

ECONOMISCHE VOORSPELLINGEN: STRUCTUURMODEL OF
UNIVARIAAT TIJDREEKSMODEL? EEN PRACTISCHE
TOEPASSING.¹⁾

Willem Voorhoeve²⁾

Samenvatting

Op basis van jaarcijfers van enkele belangrijke variabelen voor de Nederlandse economie worden voorspellingen berekend met behulp van een simultaan econometrisch model respectievelijk een univariaat tijdreeksmodel. Voor de eerste soort voorspellingen is gebruik gemaakt van het GRECON-model; voor de tweede soort heeft identificatie en schatting plaatsgevonden volgens de Box-Jenkins-methode, op basis van dezelfde cijfers als die gebruikt zijn voor het GRECON-model.

Ongelijkheidscoëfficiënten worden berekend voor de ex-post voorspellingen in de jaren 1971-1980 en 1974-1980. Eveneens voor de ex-ante voorspellingen in de jaren 1977-1980. Tenslotte worden de voorspellingen voor 1982 berekend.

De uitkomsten van de berekeningen wijzen in vrijwel alle gevallen op een betere voorspelkracht van een simultaan econometrisch model.

¹⁾ De auteur is dank verschuldigd aan R.H. Ketellapper, M.A. Kooyman en A.G.M. Steerneman (allen van het Econometrisch Instituut Groningen) voor hun kritische opmerkingen n.a.v. een eerder versie.

²⁾ Econometrisch Instituut, Postbus 800, 9700 AV Groningen.

1. Inleiding.

Uitgaande van een econometrisch model kan men voorspellingen genereren door de waarden van de gepredetermineerde variabelen in te vullen in de herleide-vorm-vergelijkingen. Als het model beschouwd kan worden als een redelijke beschrijving van de economische bedrijvigheid, houdt men aldus rekening met de onderlinge samenhang van de economische variabelen.

Als alternatief voor het construeren van voorspellingen doet de laatste jaren een methode opgang die is gebaseerd op het patroon van de beschouwde tijdreeks. De methode van Box en Jenkins wordt veelal als toonaangevend voor deze aanpak gezien.

Wij willen niet op voorhand één van beide methode hoger of lager waarderen. De kwaliteit van beide soorten voorspellingen moet zo objectief mogelijk worden vastgesteld en vergeleken. Wel zullen wij hieronder beide methoden toepassen op Nederlandse data.

Van Winkel heeft voor een aantal macro-economische variabelen van Nederland voorspellingen berekend voor 1970-1977 volgens de univariate tijdreeksanalyse. Hij maakte hierbij gebruik van kwartaalcijfers. Deze voorspellingen vergeleek hij met de gepubliceerde voorspellingen van het CPB (in het Centraal Economisch Plan) en concludeerde dat geen van beide methoden stelselmatig beter voorspelt. Het betreft hier echter om twee redenen geen zuivere vergelijking tussen de voorspelkracht van beide methoden. In de eerste plaats is het de vraag of beide methoden zijn toegepast op hetzelfde waarnemingsmateriaal, aangezien niet bekend is welke tijdreeksen het CPB heeft gebruikt. Verder doet het CPB geen uitspraak over de herkomst van de gepubliceerde voorspellingen, zodat het niet zeker is of het hier in alle gevallen modelvoorspellingen betreft.

Teneinde een indruk te krijgen omtrent de voorspelkracht van beide methoden hebben wij deze toegepast op jaarcijfers van de belangrijkste economische variabelen in Nederland. Voorafgaand aan de resultaten geven wij hieronder een korte uiteenzetting van de gehanteerde modellen, gevolgd door enkele opmerkingen over voor- en nadelen van de econometrische analyse respectievelijk de tijdreeksanalyse.

2. Het model GRECON 82-B.

Voor de berekening van econometrische voorspellingen hebben wij gebruik gemaakt van het GRECON-model.

Het GRECON-model is een tot op macro-niveau geaggregeerd model voor de Nederlandse economie voor de periode na 1952. Enkele jaren geleden is het model geconstrueerd voor het maken van jaarlijkse voorspellingen van de belangrijkste economische variabelen. De coëfficiënten worden geschat met de methode der kleinste kwadraten in twee ronden op basis van jaarcijfers. Alle in het model opgenomen coëfficiënten zijn significant in die zin dat de schattingen hiervan minstens 2 keer de geschatte standaarddeviatie van 0 verschillen. Het gebruikte cijfermateriaal is ontleend aan officiële CBS-publicaties.

