

STATOR

periodiek van de VVS jaargang 4 nummer 1 april 2003

Interview met prof. drs. J. Kriens; medewerker van Van Dantzig en mede-oprichter van de besliskunde

Lusten & Lasten delen; hoe het alternatief voor de 'rondjes om de kerk' tot stand kwam

Rehuel Lobatto (1797-1866)

Brokkenmakers, brekebenen en pechvogels

Wiskundige aspecten van roosterproblemen

Digitale communicatie in kabelnetwerken – een nieuw mechanisme

STATOR

Jaargang 4, nummer 1, april 2003

STATOR is een uitgave van de Vereniging voor Statistiek en Operationele Research (VVS). STATOR wil leden, bedrijven en overige geïnteresseerden op de hoogte houden van ontwikkelingen en nieuws over toepassingen van statistiek en operationele research. Verschijnt 4 keer per jaar.

Redactie

Dick den Hertog (hoofdredacteur), Wies Akkermans, Martijn Berger, Han Oud, Marc Schuld, Gerrit Stemerding (eindredacteur), Fred Steutel.

Kopij en reacties richten aan

Prof. dr. ir. D. den Hertog (hoofdredacteur)
Faculteit der Economische Wetenschappen van de
Universiteit van Tilburg, Postbus 90153, 5000 LE
Tilburg, telefoon 013 - 466 2122, <D.denHertog@kub.nl>.

Bestuur van de VVS

Prof. dr. G.T. Timmer (voorzitter) <gtimmer@ortec.nl>,
prof. dr. S. J. Koopman <s.j.koopman@econ.vu.nl>, dr.
A. Mooijart (penningmeester) <mooijart@rulfsw.leidenuniv.nl>, prof. dr. H.G. Dehling (voorzitter commissie opleidingen en examens) <dehling@math.ruhr-unibochum.de>, dr. J.H.L. Oud (voorzitter publicatiecommissie) <j.oud@ped.kun.nl>. Zie voor telefoonnummers en adressen de website.

Leden- en abonnementsadministratie van de VVS

VVS, Postbus 2095, 2990 DB Barendrecht, telefoon 0180 - 623796, fax 0180 - 623670, <admin@vvs-or.nl>.
Raadpleeg onze website over hoe u lid kunt worden van de VVS of een abonnement kunt nemen op STATOR of op een van de andere periodieken.

VVS-website

<http://www.vvs-or.nl>

Advertenties

Contactpersoon: Rita Oomen, telefoon 0167 - 563401, fax 0167 - 561200, <japm.oomen@worldonline.nl>.
Uiterlijk vier weken voor verschijnen te zenden aan Pharos / M. van Hootegem, Moeftonstraat 5, 6531 JS Nijmegen, telefoon 024 - 3559214, fax 024 - 559614 <hootegem@xs4all.nl>. STATOR verschijnt in maart, juni, september en december.

Ontwerp en opmaak

Pharos / M. van Hootegem, Nijmegen

Uitgever

© Vereniging voor Statistiek en Operationele Research

ISSN 1567-3383

Inhoud

3 Meten is weten.
Dick den Hertog

4 Interview met prof. drs. J. Kriens; oud-medewerker van Van Dantzig en mede-oprichter van de besliskunde in Nederland.
Han Oud en Gerrit Stemerding

10 Lusten & Lasten delen. Hoe het alternatief voor de 'rondjes om de kerk' tot stand kwam.
Gerrit Timmer en Leo Kroon

15 Rehuel Lobatto (1797-1866). Eenling als statisticus, eenling als wiskundige.
Ida H. Stamhuis

21 Brokkenmakers, brekebenen en pechvogels.
Fred Steutel

23 De favoriete zomervakantiepuzzel van wiskundeleraren. Wiskundige aspecten van roosterproblemen.
Roy Willemen

26 Digitale communicatie in kabelnetwerken – een nieuw mechanisme.
Mark van den Broek

29 Opmerkelijk. Rechter moet beter rekenen

30 Agenda

STATOR lezersonderzoek. De redactie is erg benieuwd naar uw mening over STATOR.



