

## Doorbelastingprincipes van computerkosten

van Reeken, A.J.; Kleijnen, J.P.C.

*Published in:*  
Informatie

*Publication date:*  
1984

[Link to publication](#)

*Citation for published version (APA):*  
van Reeken, A. J., & Kleijnen, J. P. C. (1984). Doorbelastingprincipes van computerkosten. *Informatie*, 26(3), 211-217.

### General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal

### Take down policy

If you believe that this document breaches copyright, please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

# DOORBELASTINGSPRINCIPES VAN COMPUTERKOSTEN

door drs. A. J. van Reeken en prof. dr. J. P. C. Kleijnen

*Uitgaande van het gegeven, dat het de gebruikersgroepen zijn die coöperatief – zoals bij de universiteiten – omvang en configuratie van de computerfaciliteiten bepalen, komen de auteurs in onderstaand artikel tot een kosten-doorbelastingsstelsel op twee niveaus.*

*Op strategisch niveau bepalen de gebruikers de vaste kosten, en betalen die vóóruit. In ruil daarvoor krijgen zij een gegarandeerd aandeel in de capaciteit.*

*Op operationeel niveau gebruiken individuele jobs de individuele systeemcomponenten.*

*Een registratie van dat gebruik dient meerdere doelen:*

- *Feedback en feedforward voor het strategisch niveau: is het gegarandeerde aandeel overschreden? Hoe zal de capaciteitsbehoefte zich ontwikkelen?*
- *Dekking in echt geld van de variabele kosten, gemaakt tijdens het in bedrijf zijn van de computer.*
- *Zuinig gebruik van produktiemiddelen; vervanging van dure door goedkope middelen, efficiënt gebruik van leegloop, boetes voor 'overlast'.*

## 1 INLEIDING

Met een coöperatieve organisatie bedoelen we een organisatie waarin de gebruikers van het rekencentrum de omvang en de configuratie van de computer vaststellen, waardoor het hoofd van het centrum geen ondernemer maar beheerder is. Deze situatie kennen b.v. de universitaire rekencentra.

Zo'n coöperatie ontstaat omdat de gebruikers financiële middelen hebben en besluiten hun mogelijkheden te bundelen en een coöperatief rekencentrum op te richten om zodoende van de voordelen van schaalvergroting en van specialisatie te profiteren; zie Kleijnen (1980, pp. 53-56). Deze voordelen moeten opwegen tegen de onderhandelingskosten en tegen het verlies aan zeggenschap. In onze benadering krijgt de gebruikersgroep met een hogere financiële bijdrage een hoger gegarandeerd aandeel in de computercapaciteit. Onze studie houdt zich bezig met de volgende twee vragen:

1. Hoe komen we tot kwantificering van het gegarandeerd aandeel in de computercapaciteit dat een rol speelt in de ex-ante, strategische beslissing?
2. Hoe moet ons voorstel in een ex-post, operationele doorbelastingsprocedure worden vorm gegeven?

Ons paradigma voor kostendoorbelasting is *causaliteit*: degene die de kosten veroorzaakt moet daarvoor worden belast. (Zie ook de regel: 'de vervuiler betaalt.') Dit paradigma houdt het volgende in:

1. Zodra de investeringsbeslissing is genomen, worden financiële verplichtingen aangegaan en draagt elke gebruikersgroep zijn aandeel in de (vaste) kosten bij.
2. Als de computer eenmaal in bedrijf is, worden additionele uitgaven gedaan en worden die (variabele) kosten gedragen door de individuele jobs. Jobs met gelijke rechten (gelijke prioriteit) betalen gelijke tarieven, terwijl jobs met minder rechten lagere tarieven betalen, omdat die minder kosten.

Zoals wij zullen aantonen vervult operationele doorbelasting mede de rol van terugkoppeling naar de strategi-

sche beslissing voor de gegarandeerde aandelen. Onze procedure dekt voorts de totale variabele bedrijfskosten. De procedure maakt gebruikers kostenbewust: ze stimuleert gebruikers om zuinig te zijn met deze produktiemiddelen, ze stimuleert hen om produktiemiddelen te gebruiken wanneer deze leegloop vertonen, enz. De operationele doorbelasting stoelt op een aanpak 'van onderaf', d.w.z. het gebruik van individuele produktiemiddelen wordt bijgehouden en geaccumuleerd tot een totale doorbelasting per job. De strategische beslissing voor de gegarandeerde aandelen zou daarentegen een aanpak 'van bovenaf' genoemd kunnen worden.

Er is nogal wat gepubliceerd over computer doorbelasting. Zo geeft Hamilton (1977) een bibliografie met 374 referenties en in Kleijnen (1980) kunnen er nog meer gevonden worden. Wij menen echter dat de meeste publicaties door een technische achtergrond zijn geïnspireerd, terwijl kostendoorbelasting een economische kwestie is. Economen worden echter afgeschrikt door de inherente technische complicaties. Onze eigen bespreking van computerdoorbelasting is beïnvloed door regulier onderwijs in de bedrijfseconometrie, verlicht door vele jaren computerpraktijk. Wij hopen dat ons nieuwe voorstel verder denkwerk en verfijning door anderen zal stimuleren.

Toen wij in 1980 een eerdere versie van dit artikel schreven (Kleijnen en Van Reeken (1983)), waren wij in dit onderwerp geïnteresseerd omdat op onze Hogeschool een computerdoorbelastings- en rantsoeneringssysteem moest worden ingevoerd. Vanaf dat moment zijn wij begonnen met de invoering van enkele theoretische concepten en hebben wij, zij het langzaam, vorderingen gemaakt. Voor een voorloper van deze studie verwijzen we overigens naar Van Reeken (1975).

