

# Kostbare tijd

## Reductie van wachttijden in havens

DRS. H. BOSCH\*

**Tijd is geld. In de vervoerseconomie wordt dit onderkend en spelen de kosten van de opgeofferde tijd vaak een belangrijke rol in de analyse. In havens met beperkte capaciteit bij voorbeeld kan de wachttijd van schepen soms hoog oplopen, hetgeen hoge kosten met zich brengt. In dit artikel zet de auteur uiteen dat in dergelijke gevallen vaak belangrijke besparingen op wachtkosten kunnen worden behaald wanneer wordt afgeweken van de gebruikelijke regel dat wie het eerst komt, ook het eerst wordt bediend. De auteur toont aan de hand van enkele simulaties aan hoe voordelig behandeling op volgorde van korste servicetijd of hoogste wachtkosten van de schepen in de wachtrij kan zijn. De grootste besparingen zouden kunnen worden bereikt wanneer er een soort „markt op de rede” zou worden georganiseerd waarbij schepen onderling onderhandelen over de volgorde van behandeling.**

### Inleiding

Niet iedereen zal bij een bespreking van het begrip „tijd” onmiddellijk denken aan tijd als een economisch goed. Toch is het dat wel degelijk. Ons spraakgebruik duidt daar reeds op: men kan tijd „kopen”, we spreken van tijdswinst en -verlies, en, nog directer, van „tijd is geld”. In zekere zin zijn tijd en geld (of kapitaal) elkaars substituten. Het zal ongeveer evenveel kosten (aan rente) wanneer we f. 1.000 lenen van de bank voor 1 maand of f. 100 voor 10 maanden. Het is niet de bedoeling van dit artikel een betoog over tijd te geven. Volstaan moge worden met de constatering dat tijd een in principe even belangrijk element van kapitaalkosten is als de hoeveelheid kapitaal en dat er dus alle reden is „economisch” met tijd om te gaan.

„Tijd” en „tijdskosten” zijn belangrijke begrippen in, onder andere, de transporteconomie. Een „modal split”-analyse (van keuze van de vervoerswijze) is niet volledig als geen rekening wordt gehouden met de factor tijd. Het waarderen van tijd (in geldtermen) is daarbij een van de moeilijkste problemen, zeker bij personenvervoer. In het geval van goederentransport lijkt die waardering wat minder problematisch. De goederen vertegenwoordigen een waarde en het kapitaal geïnvesteerd in die goederen is geïmmobiliseerd voor de duur van het transport (en opslag). De kosten daarvan zijn proportioneel met de transporttijd en eenvoudig te berekenen. Voor de volledigheid kan worden opgemerkt dat de berekening van tijdskosten op deze wijze in principe een minimumschatting oplevert van het verlies; als, bij voorbeeld, een essentieel onderdeel van een machine door langdurig transport op zich laat wachten, dan zijn de tijdskosten niet gelijk aan die van het onderdeel maar aan die van de machine die stil staat.

De tijd die schepen „verliezen” in havens is een ander voorbeeld waarbij tijd in geld wordt uitgedrukt en zichtbaar gemaakt. Een rederij zal de vervoerder „demurrage” in rekening brengen als z'n schip wordt opgehouden; een haven met ernstige congestie loopt de kans op een „surcharge” op de vrachttarieven. In het kapitaalintensieve bedrijf van een haven (schepen zowel als installaties) is het overduidelijk dat tijd geld is.

Dit artikel gaat over wachttijden (en -kosten) in havens. Er zal een idee worden aangedragen om deze kosten op een „goedkope” manier omlaag te brengen. De methode om dit te bereiken is een typisch economische oplossing: het introduceren c.q. orga-

niseren van een markt waar men (wacht)tijden kan kopen en verkopen. Die markt zou, zoals andere markten, leiden tot een beter (optimaal) gebruik van de schaarse factor, in dit geval tijd.

### Een hypothetisch voorbeeld

De normale procedure bij het wachten van schepen op een vrije kade is „first come, first served”. Die regel, verder aangeduid met FCFS, zien we ook in het dagelijks leven toegepast: in Engeland bij de bushalte; in Nederland bij de slager bij voorbeeld, die zelfs op de naleving van de regel toeziet door ons nummertjes te laten trekken. In het „gewone leven” is deze regel norm geworden. Bij overtreding ervan is er meestal wel een van de gedupeerden die uitlegt dat men niet „voor z'n beurt” dient te gaan.