METEN IS WETEN

Het blad STATOR bestaat nu al enkele jaren. In april 2000 kwam het eerste proefnummer uit. Uit het 'ten geleide' van het eerste nummer, geschreven door het bestuur van de VVS, blijkt dat de verwachtingen hooggespannen waren:

"De Vereniging voor Statistiek en Operationele Research (VVS) houdt hierbij haar nieuwe periodiek STATOR ten doop. Het kind zal weinig moeite hebben om uit te leggen wie zijn ouders zijn. Statistiek en Operationele Research hopen bovendien dat het kind de naam stator eer zal aandoen als het vaste, bindende element in een dynamische verenigingsleven. [...] Een wens, die al lang binnen delen van de vereniging leeft, gaat hiermee in vervulling. We krijgen een nieuw, aantrekkelijk uitgegeven periodiek, met op journalistieke leest geschoeide artikelen over interessante toepassingen en ontwikkelingen van de statistiek en de operationele research en achtergronden over instellingen en personen uit deze vakgebieden."

Nadat in 2000 een tweetal nummers was gemaakt door een voorlopige redactie is eind 2000 de definitieve redactie samengesteld. Het nummer dat nu voor u ligt, is het tiende nummer van de hui-

dige redactie. Ik kan u vertellen dat de redactie nog steeds met veel plezier en enthousiasme aan STATOR werkt. In deze tijd lijkt het steeds moeilijker te worden om mensen te vinden die bereid zijn om 'pro Deo' zich voor het vak in te zetten. STATOR heeft daar gelukkig tot nu toe geen last van gehad. Ook aan onderwerpen heeft het ons niet ontbroken. Bovendien is er voor de toekomst nog genoeg inspiratie wat betreft onderwerpen voor STATOR. We vinden het prachtig dat de lezers zelf meedenken en komen met suggesties voor onderwerpen en auteurs.

Na drie jaar STATOR leek het ons een geschikt moment om via een enquête uw mening te peilen. We vragen u vriendelijk om het ingesloten enquête-formulier in te vullen. Met behulp van deze informatie proberen we om STATOR nog leesbaarder en aantrekkelijker te maken voor de lezers. Uiteraard stellen we u in een komend nummer van STATOR op de hoogte van de uitkomsten van de enquête.

Veel leesplezier!

