SESO STUDIECENTRUM VOOR ECONOMISCH EN SOCIAAL ONDERZOEK

UNIVERSITAIRE FACULTEITEN-ST.-IGNATIUS TE ANTWERPEN

DE BEZETTINGSGRAAD IN DE BELGISCHE ZEEHAVENS

Walter NONNEMAN

werknota 7104/764

april 1971

Universitaire Faculteiten St.-Ignatius
Prinsstraat 13 - 2000 Antwerpen

Deze studie behoort tot project nr.764 in opdracht van het NFKWO

ERRATA

p.o regel 5: lees "besturen" i.p.v. "bestuderen"

p.1 regel 23: lees "interacties" i.p.v. "interacties-reacties"

p.2 regel 20: lees "werking <u>van</u>" i.p.v. "werking <u>voor</u>"

p.7 vergelijking (3.2)
lees "$V_t = \alpha A'_t + \beta A'^2_t$" i.p.v. "$V_t = \alpha A'_t + \beta A'$"

p.9 regel 3: lees "de bezettingsgraad ρ" i.p.v. "de bezettingsgraad p"

p.17 regel 14: lees "wordt ingezet, <u>wat</u> een" i.p.v. "wordt ingezet, een"

Het is de bedoeling van deze werknota voor de havens vergelijkbare bezettingscoëfficiënten te estimeren. Het nut van deze analyse bestaat erin

1° een inzicht te krijgen in de havenoperaties waardoor de noodzakelijke controles om het havensysteem te bestuderen belicht worden;

2° de restricties, welke de zeehavens voor de Belgische economie stellen, te evalueren.

De methode van deze analyse steunt op het principe van de 'Black-Boxes'. Dit principe wordt in de inleiding verduidelijkt. Vervolgens worden de inputs en outputs van het havensysteem bediscussieerd. Een theoretisch model dat de relatie tussen de inputs en de output van de havens beschrijft wordt voorgesteld. Schattingen van dit model leiden niet tot de gewenste resultaten. De havenoperaties worden vervolgens benaderd als een wachttijdprobleem. Hieruit volgen de beoogde resultaten, die in het besluit worden geïnterpreteerd.

Inleiding: het 'Black-Box' principe (*)

De statistieken dewelke i.v.m. de zeehavens gepubliceerd worden hebben betrekking op de havenactiviteit in het algemeen. Grote aggregaten zoals aantal binnengevaren schepen, hun tonnemaat, lossingen en ladingen zijn voor iedere zeehaven beschikbaar. Wanneer men informatie wenst betreffende de eigenlijke operaties in de havens zoals gemiddelde ligtijd der schepen, gemiddelde bedieningstijd e.d. dient men ofwel bij de havenbedrijven ten rade te gaan, ofwel de informatie zelf te verzamelen. De beschikbare informatie der afzonderlijke havenbedrijven is meestal gesteund op verscheidene definities waardoor vergelijkbaarheid tussen de havens onmogelijk wordt. Anderzijds is het zelf verzamelen van gegevens betreffende de havenoperaties tijdrovend en duur.

Teneinde op een rationele manier de havenoperaties te benaderen, of minstens de bezettingsgraad van de havens te achterhalen, wordt het 'Black-Box' principe, afkomstig uit de cybernetica, geïntroduceerd.
In de cybernetica wordt met een 'Black-Box' bedoeld: ofwel een systeem dat te ingewikkeld is om met behulp van bestaande kennis te worden begrepen, ofwel een systeem waarvan men over zijn interne werking niet geïnformeerd is. In de werkelijkheid zijn heel wat systemen 'Black-Boxes'. Ieder bedrijf kan als een 'Black-Box' bestempeld worden.
Waar in een bedrijf de interacties-reacties op het zuiver technisch vlak reeds moeilijk te definiëren zijn is dit onmogelijk voor bindingen op het individueel of groepspsychologisch niveau. Andere 'Black-Boxes' zijn bvb. de economie van een natie, het menselijk brein enz.

(*) Cfr. BEER, Stafford, Cybernetica en Management, Hfdst.6, De Zwarte Doos, p.57-65.

Het 'Black-Box'-principe gaat verder dan voornoemde definitie. Het principe stelt dat het gedrag van een bedoeld systeem enkel kan achterhaald worden door een studie te maken van de relatie tussen de aanvoer en de afvoer en niet door zich af te vragen wat binnen de 'Black-Box' omgaat. Het verband tussen de aanvoer en de afvoer leert immers welk effect wijzigingen in de aanvoer op de afvoer hebben. Vermits in de afvoer-produktie voor een bedrijf, een economie; doorsturen van motorische informatie voor de hersenen; ..., - meestal de doelstelling van het systeem is gelegen, slaagt men er in deze afvoer te regelen door wijzigingen in de aanvoer.