In het dagelijks leven zijn er echter twee geaccepteerde uitzonderingen die ook relevant lijken in het geval van een haven. Als iemand in de supermarkt achter een rij volle winkelwagentjes staat met slechts een tandenborstel af te rekenen, is men geneigd hem voor te laten gaan. De wachttijd voor de mensen met een vol wagentje wordt niet merkbaar langer, terwijl degene met de tandenborstel een geweldige tijdswinst maakt. Vertaald naar de haven: er is reden een schip met een korte servicetijd (ligtijd aan de kade) te laten voorgaan. Een tweede voorbeeld speelt in de wachtkamer van de dokter: de wachtenden zullen geen bezwaar maken als een kennelijk „ernstig geval” eerst wordt geholpen: de „wachtkosten” van de ernstige patiënt zijn dermate hoog ten opzichte van de eigen wachtkosten dat men zonder morren de regel opzij zet. Vertaald naar de haven: er is reden om een duur schip (hoge vrachtkosten, hetzij vanwege het schip zelf of vanwege de dure lading) voor te laten gaan.

Aan de hand van een voorbeeld kan worden aangetoond dat er voordelen te behalen zijn met het wijzigen van de voorrangregels in een haven. Tabel 1 laat een mogelijke wachtrij zien. De schepen liggen op volgorde van binnenkomst (FCFS) en zijn ge-

\* Hoofd van de afdeling „Overseas Project Division” van het Nederlands Economisch Instituut.

typeerd naar hun (verwachte) servicetijd (binnen zekere grenzen is die bekend) en hun tijdskosten (in dollars per dag).

Als wordt aangenomen dat er in de haven maar één ligplaats is, welke juist vrij is gekomen, kunnen wachttijden en -kosten worden berekend zoals in tabel 1. Bij de FCFS-regel belooft de wachttijd voor schip nr. 2, dat moet wachten tot schip nr. 1 klaar is, 7 dagen, voor schip nr. 3 wordt dat  $7 + 3 = 10$  dagen en voor schip nr. 4 15 dagen ( $7 + 3 + 5$ ). De totale wachttijd voor alle schepen samen is 32 dagen en de wachtkosten bedragen \$ 180.000.

Wanneer de schepen zouden worden behandeld in volgorde van (korste) servicetijd, wordt de rangorde op de wachtrij als gegeven in tabel 2.

Tabel 1. Voorbeeld van een wachtrij (FCFS)

Aankomst volgorde	Service-tijd (in dagen)	Dag-kosten (\$/dag)	Wacht-tijd (in dagen)	Wacht-kosten (in \$ x 1.000)
1	7	4.000	—	—
2	3	10.000	7	70
3	5	8.000	10	80
4	1	2.000	15	30
Totaal			32	180

Tabel 2. Prioriteit op basis van korste servicetijd (KST-regel)

Aankomst volgorde	Service-tijd (in dagen)	Dag-kosten (\$/dag)	Wacht-tijd (in dagen)	Wacht-kosten (in \$ x 1.000)
4	1	2.000	—	—
2	3	10.000	1	10
3	5	8.000	4	32
1	7	4.000	9	36
Totaal			14	78

Het blijkt (in dit voorbeeld) dat door deze „truc” de totale (d.w.z. voor alle schepen te zamen) wachttijd en -kosten meer dan gehalveerd worden. Er is dus geld te verdienen door van de FCFS-regel af te wijken.

In het geval dat de schepen zouden worden behandeld in volgorde van hun (hoogste) dagkosten, zou de situatie eruit zien als in tabel 3.

Tabel 3. Prioriteit op basis van dagkosten (HDK-regel)

Aankomst volgorde	Service-tijd (in dagen)	Dag-kosten (\$/dag)	Wacht-tijd (in dagen)	Wacht-kosten (in \$ x 1.000)
2	3	10.000	—	—
3	5	8.000	3	24
1	7	4.000	8	32
4	1	2.000	15	30
Totaal			26	86

Ook hier treedt een besparing in wachtkosten op van meer dan 50% vergeleken bij de FCFS-regel. Dit is gedeeltelijk het gevolg van de verkorting van de wachttijd. Dit is uiteraard toevallig en dus het gevolg van de keuze van het voorbeeld.