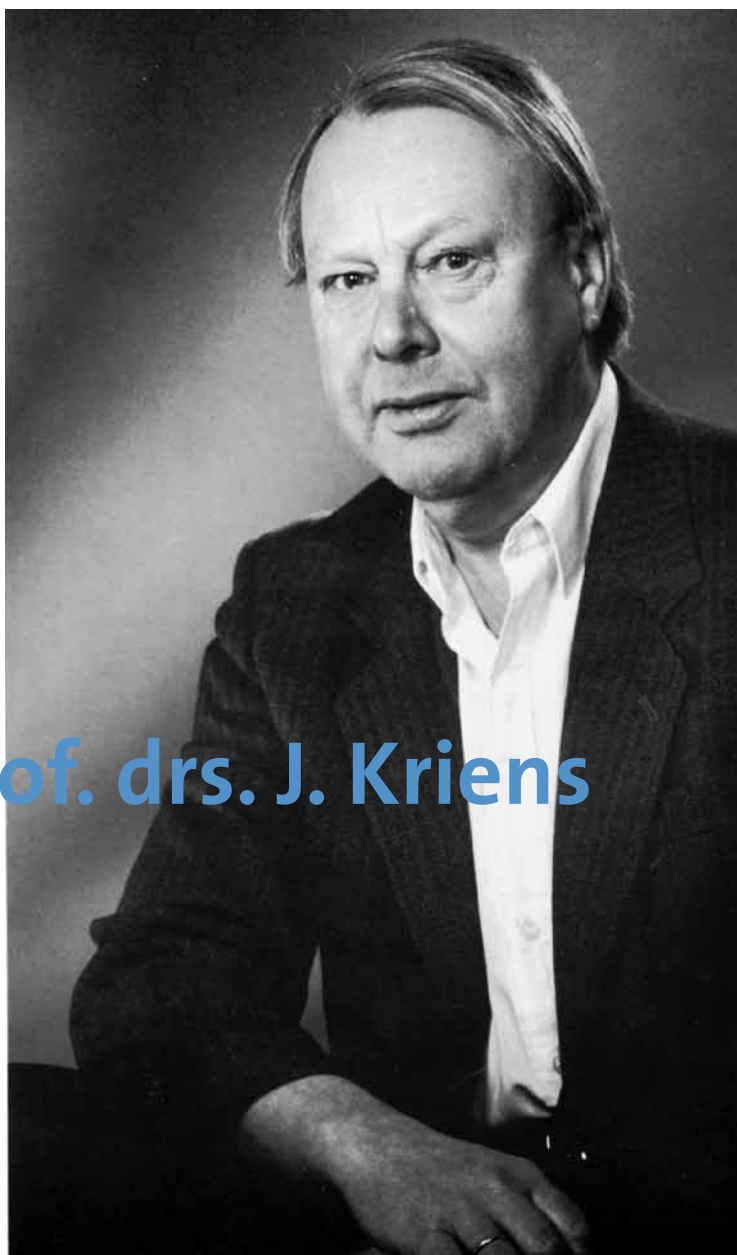
Dick den Hertog
hoofdreducteur

**oud-medewerker van Van Dantzig en mede-
oprichter van de besliskunde in Nederland**

Interview met prof. drs. J. Kriens

De watersnoodramp die ons land een halve eeuw geleden teisterde, heeft niet alleen grote en blijvende invloed gehad op Nederlandse politiek en ruimtelijke ordening. Het onderzoek voor het daarop volgende Delta-plan vormde voor de ontluikende vakken statistiek en beslis-

kunde een unieke kans om hun nut te bewijzen. Een van degenen die dat allemaal van zeer nabij hebben meegemaakt is Koos Kriens (1927). Reden voor STATOR om hem aan de tand te voelen over deze fascinerende periode. Koos vertelt over hoe hij in de besliskunde terecht is gekomen, zijn relatie met Van Dantzig (1900-1959) en anderen uit de beginperiode van ons vakgebied, zijn bijdrage aan het Delta-projectonderzoek en zijn langdurig hoogleraarschap in Tilburg bij de studierichting econometrie.



Koos Kriens behoort tot de groep wiskundigen die in de wederopbouwperiode na de oorlog een duidelijke taak voor de wiskunde zagen weggelegd bij het oplossen van praktische maatschappelijke problemen. Hij paarde dat aan een sterke belangstelling voor de economie die hem in contact bracht met coryfeeën als Tinbergen, Koopmans, Theil en De Wolff. Deze combinatie van eigenschappen maakte hem de geschikte persoon om Van Dantzig terzijde te staan bij de oplossing van 'het dijkverhogingsdecisieprobleem' (Van Dantzig & Kriens, 1954). Met deze beslissingstheoretische studie als achtergrond heeft hij in nauwe samenwerking met De Leve (1926) een reeks publicaties van het Mathematisch Centrum (MC) het licht doen zien die, aanvankelijk onder de naam Cursus Operations Research en later onder de naam Leergang Besliskunde, de besliskunde in Nederland hebben geïntroduceerd en gestalte gegeven. Door de opleiding van vele besliskundigen gedurende zijn 25-jarig hoogleraarschap van 1964 tot 1989 in Tilburg heeft hij tevens bijgedragen aan de verspreiding van de besliskunde in het bedrijfsleven en bij de overheid. Kriens is naast de besliskunde ook de statistiek blijven beoefenen, in het bijzonder door zijn indrukwekkende reeks publicaties op het terrein van *statistical auditing*.