Jaarlijks wordt het model herschat en zo nodig herzien. De nieuwste versie, model GRECON 82-B, telt 9 gedragsvergelijkingen en 21 definitievergelijkingen. Het aantal gepredetermineerde variabelen, deels bestaande uit vertraagde endogene variabelen, bedraagt 20. Cijfermateriaal is gebruikt voor de periode 1952 t/m 1980. Het zou te ver voeren op deze plaats de volledige specificatie weer te geven³⁾.

³⁾ Een volledig verslag van het grondmateriaal, de schatting van het model, de veronderstellingen e.d. is vastgelegd in een intern rapport van het Econometrisch Instituut Groningen. Dit is op aanvraag bij de auteur verkrijgbaar.

3. Het univariate tijdreeksmodel.

Op basis van hetzelfde grondmateriaal als gebruikt bij de schatting van model GRECON 82-B (jaarcijfers, procentuele mutaties) zijn ARIMA-relaties geïdentificeerd voor de belangrijkste endogene variabelen van het GRECON-model.

De onderzochte variabelen worden hieronder weergegeven, met vermelding van het symbool:

Reële consumptie.	c
Reële investeringen (excl. woningen)	i_m
Reële invoer van goederen	m
Consumptieprijis	p_c
Investeringsprijs	p_i
Loonvoet	l
Werkgelegenheid (excl. overheid)	a
Reële afzet van bedrijven	v'

Zij x_t de waarneming van variabele x op tijdstip t, dan wordt de ARIMA-relatie van x gegeven door

$$z_t = \alpha_1 z_{t-1} + \alpha_2 z_{t-2} + \dots + \alpha_p z_{t-p} + e_t - \beta_1 e_{t-1} - \beta_2 e_{t-2} - \dots - \beta_q e_{t-q},$$

$$\text{met } z_t = (1-B)^d x_t \text{ voor } d > 0$$

$$= x_t - \mu_x \text{ voor } d = 0$$

$$\text{waarbij } \mu_x = E(x_t).$$

B is de vertragingsoperator, gedefinieerd door $B^s x_t = x_{t-s}$. De reeks $\{e_t\}$ wordt verondersteld zich als een witte-ruis-proces te gedragen.

De identificatie, d.i. raming van de waarden van p, d en q (zie Box en Jenkins (1976), hoofdstuk 6), leverde voor de 8 variabelen het resultaat op zoals vermeld in tabel 1.

Tabel 1. Waarden van d, p en q voor de onderzochte tijdreeksen (identificatie).

Variabele	d	p	q
c	0	2	0
i_m	0	3	0
m	1	2	1
p_c	0	1	0
p_i	0	0	1
l	0	1	0
a	0	0	1
v'	0	2	0

Op basis van de in tabel 1 weergegeven specificaties (voor de consumptieprijs, de investeringsprijs, de invoer en de afzet van bedrijven bleken alternatieve specificaties mogelijk; deze zijn verder buiten beschouwing gelaten toen bleek dat de invloed op de voorspellingen klein bleek) zijn de parameters geschat met een iteratieve procedure waarin de som van de gekwadrateerde residuen wordt geminimaliseerd⁴⁾. De resultaten staan vermeld in tabel 2.

Tabel 2. Geschatte waarden van de α - en β -coëfficiënten voor de verschillende variabelen (n.s. = niet significant). Tussen haakjes de geschatte standaarddeviatie.

Variabele	$\hat{\mu}$	$\hat{\alpha}_1$	$\hat{\alpha}_2$	$\hat{\alpha}_3$	$\hat{\beta}_1$
c	4.358 (0.661)	0.688 (0.193)	-0.329 (0.164)	-	-
i _m	5.133 (1.325)	n.s.	n.s.	-0.371 (0.179)	-
m	-	n.s.	-0.538 (0.123)	-	0.477 (0.171)
p _c	5.032 (0.110)	0.514 (0.160)	-	-	-
p _i	4.989 (0.891)	-	-	-	-0.730 (0.128)
l	9.554 (1.228)	0.591 (0.145)	-	-	-
a	1.296 (0.351)	-	-	-	-0.619 (0.145)
v'	5.676 (0.511)	n.s.	-0.240 (0.168)	-	-

4. Econometrische- en tijdreeksvoorspellingen.

Een voordeel van *econometrische voorspellingen* is dat ze gebaseerd zijn op een model dat rekening houdt met de samenhang van de economische variabelen. Opvallend is dat juist dit punt als bezwaar wordt aangevoerd door voorstanders van de tijdreeksanalyse-methoden.