In beide gevallen resulteren dus aanzienlijke besparingen (mede dank zij de keuze van de getallen, weliswaar). Voor de hand ligt te bezien of er nog meer te bereiken valt door een combinatie van de voorrangsregels. Waar het om gaat zijn uiteraard de kosten (niet alleen de wachttijd) en de beste regel is die welke de wachtkosten minimaliseert.

Hoe die regel eruit zou moeten zien, kan worden geïllustreerd aan het voorbeeld. Onder de FCFS-regel zal schip nr. 2 7 dagen moeten wachten, wat \$ 70.000 aan kosten met zich brengt. Als

het van plaats zou wisselen met nr. 1, zou dat schip slechts 3 dagen behoeven te wachten tegen bijbehorende kosten van \$ 12.000. Door van plaats te wisselen kunnen de twee schepen samen \$ 58.000 verdienen, alle reden dus voor de twee kapiteins om daar eens over te praten. Mochten ze op een bedrag van \$ 41.000 uitkomen, dan winnen beiden \$ 29.000. Als op deze manier elk schip met z'n voorganger gaat onderhandelen en er een „deal” wordt gemaakt als de vermeden wachtkosten van B groter zijn dan de toegenomen wachtkosten van A in geval van plaatsverwisselen, zou de volgorde op de wachtrij als volgt worden: 2, 4, 3, 1. De totale wachttijd is dan te berekenen op 16 dagen (hoger dus dan in het geval van prioriteit op basis van kortste servicetijd), maar de wachtkosten gaan verder naar beneden tot \$ 74.000, een besparing van bijna 60% vergeleken met de FCFS-regel. Tabel 4 geeft de berekening.

Tabel 4. Economische prioriteit (MARKT-regel)

Aankomst volgorde	Service-tijd (in dagen)	Dag-kosten (\$/dag)	Wacht-tijd (in dagen)	Wacht-kosten (in \$ x 1.000)
2	3	10.000	—	—
4	1	2.000	3	6
3	5	8.000	4	32
1	7	4.000	9	36
Totaal			16	74

Uiteraard dringt op dit punt de vraag zich op hoe realistisch dit alles is en zeker ook, waarom, als het afwijken van de FCFS-regel zo voordelig is, dit in de praktijk niet gebeurt.

Wat het eerste betreft (realiteitsgehalte) zal in wat nog volgt worden getracht een en ander een wat steviger basis te geven door middel van simulatie. Wel dient hier gesteld te worden dat het voorbeeld — ter wille van de duidelijkheid — met „zorg” is gekozen. Drie zaken zijn van belang: in de eerste plaats is er in het voorbeeld congestie. Als er geen wachtende schepen zijn, valt er uiteraard niets te verdienen met het veranderen van de voorrangsregels. Het betoog is dus alleen relevant voor havens waar aanzienlijke congestie is (vooral in ontwikkelingslanden; te denken valt aan de situatie in Lagos in 1975 waar — van tevoren bekende — wachttijden voorkwamen van 6 maanden en meer). In de tweede plaats zij opgemerkt dat er in het voorbeeld een grote variatie is in (verwachte) servicetijden alsook in wachtkosten per dag. Als er geen variatie in servicetijden is, heeft de voorrangsregel „kortste servicetijd” (KST) geen zin. Hetzelfde geldt voor behandeling in volgorde van de hoogste dagkosten (HDK) in het geval er geen variatie in dagkosten is, en als in geen van beide variatie is, leidt ook de combinatie van de KST- en HDK-regel (MARKT) tot geen enkele besparing. Uit de praktijk is echter bekend dat die variaties er wel degelijk zijn, zij het niet zo extreem als in het voorbeeld.

Met name het feit dat er in de meeste havens nauwelijks of geen congestie is, moge verklaren dat „handelen op de rede” niet algemeen is. Het geeft echter geen antwoord op de vraag waarom er niet wordt gehandeld in havens met (ernstige) congestie. De schrijver van dit artikel heeft geen duidelijk antwoord. Nader onderzoek lijkt op zijn plaats en mogelijk komen er — als reactie op dit artikel — verklaringen uit de „praktijk”.