Wat is uw achtergrond en hoe bent u in de OR/Besliskunde terechtgekomen?

Ik ben geboren en heb de lagere school gevolgd in Dordrecht. Daar hadden ze een raar schoolsysteem, zeker voor zo'n socialistische gemeente. Ik zat op School 1, de beste, voor jongens die naar de hbs en het gymnasium gingen, dan kwam School 2 voor de meisjes die gingen doorstuderen en pas onderaan, vanaf School 9 als ik mij goed herinner, kwamen de gemengde scholen. Mijn vader was onderwijzer op de mulo en inderdaad links georiënteerd (SDAP) maar niet politiek actief. Mijn moeder was

iets rechtser, die stemde op de Vrijzinnig Democratische Bond. Op 12-jarige leeftijd, in april 1940, ben ik met mijn ouders naar Rotterdam verhuisd. Dat was enkele maanden voor het bombardement, maar Blijdorp, waar wij woonden, is gelukkig gespaard gebleven. Toen naar de hbs, waar ik vanwege mijn goede cijfers geen toelatingsexamen hoefde te doen en aan het eind in 1945, vanwege de oorlogsomstandigheden, ook geen eindexamen. Op de hbs ging het vrij goed en het was ook al gauw heel duidelijk dat ik wis- en natuurkunde zou gaan studeren. Ik had een leraar die dat stimuleerde door me extra sommetjes op te geven uit het boek *Hogere Algebra* van Schuh, dat in Delft werd gebruikt.

Na een jaar maar wat piano spelen ben ik in 1945 met groot enthousiasme in Leiden aan de slag gegaan. Maar al na één natuurkundeproef, het bepalen van de lineaire uitzettingscoëfficiënt, wat ik vreselijk vond, heb ik mijn studierichting veranderd. Daarin werd ik gesterkt door hoogleeraar Kloosterman, die van mening was dat natuurkunde neerkwam op 'kijken hoe hoog het kwik staat'. Toen heb ik wis- en sterrenkunde gekozen met bijvak natuurkunde want dat scheelde de helft van de praktikumproeven. Kandidaats heb ik gedaan in december 1948 op dezelfde dag als Gijs de Leve. Die had ik al eerder leren kennen in 1945, maar we verschillen van mening of dat was bij een voorbereidende cursus in augustus of tijdens de groentijd in september. Deze eerste contacten tussen ons beiden zouden later op het Mathematisch Centrum (MC) leiden tot een zeer nauwe samenwerking en vriendschap die tot de dag van vandaag voortduurt.

Inmiddels was ik ook genezen van mijn gedachte om leraar te worden. De wiskunde die ik bedreef had heel weinig te maken met wat je moest gaan doceren op de middelbare school en mijn ervaringen als assistent-jeugdleider waren

ook niet van dien aard dat ik mij dat mijn hele verdere leven zag doen. Ik was zeer geboeid geraakt door de openbare les in Amsterdam van De Wolff, de latere directeur van het Centraal Plan Bureau (CPB). Hij had het over het afwegen van het belang van alternatieven op economische gronden en het leek me wel aardig om dat op een professionele wijze te gaan doen. In tegenstelling tot mijn leermeester Kloosterman, die een minachting voor toepassingen had, was De Wolff sterk geïnteresseerd in het gebruik van de wiskunde bij het oplossen van economische problemen en dat trok mij bijzonder aan. Ik ben toen werk over econometrie van Tinbergen en Koopmans gaan lezen en kwam op het idee dat ik dan voor het doctoraal wiskunde en economie zou moeten kunnen kiezen in plaats van wis- en natuurkunde. Maar daar wilden ze in Rotterdam, waar ik dat aankaatte bij de rector magnificus, niks van weten. Er was geen sprake van dat je daar doctoraal economie zou kunnen doen, als je niet eerst kandidaats had. Toen mijn vader begon te informeren naar de studievorderingen, heb ik de knoop doorgehakt en wiskunde uitgebreid gekozen. Kloosterman heeft me aangeraden en geholpen om het bijvak mathematische statistiek te doen bij Van Dantzig in plaats van zijn vak moderne algebra. College lopen hoefde niet van Van Dantzig, in plaats daarvan mocht ik het eerste deel van Cramér en het deel *Monster- en toetsingstheorie* uit de beroemde Syllabi van Van Dantzig bestuderen voor het tentamen. Om eerlijk te zijn: Cramér was een en al helderheid als je dat vergelijkt met die teksten van Van Dantzig.