Newbold en Reed (1979) stellen dat economische theorieën vaak niet eendui-

⁴⁾ Wij hebben hiervoor computerprogrammatuur gebruikt van D.J. Pack, Ohio University, 1974.

dig vastliggen en dat het daarom niet mogelijk is op betrouwbare gronden het ene model te prefereren boven het andere. Bovendien leidt, volgens dezelfde auteurs, een beroep op economische theorieën tot zeer grote modellen, hetgeen in de schattingsfase problemen kan opleveren. Dit laatste kan overigens niet worden gezegd van het GRECON-model: vanaf het begin is dit model klein gehouden in die zin dat zonder bezwaren geschat kan worden met de methode der kleinste kwadraten in twee ronden, een schattingsmethode die vrij is van subjectieve oordelen. Granger en Newbold (1977) voeren als bezwaar aan dat de in theorie afgeleide relaties vaak niet lineair zijn in de endogene variabelen waardoor het bepalen van de herleide vorm analytisch grote problemen kan opleveren.

Het ramen van de exogene variabelen voor een econometrisch model is een subjectieve en onzekere zaak. De berekende voorspellingen zijn in feite conditioneel, gegeven de waarden van de gepredetermineerden. Wijzigingen in deze laatste kunnen grote verschillen veroorzaken in de prognoses, zie b.v. Steerneman e.a. (1980).

Duidelijk is dat bij het berekenen van *tijdreeksvoorspellingen* het probleem van het (subjectief) invullen van gepredetermineerden niet optreedt: is het model eenmaal geïdentificeerd en geschat, dan kan rechtstreeks worden voorspeld met behulp van de realisaties in het verleden.

Een nadeel van toepassing van tijdreeksanalyse voor economische voorspellingen is dat geen rekening kan worden gehouden (of in beperkte mate in transfer-functie-modellen; zie b.v. Box en Jenkins (1976), hoofdstuk 10 en 11) met algemeen aanvaarde economische theorieën omdat de methode zuiver data-gericht is. Een tweede bezwaar is dat vaak op grond van de waarnemingen verscheidene specificaties mogelijk zijn per variabele. Het kiezen van een specificatie is dan een subjectieve zaak. Tenslotte komt de Box-Jenkins-methode pas goed tot zijn recht als de lengte van de tijdreeks groot is. Een empirisch onderzoek brengt Newbold en Granger (1974) tot de conclusie dat de Box-Jenkins-methode met een redelijke graad van betrouwbaarheid kan worden toegepast op reeksen van tenminste 40-50 waarnemingen.

5. Voorspellingen versus realisaties: ongelijkheidscoëfficiënten.

Voor het beoordelen van de voorspelkracht resp. modelaanpassing zullen we de voorspelde waarden resp. modeluitkomsten vergelijken met de realisaties. Hiertoe maken wij gebruik van de ongelijkheidscoëfficiënt van Theil, die als volgt is gedefinieerd.

Zij V_{it} ($i = 1, \dots, m$; $t = 1, \dots, n$) de voorspelling van variabele i op tijd-

stip t ; zij R_{it} de overeenkomstige realisatie. De genormeerde voorspelfout voor de periode $t = 1, \dots, n$ wordt gedefinieerd als

$$U_{it} = (V_{it} - R_{it}) / (\sum_t R_{it}^2 / n)^{1/2}$$

Met deze definitie kan worden berekend:

- de ongelijkheidscoëfficiënt voor variabele i in de gehele periode van $t = 1$ tot en met $t = n$:

$$I_i = \sum_t U_{it}^2 / n;$$

- de ongelijkheidscoëfficiënt voor jaar t voor alle m variabelen:

$$I_t = \sum_i U_{it}^2 / m.$$

Aldus gedefinieerd heeft de ongelijkheidscoëfficiënt een ondergrens van 0. Hoe dichter de ongelijkheidscoëfficiënt bij 0 ligt, des te beter is de voorspelling. Wordt zij groter dan 1, dan zou een naïeve voorspelling (geen verandering) beter zijn geweest.

Het gebruik van bovengenoemde ongelijkheidscoëfficiënt heeft het nadeel dat een enkele grote afwijking een relatief grote invloed heeft op de hoogte van deze coëfficiënt. Het tijdsverloop van elke variabele (realisatie en voorspelling) zal daarom tevens grafisch worden weergegeven.

6. Ex-post voorspellingen voor 1971-1980 en 1974-1980.

Voor een eerste indruk omtrent de voorspelkracht zijn voor de jaren 1971 t/m 1980 ex-post voorspellingen berekend, gebaseerd op beide modellen (schattingsperiode 1952-1980), zie tabel 3 en 4 en figuur 1. Ex-post GRECON-voorspel-

Tabel 3. Ongelijkheidscoëfficiënten per variabele voor de periode 1971 t/m 1980 (schattingsperiode 1952 t/m 1980; ex-post voorspellingen).