Bij een poging tot verklaring kan aan het volgende worden gedacht:

- een wat naïeve verklaring is dat — zoals reeds boven gesteld — de FCFS-regel norm is geworden en dat normen nog wel eens klakkeloos worden aanvaard. Aan de andere kant is genoegzaam bekend dat normen het in vele gevallen niet winnen van geldelijk voordeel. Een erg bevredigend antwoord lijkt dit dus niet;
- wil men in de wachtrij tot „handelen” komen, dan moeten vragers en aanbieders bij elkaar komen en moeten de betrokkenen weten wie wat te bieden heeft, zoals dat bij elke markt het geval is. Die kennis is er duidelijk niet zonder meer bij betrokken partijen, hoewel hij wel is te vergaren. Verwachte servicetijden zijn wel ongeveer bekend bij de havenautoriteiten en hetzelfde geldt uiteraard voor de plaats in de wachtrij.

Wat betreft dagkosten van schepen zal elke kapitein regelmatig van zijn maatschappij te horen krijgen wat een verloren dag kost en – afgezien van speciale omstandigheden – kan hij de kosten van andere schepen bij benadering schatten. Die speciale omstandigheden kunnen zeer goed bepalend zijn voor wat een schip per dag kost. Van belang hierbij is uiteraard of een schip vaart onder „voyage” of „time charter”, en of er sprake is van vaste (gepubliceerde) afvaarttijden. Deze zaken kunnen de kennis van de „markt” compliceren, maar tasten niet het principe aan dat „handel in wachttijd” voordelig kan zijn. Deze redenering leidt tot de suggestie dat het voor het tot stand komen van een „markt” nodig zou kunnen zijn dat iemand die markt organiseert en, uiteraard, dat de haven geen bezwaar maakt tegen verschuivingen in de wachtrij in afwijking van de regels;

- ten slotte kan het zijn dat er in de wachtrij meer wordt gehandeld dan we weten, maar dat dit niet bekend wordt gemaakt. Bij voorbeeld, enige jaren geleden was er flinke congestie in een niet nader te noemen haven in Indonesië. De „wharf superintendent”, verantwoordelijk voor de toewijzing van ligplaatsen, heeft toen – wordt gezegd – ligplaatsen per opbod verkocht. Het effect van deze „maatregel” benadert de voordelen van de „MARKT”-regel, met dien verstande dat een gedeelte van de baten terecht kwamen in de zak van de betreffende employé. Hoe men ook over deze gang van zaken mag denken, het is niet onwaarschijnlijk dat deze man per saldo een zeer economische maatregel trof. Verder toont het voorval aan dat er een markt valt te organiseren. Te denken valt hierbij aan een agent die, onder toezicht van de haven en tegen commissie, partijen bijeenbrengt.

#### Simulatie van de werkelijkheid

Tot nu toe is de gehele argumentatie opgehangen aan het bovengenoemde illustratieve voorbeeld en het wordt tijd wat dichter naar de realiteit te gaan. Zoals gezegd, zal dit worden gedaan door middel van simulatie van een zo realistisch mogelijke situatie. Alvorens dit te doen lijkt het nuttig om – voor de niet-ingewijden – eerst wat te zeggen over de wachttijdtheorie zoals die werd (en nog steeds wel wordt) toegepast in havenplanning.

A.K. Erlang kan worden beschouwd als grondlegger van deze theorie. Reeds in 1909 maakte hij berekeningen van verwachte wachttijden bij een telefooncentrale met één „operator”. Wel dra werd de theorie uitgebouwd (o.a. weer door Erlang 1)) tot meer „operators” of servicestations. Het aantal toepassingen van de theorie is groot; te noemen valt: havens, vliegvelden, benzinstations, de kapper, supermarkten enz.

De opzet van de analyse is om, gegeven veronderstelde aankomst- en servicetijdpatronen, de „steady state” van een systeem te berekenen, waarbij één van de uitkomsten de gemiddelde wachttijd is. Het eenvoudigste model gaat uit van:

- „random”-aankomsten;
- „random”-verdeling van servicetijden;
- 1 servicestation.