We gebruiken de volgende notatie. Hoofdletters verwijzen naar totalen, b.v. totale vaste kosten FC (= fixed costs). Niet-monetaire produktiemiddelen worden met een Griekse letter aangegeven, b.v. de CPU met  $\gamma_1$ . De index i verwijst naar het computer-subsysteem ('resource') b.v. het schijven subsysteem; de index k duidt op een gebruikersgroep; de index j op de individuele job en de

index  $t$  op de tijdsperiode. Een punt als index betekent dat we over de corresponderende index hebben gesommeerd (b.v.  $F_i = \sum_k F_{ik}$ ). Om de notatie niet te complex te maken zijn sommige indices impliciet (b.v.  $\gamma_{ijk} \equiv \gamma_{ijkt}$ ). De belangrijkste symbolen worden in Tabel 1 opgesomd.

Tabel 1: Belangrijkste symbolen

$\gamma$	: subsysteemgebruik in fysieke eenheden per job
$\Gamma$	: totaal subsysteemgebruik
$\psi$	: beschikbare subsysteem eenheden
$b$	: index van het bottle-neck subsysteem
$c$	: subsysteem kosten
$C$	: capaciteit in geldeenheden
$FC$	: totale vaste kosten
$i$	: subsysteem index
$j$	: job index
$J$	: totale aantal jobs
$k$	: gebruikersgroep index
$p$	: kostprijs
$s$	: gegarandeerd aandeel als een fractie
$S$	: gegarandeerd aandeel in absolute eenheden (rantsoen)
$t$	: periode
$T$	: aantal dagen per periode
$TC$	: totale kosten
$vc$	: variabele kosten per eenheid produktie

## 2 EX-ANTE STRATEGISCHE DOORBELASTING

Eenmaal per budgetperiode, zeg jaarlijks, komen de vertegenwoordigers van de gebruikersgroepen bijeen om mogelijke veranderingen in de omvang en configuratie van hun rekencentrum vast te stellen. In onze eigen Hogeschool zijn deze groepen de Faculteit der Economische Wetenschappen, de subfaculteit Sociaal Culturele Wetenschappen, de Dienst Economische en Administratieve Zaken, etc. Sommige groepen verrichten veel rekenwerk (b.v. econometrische berekeningen) terwijl andere veel invoer- en uitvoerwerk hebben (sociologische enquêteverwerking, studentenadministratie). De onderhandeling van de groepen bepaalt de omvang en de configuratie van de computer en bovendien de bijdrage van elke groep in de totale investeringsuitgaven\*.

We benadrukken het verschil tussen uitgaven en kosten. Wanneer de groepen bijvoorbeeld tot het aanschaffen van extra geheugen besluiten, komen zij overeen om bij te dragen in alle daarmee gemoeide uitgaven. Deze uitgaven kunnen op een bepaald tijdstip worden gedaan (koop) of in de tijd gespreid zijn (huur). Als het extra geheugen een nuttige levensduur heeft van drie jaar, dan is de eenvoudigste oplossing om een derde van de investeringsuitgaven in het eerste jaar door te belasten, d.w.z. de uitgaven worden via een afschrijvingsprocedure in vaste kosten  $FC$  vertaald. Wanneer men nog moet leren om te gaan met deze extra capaciteit, dan zou minder dan een derde doorbelast kunnen worden in het eerste jaar. Wanneer de investeringsbeslissing eenmaal genomen is,

\* Zo zou het moeten. In ons geval wordt echter een zeer belangrijk deel van de vaste kosten rechtstreeks gefinancierd door het Ministerie van O&W. (Voor dat deel bestaat ook geen alternatieve aanwending.) De bijdrage van elke groep moet dus in onze situatie geconstrueerd worden.

dan kunnen de gebruikersgroepen hun bijdragen niet meer terugvragen, tenzij andere groepen behoefte hebben aan een groter aandeel. Uitbreidingen zijn natuurlijk bespreekbaar.

Wanneer  $FC_{kt}$  aangeeft de bijdrage in de vaste kosten van groep  $k$  in budgetperiode  $t$ , dan zijn de totale vaste kosten in periode  $t$  natuurlijk gelijk aan

$$FC_{.t} = \sum_k FC_{kt} \quad (2.1)$$

en zijn de totale investeringsuitgaven  $\sum_{t=1}^n FC_{.t}$ , waarbij  $n$  slaat op de levensduur van de investering. De totale bijdrage van groep  $k$  over deze levensduur is

$$FC_k = \sum_{t=1}^n FC_{kt} \quad (2.2)$$

welke de groep een *gegarandeerd aandeel* (aangeven door  $s$ ) in de normale computercapaciteit geeft, gelijk aan:

$$s_{kt} = FC_{kt}/FC_{.t} \quad (2.3)$$

Wanneer groep 1 verwacht dat zijn gebruik in de tijd zal toenemen, terwijl groep 2 een afnemend gebruik verwacht, dan zullen de gegarandeerde aandelen in de tijd verschillen en is de index  $t$  niet overbodig.

De 'normale' capaciteit is gebaseerd op de verwachte werklust bepaald tijdens de onderhandeling. Deze overeengekomen normale capaciteit kan, zeg, twee-ploegendienst betekenen; extra 'shifts' zullen dan tot variabele kosten leiden. Nadat we de operationele doorbelasting in paragraaf 3 besproken hebben, zullen we in paragraaf 4 terugkomen op de kwantificering van computercapaciteit.

Waarom is de voorgestelde procedure economisch verantwoord? De fundamentele kwestie in economische kostendoorbelasting is de vraag naar de *causaliteit*: wij stellen twee samenhangende, maar verschillende vragen:

1. Hoeveel nemen de totale kosten toe, wanneer een bepaalde job (of groep van jobs) wordt uitgevoerd?
2. Hoeveel nemen de totale kosten af, wanneer deze job (of groep van jobs) *niet* wordt uitgevoerd?