Variabele	Grecon	Univariaat
c	0.346	0.500
i_m	0.675	1.213
m	0.335	1.003
p_c	0.207	0.290
p_i	0.284	0.305
l	0.126	0.175
a	1.401	1.372
v'	0.226	0.822

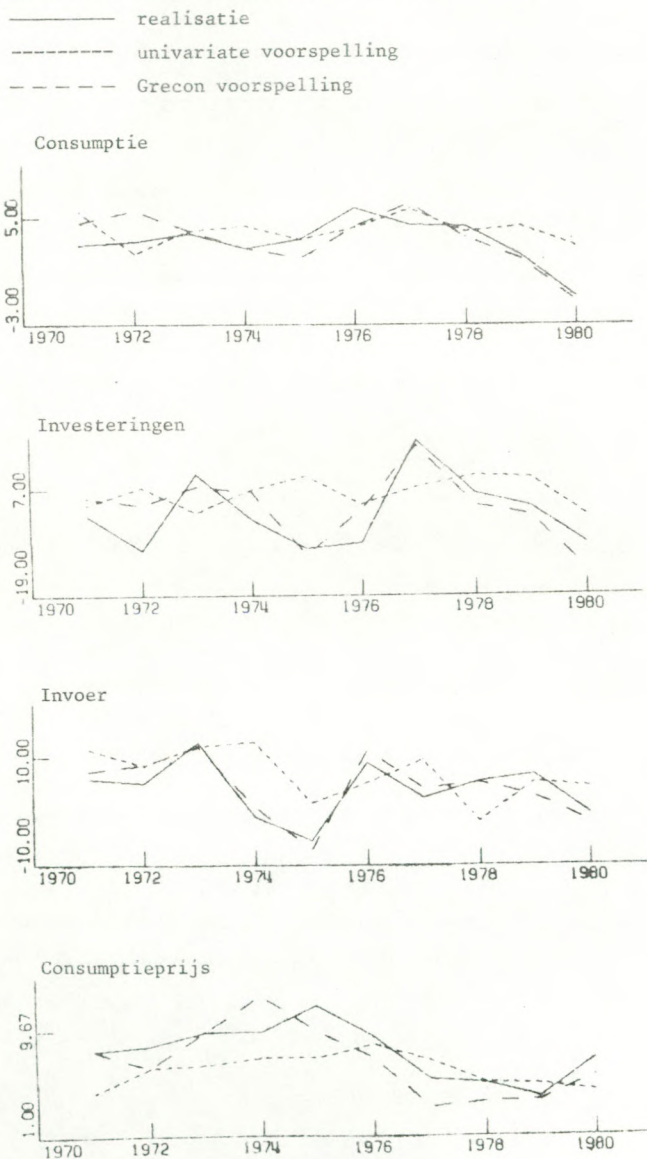
Tabel 4. Ongelijkheidscoëfficiënten per jaar voor alle (acht) variabelen (schattingsperiode 1952 t/m 1980; ex-post voorspellingen).

Jaar	Grecon	Univariaat	Jaar	Grecon	Univariaat
1971	0.294	0.592	1976	0.563	0.609
1972	0.803	1.194	1977	0.255	0.736
1973	0.578	0.479	1978	0.516	0.488
1974	0.861	1.132	1979	0.558	0.438
1975	0.720	1.165	1980	0.518	0.937

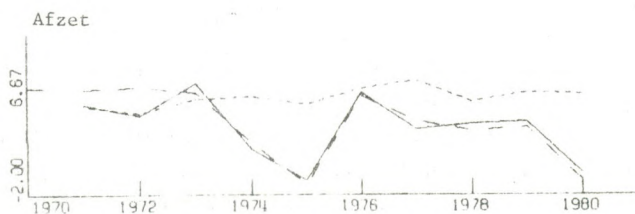
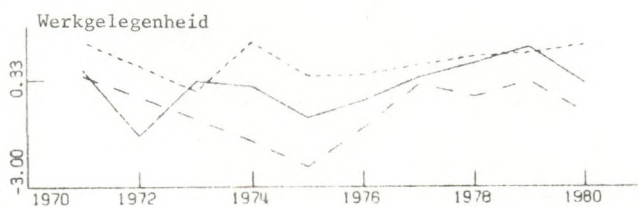
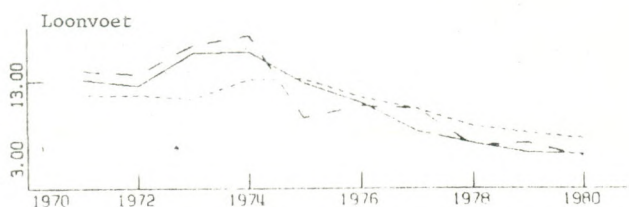
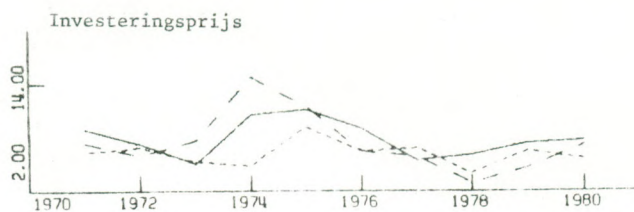
lingen zijn berekend door in de gereduceerde vorm van model 82-B de gereali-seerde waarden van de gepredetermineerden in te vullen; ex-post univariate voorspellingen zijn berekend als voorspellingen één jaar vooruit. In feite worden dus niet echte voorspellingen vergeleken, maar model-aanpassingen.