Al voor het doctoraal-examen op wapenstilstandsdag 11 november 1952 had ik gesolliciteerd op het CPB bij Tinbergen en Theil. Die wilden me graag hebben maar toen ik besloot om te wachten tot na mijn doctoraal was de plaats al vergeven. Dat hoorde ik vlak voordat ik bij Van Dantzig tentamen deed, wat mij ertoe bracht om hem maar gelijk na het tentamen te vragen of ik geen assistent kon worden

op het MC. Nou dat kon, misschien ook omdat hij redelijk tevreden was met het tentamen, en zo kwam ik op 1 januari 1953 in dienst van het MC. Maar na anderhalf jaar had ik het wel zo'n beetje gezien. Je werd er sterk aan je lot overgelaten. Er was, om maar een voorbeeld te noemen, niemand die me opving toen ik me op 2 januari 1953 meldde om te beginnen. Ik kon mijn draai niet vinden. Ik vertelde Hemelrijk, Van Dantzigs naaste medewerker op het MC, dat ik bij gebrek aan beter toch maar leraar zou gaan worden. Hemelrijk heeft me toen overgehaald nog even te blijven en vlak daarna gebeurden er twee leuke dingen die de situatie voor mij grondig hebben gewijzigd en verbeterd.

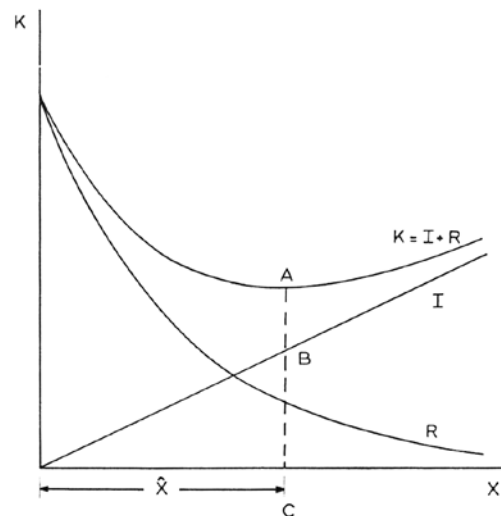
In de eerste plaats heeft Hemelrijk het initiatief genomen om een inleidende cursus Operations Research op te zetten op het MC. Het idee kwam, geloof ik, van enkele mensen uit het bedrijfsleven die zo'n soort cursus in Londen hadden gevolgd en dat ook in Nederland wilden hebben. Daarmee werd ik belast, maar omdat deze taak voor mij alleen te zwaar was en enkele andere mensen het te druk hadden, werd vervolgens tot mijn grote voldoening per 1 oktober 1954 mijn vriend Gijs de Leve aangesteld en aan het project toegevoegd. Gijs en ik hebben een hele tijd met plezier aan die cursus gewerkt en uiteindelijk is die er ook gekomen. We stonden er achteraf wel versteld van dat mensen als De Wolff, Hemelrijk en Sittig bereid waren geweest om zo geduldig en zo lang naar ons te luisteren. Het was natuurlijk een ongelooflijke opgave. We hadden ons best gedaan maar dat was dan ook het enige dat je ervan zeggen kan. De eerste cursus werd gevolgd door andere en uiteindelijk heeft dat in 1960 geleid tot de Leergang Besliskunde. Rond die tijd vond Hemelrijk het werk aan de besliskunde kennelijk zo belangrijk dat ik vanaf 1 november 1959 sous-chef voor mathematische besliskunde werd op het MC.