De eerste vraag is bepalend voor het meten van de variabele kosten en voor marginale kostprijsbepaling. Wanneer een bepaalde job wordt uitgevoerd, nemen de totale kosten marginaal toe, namelijk met de 'variabele' kosten. De tweede vraag gaat over vaste kosten en integrale kostprijsberekening. Wanneer een bepaalde job niet wordt uitgevoerd, nemen de vaste kosten niet af. Dit gebrek aan causaliteit bestaat voor elke individuele job. Maar het 'collectief' van jobs creëert wel de vaste kosten. Wanneer we de jobs niet belasten voor een deel van de vaste kosten (integrale versus marginale kostprijs), dan zullen we nooit de vaste kosten terugverdienen. De gebruikersgemeenschap die interesse heeft in een bepaalde configuratie, moet onderhandelen over zijn aandeel in de resulterende vaste kosten; zie vergelijking (2.3). De geïnteresseerde groepen samen veroorzaken de vaste kosten van het betreffende produktiemiddel. Hoe hoger de bijdragen van de groep,  $FC_k$ , hoe hoger zijn gegarandeerde aandeel: rechtvaardigheids- of 'equity'-eis.

Ofschoon een gebruikersgroep het gebruik van de meeste produktiemiddelen met andere groepen zal delen, kan een groep staan op de aanschaf van *specifieke* apparatuur waarvoor andere groepen geen belangstelling hebben. In

dat geval moet deze eerste groep alle uitgaven voor zijn rekening nemen: causaliteit! Als gedurende de budgetperiode andere gebruikersgroepen van mening veranderen en die specifieke apparatuur willen gebruiken, dan zijn er twee mogelijkheden.

1. Wanneer deze gebruikersgroepen de garantie willen dat ze die specifieke apparatuur kunnen gebruiken, dan moeten ze met de oorspronkelijke gebruikers overleggen en hun aandeel afspreken. Daardoor neemt natuurlijk het aandeel van de oorspronkelijke gebruikers in de kosten af.
2. Wanneer ze die garantie niet nodig hebben, is het economisch gezond deze gebruikersgroepen de leegloop te laten benutten en ze alleen marginale kosten in rekening te brengen, want ze krijgen de laagste prioriteit (laagste prioriteit is geen prioriteit). Afgezien van ons kostenparadigma is het ook 'commercieel' verstandig andere groepen deze middelen te laten gebruiken. Immers, in toekomstige budgetperiodes zouden andere groepen geïnteresseerd kunnen raken in dit middel en in ruil voor gelijke prioriteit, willen zij dan de betreffende kosten meedragen.

### 3 EX-POST OPERATIONELE DOORBELASTING

Zoals we hebben laten zien, worden de strategische beslissingen aan het *begin* van de budgetperiode gemaakt; deze beslissingen bepalen de totale vaste kosten (totale capaciteit) en de gegarandeerde aandelen per gebruikersgroep.

Gedurende de budgetperiode wordt het werkelijke gebruik van elk subsysteem ('resource')  $i$  door job  $j$  bijgehouden en doorbelast: operationele doorbelasting. Waarom deze operationele doorbelasting?

1. Per gebruikersgroep  $k$  moet het werkelijke gebruik worden bijgehouden om na te gaan of het gegarandeerde aandeel  $S_k$  is overschreden. Want wanneer een groep zijn aandeel heeft overschreden, kan zij alleen leegloop benutten. Dus operationele doorbelasting is nodig om de strategische beslissingen uit te voeren: terugkoppeling (feed-back)! Bovendien geeft het bijhouden van het werkelijke gebruik informatie voor toekomstige strategische beslissingen: voorwaartse koppeling (feed-forward).
2. Variabele, directe kosten moeten worden gemeten teneinde ze door de gebruikers te laten betalen. Computers hebben weinig variabele kosten; we komen hierop terug.
3. Individuele gebruikers (binnen gebruikersgroepen) moeten worden gemotiveerd om produktiemiddelen zuinig te gebruiken:
  - a. technische efficiëntie: gebruikers moeten produktiemiddelen, zeg, CPU seconden niet verspillen;
  - b. economische efficiëntie: gebruikers moeten dure produktiemiddelen vervangen door minder dure;
  - c. hinder: gebruikers moeten betalen voor produktiemiddelen die ze monopoliseren. ('Stand-alone' gebruik is daarvan een extreem voorbeeld.) Zie ook Kleijnen (1980, pp. 62, 68);
  - d. capaciteitsbenutting: gebruikers moeten worden gemotiveerd om dreigende leegloop te vermijden, b.v. als gedurende bepaalde perioden

overcapaciteit aanwezig is, dan worden (lage) marginale kosten in rekening gebracht; zie paragraaf 5.

Vanwege aspect 3 moeten ook de vaste kosten van een job aan *individuele* gebruikers worden gerapporteerd en afgetrokken van hun budget; de werkelijke betaling van vaste en variabele kosten is een geheel andere kwestie. Werkelijke betaling (in echt geld) kan door de groep in plaats van het individu plaats vinden.

Wij adviseren de volgende aanpak:

- Meet hoeveel eenheden van produktiemiddel  $i$  door job  $j$  worden gebruikt c.q. geblokkeerd, zeg  $\gamma_{ij}$ . Deze component stimuleert efficiëntie (zie 3(a) hierboven).
- Vermenigvuldig  $\gamma_{ij}$  met de kostprijs per eenheid  $p_i$ . Deze component stimuleert vervanging van dure produktiemiddelen door goedkopere (zie 3b hierboven). De kostprijs  $p_i$  wordt berekend volgens de gangbare wijze van kostprijsberekening. Indien de totale vaste kosten van produktiemiddel  $i$  in periode  $t$  gelijk zijn aan  $FC_{it}$ \*, de variabele kosten per eenheid  $vc_i$  zijn, en de totale produktie door produktiemiddel  $i$  in periode  $t$   $\Gamma_{it}$  is, dan geldt dat de totale kosten  $TC$  van produktiemiddel  $i$  gedurende de budgetperiode  $t$  wordt voorgesteld door

$$TC_{it} = FC_{it} + (vc_i \cdot \Gamma_{it}) \quad (3.1)$$

Dus als  $J_t$  aangeeft het aantal jobs gedurende de budgetperiode  $t$ , dan is

$$\Gamma_{it} = \sum_{j=1}^{J_t} \gamma_{ij} \quad (3.2)$$

De meeteenheid voor  $\gamma_{ij}$  is b.v. één micro-seconde CPU tijd of één I/O transfer. De kostprijs per eenheid  $p_i$  wordt gebaseerd op het verwachte of 'normale' gebruik  $\hat{\Gamma}_{it}$ :

$$p_i = vc_i + (FC_{it}/\hat{\Gamma}_{it}) \quad (3.3)$$

Wij nemen een gedeelte van de vaste kosten in  $p$  op (integrale kostprijsberekening), anders zou het doel van de operationele doorbelasting niet worden gerealiseerd (zie 1, 3a, 3b, 3c) hierboven. Voor de meeste produktiemiddelen  $i$  zal  $vc_i$  klein zijn. Zo zal b.v. voor een produktiemiddel als de regeldrukker  $vc$  het papiergebruik aangeven.