Geldt dit principe ook voor de havens? Zoals voordien is gezegd is men onvoldoende geïnformeerd over de havenoperaties als dusdanig. Daarenboven is de haven een dergelijk complex geheel dat een eenvoudig model ter beschrijving van de havenoperaties in detail onbestaande is. Gepubliceerde en vergelijkbare statistieken voorzien in gegevens omtrent een gedeelte van de aanvoer en de afvoer (*). Door de relaties tussen aanvoer en afvoer te bestuderen, is het mogelijk meer informatie omtrent de werking voor de haven te verkrijgen.

1. Afvoer (produktie)

In werkelijkheid is de haven gericht op de overslag van goederen. Nochtans is de maatstaf ton goederen niet eenduidig bepaald. Immers de vereiste produktiefactoren - en de daardoor gecreëerde toegevoegde waarde - om een ton graan te lossen in een graansilo op de kade zijn van andere grootorde en in andere proporties dan deze nodig om dezelfde ton graan te lossen in een lichter. In het geval van verschillende produkten - een ton graan t.o.v. een ton ijzererts bvb. - zijn de disproporties nog groter!

(*) Bedoelde statistieken zijn deze betreffende het aantal binnengevaren resp. buitengevaren schepen en hun tonnemaat per maand en per zeehaven voor de periode 67 t/m 69, gepubliceerd door het NIS.

Een andere eenheid om de produktie van de haven uit te drukken stuit op soortgelijke bezwaren. Men zou het aantal door de haveninrichting bediende schepen als produktie kunnen beschouwen maar wat dan te zeggen over de vergelijkbaarheid tussen 100.000-ton tanker en een 10.000-ton liner! Een derde mogelijkheid bestaat erin de totaal bediende tonnemaat te nemen als maatstaf van produktie, waardoor men de diversiteit van de aangevoerde produkten verwaarloosd.

Uit voorgaande paragraaf blijkt duidelijk dat preciese meting van de 'produktie' van een haven niet te verwezenlijken valt, tenzij men de toegevoegde waarde gerealiseerd door de sector haven in een bepaalde localiteit - waardoor men zou kunnen spreken van de 'sector: haven van Antwerpen', ... - estimeert. Deze laatste standaard zou het begrip capaciteit een ekonomische betekenis geven. De capaciteit zou dan gemeten worden rekening houdend met de beschikbaarheid van de produktiefactoren.

Over statistieken omtrent de toegevoegde waarde gecreëerd door de diverse zeehavens afzonderlijk beschikt men niet, noch over gegevens omtrent het arbeids- en kapitaalpotentieel, zodat een ekonomisch capaciteitsbegrip niet gehanteerd kan worden.

Een keuze dient gemaakt uit de totale goederenomslag, het aantal schepen en hun tonnemaat. De totale goederenomslag heeft geen equivalente grootheid dewelke de aanvoer weergeeft, waardoor dit aggregaat onbruikbaar is in gevolgde methode. Het aantal schepen en hun tonnemaat hebben wel een equivalent aan de aanvoerzijde. In de verdere analyse zal het aantal schepen en hun tonnemaat - ook al drukt dit slechts op zeer partiële wijze de 'produktie' voor de haven uit - worden gebruikt.

2. Aanvoer

De aanvoer van het havensysteem, als 'Black-Box' geïnterpreteerd; bestaat uit een aantal schepen of een tonnemaat dewelke bediend moet worden. Het bedieningsmechanisme kan door verandering in de ter beschikking gestelde produktiefactoren versneld of vertraagd worden. In welke mate dit geschiedt wordt gemeten door het effect op de afvoer. Derhalve bestaat de aanvoer naar het havensysteem uit twee componenten: 1° de 'grondstof' welke een te bedienen aantal schepen of een te bedienen tonnemaat is; 2° de produktiefactoren, door dewelke het bedieningsmechanisme versneld of vertraagd wordt.

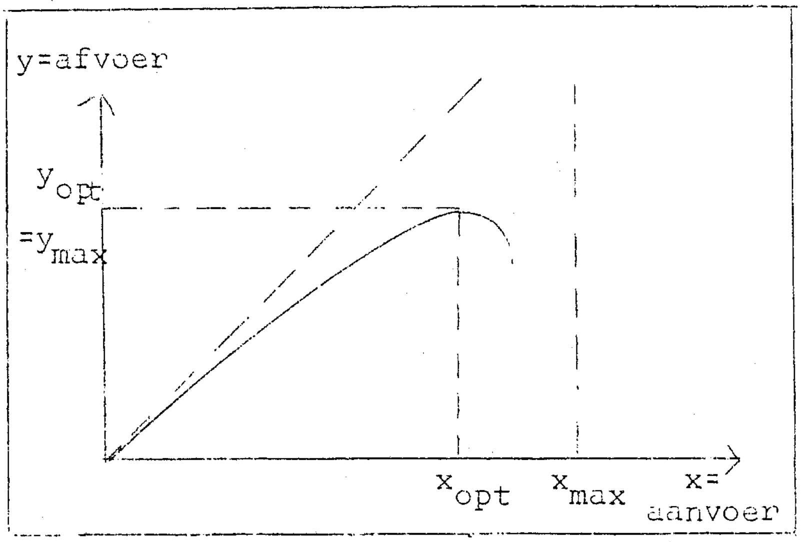
Over deze laatste aanvoer component bestaat eveneens geen informatie. Derhalve is men aangewezen op een hypothese omtrent de gebruikte produktiefactoren.