Bezien wij tabel 3, dan blijkt de kwaliteit van de GRECON-voorspellingen duidelijk beter te zijn voor de investeringen, de invoer en de afzet. Voor de overige variabelen is in vrijwel alle gevallen de ongelijkheidscoëfficiënt voor GRECON eveneens gunstiger. Overtuigend is dit echter niet, mede gelet op de konfrontaties van realisaties en voorspellingen in figuur 1. De relatief slechte kwaliteit van de univariate voorspellingen wordt vooral veroorzaakt door de uitkomsten in de jaren 1974, 1975 en 1980 (zie tabel 4 en figuur 1.) Blijkbaar is het GRECON-model beter in staat een structuurbreuk op te vangen (de oliecrisis en de jongste economische recessie) dan het door ons gespecificeerde univariate model.

Figuur 1. Realisaties en ex-post voorspellingen voor 1971-1980 (procentuele mutaties). Schattingsperiode 1952-1980.



(vervolg fig. 1)



Vervolgens hebben wij ons gericht op de jaren na de oliecrisis, 1974 t/m 1980, om na te gaan of op deze wijze eveneens zal blijken of een structuurmodel beter in staat is een structuurbreuk op te vangen dan een tijdreeksmodel. Tevens zijn de modellen opnieuw geschat, nu op basis van 1952 t/m 1973. De resultaten staan vermeld in tabel 5 en figuur 2.

Tabel 5. Ongelijkheidscoëfficiënten per variabele voor de jaren na de oliecrisis (1974 t/m 1980; ex-post voorspellingen)

Variabele	Schattingsperiode 1952-1973		Schattingsperiode 1952-1980	
	Grecon	Univariaat	Grecon	Univariaat
c	0.249	0.572	0.282	0.510
i _m	0.725	1.358	0.570	1.154
m	0.469	1.422	0.415	1.401
p _c	0.367	0.336	0.241	0.277
p _i	0.505	0.380	0.293	0.330
l	0.216	0.181	0.159	0.162
a	1.482	1.510	1.576	1.281
v'	0.193	1.699	0.151	1.202

Uit tabel 5 blijkt dat het voorspellen van de jaren na de oliecrisis problemen oplevert voor de univariate methode: 4 van de 8 variabelen hebben een ongelijkheidscoëfficiënt groter dan 1 (tabel 5, kolom 3 en 5). Als de jaren na de oliecrisis worden gebruikt bij het schatten van het model, wordt de voorspelkracht van het GRECON-model, behoudens een kleine afwijking voor de consumptie en de werkgelegenheid, beter dan wanneer dit niet het geval is (tabel 5, kolom 2 en 4). Dit geldt eveneens voor het univariate model, waarbij echter de verbetering van de voorspelkracht minder lijkt (tabel 5, kolom 3 en 5). Overigens dient deze laatste konklusie als zeer voorzichtig te worden gekenschetst: zowel de uitkomsten in tabel 5 als de konfrontaties in figuur 2 illustreren dit.

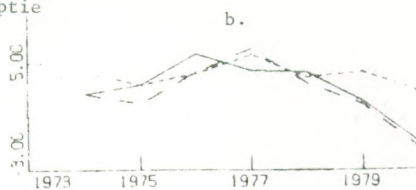
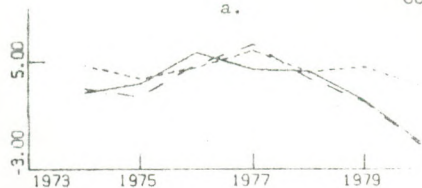
Figuur 2. Realisaties en ex-post voorspellingen voor 1974-1980 (procentuele mutaties).

a. Schattingsperiode 1952-1973.