Hoe zit dat met die naamgeving? Soms spreekt men over Operations Research en soms over Besliskunde





Dijkverzwaring bij Kruiningen in 2002. Foto: P. Bosch.



Optimalisering in de praktijk (Van Dantzig & Kriens, 1960, p. 75). De optimale dijkhoogte $\hat{X}$ werd gelegd bij het minimum van de totale kosten K . De totale kosten K werden opgevat als de som van de investeringskosten I in de vereiste dijkverhoging en de overblijvende rampschadeverwachting R .

en soms lijkt er ook sterk behoefte om zich af te zetten tegen de statistiek. De Sectie Operations Research (SOR) van de VVS veranderde haar naam in Nederlands Genootschap voor Besliskunde (NGB) en heeft uit de VVS willen stappen.

De naam besliskunde komt van Van Dantzig. Die vond terecht, wellicht geïnspireerd door Simon Stevin, dat er een Nederlandse naam voor het vak moest komen. Hij heeft daar ook een passage over opgenomen in onze bijdrage aan het Deltaproject (Van Dantzig & Kriens, 1960, p. 66). Er staat dat de methoden, die in de bijdrage worden gebruikt, uit een vooral in de Verenigde Staten ontwikkelde wiskundig-economische theorie komen: 'Zij wordt "decision theory" genoemd, waarvoor wij de benaming "besliskunde" gebruiken. Deze methoden worden tot dusverre nog hoofdzakelijk bij militaire en industriële beslissingen toegepast. Doorgaans duidt men deze toepassingen aan met de Amerikaanse term "Operations Research" of kortweg: "O.R." De term besliskunde is volgens Van Dantzig dus ook ietwat algemener dan OR en niet alleen beperkt tot militaire en industriële toepassingen.

Onze studie *Het economisch beslissingsprobleem*

inzake de beveiliging van Nederland tegen stormvloed

kun je achteraf zien als een van de eerste omvangrijkere toepassingen van de besliskunde in Nederland. Wat we probeerden te doen was, eenvoudig gezegd, de optimale dijkhoogte zo te bepalen dat die de verwachte kosten voor de Nederlandse samenleving zou minimaliseren. Onder een reeks vooronderstellingen kwamen we uit op een hoogte van N.A.P. + 6 meter. Mijn auteurschap van de bijdrage is overigens een mysterieuze zaak. Oorspronkelijk zou alleen Van Dantzig auteur zijn. Dat blijkt uit het enkelvoud in de paragraaftitel 'Auteur en medewerkers' en uit het feit dat ik in deze paragraaf tot twee keer word bedankt voor mijn bijdrage aan het onderzoek. Een auteur bedankt zichzelf uiteraard niet. Van Dantzig had het manuscript zo goed als afgerond maar is kort daarna overleden en heeft de publicatie niet meer mogen meemaken. Niemand heeft mij ooit kunnen vertellen hoe mijn naam bij die van de auteurs terecht is gekomen.

Ik zie een starre scheiding tussen statistiek en besliskunde niet zo zitten en ik ben blij dat de besliskundigen niet uit de VVS zijn gestapt. Zelf

heb ik me steeds intensief met een sterk statistisch onderwerp beziggehouden: het gebruik van steekproeven in de accountantscontrole. Dat was lang een heet hangijzer, want dat mocht niet volgens de beroepsregels van de officiële Nederlandse accountancy met mensen als Kleerekoper. Maar de Nederlandse Accountants Maatschap, die later in Deloitte & Touche is overgegaan, wilde toch wel weten hoe dat werkte met steekproefsgewijze controle zoals die in Amerika veel werd toegepast. Dat heeft ertoe geleid dat ik voor een dag in de week bij die club ben gaan werken en een hele reeks publicaties op het terrein van *statistical auditing* heb verzorgd, ook in mijn latere Tilburgse tijd.

Kon u een beetje overweg met Van Dantzig, die toch de naam had nogal autoritair te zijn?