- Nu kan het totale door te belasten bedrag voor job  $j$  worden berekend b.v. met het volgende simpele lineaire model:

$$c_j = \sum_i \gamma_{ij} \cdot p_i \quad (3.4)$$

In werkelijkheid kan het gebruik van een produktiemiddel door job  $j$  hinder opleveren voor andere jobs  $j'$  ( $j' \neq j$ ); (zie 3c hierboven). Hierdoor ontstaat een moeilijk technisch probleem: hoe kunnen *ongebruikte* eenheden van produktiemiddel  $i$  die door andere jobs  $j'$  hadden kunnen worden gebruikt, aan job  $j$  worden doorbelast? In het extreme voorbeeld van 'stand-alone' gebruik kunnen wij alle  $\gamma_{ij}$  door  $\psi_{it}$  vervangen (waarbij  $\psi_{it}$  het aantal eenheden van produktiemiddel  $i$  aangeeft gedurende de muur-

\*)  $FC_{it} = \sum_k FC_{ikt} = \sum_k FC_{kt}$ , waarbij  $FC_{kt}$  boven vergelijking (2.1) gedefinieerd werd en waarbij  $FC_{it} = (\Gamma_{it}/\sum_i \Gamma_{it}) E_i$ , waarbij  $E_i$  aangeeft de investeringsuitgaven voor produktiemiddel  $i$ . Duidelijk is dus dat  $\sum_i FC_{it} = E_i$ .

klok- of vloertijd  $t$ ). Andere voorbeelden van hinder worden besproken door Ter Linden (1978). Meer onderzoek is echter nodig om werkbare antwoorden op het hinderprobleem te vinden; zie b.v. McKell et al. (1979, pp. 107-109, 112). Wij zouden dan na moeten gaan hoe een verandering in het simpele model van vergelijking (3.4) doorwerkt in onderstaande vergelijkingen.

Het totaal van de doorbelasting op het eind van budgetperiode  $t$  – uitgaande van het simpele algoritme van vergelijking (3.4) – wordt

$$\begin{aligned} \sum_j c_j &= \sum_j \sum_i \gamma_{ij} p_i \\ &= \sum_i \Gamma_{it} \cdot p_i \\ &= \sum_i \Gamma_{it} \cdot (vc_i + FC_{it} / \hat{\Gamma}_{it}) \\ &= (\sum_i \Gamma_{it} \cdot vc_i) + \sum_i FC_{it} \frac{\Gamma_{it}}{\hat{\Gamma}_{it}} \end{aligned} \quad (3.5)$$

Het eerste deel achter het gelijkteken is gelijk aan de werkelijke uitgaven van het rekencentrum. Die zijn onafhankelijk van  $\hat{\Gamma}_{it}$  en worden dus altijd gedekt. Het tweede deel achter het gelijkteken betreft de vaste kosten. Omdat de investeringsuitgaven reeds werden gedekt ten tijde van de investeringsbeslissing (zie paragraaf 2), zullen zelfs in het geval dat  $\Gamma_{it} \neq \hat{\Gamma}_{it}$ , de doelstellingen van de operationele doorbelasting zoals genoemd aan het begin van deze paragraaf, worden gehaald. Er worden minder variabele kosten gemaakt – en dus ook in rekening gebracht – indien gebruikers efficiënter zijn of als ze een kleiner produktievolume veroorzaken dan werd verwacht.

De meeste kosten voor personeel, programmatuur en huisvesting vormen indirecte en 'overhead' kosten. Wij noemen deze kosten kortweg *overheads*. Overheads worden niet gemeten door het bijhouden van het gebruik van eenheden produktiemiddel door een job, want er is per definitie geen directe relatie tussen deze kosten en de totale produktie. Anders gezegd, overheads kunnen niet aan een of ander produktiemiddel  $i$  worden toegekend. Omdat overheads vast zijn, moeten ze door de gebruikersgroepen betaald worden wanneer de uitgaven worden gemaakt; zie paragraaf 2 over strategische (niet operationele) doorbelasting. Wanneer wij de argumenten voor ex-post operationele doorbelasting nog eens overwegen, dan wordt duidelijk dat het geen zin heeft overheads op te nemen in de operationele door te belasten bedragen. Zulke toeslagen zijn arbitrair en de gebruiker kan de uitgaven toch niet beïnvloeden door meer of minder te gebruiken. Om de strategische en operationele doorbelastingsprocedures consistent te maken, worden de gegarandeerde aandelen berekend afgezien van de bijdragen van de gebruikersgroepen aan de overheads, d.w.z. in vergelijkingen (2.1) en (2.2) bevat  $FC_{kt}$  geen vaste overheads. Overheads worden apart behandeld; ze worden apart betaald. Er is overigens niets op tegen om die overheads te verdelen in verhouding tot de aandelen van de groepen in de vaste kosten  $FC_{..t}$ , maar het zou ook anders kunnen.