In de notatie van Kendall 2) wordt dit systeem M/M/1 genoemd (waarbij M staat voor Markov). Om waarschijnlijkheid van aankomsten en servicetijden te genereren wordt de negatief exponentiële functie gebruikt, getypeerd door respectievelijk de gemiddelde tussentijd van aankomsten en de gemiddelde servicetijd. De benodigde wachttijd van uitkomsten te berekenen blijft in het redelijke. Moeizamer wordt een en ander in geval van M/M/n (meer stations). Als de benodigde statistieken beschikbaar zijn, is te controleren of aankomsten en servicetijden inderdaad „random”-verdelingen vertonen.

In de praktijk van havens blijkt vaak dat de variatie in servicetijden niet zo groot is als weergegeven door de negatief exponentiële functie; er is een (kleinere of grotere) tendens naar constante servicetijden. Ook voor de systemen M/D/1 en M/D/n (D voor „deterministic”) zijn er wiskundige oplossingen, evenals voor D/M/n overigens. Wanneer in de praktijk de verdeling van servicetijden blijkt in te liggen tussen „M” en „D”, wordt wiskundige afleiding zeer ingewikkeld. De grondlegger voor oplossingen van deze modellen is weer Erlang, die een functie

ontwikkelde die algemener is dan de negatief exponentiële. Deze functie wordt, behalve door het gemiddelde (b.v. de gemiddelde servicetijd), bepaald door een factor „K” (verder genoemd Erlang-K), die een (geheel) aantal fasen in het serviceproces voorstelt, waarbij elk van die fasen weer een negatief exponentiële verdeling heeft. Wiskundige afleiding van deze systemen lijkt het werk voor de „echte liefhebbers” en is minder geschikte literatuur voor de gemiddelde havenplanner. Het is onder meer aan E. Page 3) te danken dat de resultaten toegankelijk werden. Hij geeft tabellen van verwachte wachttijden voor de systemen E2/E2/n (dus voor Erlang-K's van 2) voor  $n = 2$  t/m 10 en formules om  $E_k/E_k/n$  voor elke waarde van  $k$  te benaderen.

Zoals reeds gezegd, worden analytische methoden steeds moeizamer naarmate het systeem groter wordt (meer servicestations) en wanneer aankomst- en servicetijddistributie niet meer in eenvoudige formules zijn te vangen. Nog ingewikkelder wordt de zaak als de servicestations (in dit geval ligplaatsen) niet identiek zijn (bij voorbeeld in het geval van ligplaatsen met verschillende behandelingssnelheden of verschillende diepgangen). In dat geval lijkt de enige praktische oplossing het construeren van een simulatiemodel. In havenplanningstudies worden deze dan ook steeds meer gebruikt.

Ook „priority queues” zijn met behulp van analytische methoden bestudeerd en enige resultaten worden gegeven in het genoemde boek van Page. Page verwijst naar een boek van Jaiswal 4) als „the most comprehensive study of queues with customers having priority”. De gevolgde methode is de „customers” in „priority groups” in te delen, elk met een eigen (of dezelfde) aankomst- en servicetijdpatroon. Dit leidt tot additionele pagina's algebra en ook in dit geval is computersimulatie een eenvoudiger methode.

In wat volgt zal het eerder gegeven voorbeeld worden „nagespeeld” met behulp van computersimulatie. Hierbij ligt de nadruk niet op perfectie in de uitkomsten (de gebruikte apparatuur, een kleine, langzame tafelcomputer, was daarvoor ook minder geschikt), maar op de identificatie van de omstandigheden waaronder „handelen op de rede” een „paying proposition” lijkt te zijn.

Het simulatiemodel is opgezet onder de volgende veronderstellingen:

- aankomsten zijn „random” verdeeld. Dit is een realistische aanname, zoals blijkt uit vele havenstudies;
- servicetijden volgen een Erlang verdeling met  $K = 2$ , een verdeling welke vaak in de praktijk van havens wordt gevonden;
- ook de variatie in wachtkosten per dag is beperkt door een Erlang-verdeling met  $K = 4$  te nemen. Dit is een wat arbitraire veronderstelling die niet gebaseerd is op onderzoeksresultaten);
- evenals in het voorbeeld is een haven met één ligplaats verondersteld. In geval van meer ligplaatsen wordt het model iets anders, maar niet – bij vergelijkbare congestie – de uitkomsten. In alle gevallen gaat het namelijk om wat in de wachtrij gebeurt.