Deze hypothese bestaat erin de inzet van produktiefactoren in de analyseperiode als constant te aanvaarden. De analyseperiode is 3 jaar nl. de periode 67 t/m 69. Het is niet onrealistisch te stellen dat de inzet van de produktiefactor arbeid gedurende deze periode geen sterke wijzigingen heeft ondergaan. De havenarbeid wordt immers sterk vereenvoudigd door de technische vooruitgang in de haven. Anderzijds kan de inzet van kapitaal wel wijzigingen ondergaan hebben. Deze veranderingen worden bij veronderstelling nul geacht.

Mocht het gebruik van de produktiefactoren wel zijn toegenomen (afgenomen) in de beschouwde periode dan heeft dit voor gevolg dat de hierna gestimeerde bezettingscoëfficiënten overschat (onderschat) zijn. Een verhoogde (verlaagde) inzet der produktiefactoren versnelt/(vertraagt) het bedieningsmechanisme. Het is duidelijk dat bij eenzelfde aantal te bedienen eenheden de bezettingsgraad zal zijn gedaald (gestegen). In het licht van deze veronderstelling dienen de voorgestelde resultaten te worden geïnterpreteerd.

3. De aanvoer-afvoer relatie

Indien men rekening houdt met het constant gebruik van de produktiefactoren dan zal de aanvoer-afvoer relatie verlopen volgens de in figuur 1 beschreven functie.

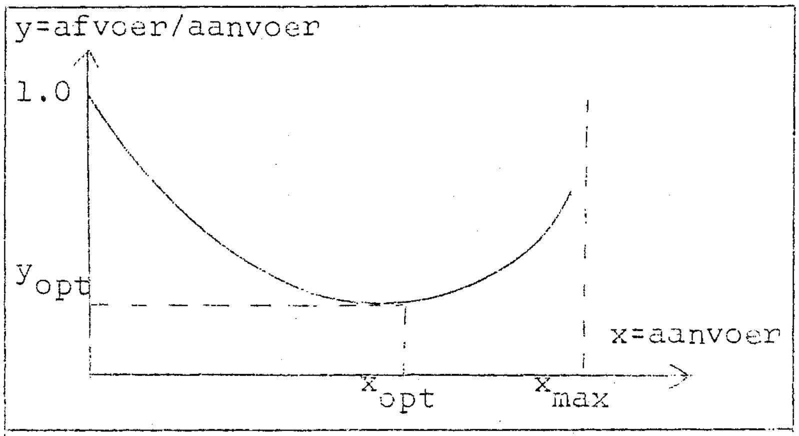


Figuur 1.

Er is slechts ruimte in de haven voor een beperkt aantal eenheden (1). Derhalve is er een aanvoerhoeveelheid dewelke als maximaal geldt. Indien het aantal te bedienen eenheden gering is, dan zal dit aan de haveninstallaties geen verwerkingsproblemen stellen. Een met de aanvoer gelijke hoeveelheid bediende schepen zal aan de afvoerzijde verschijnen. Naarmate echter de aanvoer toeneemt, zal de verwerking minder vlot geschieden. Eens een bepaalde aanvoer hoeveelheid overschreden treedt een verzadiging van het verwerkingsmechanisme op. Een steeds grotere opstapeling (tot het maximum niveau) zal de oorzaak zijn van steeds dalende verwerking. Het spreekt vanzelf dat laatst beschreven situatie slechts gedurende een korte periode kan aanhouden. Dergelijke situatie kan door 2 aanvoerwijzigingen worden opgelost: 1° door in de volgende periode de aanvoer van 'grondstof' te beperken, m.a.w. wanneer in een volgende periode een kleiner aantal eenheden de haven aandoet; 2° door een verhoogde inzet van produktiefactoren.

(1) Met eenheden wordt zowel de tonnemaat of het aantal schepen bedoeld.

De in vorige paragraaf beschreven aanvoer-afvoerrelatie kan op een andere manier beschreven, geïllustreerd in fig.2.



Figuur 2.

