonder besparing	met besparing	
<i>in prijzen van 1970^a</i>			
productie bedrijven	293,24	293,84	+0,60
bruto toegev.waarde bedr.	146,42	146,99	+0,57
bruto investeringen bedr.	25,92	26,51	+0,59
- waarvan energie	-	0,53	+0,53
<i>in lopende prijzen^a</i>			
bruto toeg.waarde bedr.	340,85	341,65	+0,80
bruto investeringen bedr.	69,18	70,56	+1,38
- waarvan energie	-	1,34	+1,34
part. consumptie	263,62	263,77	+0,15
invoer bedrijven	176,31	175,96	-0,35
saldo handelsbalans	9,05	8,54	-0,51
nationaal inkomen	423,78	424,71	+0,93
(bruto, marktprijzen)			
gemiddelde prijsstijging 1977-85	5,47%	5,40%	-0,07%
werkgelegenheid bedrijven ^b	3748	3761	+13
werkloosheid ^b	627	614	-13
financieringstekort overheid	6,65%	6,43%	-0,22%

a. miljarden gulden

b. x1000 personen

Uit de berekeningen blijkt, dat voor de uitvoering van het besparingsprogramma in 1985 een investeringsbedrag benodigd is van f 1,34 mrd., hetgeen gecumuleerd over de jaren 1980-1985 een totale investering van f 6,7 mrd. vergt. Het totale bedrag aan rente en aflossing bedraagt dan in 1985 ca. f 1 mrd. Hiertegenover staat een besparing aan energiekosten van ca. f 2 mrd., zodat het voor de bedrijven zeker aantrekkelijk is aan een dergelijk programma mee te doen. Ook macro-economisch gezien zijn er aantrekkelijke voordelen. De energie-investeringen geven een extra impuls aan de economische ontwikkeling, hetgeen vooral tot uitdrukking komt in een toename van de werkgelegenheid met 13 000 personen. Ook vindt een geringe verhoging van de bruto productie plaats, ongeveer gelijk aan het vergrote investeringsvolume.

Het totale energieverbruik binnen de sector bedrijven beloopt in 1985 52,6 mtoe, terwijl dit zonder besparing 3,8 mtoe hoger zou uitvallen. Ondanks een economische groei van 2,16% per jaar stijgt het energieverbruik slechts met 0,66% per jaar. Indien ook nog op elektriciteitsverbruik bezuinigd zou worden, bijvoorbeeld met 10%, dan kunnen wij zeggen dat een economische groei van 2% per jaar mogelijk is bij een gelijk blijvend energieverbruik, mits het besparingsprogramma wordt gerealiseerd. De volledige energiebalans die bij uitvoering van het besparingsprogramma resulteert, wordt weergegeven in tabel 6.

Tabel 6: Energiebalans 1985 (mln. ton olie equivalent, inclusief besparing).

	Elektriciteit	Overige	Totaal
<i>Gezinnen en overheid</i>	1,8	15,4	17,2
<i>Bedrijven (excl. energiesector)</i>	4,0	35,6	39,6
industrie	2,7	19,1	21,8
diensten	0,9	5,5	6,4
landbouw	0,2	2,6	2,8
bouwnijverheid	0,1	1,8	1,9
vervoer	0,1	6,6	6,7
<i>Energiesector</i>	-4,9	18,5	13,6
mutatieverlies	0,1	3,3	3,4
input conv. centrales	-	15,2	15,2
netto prod. conv. centr.	-5,7	-	-5,7
input nucleaire energie	1,0	-	1,0
netto prod. nucl. energie	-0,3	-	-0,3
Totaal verbruik binnenland	0,9	69,5	70,4
Productie	0,9	62,3	63,2
Export	-	69,9	69,9
Import	-	77,1	77,1

In de tabel wordt onderscheid gemaakt tussen elektriciteitsverbruik en overig energieverbruik (olie, kolen, gas). Terwijl in 1980 de export van energiedragers in fysieke eenheden gemeten nog gelijk was aan de invoer, ontstaat er in 1985 een tekort van 7,2 mtoe. Dit tekort wordt grotendeels veroorzaakt door een verwachte daling in de binnenlandse productie van energiedragers met 4 mtoe.

Literatuur.

- Dean, R.J., World Energy Modelling: Concepts and Methods, London, 1973.
- Debanné, J.G., A Pollution and Technology Sensitive Model for Energy Supply-Distribution Studies, in: Searl, M.S. (ed.), Energy Modelling, Washington, D.C., 1973.
- Hoffman, K.C., A Unified Planning Framework for Energy System Planning, Brooklyn, 1972.
- Houthakker, H. and M. Kennedy, Demand for Energy as a Function of Price, Cambridge, 1974a.
- Houthakker, H. and M. Kennedy, The World Petroleum Model: Overview, Cambridge, 1974b.
- Jorgensen, D.W. (ed.), Econometric Studies of U.S. Energy Policy, Amsterdam, 1976.
- Lesuis, P.J.J. and F. Muller, Perspectives on Short-Term Energy Shortages in the Netherlands, in: Chatterji, M. and P. van Rompuy (eds.), Energy, Regional Science and Public Policy, Springer, Berlin, 1976.
- Lesuis, P.J.J., F. Muller and P. Nijkamp, Analytical Methods for Environmental and Energy Policies, Erasmus University Rotterdam, Discussion Paper Series, No. 7822/G, November 1978.
- Lesuis, P.J.J., F. Muller and P. Nijkamp, Analytical Methods for Environmental and Energy Policies, De Economist 127, No. 4, 1979.
- Muller, F., Energy and Environment in Interregional input-output Models, Martinus Nijhoff, Boston/The Hague/London, 1979.
- Muller, F., Enige Economische Aspecten van een Energiebesparingsprogramma in Nederland, Civis Mundi, 22e Jaargang, Januari 1983.
- Muller, F., P.J.J. Lesuis en N.M. Boxhoorn, Een Multisectormodel voor de Nederlandse Economie in Drieëntwintig Bedrijfstakken, Staatsuitgeverij, 's-Gravenhage, 1980.
- Neu, H., A Dynamic Model for Simulating Fictive Energy Demand and Supply in the European Communities: Scenarios for the Year 2000 and Beyond, in: Euratom Report, 1975.
- Odell, P.R. and K.E. Rosing, The North Sea Oil Province: An Attempt to Simulate its Development and Exploration 1969-2029, Rotterdam, 1975.
- Schweizer, P.G., et. al., A Regional Energy Model for Examining New Policy and Technology Changes, Pittsburgh, 1974.
- Tintner, G., A Study of the Consequences of a Possible Energy Crisis in Austria, Vienna, 1971.