Nou nee, dat autoritaire heb ik eigenlijk nooit zo aan hem gemerkt. Ik kon heel goed met hem overweg. De manier waarop hij met mij omging heb ik

nooit als vervelend of onpraktisch ervaren. De kontakten zijn altijd uiterst spontaan en prettig geweest. Ik denk ook dat hij daarom bij wijze van uitzondering op mijn huwelijksreceptie is geweest. Want dat deed hij eigenlijk nooit. Iedereen, ikzelf inbegrepen, was stom verbaasd dat hij daar ineens ten tonele verscheen. Toen ik terug kwam van mijn huwelijksreis was hij overleden. Hemelrijk had goed ingeschat dat mijn karakter wel bij dat van Van Dantzig paste en mij daarom gevraagd om inzake het economisch beslissingsprobleem van de dijkhoogte (Van Dantzig & Kriens, 1960) als een soort klankbord voor Van Dantzig te fungeren. Van Dantzig had iemand nodig die wat van economie wist om tegenaan te praten. En in het kader daarvan ben ik ontelbare malen in dat kamertje bij hem op bezoek geweest. Hij had er helemaal geen bezwaar tegen als ik hem tegensprak. Integendeel. Hij kwam zelf naar Gijs en mij toe om kritiek. Dat was dan wel vaak rond 5 uur,



Van Dantzig (links) kort voor zijn overlijden in gezelschap van Gijs de Leve (rechts) en mevrouw De Leve (midden) tijdens de huwelijksreceptie van Koos Kriens op 15 juli 1959.



Koos Kriens bij de viering van zijn 25-jarig hooglerarschap in 1989.



Koos Kriens tijdens het interview (2003). Foto: G. Stermerdink.

als we net naar huis wilden. Ik herinner me bijvoorbeeld dat we zijn lezing moesten becommentariëren voor de laatste conferentie die hij met ons bezocht, *Colloque sur la décision*, in september 1958 in Parijs. Ook op zo'n conferentie voelde ik nooit een afstand. Een leuk detail is dat er toen nog invoerbeperkingen op sigaretten waren en dat hij als kettingroker Gijs en mij vroeg sigaretten voor hem mee over de grens te nemen.

Hoe bent u in Tilburg verzeild geraakt en hebt u daar met plezier gewerkt?

De Leve en ik waren in 1964 beiden kandidaat voor het hoogleraarschap in Amsterdam maar daar kwam uitstel om redenen die niets met ons te maken hadden. Tijdens dat uitstel werd me een aanbod in Tilburg gedaan, waar ik met ingang van 1 september 1964 werd benoemd. Dat ik uit een vrijzinnig protestants milieu kwam en al in het begin van mijn studententijd uit de kerk was getreden vond men in het katholieke Tilburg kennelijk geen probleem. Een van mijn voorwaarden was trouwens dat ik geen rector magnificus wilde worden. Dat kwam goed uit, want als niet-katholiek kon ik dat sowieso niet in die tijd. Ik heb 25 jaar tot mijn 61ste in 1989 met heel veel plezier als hoogleraar besliskunde in Tilburg gewerkt en dat

gecombineerd met een aanstelling bij de Nederlandse Accountants Maatschap als adviseur voor de toepassing van kwantitatieve methoden in de accountancy.

Met de studenten, ook met de linkse studenten van de 70er jaren, had ik geen problemen. In mijn hart stond ik achter de studenten. Toen ze het hoofdgebouw bezet hadden, ben ik er nog een keer naartoe gegaan om mijn sympathie te laten blijken. Er liepen in Tilburg van die lieden rond, zoals bijvoorbeeld collega Schouten, die vonden dat de studenten geen vragen mochten stellen omdat ze daar te dom voor waren. Ja, dat vraagt natuurlijk om problemen. Nou bemoeide ik me als 'vakidoot' maar zo min mogelijk met bestuurlijke aangelegenheden en dat voorkwam zowel problemen met de studenten als met de conservatieve collega's.