Dezelfde redenering als in voorgaande paragraaf leidt er toe de regel te stellen dat de verhouding tussen de afvoer (bediende eenheden) en de aanvoer (te bedienen) eenheden daalt naarmate de aanvoer stijgt. Eens een bepaalde aanvoerhoeveelheid overschreden, stijgt de afvoer- aanvoerverhouding) opnieuw. Het punt waarop de curve van richting verwisselt is het maximaal aantal bedienbare eenheden. Het aantal te bedienen eenheden, overeenkomstig dit punt, kan als optimale aanvoer bestempeld worden.
Voorgaande leidt tot een bepaling van de capaciteit, nl. het maximaal bedienbaar aantal eenheden. De capaciteit wordt slechts volledig benut bij een unieke optimale aanvoer van te bedienen eenheden.

Zoals reeds vermeld is zal in de lange periode de optimale aanvoer niet overschreden worden. Indien dit wel het geval is, dan leidt dit tot blokkering van het bedieningsmechanisme, wat niet strookt met de realiteit. Derhalve zal met de maandcijfers betreffende de bediende en te bedienen eenheden de gehele aanvoer-afvoercurve niet worden teruggevonden (*).

(*) In het kader van de NFKWO-studie nr.764 zal deze analyse worden uitgebreid voor de haven van Antwerpen met dagcijfers als data. Aldus moet het mogelijk zijn de gehele aanvoer-afvoercurve op een bepaald tijdstip te estimeren.

Scatterdragramma's die de samengekoppelde waarnemingen tussen de aanvoer-afvoer verhouding en de aanvoer tonen een over het grafiekveld verdeelde puntenwolk. Indien de hypothese omtrent constante produktiefactoren tijdens de analyseperiode zou gelden, dan zou de puntenwolk aansluiten bij een dalende rechte.

Voor iedere haven werd de relatie tussen de aanvoer-afvoerverhouding enerzijds en de aanvoer anderzijds, geëstimeerd d.m.v. een lineair verband. Gesteld werd de regressierechte

$$\frac{V_t}{A_t+\Delta_t} = \alpha + \beta\,(A_t+\Delta_t) + E_t \qquad (3.1)$$

waarin V_t het aantal vertrokken schepen (tonnemaat) gedurende de maand t en A_t het aantal aangekomen schepen (tonnemaat) voorstelt. Δ_t is het verschil tussen aankomsten en afvaarten in voorbije periode.

Kwantificering van de parameters α en β laat toe de optimale aanvoer $A'_{opt} = (A_t+\Delta_t)_{opt}$ te becijferen. Uit (3.1) volgt

$$V_t = \alpha A'_t + \beta A' \qquad (3.2)$$

Derhalve is (3.2) maximaal wanneer

$$\frac{dV_t}{dA'_t} = 0 \equiv A'_{opt} = -\frac{\alpha}{2\beta} \qquad (3.3)$$

$$\frac{d^2V_t}{dA'^2_t} < 0 \equiv \begin{cases} \beta < 0 \\ \alpha > 0 \end{cases}$$

Eens de optimale aanvoerhoeveelheid gekend uit (3.3) is de maximum verwerking - de capaciteit - te berekenen uit

$$V_{max} = \alpha A'_{opt} + \beta A'^2_{opt}$$

wat leidt tot $V_{max} = -\dfrac{\alpha^2}{4\beta} = \dfrac{1}{2}\,A'_{opt}$ (3.4)

De optimale aanvoer-afvoerverhouding blijkt in dit model 50% te zijn.

Schatting van dit model leidt, zoals de scatterdiagramma's laten vermoeden, tot insignificante schattingen van β. Wat betreft de schattingen met zowel het tonnage als het aantal schepen als produktiemaat, wordt maximaal 10% van de variantie verklaart. De resultaten van deze schattingen worden hier niet in detail voorgesteld omdat ze slechts van weinig belang zijn voor deze studie. Opgemerkt moet nochtans dat alle schattingen van β klein doch negatief zijn, - behalve voor Zeebrugge - wat het theoretisch model besproken bij het begin van dit deeltje bevestigd. De haven van Zeebrugge vormt echter een uitzondering. De richtingscoëfficiënt is positief. Dit is te wijten aan het feit dat de inzet van produktiefactoren in deze haven zich sterk gewijzigd heeft gedurende de analyse-periode 67-69. Bij nazicht van de bediende tonnemaat te Zeebrugge blijkt dit duidelijk. In januari 68 bedroeg de bediende tonnemaat ca. 367.000 ton. Op het einde van 1968 was de maandelijkse bediende tonnemaat gestabiliseerd rond ca. 900.000 ton, wat een verdubbeling betekent binnen het jaar.

Deze methode biedt anderzijds wel inzichten in de werking van de haven. Anderzijds blijkt het onmogelijk, zonder nadere informatie betreffende de tweede aanvoercomponent van de 'Black-Boxes' een betrouware en vergelijkbare schatting - de aanvoer van produktiefactoren - te geven van de bezettingsgraad in de Belgische zeehavens. Mochten gegevens beschikbaar zijn van korte perioden (dagaankomsten en -afvaarten) dan zou in voorgaande beschreven methodiek wel tot resultaten leiden.