#### 4 RELATIES TUSSEN STRATEGISCHE EN OPERATIONELE DOORBELASTING

Om een richtlijn te verschaffen voor de onderhandeling over de aandelen van de gebruikersgroepen, gaan we als volgt te werk. We geven met  $FC_{ikt}$  het aandeel van groep  $k$  aan in de vaste kosten van produktiemiddel  $i$  in periode  $t$ , zodat  $FC_{k.}$  in vergelijking (2.2) voldoet aan

$$FC_{k.} \equiv FC_{k.} = \sum_i \sum_t FC_{ikt} \quad (4.1)$$

Wij kunnen  $FC_{ikt}$  berekenen met behulp van  $\hat{\Gamma}_{ik.}$ , het verwachte totale gebruik van produktiemiddel  $i$  door alle jobs afgegeven door gebruikers van groep  $k$  gedurende de levensduur van het produktiemiddel:

$$FC_{ikt} = \frac{\hat{\Gamma}_{ik.}}{\sum_k \hat{\Gamma}_{ik.}} FC_{i.} \quad (4.2)$$

Wanneer we het gebruik zoals dat het afgelopen jaar werd gemeten,  $\Gamma_{ikt}$ , substitueren, hebben we een startpunt voor het onderhandelingsproces van de groepen. Ook kunnen wij het gebruik in het komende jaar schatten, door gegevens van meerdere jaren te gebruiken onder toepassing van b.v. 'exponential smoothing'.

Het aandeel van de groep is een fractie van 'de' *computercapaciteit* gedurende de budgetperiode. Deze capaciteit kan op het eerste gezicht niet in een enkel getal worden uitgedrukt; wij nemen namelijk aan dat de coöperatie, een zeer heterogene produktie (job-shop) heeft.

Veronderstel eerst eens dat een enkel produktiemiddel de 'bottle-neck' is, zodat de computercapaciteit in het aantal eenheden van dit produktiemiddel kan worden uitgedrukt; zeg dat  $i=b$  de 'bottle-neck' is. (Zo'n flessehals betekent dat één bepaald produktiemiddel 'absoluut schaars' is; niet-schaarse produktiemiddelen hebben een marginale waarde nul; Kleijnen (1980, p. 67).) Dus worden voor de niet-schaarse produktiemiddelen  $i$  ( $i \neq b$ ) slechts de variabele kosten doorbelast:  $p_i = vc_i$ . Alle vaste kosten ( $\sum_i FC_{it}$ ) worden aan het schaarse produktiemiddel toegerekend:

$$p_b = vc_b + FC_{it} / \hat{\Gamma}_{bt} \quad (4.3)$$

Daarmee reduceert vergelijking (3.4) tot

$$c_j = \gamma_{bj} \cdot p_b + \sum_{i \neq b} \gamma_{ij} \cdot vc_i \quad (4.4)$$

Computercapaciteit zou dan kunnen worden uitgedrukt in het aantal beschikbare eenheden, zeg  $\psi_{bc}$ . \*) van het schaarse produktiemiddel.

In werkelijkheid wordt in de meeste gevallen een *gebalanceerd* systeem aangeschaft. De produktie van de computer hangt van de werklastkarakteristiek af. Dus is ieder produktiemiddel een potentiële 'bottle-neck'. Het relatieve economische gewicht van de produktiemiddelen wordt bepaald door hun kostprijzen  $p_i$ ! Daarom mogen we de normale capaciteit over de budgetperiode weergeven door de totale vaste kosten.

Als gevolg hiervan worden de gegarandeerde *absolute* aandelen weergegeven door:

$$S_{kt} = s_{kt} \cdot FC_{..t} = FC_{k.} = \sum_i FC_{ikt} \quad (4.5)$$

\*) Het gegarandeerde absolute aandeel (ruitsoen)  $S_{kt}$  kan in gulden worden uitgedrukt:  $S_{kt} = s_{kt} \cdot \Gamma_{bt} (p_b - vc_b)$ ; zie vergelijking (4.5). Het 'gebruikte' aandeel wordt berekend als  $\Gamma_{bt} (P_b - vc_b)$ ; zie vergelijking (4.6). We kunnen gegarandeerde en gebruikte aandelen ook in de fysieke eenheden van het produktiemiddel  $b$  uitdrukken:  $\psi_{bt}$  resp.  $\Gamma_{bt}$ .

en wordt het 'gebruikte' absolute aandeel uit de *operationele* doorbelaste bedragen berekend als

$$\sum_i (p_i - vc_i) \cdot \Gamma_{ikt} \quad (4.6)$$

Als de budgetperiode T dagen omvat, dan is er per dag een gelijke fractie  $1/T$  van de totale capaciteit beschikbaar.

(Als we onlangs een nieuw systeem hebben geïnstalleerd, dan zou de produktiviteit in de tijd nog kunnen toenemen. In dat geval neemt de capaciteit per dag zodanig toe dat de integraal over de tijd gelijk is aan  $FC_i$ ; zie ook de voetnoot op blz. 213). Het is natuurlijk kunstmatig om de budgetperiode in *discrete* tijdseenheden zoals dagen te verdelen. Een computer kan met een waternal vergeleken worden: deze geeft een voortdurend stromende straal, maar dit 'water' kan niet worden vastgehouden en voor later gebruik worden gespaard (d.w.z. computercapaciteit is een volstrekt bederfelijke waar). Een aandeel betekent eigenlijk een 'straaltje' computervermogen. Let ook op de relatie tussen het vermogen en de capaciteit van een computer: de capaciteit is de integraal over de tijd van het vermogen. Strikt gesproken zou  $t$  een continue variabele moeten zijn wanneer deze als index van de variabelen  $s$  en  $S$  gebruikt wordt. Praktisch gesproken kan  $t$  in de operationele procedure corresponderen met dagen (kleinere tijdvakken blijken onpraktisch); in de strategische procedure kan  $t$  corresponderen met kwartalen. (Op onze Hogeschool worden tijdvakken van weken en kwartalen gehanteerd; als het geaccumuleerde gebruik op het einde van een week meer dan één weekaandeel hoger is dan het tot op dat moment geaccumuleerde rantsoen, dan krijgt die gebruikersgroep volgende week de laagste (d.w.z. géén) prioriteit).