Zoals reeds gezegd, zijn uitkomsten van een simulatie van stochastische processen nooit exact; het is immers een fysieke onmogelijkheid (zeker op een kleine computer) om een oneindig aantal „runs” te maken. Een zekere onnauwkeurigheid moet dus voor lief worden genomen. Bij de vergelijking van verschillende voorrangregels is het belangrijker zoveel mogelijk „laboratoriumomstandigheden” te creëren. Dit is gedaan door bij „runs” die met elkaar moeten worden vergeleken, de randomgetallengenerator steeds te laten beginnen met dezelfde „random seed”. Dat heeft tot gevolg dat in de vergeleken situaties (van verschillende voorrangregels) schepen steeds met dezelfde tijdsintervallen binnenkomen en dat het steeds dezelfde schepen zijn in termen van servicetijd en dagkosten. Het enige verschil tussen

1) A.K. Erlang, *Solutions of some problems in the theory of probabilities of significance in automatic telephone exchanges*, 1917.

2) D.G. Kendall, *Stochastic processes occurring in the theory of queues and their analysis by the method of the imbedded Markov Chain*, *Ann. Math. Stat.*, jg. 24, 1953.

3) E. Page, *Queueing theory in OR*, Butterworth, 1972.

4) N.K. Jaiswal, *Priority queues*, Academic Press, 1968.

Tabel 5. Besparingen als gevolg van het veranderen van voorrangsregels

Bezetting in % (1)	FCFS (2)		KST (3)		HDK (4)		MARKT (5)	
	TW/TS	PAGE	TW/TS	S in %	TW/TS	S in %	TW/TS	S in %
10,6	0,085	0,083	0,085	0	0,085	0	0,085	0
20,3	0,18	0,19	0,16	10	0,17	10	0,16	12
29,2	0,29	0,32	0,26	13	0,29	10	0,27	14
40,8	0,43	0,50	0,38	14	0,44	9	0,39	17
50,9	0,79	0,75	0,61	25	0,79	20	0,64	29
61,7	1,18	1,13	0,88	25	1,20	23	0,96	35
70,3	1,79	1,75	1,21	36	1,70	33	1,36	43
80,4	2,95	3,00	1,80	40	2,91	36	2,08	52
93,3	8,96	6,75	3,88	54	9,57	51	5,35	64

„runs” wordt zo de voorrangsregel. Begonnen is met het draaien van 10 jaren met een ingestelde kadebezetting van 75% en voor elke „run” een verschillende „seed”. Daarbij bleek dat de gemiddelde uitkomst van twee van die „seeds” ongeveer dezelfde was als die van de tien „runs” (gemiddeld). Om computertijd te besparen is toen verder gewerkt met die twee „seeds”.

Zoals reeds betoogd, valt er niets te verdienen als er geen congestie is; verandering van voorrangsregels wordt interessant bij hoge bezetting. Om dit effect te onderzoeken zijn runs gemaakt voor ingestelde bezettingsgraden (via ingesteld aantal aankomsten per jaar en gemiddelde servicetijd) van 10%, 20%, 30% enz. De resultaten zijn gegeven in tabel 5, voor elk van de voorrangsregels behandeld bij het voorbeeld (FCFS, KST, HDK en MARKT). „TW/TS” slaat op wachttijd gedeeld door servicetijd, de graadmeter van congestie, en „S” op besparingen (in procenten) ten opzichte van de FCFS-regel. In de tweede kolom (FCFS), waar dus geen besparingen zijn, is naast de simulatie-uitkomst de berekende waarde van TW/TS gegeven voor M/E2/1, ontleend aan Page.