4. De haven: een wachttijdprobleem (±)

De havenoperaties kunnen beschreven worden door enerzijds een gemiddeld aantal aankomsten,per tijdseenheid, en anderzijds een gemiddeld maximaal aantal bedieningen per tijdseenheid. Het is duidelijk dat de bezettingsgraad zal gekend zijn door het quotiënt van de gemiddelde aankomsten en het gemiddeld maximaal aantal bedieningen, beide gemeten in eenzelfde tijdsinterval.

(±) Cfr. Bibliografische referenties.

Stel het gemiddeld aantal aankomsten in een interval t gelijk aan A. Het gemiddeld maximaal aantal bedieningen is B. De bezettingsgraad p is derhalve

$$p = \frac{A}{B}$$

Op het ogenblik dat er zich in de haven, zij n eenheden (schepen of tonnemaat) - symbolisch situatie E_n - bevinden dan kan de haven drie toestanden aannemen in het volgende moment. Een schip kan zijn binnengevaren (in de veronderstelling dat slechts één schip ter gelijkertijd kan binnenvaren), er kan een schip zijn bediend en dus uitgevaren of er kan geen wijziging gebeurd zijn in de toestand .
De kans dat de haven overgaat van de ene toestand naar de andere noemt men overgangs- of transitie waarschijnlijkheden, een begrip gehanteerd in de theorie der Markovketens en dat zijn toepassing vindt in o.m. de wachttijdleer.

Trachten we nu deze overgangswaarschijnlijkheden te bepalen voor iedere toestand van de haven. Gegeven zijnde dat men niet weet op welk ogenblik een schip gaat aankomen, waardoor men veronderstelt dat de schepen onafhankelijk van elkaar aankomen, dan kan men volgende regels opstellen.

Vertrekkend van de situatie dat er zich geen schepen in de haven bevinden, situatie E_o, op het ogenblik t, welke is dan de kans dat deze situatie ongewijzigd blijft gedurende een interval t. De zekerheid (waarschijnlijkheid 1) wordt verminderd door de kans dat gedurende het volgende zeer kleine tijdsinterval een schip arriveert. Gedurende een periode t komen er, zoals vroeger gezegd, A schepen aan. De kans dat er in de periode t een aantal aankomt gelijk aan A is derhalve 1. In een kleine fractie van de periode t is de kans derhalve A.dt. Dit leidt tot de regel dat de overgangswaarschijnlijkheid voor $E_o \rightarrow E_o$ gelijk is aan 1-A.dt en voor $E_o \rightarrow E_1$ gelijk is aan A.dt.

De bepaling van de overgangswaarschijnlijkheden in andere willekeurige toestanden welke alle toestanden zijn met minstens één schip in de haven gebeurt op analoge manier. De situatie E_n kan gedurende het volgend zeer kleine tijdsinterval overgaan in de stituatie E_{n-1}, E_n of E_{n+1}. De kans dat $E_n \rightarrow E_{n-1}$ plaatsvindt is de kans op een bediening nl, Bdt. De kans dat $E_n \rightarrow E_{n+1}$ plaatsvindt is de kans op een nieuwe aankomst nl. Adt. Derhalve is de waarschijnlijkheid van status quo gelijk aan

$$p(E_n \rightarrow E_n) = 1 - p(E_n \rightarrow E_{n-1}) - p\,(E_n \rightarrow E_{n+1})$$

of

$$p(E_n \rightarrow E_n) = 1 - (A + B)dt$$

Een matrix van transitieprobabiliteiten (τ) kan worden samengesteld (fig. 3). Er geldt dus dat:

$$\{p(t+dt)\} = \{p(t)\}\{\tau\} \qquad (4.1)$$

waarin $\{p(t+dt)\}$ de vector is van de waarschijnlijkheden dat er in de haven n schepen zijn op het ogenblik t+dt en $\{p(t)\}$ de vector de waarschijnlijkheden dat er n eenheden in de haven zijn in het ogenblik t.

Situatie op het ogenblik t		Situatie op het ogenblik t+dt			
		n=o	n=1	n=2	...
	n=o	1-Adt	Adt	o	...
	n=1	Bdt	1-(A+B)dt	Adt	...
	n=2	o	Bdt	1-(A+B)dt	...
	...	...	...	...	...
	...	...	...	...	...
	...	...	...	...	...

Fig. 3

(4.1) is een stelsel van differentievergelijkingen in matrix notatie dat uitgeschreven kan worden als

$$
(4.2)\quad
\begin{aligned}
p_o(t+dt) &= (1-Adt)p_o(t) + Bdt.p_1(t) \\
p_n(t+dt) &= Adt.p_{n-1}(t) + (1-Adt-Bdt)p_n(t) + Bdtp_{n+1}(t)
\end{aligned}
$$

De laatste vergelijking geldt voor iedere n groter dan nul.