Het gegarandeerde aandeel behoort een gebruikersgroep als totaliteit toe. Binnen de groep moeten *subrantsoenen* worden toegewezen. De gebruikersgroep (b.v. afdeling) kan zijn toewijzing baseren op b.v. het verwachte (normatieve) gebruik, berekend uit het normatieve aantal jobs maal het normatieve gebruik per job. De laatste component verwijst naar de efficiëntie; de eerste naar het 'produktie-volume'. Omdat het subrantsoen ook in geldseenheden is, worden gebruikers gestimuleerd om zuinig te zijn met dure produktiemiddelen. (In onze hogeschool kunnen individuele gebruikers overigens geen geld uitgeven.) De bijdrage van de groep kan gebaseerd worden op de som van de behoeften van de individuele gebruikers: aanpak 'van onderaf'. Toch spelen politieke elementen ook een rol in het budgetteringsproces op afdelings- en op centraal niveau. Gebruikersgroepen kunnen meer met hun aandeel doen als zij overgaan op minder dure produktiemiddelen (of wanneer zij de technische efficiëntie verbeteren). Deze overgang heeft de neiging permanent te worden (door investeringen in nieuwe programma's en nieuwe gewoonten). Bij het schatten van  $\Gamma_i$  zou hiermee onvoldoende rekening gehouden kunnen zijn. Daarom wordt het gebruik van de produktiemiddelen gevolgd. Daaruit zou kunnen blijken dat een bepaald produktiemiddel bottle-neck dreigt te worden of het reeds is. De traditionele aanpak verandert de relatieve prijzen (tarieven) van de verschillende produktiemiddelen om zodoende de gebruikers van het bottle-neck produktiemiddel af te leiden. In het bijzonder zou dan de prijs van het bottle-neck produktiemiddel worden verhoogd (en niet verlaagd via de verhoging van  $\Gamma_{it}$  in vergelijking (3.3)!). Wij zijn geen voorstander van

zo'n prijsdiscriminatie en wij zullen in de volgende paragraaf op deze kwestie ingaan.

## 5 PRIJSSTELLING

De hele discussie tot nu toe is gegaan over de economische rechtvaardiging van kostprijzen; kostprijzen moeten wij onderscheiden van prijzen (c.q. tarieven). Wanneer het rekencentrum onafhankelijk zou zijn, zou het zijn prijzen op een aantal manieren kunnen vaststellen. Zo zou b.v. de winst van het rekencentrum gemaximaliseerd kunnen worden, door de marginale opbrengst gelijk te stellen aan de marginale kosten. Ook kan naar een 'redelijke' winst worden gestreefd, door het tarief vast te stellen op b.v. 110% van de gemiddelde kosten.

Wij onderscheiden de volgende twee soorten prijspolitiek:

- *Prijsdifferentiatie*: prijzen zijn verschillend omdat de kosten verschillend zijn. Twee voorbeelden die we gaven, zijn: leegloop is beschikbaar tegen marginale kosten; een job is duurder als deze duurdere produktiemiddelen gebruikt. Wij kijken dus alleen naar de aanbods-kant, niet naar de vraagkant.
- *Prijsdiscriminatie*: prijzen verschillen omdat sommige gebruikers bereid zijn meer te betalen; die gebruikers kennen wellicht een hogere waarde toe aan de resultaten van hun job of een hoger verlies aan het wachten op resultaten, of ze hebben mogelijk meer geld beschikbaar.

Wij staan op het standpunt dat er in een coöperatieve organisatie geen plaats is voor *prijsdiscriminatie*. Het in rekening brengen van een hogere prijs omdat een gebruiker bereid is meer te betalen is een commerciële handigheid voor de monopolistische ondernemer die zijn winsten maximaliseert; zie Sharpe (1969). In een coöperatieve omgeving is de rekencentrumbeheerder geen ondernemer. Alle toepassingen dragen bij aan het uiteindelijke doel (c.q. doelen) van de gehele organisatie. Dus mogen alleen echte verschillen in kosten leiden tot verschillende prijzen. Wij zijn ons ervan bewust dat dit standpunt nogal controversieel is, zodat enige verdere toelichting op zijn plaats is.

In een niet-coöperatieve situatie is prijsdiscriminatie aantrekkelijk voor zowel de producent als voor (enkele) afnemers. De producent heeft de vrijheid om te proberen zijn winsten te maximaliseren; er is geen 'hogere gezag'. In een coöperatieve situatie heeft de rekencentrumbeheerder een hoger gezag, namelijk de gezamenlijke gebruikers vertegenwoordigd door een bestuur. In de niet-coöperatieve situatie wedijveren de gebruikers met elkaar; er zijn hun daarbij geen beperkingen opgelegd. In onze hogeschool kozen we voor beperking, zelfs het uitbannen van zo'n wedijver. Onze reden is dat we het feitelijk onmogelijk achten de belangen van de individuele afnemers te vergelijken en van een rangorde te voorzien: alle afnemers zijn even belangrijk. Een afnemer zonder behoefte aan directe verwerking kan dit nog steeds tot uitdrukking brengen door jobs af te geven voor verwerking in leegloop perioden wanneer slechts marginale kosten betaald hoeven te worden en het gebruik van produktiemiddelen niet van zijn rantsoen wordt afgetrokken. Maar een afnemer die plotseling een urgente behoefte heeft, kan in ons systeem — een systeem van gepland coöperatief gebruik — geen topprioriteit kopen.

Wel kan hij proberen aandelen van andere gebruikers te kopen. Wij zijn ons ervan bewust dat onze keuze zekere nadelen heeft (in het bijzonder de beperking in het tot uitdrukking brengen van gebruikersvoorkeuren) maar het alternatief heeft ook nadelen (b.v. de dominantie van rijke gebruikers over gebruikers met een klein budget maar met erg waardevolle toepassingen).