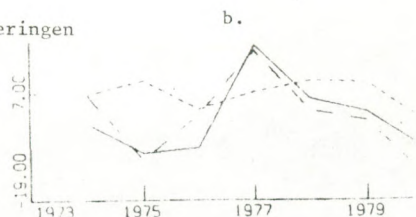
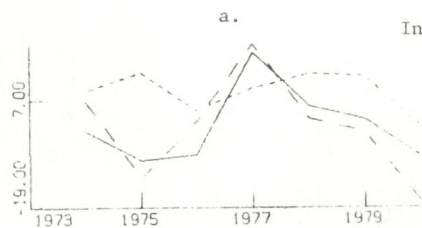
b. Schattingsperiode 1952-1980.

— realisatie
 - - - univariate voorspelling
 - - - Grecon voorspelling

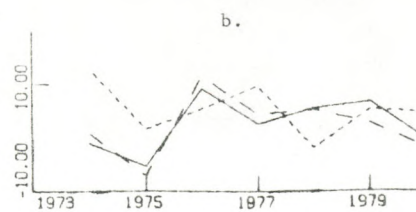
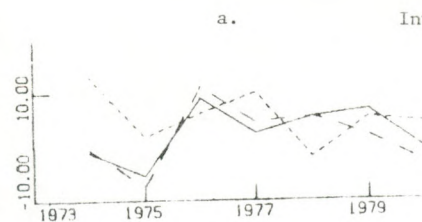
Consumptie



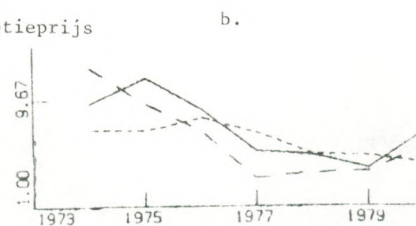
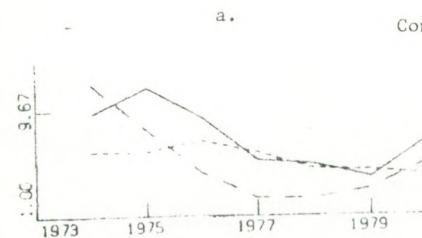
Investeringsen