Door dit stelsel worden de havenoperaties beschreven tussen de periode t en t+dt. Onder bepaalde voorwaarden (*) aan de transitiematrix opgelegd bereikt het stelsel een evenwichtstoestand wat erop neerkomt dat de waarschijnlijkheden van n eenheden in het systeem, onafhankelijk zijn van het ogenblik t.

Rekening houdend met voorgaande, kan het stelsel onder (4.2) geschreven worden als

$$
\begin{aligned}
p_o &= (1-A)p_o + Bp_1 \\
p_n &= Ap_{n-1} + (1-A-B)p_n + Bp_{n+1} \qquad n>o
\end{aligned}
$$

Vereenvoudigd leidt dit tot

$$
\begin{aligned}
Ap_o &= Bp_1 \\
(A+B)p_n &= Ap_{n-1} + Bp_{n+1} \qquad n>o
\end{aligned}
$$

Hieruit volgt onmiddellijk:

$$
\begin{aligned}
p_1 &= \tfrac{A}{B}p_o \\
p_2 &= (\tfrac{A}{B})^2 p_o \\
&\vdots \\
p_n &= (\tfrac{A}{B})^n p_o \qquad (4.3)
\end{aligned}
$$

(*) De voorwaarden zijn dat de transitiematrix identiek is met één kernfuik, d.w.z. tot eenzelfde priemfuik behorend zonder kringfuiken.

met de restrictie dat de som der waarschijnlijkheden nl. $\sum_{n=o}^{\infty} p_n = 1$.

Derhalve is $\sum_{n=o}^{\infty} (\frac{A}{B})^n p_o = 1$

waaruit $p_o = 1 - \frac{A}{B}$

De bezettingsgraad ρ werd vroeger gedefinieerd als A/B, zodat

$$p_o = 1 - \rho \qquad (4.4)$$

De waarschijnlijkheid dat er zich n eenheden in de haven bevinden wordt na substitutie van (4.4) in (4.3) uitgedrukt als:

$$p_n = (1-\rho)\rho^n \qquad (4.6)$$

Een handiger vorm is de waarschijnlijkheid nl. p(N>n) dat er meer dan een bepaald aantal eenheden, zij N, in de haven zijn. Per definitie geldt

$$P(N>n) = p_{n+1} + p_{n+2} + \ldots$$

$$= (1-\rho)(\rho^{n+1} + \rho^{N+2} + \ldots)$$

$$= \rho^{n+1} \qquad (4.5)$$

Met behulp van vergelijking (4.5) is het mogelijk voor de diverse zeehavens de bezettingsgraad af te leiden. Immers de waarschijnlijkheidsverdeling dat er zich in de haven meer dan een bepaald aantal schepen (tonnemaat) bevinden is achterhaalbaar. Door het verschil tussen de maandelijkse aankomsten en afvaarten te bepalen - en in de veronderstellingen dat dit verschil nooit negatief is - kent men het aantal schepen in de haven. Voor ieder aantal gaat men na in de reeks hoeveel maal dit aantal overschreden wordt. Aldus verkrijgt men een reeks absolute frequenties overeenkomstig ieder aantal schepen. De relatieve frequenties drukken de overschrijdingskans uit. Indien op een semi-logaritmische grafiek op de log-as deze overschrijdingskans en op de andere as de overeenkomstige aantallen plus één uitzet bekomt men een puntwolk dewelke aansluit bij een rechte met negatieve helling.

Deze helling is de logaritme van de bezettingsgraad. Deze kan geschat worden door berekening van het gemiddelde van de diverse ρ waarde:

$$\bar{\rho} = \frac{\sum_{i=1}^{T} \rho_i}{T} = \frac{1}{T} \cdot \sum_{i=1}^{T} \left(P_i(>n_i>)\right)^{\frac{1}{n_i+1}}$$

Teneinde over de juistheid van de schatting een idee te krijgen kan de standaardeviatie der ρ waarden berekend.

Een kleinste kwadratenschatting der ρ waarde kan eveneens uitgevoerd worden zodat

$$\log \hat{\rho} = \frac{\sum_{i=1}^{T} (n_i+1) \lg P_i(>n_i>)}{\sum_{i=1}^{T} (n_i+1)^2}$$

Over de juistheid van de schatting informeert de determinatiecoefficiënt tussen lg P(>n) en n+1. Hoe meer de determinatiecoëfficiënt 1 nadert des te beter beantwoordt het voorgestelde model aan de realiteit.

De beide schattingen van de ρ-waarden worden hierna voorgesteld, zowel voor het aantal schepen en de tonnemaat.