We benadrukken dat de lagere prijs voor leegloop betekent dat de gebruiker van die leegloop de laagste prioriteit krijgt. We kunnen de volgende algemene regel afleiden. Kortere antwoordtijden vereisen meer vermogen (snelheid van de bediende in de wachttijdtheorie). De wachttijdtheorie bewijst dat 100% benutting leidt tot oneindig lange gemiddelde wachttijden; dus is overdag 'overcapaciteit' nodig. Als gevolg hiervan vereist een interactief systeem meer vermogen dan een batch systeem. Een prioriteitschema maakt betere antwoordtijden voor sommige jobs mogelijk ten koste van andere jobs. Betere antwoordtijden zijn gewenst als sommige gebruikers toepassingen hebben die duidelijk voordeel hebben bij directe interactie met de computer (Computer Ondersteund Onderwijs, interactieve modelontwikkeling). Verschillende eisen t.a.v. de antwoordtijd (operationeel gemaakt via verschillende prioriteitsklassen) leiden tot verschillende kosten: prijsdifferentiatie in plaats van prijsdiscriminatie. Het invoeren van zo'n prioriteitschema in het bedrijfssysteem veroorzaakt overhead. Bovendien veroorzaakt een job met hoge prioriteit hinder voor jobs met een lagere prioriteit.

Wat betekent dit nu voor de verdeling van de vaste kosten? Gebruikers bieden programma's aan. Het rekencentrum garandeert hen dat deze programma's gedraaid worden. Een deel van de gebruikers heeft aan deze toezegging genoeg; dat zijn de afnemers die alleen capaciteit verlangen. Vele gebruikers wensen meer: de antwoordtijd moet aan zekere kwaliteitseisen voldoen. Dit zijn de gebruikers die naast capaciteit ook vermogen verlangen. Nu kan blijken dat als alleen op de vraag naar capaciteit van beide groepen afnemers wordt gelet, de optimale computer minder vermogen eist dan nodig is om aan de extra kwaliteitseisen te voldoen. In dat geval zal de groep van vermogensvragers niet akkoord gaan met de voorgestelde computer en zullen ze het rekencentrum dwingen tot aanschaf van een computer met meer vermogen om hun verlangen naar een potentieel tijdelijk hoge doorstroom te bevredigen. De daardoor aangeschafte overcapaciteit komt dan ook uitsluitend voor rekening van die groep en het is duidelijk dat de vraag naar vermogen in dit geval duurder is dan de vraag naar capaciteit. Maar ook in het geval dat de in eerste instantie voorgestelde optimale computer ook voor de vermogensvragers voldoende vermogen heeft, veroorzaken jobs met hogere prioriteit hinder voor jobs met een lagere. Wij beperken ons verder tot de bewering dat er voor de verdeling van de vaste kosten meerdere oplossingen denkbaar zijn, waarbij naast rationele argumenten ook het onderhandelingsproces mede bepalend is. Zie b.v. Young et al. (1981), die de kostenverdeling bestuderen bij een gezamenlijke drinkwatervoorziening, maar ook Pradeep Dubey (1982) die bestudeert hoe de kosten van een startbaan moeten worden verdeeld over vliegtuigen van verschillend type.

Ook het gebruik van prijzen als instrument om gebruikers naar bepaalde produktiemiddelen te dwingen (prijsdiscriminatie) wijzen wij in een coöperatieve omgeving

af. Hoe wordt in ons systeem met een bottle-neck situatie omgegaan? Niets doen resulteert in een grotere vraag dan de beschikbare capaciteit ( $\psi_{bt}$ ). Het eerste signaal aan de gebruikersgemeenschap is achterstand in het werk resp. hogere antwoordtijden. Een tweede signaal zal vaak zijn dat de subrantsoenen sneller worden overschreden dan voorzien (daar  $\Gamma_{bt} > \hat{\Gamma}_{bt}$  in vergelijking (4.6)) en dat deze groepen tenslotte worden teruggezet naar de laagste prioriteit. Zie onder vergelijking (4.6) en par. 6a. In deze situatie zullen ook andere groepen niet bereid zijn een gedeelte van hun aandeel te verkopen aan degenen die meer willen, zodat in ons doorbelastingssysteem 'de wal het schip keert'. We wijzen erop dat met prijsdiscriminatie de gebruikers zouden kunnen overreageren waardoor het bottle-neck produktiemiddel zal worden onderbenut; in ons systeem zal gelden:  $\Gamma_{bt} = \psi_{bt}$ . We wijzen er ook op dat wanneer de geschatte werklust  $\hat{\Gamma}_{it}$  fout blijkt te zijn, we de kostprijzen  $p_i$  (en dus ook de tarieven) niet veranderen zolang we geen configuratiewijzigingen aanbrengen. (Natuurlijk kunnen de groepen in overleg besluiten de configuratie aan te passen.) Bedenk ook dat de vaste uitgaven reeds zijn gedaan en gedekt zodat over- of ondergebruik slechts een overschot of tekort op papier veroorzaakt.

Samenvattend kunnen we stellen dat in een coöperatieve omgeving de prijzen (c.q. tarieven) gelijk moeten zijn aan de kostprijzen; prijsverschillen weerspiegelen dus kostenverschillen, veroorzaakt door prioriteitsverschillen welke op hun beurt veroorzaakt worden door verschillende kwaliteitsbehoeften.

## 6 SLOTOPMERKINGEN

- a. Zoals we hebben laten zien, kan een gebruiker wanneer hij zijn gegarandeerde aandeel heeft overschreden, alleen jobs aanbieden ter verwerking in tijden van leegloop. Hem worden alleen de variabele kosten in rekening gebracht. Zelfs als zijn aandeel nog *niet* overschreden is, kunnen wij een gebruiker de mogelijkheid geven om dat te doen. We roepen in herinnering dat alle vaste kosten ten tijde van de investeringsbeslissing al zijn gedekt door de bijdragen van de gebruikersgroepen. Latere verschuiving (d.w.z. onbenutte aandelen en gebruik van leegloop) heeft geen invloed op de kosten. Er zij ook aan herinnerd dat bij de capaciteitsplanning alleen rekening wordt gehouden met de gevraagde aandelen. De aanwezigheid van leegloop is niet gegarandeerd. In de praktijk zal er echter zo nu en dan leegloop zijn, doordat er meestal niet van een echt constant aanbod van werk sprake is. Pieken in de vraag van gebruikersgroepen naar capaciteit (mits niet al te zeer levertijdgevoelig) kunnen dus goedkoop verwerkt worden wanneer geen prioriteit gevraagd wordt.
- b. Het aandeel van de apparaaturokosten in verhouding tot de kosten van programmatuur neemt in de tijd gezien, af. De uitgaven voor de ontwikkeling of de aanschaf van software, moeten buiten de kosten FC in vgl. (2.1) worden gehouden, analoog aan ons voorstel voor speciale apparatuur (zie de bespreking op het eind van paragraaf 2). Gebruikersgroepen die bepaalde programmatuur willen gebruiken, krijgen toestemming door hun aandeel in de programmatuur verwervingsuitgaven te betalen. Heb-

ben ze die toestemming dan wordt het gebruik van deze programmatuur – afgezien van het daaraan verbonden gebruik van apparatuur – niet verder in rekening gebracht. Economisch is dit gerechtvaardigd doordat de marginale kosten van software nul zijn. Programmatuur die door *alle* gebruikersgroepen wordt gebruikt, kan wel in de kosten FC worden opgenomen.