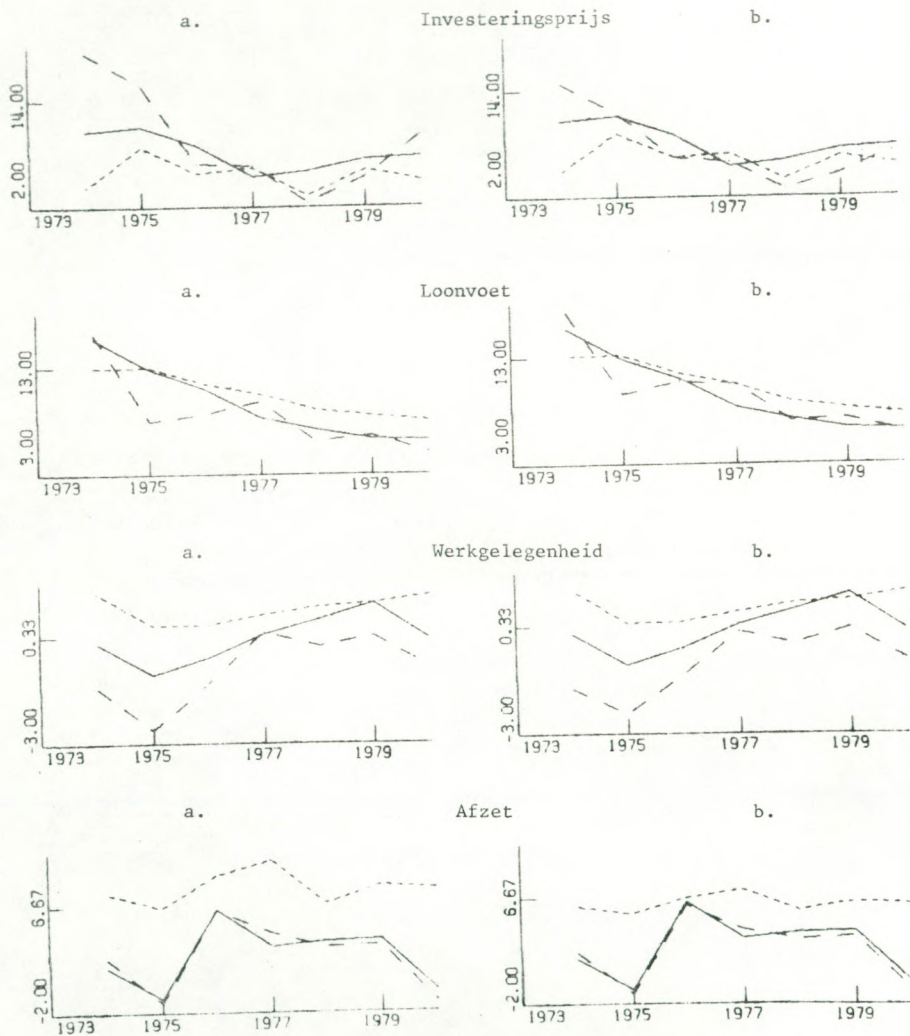
Invoer



Consumptieprijs



(vervolg fig. 2)



7. Ex-ante voorspellingen voor 1977-1980 en 1982.

In de vorige paragraaf zijn resultaten weergegeven van modelaanpassingen binnen de schattingsperiode. In de praktijk echter zullen voorspellingen worden berekend die eerst na enkele jaren kunnen worden vergeleken met de gerealiseerde uitkomsten. Deze laatste vergelijking geeft een beeld van de voorspelkracht van een model.

Vanaf 1977 worden jaarlijks voorspellingen berekend met het GRECON-model. Dit betekent dat we voor de jaren 1977 t/m 1980 zowel beschikken over realisaties als over ex-ante GRECON-voorspellingen. Het gaat op deze plaats om een vergelijking van beide voorspelmethoden in de praktijk. Wil men streven naar een eerlijke confrontatie, dan moet men de beide soorten voorspellers in dezelfde situatie plaatsen. Zo zijn bv de GRECON-voorspellingen voor 1977 berekend op basis van de waarnemingsperiode 1952 - 1975. De univariate voorspellingen worden daarom berekend als voorspellingen twee jaar vooruit.

Voordat de resultaten worden weergegeven, willen wij met klem benadrukken dat hieraan te verbinden conclusies met grote voorzichtigheid dienen te worden geïnterpreteerd, en wel om de volgende redenen. In de eerste plaats dient men zich te realiseren dat de identificatie van de univariate modellen heeft plaatsgevonden op basis van informatie t/m 1980. Dit in tegenstelling tot de GRECON-modellen die jaarlijks zijn herzien op basis van nieuw uitgekomen cijfers. In de tweede plaats is het niet zeker of de voorspellingen worden vergeleken met de echte realisaties: de cijfers van 1979 en 1980 (dus de helft van de hier beschouwde periode) zijn voorlopig, en kunnen nog in niet geringe mate worden veranderd.

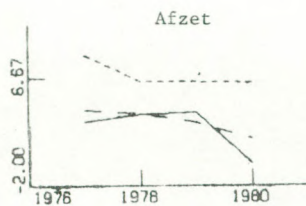
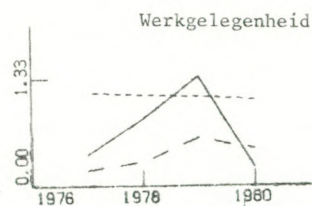
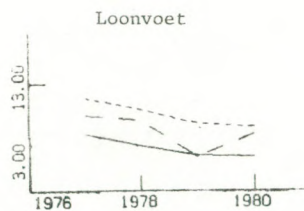
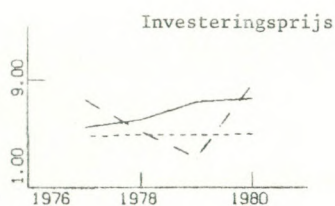
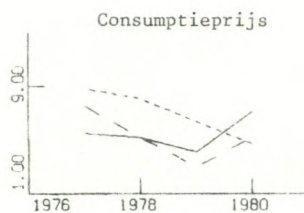
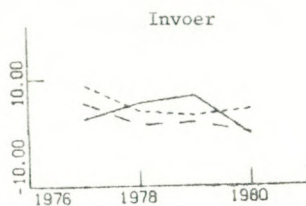
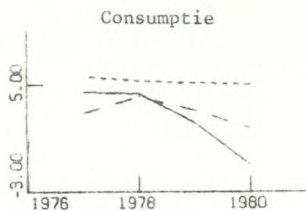
Tabel 6 en 7 en figuur 3 bevatten de uitkomsten van onze berekeningen. Hierin zijn niet de investeringen opgenomen aangezien de definitie hiervan in het GRECON-model niet voor alle jaren dezelfde is geweest.