<u>Tabel:</u> Bezettingscoëfficiënten

	Aantal schepen		Tonnemaat	
	$\hat{\rho}$	$\bar{\rho}$	$\hat{\rho}$	$\bar{\rho}$
	R	σ	R	σ
ANTWERPEN	0.95	0.97	1.00	1.00
	-0.67	0.02	-0.67	0.005
GENT	0.89	0.94	0.97	0.98
	-0.76	0.05	-0.76	0.02
ZEEBRUGGE	0.85	0.92	0.98	0.99
	-0.82	0.06	-0.75	0.01
OOSTENDE	0.81	0.88	0.87	0.89
	-0.68	0.09	-0.98	0.05
BRUSSEL	0.74	0.81	0.84	0.89
	-0.80	0.09	-0.59	0.10

Uit deze tabel blijkt, aan de hand van de correlatiecoëfficient, dat het model beter de realiteit beschrijft waar het het aantal schepen betreft. Derhalve zal op basis van deze bezettingsgraden verder worden gewerkt.

Voordat deze resultaten geïnterpreteerd worden zal het theoretisch model waarvan de estimaties afgeleid werden verder worden ontwikkeld.

Equatie 4.6 nl.

$$p_n = (1-\rho)\rho^n$$

beschrijft de waarschijnlijkheidsverdeling van het aantal schepen in de haven. Het gemiddeld aantal schepen $\bar{n}$ in de haven wordt afgeleid uit deze verdeling nl.

$$\bar{n} = \sum_{n=o}^{\infty} np_n = (1-\rho) \sum_{n=o}^{\infty} n\rho^n$$

wat resulteert in

$$\bar{n} = \frac{\rho}{1-\rho} \qquad (4.7)$$

De gemiddelde wachttijd der schepen is per definitie het aantal wachtende schepen gedeeld door de gemiddelde bediening per tijdseenheid zodat

$$\bar{w} = \frac{\bar{n}}{A} = \frac{\rho}{1-\rho} \cdot \frac{1}{A} = \frac{1}{B} \cdot \frac{1}{1-\rho} \qquad (4.8)$$

Stel dat de gemiddelde kost van de wachtende schepen per schip en per tijdseenheid - gelijk is aan een waarde zij K. Deze kosten omvatten o.m. afschrijvingen, loon van de bemanning ...

Deze kosten worden voor een groot gedeelte doorgerekend aan de verbruiker en zijn ten laste van de economie van ons land te beschouwen. Deze kosten kunnen uitgedrukt worden in functie van de bezettingsgraad van de haven.

De totale kosten nl. K_T zijn het produkt van het gemiddelde aantal wachtende schepen, de gemiddelde wachttijd en de kost per schip per tijdseenheid na K.
Dus

$$K_T = K.\bar{n}.\bar{w}$$

Gebruik makend van de relaties (4.7) en (4.8) leidt dit tot

$$K_T = \frac{K}{B} \cdot \frac{\rho}{(1-\rho)^2}$$

Uitgedrukt in het gemiddeld aantal aankomsten en bedieningen is

$$K_T = \frac{A.K}{(B-A)^2} \qquad (4.9)$$

Veronderstellen we dat het maximaal aantal bedienbare eenheden per tijdseenheden constant is, m.a.w. de inzet van produktiefactoren is constant. Welk is dan het procentuele effect op de kosten van een wijziging van 1% in de aankomsten. Dit komt neer op de berekening van de elasticiteit E(K;A) van de kosten van wachten t.o.v. de trafiek.

Per definitie geldt

$$E(K;A) = \frac{dk}{dA} \cdot \frac{A}{K}$$

Rekening houdend met vergelijking (4.9) geeft dit na enig gecijfer

$$E(K;A) = \frac{B+A}{B-A}$$

Dit kan worden uitgedrukt in de bezettingscoëfficiënt door teller en noemer te delen door de gemiddelde bediening. Derhalve is

$$E(K;A) = \frac{1+\rho}{1-\rho}$$

Hieruit blijkt dat bij een trafiekstijging (gemeting in aantal schepen) van 1% de wachtkostenverhoging gelijk is aan $(1+\rho)/(1-\rho)$%. De elasticiteit stijgt meer dan proportioneel naarmate de bezettingsgraad groter is. Een bezettingsgraad van 50% heeft een elasticiteit van 3, waar bij 90% bezetting de elasticiteit 19 is!

Analoog kan de kostenelasticiteit t.o.v. een verbetering of uitbreiding van de haveninstallatie worden geschat. Wanneer de haveninstallatie dermate wordt aangepast dat ze in staat is 1% meer eenheden te bedienen dan zal de procentuele kostenbesparing gelijk zijn aan

$$E(K;B) = \frac{dK}{dB} \cdot \frac{B}{K}$$

of rekening houdend met vergelijking (4.9)

$$E(K;B) = \frac{-2B}{B-A}$$

Door teller en noemer te delen door de gemiddelde bediening B geeft de elasticiteit in functie van de bezettingsgraad, nl.

$$E(K;B) = \frac{-2}{1-\rho}$$

Opgemerkt dient worden dat

$$|E(K;B)| - |E(K;A)| = 1$$

De elasticiteit van de kosten t.o.v. de gemiddelde bediening stijgt eveneens meer dan proportioneel - in absolute waarde - dan de bezettingsgraad. Een bezettingsgraad van 50% geeft een elasticiteit van -4, waar bij 90% bezetting de elasticiteit oploopt tot -20!