Vergelijking van de ingestelde bezettingen met de uitkomsten en (in kolom 2) van de gesimuleerde TW/TS met de door Page berekende uitkomsten (uitgaande van exacte bezettingspercentages) geeft aan dat het model redelijke uitkomsten geeft. De uitkomsten onder de verschillende voorrangsregels zijn ook redelijk consistent: besparingen nemen toe met toegenomen congestie. Vergelijking van de kolommen 3, 4 en 5 voert tot de conclusie dat (bij de veronderstelde Erlang-K's) er meer te verdienen is met de KST-regel dan met de HDK-regel, en dat, zoals ook uit het voorbeeld kwam, het laten werken van een „MARKT” tot de grootste besparingen leidt. In de tabel zijn de besparingen uitgedrukt in percentages. Zoals al uit het voorbeeld bleek kan het om aanzienlijke geldbedragen gaan. Een „general cargo”-schip van 10.000 DWT kost in de orde van \$ 10.000 per dag, een schip van 7.500 DWT ongeveer \$ 8.000. Als we een gemiddelde van \$ 9.000 nemen en we bekijken de situatie bij een bezettingsgraad van 70%, dan bedragen de wachtkosten in geval van FCFS in een jaar:  $0,7 \times 365 \times 1,79 \times \$ 9.000 = \$ 4,1$  mln. en de besparingen bij overgang op „MARKT” dus bijna \$ 1,8 mln. Dit geldt bij een kleine haven (één ligplaats) met weliswaar flinke congestie. Bij grotere havens zullen de te besparen bedragen navenant toenemen.

In geval van congestie zal de haven, als organisatorische maatregelen zijn uitgeput, overwegen een ligplaats bij te bouwen. Als men economische redeneringen toepast, zal men tot aanleg besluiten wanneer de jaarkosten van een additionele ligplaats minder zijn dan de besparingen in wachtkosten met de aanleg verkregen, of in andere woorden als de totale kosten (van haven én schepen) door de aanleg van een nieuwe ligplaats omlaag gaan. Tot op zekere hoogte zou dan de overgang op een andere voorrangsregel een alternatief kunnen zijn voor het doen van een investering in een nieuwe ligplaats, althans het moment daarvan enigszins kunnen uitstellen.

### Slotopmerkingen

Onderzoekers vooral op het terrein van „operations research” hebben reeds, mathematisch, aangetoond dat de voor-

rangsregels „first-come, first served” niet de meest efficiënte is. Aan de hand van een voorbeeld werd hierboven aangetoond dat hetzelfde opgaat voor havens en vervolgens werd het voorbeeld „nagespeeld” door middel van een computersimulatie onder realistische veronderstellingen. Hieruit bleek dat in gevallen van aanzienlijke congestie in havens grote besparingen zijn te verwachten wanneer het mogelijk is een „markt voor wachttijden” in het leven te roepen. Niet duidelijk werd of zulke markten reeds opereren en, als dat niet het geval is, waarom niet. Gesuggerend werd dat nodig lijkt dat „iemand iets organiseert”. Dit laatste is de kern van het betoog en het lijkt gerechtvaardigd nog enige woorden te wijden aan die organisatie.

Reeds gesteld werd dat het denkbaar is dat in de haven een agent wordt aangewezen die de benodigde informatie verzamelt (met name over de volgorde in de wachtrij en de te verwachten servicetijden) en die, met die kennis gewapend, gaat bemiddelen tussen schepen (scheepseigenaren). Als hij, in het simulatievoorbeeld, bij 70% bezetting een commissie van 10% zou vragen, zou hij een bruto inkomen hebben van ruim f. 600.000, wat toch zeker voldoende moet zijn om, na aftrek van de kosten van kantoor, radio, telex en telefoon, van te leven.

De havenautoriteiten moeten meewerken (gegevens verschaffen en toestemming geven van FCFS af te wijken), maar aangenomen kan worden dat men daartoe bereid is. De congestie in tijd, maar vooral in kosten gemeten, gaat immers omlaag, wat de „image” van de haven verbetert en zelfs noodzakelijke uitbreiding enigszins naar de toekomst verschuift. Enige controle van de kant van de haven lijkt nodig. Niet ondenkbaar is dat „strijkers” (vergelijk openbare verkoop van huizen) hun plaats in de wachtrij zullen innemen. (Gezegd wordt dat in de wachtrij voor Lagos nogal wat oude schepen op „time-charter”-basis lagen te wachten, in alle rust). Het zou mogelijk moeten zijn voor de haven een „professioneel” wachtschip op een zwarte lijst te plaatsen en volgens FCFS te behandelen. Overigens lijkt een en ander moeilijk te organiseren voor dat „wachtschip”; het zal in ieder geval lading moeten hebben, hetzij om in te nemen, hetzij om te lossen.

Concluderend kan worden gezegd dat het mogelijk lijkt iets te organiseren en dat het de moeite kan lonen in een haven met congestie te experimenteren met voorrangsregels.

H. Bosch