Tabel 6. Ongelijkheidscoëfficiënten per variabele voor de periode 1977 t/m 1980 (ex-ante voorspellingen).

Variabele	GRECON	Univariaat
c	0.491	1.032
m	0.771	0.967
p_c	0.268	0.489
p_i	0.360	0.286
l	0.254	0.441
a	0.588	0.727
v'	0.379	1.466

Figuur 3. Realisaties en ex-ante voorspellingen voor 1977-1980 (procentuele mutaties).

— realisatie
 - - - univariate voorspelling
 - - - Grecon voorspelling



Tabel 7. Ongelijkheidscoëfficiënten voor alle (zeven) variabelen (ex-ante voorspellingen).

Jaar	Grecon	Univariaat
1977	0.393	0.964
1978	0.433	0.469
1979	0.607	0.611
1980	0.446	1.202

Met uitzondering van de investeringsprijs zijn de ongelijkheidscoëfficiënten voor alle variabelen hoger voor het univariate model (tabel 6), voornamelijk veroorzaakt door een betere voorspelkracht van het GRECON-model in 1977 en 1980 (tabel 7). Voor de consumptie, de consumptieprij, de loonvoet en de afzet zijn daarnaast tevens de jaren 1978 en 1979 debet aan de slechte voorspelling van het univariate model, zoals blijkt uit figuur 3.

Tot slot geven wij de voorspellingen voor 1982 volgens de beide modellen, zie tabel 8.

Tabel 8. Voorspellingen voor 1982 (procentuele mutaties). Tussen haakjes de standaarddeviaties.

Variabele	Voorspelmethode			
	Grecon ⁵⁾		Univariaat	
c	-1.2	(1.5)	4.1	(2.8)
i _m	-0.6	(7.2)	6.2	(9.7)
m	2.6	(2.5)	5.1	(7.6)
p _c	6.1	(2.1)	5.6	(3.3)
p _i	6.1	(2.0)	5.0	(3.6)
l	5.9	(2.0)	8.4	(3.2)
a	-1.36	(0.78)	1.3	(1.4)
v'	0.5	(1.0)	7.1	(3.4)

⁵⁾ zie noot 3.

De univariate voorspellingen lijken weinig realistisch. Van een economische stagnatie is hier geen sprake, gezien de voorspellingen van de consumptie, de investeringen, de werkgelegenheid en de afzet van bedrijven. Bovendien liggen in alle gevallen de geschatte standaarddeviaties van de univariate voorspellingen boven die van de GRECON-voorspellingen.

8. Conclusies.

Over het algemeen lijkt het GRECON-model een betere voorspelkracht te hebben dan het door ons geschatte univariate model, zowel waar het ex-post voorspellingen betreft als in geval van de onderzochte ex-ante voorspellingen. Dit blijkt uit de waarden van de ongelijkheidscoëfficiënten en uit de grafische konfrontaties. Voor relatief veel variabelen hebben bovendien de ongelijkheidscoëfficiënten van de univariate voorspellingen een waarde groter dan 1.

De betere voorspelkwaliteit van het GRECON-model is vooral duidelijk als we te maken hebben met een structuurbreuk. Dit is zowel het geval bij de oliecrisis (1974/1975) als bij de huidige recessie (1980).

De GRECON-voorspellingen voor 1982 lijken vooralsnog zowel realistischer als betrouwbaarder dan de univariate voorspellingen.

Literatuur.

- G.E.P. Box en G.M. Jenkins: "Time Series Analysis, Forecasting and Control", revised edition. Holden-Day Inc., San Francisco, 1976.
- C.W.J. Granger en P. Newbold: "Forecasting Economic Time Series", Academic Press, New York, 1977.
- P. Newbold en C.W.J. Granger: "Experience with Forecasting Univariate Time Series and the Combination of Forecasts". Journal of the Royal Statistical Society, Vol. 137, Part 3, 1974.
- P. Newbold en G.V. Reed: "The Implications for Economic Forecasting of Time Series Model Building Methods". O.D. Anderson, ed., "Forecasting", North-Holland 1979.
- A.G.M. Steerneman, B. Bos, M.A. Kooyman, W. Voorhoeve, R.H. Ketellapper: "Onzekeerheid van voorspellingen en realisaties van economische variabelen als gevolg van voorlopig cijfermateriaal; een analyse m.b.v. GRECON 79-D". Econometrisch Instituut Groningen, SE-68/8002, 1980.
- E.G.F. van Winkel: "ARIMA-processen: De betekenis van univariate methoden voor de econometrie". Proefschrift, V.U., Amsterdam 1979.