Met de voordien geschatte bezettingscoëfficiënten werden de wachtkostelasticiteiten t.o.v. capaciteitsuitbreiding voor de diverse havens geschat. Deze elasticiteiten zijn in onderstaande tabel weergegeven. De procentuele kostenverhoging veroorzaakt door één procent aangroei van de trafiek (gemeten in aantal schepen) zijn zoals gezegd één procent lager in absolute waarde dan deze in de tabel.

Tabel: Procentuele kostenbesparingen bij 1% uitbreiding van de capaciteit

Aangewende ρ:	$\hat{\rho}$	[illegible]	gem.
Antwerpen	44.41	70.11	57.26
Gent	18.42	32.59	25.51
Zeebrugge	13.00	23.73	18.37
Oostende	10.30	17.15	13.77
Brussel	7.70	10.42	9.06

Besluit

Uit de bezettingscoëfficiënten enerzijds, en de procentuele kostenbesparingen anderzijds blijkt de haven van Antwerpen 1° de drukst bezette zeehaven is en 2° de grootste relatieve wachtkostbesparing geeft bij een verhoging van de capaciteit met één procent. Gent komt op de tweede plaats, gevolgd door Zeebrugge. Voor de kleinere zeehavens blijkt Oostende meer bezet dan Brussel. De resultaten van deze studie moeten met voorzichtigheid geïnterpreteerd worden. Men bedoelt hier dat de becijferde waarden der bezettingscoëfficiënten een orde van grootte weergeven en gezien moeten t.o.v. de coëfficiënten berekend voor de andere havens. De inzet van de produktiefactoren is immers in de realiteit flexibel. Men bedenke dat de havenarbeid volgens het ploegen-systeem wordt ingezet, een soepele regulatie van de factor arbeid toelaat. Ofschoon de analyseperiode nl.67-69 niet zo lang is zijn er in deze periode investeringen in uitbouw van de zeehavens gebeurt. Daarenboven is de technische vooruitgang in de laatste jaren sterk gestegen (eenheidsladingen, containerisatie, LASH ...). Kortom, het is meer dan waarschijnlijk dat de inzet van produktiefactoren in de periode 67-69 fel gestegen is. Dit geeft aanleiding tot overschatting in bezettingscoëfficiënten en kostenelasticiteiten. Indien het zo is dat de stijging in het gebruik van de produktiemiddelen evenredig verdeeld is over alle havens, dan leidt dit niet tot erge complicaties. Onderling blijven de bezettingscoëfficiënten vergelijkbaar. Bij een onevenredige verdeling van de produktiemiddelen komt de vergelijkbaarheid in het gedrang. Al deze fundamentele kritiek ten spijt, is het bij gebrek aan gegevens, zoals tewerkstelling en investeringen in de diverse havens als sector, onmogelijk enige correctie op de becijferde resultaten aan te brengen.

De resultaten van deze studie kunnen niet geïnterpreteerd worden in het licht van de recente havendisputen. De cijfers zijn er geenszins voor bedoeld. De relatieve wachtkostbesparing bij uitbreiding belichten slechts een onderdeel van de kosten en de baten verbonden aan een havenuitbreiding. Andere factoren zoals afnemerssurplussen, kosten van uitbreiding, bijdragen tot de economie door industrialisatie van het havengebied vormen de hoofdbestanddelen van de kosten -en batenevaluatie van een havenproject (±).

De hier voorgestelde resultaten geven enkel een rangorde van de zeehavens naargelang zij meer of minder als knelpunt voor de Belgische economie ervaren worden.

(±) Cfr. Blauwens, Haveninvesteringen en kosten-batenanalyse, Economisch en Sociaal Tijdschrift, oktober 1969, p.495-525.

BIBLIOGRAFIE

(1) BEER, Stafford, Cybernetica en management, vert: A. Buitendam en N. Mordhorst, Agon Elsevier, 1968, Amsterdam-Brussel, 232p.

(2) BLAUWENS, G., Haveninvesteringen en kosten-batenanalyse met een toepassing op Antwerpen L.O., Economisch en Sociaal Tijdschrift, oktober 1969, p.495-525.

(3) COX, D.R. and SMITH, W.L., Queues, Methuen's Monographs on applied probability and statistics, John Wiley, 1961, London, 180p.

(4) KAUFMANN, A. et CRUON, R., Les phénomènes d'attente, théorie et applications, Dunod, 1961, Paris, 274p.

(5) MORSE, Philip M., Queues, Inventories and Maintenance, Publications in Operations Research n°1, John Wiley, 1958, London, 202p.