Wij hoorden van een computerleverancier die voornemens is het gebruik dat van zijn programmatuur gemaakt wordt, via tellers bij te houden en in rekening te brengen. In zo'n geval zijn de marginale kosten van programmatuur niet nihil meer en moet het gebruik van programmatuur wel in de doorbelastingprocedure worden meegenomen.

- c. Een organisatie kan de door ons voorgestelde procedure invoeren, zelfs als andere soortgelijke organisaties dat nog niet gedaan hebben. Ook al zijn de individuele gebruikers vrij om hun werk elders onder te brengen, dan nog zullen ze in de eigen organisatie alleen de variabele kosten hoeven te betalen, terwijl elders het integrale tarief berekend zal worden.
- d. Vele praktische en technische overwegingen komen op bij de vraag welke produktiemiddelen moeten worden meegenomen in de doorbelasting en hoe dat moet gebeuren. Zo verblijft in een multi-programmeringssysteem een job met lage prioriteit meestal langer in het geheugen dan strikt nodig zou zijn. Belast men deze job voor 'zijn' geheugengebruik of moeten de hogere-prioriteit jobs daarvoor worden belast? Zie de bespreking onder vergelijking (3.4). Voor richtlijnen verwijzen we naar de referenties in Kleijnen (1980, p. 69).

We hebben de gebruiksvriendelijke presentatie (met geaccumuleerde totalen, grafische samenvattingen, etc.) van de facturen laten rusten, hoewel dit aspect voor een goede uitvoering van ons voorstel belangrijk is.

## 7 REFERENTIES

- Hamilton, K. L., On pricing of computer services: A Bibliography with annotations and categorical listings. Working Paper MS-77-2, College of Industrial Management, Georgia Institute of Technology, Atlanta, May 1977.
- Kleijnen, J. P. C., Computers and profits; Quantifying financial benefits of information. Addison-Wesley Publishing Company. Reading (Massachusetts), 1980.
- Kleijnen, J. P. C. en A. J. Van Reeken, Principles of computer charging in an university-like organization. *Communications of the ACM*, 26, no. 11, november 1983, pp. 926-932.
- McKell, L. J., J. V. Hansen en L. E. Heitger, Charging for computing resources. *Computing Surveys*, 11, no. 2, June 1979, pp. 105-120.
- Pradeep Dubey, The shapley-value as aircraft landing fees - revisited. *Management Science*, 28, no. 8, August 1982.
- Sharpe, W. F., The economics of computers. Columbia University Press, New York, 1969.
- Ter Linden, ir. W., Het doorberekeningsprincipe bij de Stichting Academisch Rekencentrum Amsterdam. *Informatie* 20, no. 2, feb. 1978, pp. 105-107. (Zie ook commentaar door A. Van Reeken en een antwoord door W. Ter Linden in: *Informatie*, 20, no. 4, april 1978, pag. 246.)
- Van Reeken, A. J., editor, De informatie ten behoeve van de evaluatie van urc-diensten. Werkgroep Registratie en Kostprijsbepaling van de CVDUR, Tilburg/Leiden 1975.
- Young, H. P., N. Okada, T. Hashimoto, Sharing costs fairly: A Practical introduction to cooperative game theory. Executive Report 5, IIASA, Luxemburg, Austria, 1981.

### Dankbetuiging

Dankzij het commentaar dat we op eerdere versies van deze studie van collega's en andere belangstellenden mochten ontvangen, hebben we de presentatie van ons voorstel aanmerkelijk kunnen verbeteren en hebben we bepaalde vraagstellingen kunnen verduidelijken.

Een extra nummer van *Informatie* in april!

In april zal ± een week na het reguliere nummer een extra nummer van ons blad verschijnen, geheel gewijd aan interessante ontwikkelingen en toepassingen in de primaire of 'landbouw' sector.

Met deze speciale uitgave, die tegelijk het 25-jarig bestaan van *Informatie* markeert, beoogt de redactie twee heel verschillende, en toch in veel opzichten gelijkwaardige toepassingsgebieden met elkaar in contact te brengen. Wellicht tot wederzijds profijt; bij de voorbereidingen is in elk geval gebleken dat de aard en mate van samenwerking in de agrarische sector voor veel andere toepassingsgebieden van de informatica ten voorbeeld kunnen strekken.

Hieronder in kort bestek de inhoud van het speciale nummer:

1. Inleiding
2. Simulatie van de groei van landbouwgewassen
3. Automatisering van het Bedrijfseconomisch Advies voor de melkveehouderij

4. Een interactief grafische database met gekoppelde alfanumerieke bestanden
5. Een relationeel DBMS
6. Informatievoorziening in de tuinbouwveilingen
7. De ontwikkeling van een bestuurlijk informatiesysteem voor het agrarisch loonbedrijf
8. Teledetectie en informatieverwerking
9. Een programma voor het opbouwen van een geografisch informatiesysteem, geschikt voor rasterdata
10. Geleide bestrijding van ziekten en plagen in wintertarwe met behulp van simulatiemodellen
11. Het informaticastimuleringsbeleid bij het ministerie van Landbouw en Visserij

Extra nummers van deze 'special' zullen onder de normale condities verkregen kunnen worden bij Libresso bv, postbus 23, 7400 GA Deventer, tel. 05700-91153.