Al met al was het een fantastische tijd in Tilburg. Het heeft me veel voldoening geschonken dat ik in het jaar van mijn afscheid de bundel *Wiskunde en besliskunde 25 jaar later* aangeboden kreeg waaraan niet minder dan 35 medewerkers, collega's en oud-collega's hebben bijgedragen.

LITERATUUR

Van Dantzig, D., & Kriens, J. (1954). *Schets ener oplossing van het dijkverhogingsdecisieprobleem* (Rapport S 149A). Amsterdam: Mathematisch Centrum.

Van Dantzig, D., & Kriens, J. (1960). Het economisch beslissingsprobleem inzake de beveiliging van Nederland tegen stormvloed. In Rapport Deltacomissie, *Deel 3: Bijdragen Mathematisch Centrum: Beschouwingen over stormvloed en getijbeweging*. 's-Gravenhage: SDU.

HAN OUD heeft als methodoloog-statisticus in de functie van UHD een parttime aanstelling bij Orthopedagogiek aan de KU Nijmegen en is daarnaast werkzaam bij Monitoring Systems Consult in Nijmegen.
E-mail: <j.oud@ped.kun.nl>.

GERRIT STERMERDINK werkt sinds 1994 als vrijwilliger bij het International Statistical Institute. Daarvoor was hij onder meer hoofd Toepassingen bij het Rekencentrum van de Universiteit Wageningen en chef Sector Technische Ondersteuning bij het CWI.
E-mail: <gjstermerdink@hotmail.com>.



LUSTEN & LASTEN DELEN

Hoe het alternatief voor de ‘rondjes om de kerk’ tot stand kwam

Twee jaar geleden was Nederland in de ban van de ‘rondjes om de kerk’. De invoering van dit productiemodel leidde destijds tot stakingen bij NS Reizigers. Het treinverkeer lag dagenlang stil. Dit artikel beschrijft hoe de Besliskunde een belangrijke rol heeft gespeeld bij het tot stand komen van het alternatieve productiemodel ‘Lusten & Lasten Delen’, hetgeen een bijdrage heeft geleverd aan de oplossing van de conflicten.

GERRIT TIMMER EN LEO KROON

Op 10 juni 2001 werden bij NS Reizigers de ‘rondjes om de kerk’ ingevoerd. De directie gaf als belangrijkste reden voor de invoering van dit productiemodel aan dat het de punctualiteit moest helpen verbeteren. Als machinisten en conducteurs op minder verschillende trajecten zouden rijden, zou er minder olievlekwerking optreden bij verstoringen. Ook verwachtte men dat de ‘productbinding’ tot een betere dienstverlening aan de reizigers zou leiden.

Rondjes om de kerk

De ‘rondjes om de kerk’ kwamen niet zomaar uit de lucht vallen. Voorafgaand was er na lange onderhandelingen overeenstemming bereikt tussen de vakbonden en de directie over de voorwaarden voor de invoering. Maar de vakbonden kregen vervolgens hun achterban niet mee. Als reactie hierop ontstonden de ‘personeelscollectieven’ die de onvrede van het personeel verwoordden, hetgeen uitmondde in ruzies tussen de vak-

bonden, en tot stakingen van machinisten en conducteurs in de eerste maanden van 2001.

Waarom was het personeel zo boos over de 'rondjes'? De voornaamste klacht was het gebrek aan variatie dat er mee gepaard gaat. De eentonigheid van het werk wordt door de machinisten ervaren als een achteruitgang in de kwaliteit van hun werk. Voor de conducteurs speelt een rol dat de toegenomen agressie en sociale onveiligheid neerkomt op de schouders van slechts een deel van hen. Ook leeft er de vrees dat het streven naar 'productbinding' een geheime agenda heeft, namelijk het 'voorsorteren voor aanbesteding' in het kader van de privatisering van het spoor. Wat is er gemakkelijker dan het afstoten van lijnen waar het personeel al vast aan verbonden is? Deze breed levende onvrede kwam uiteindelijk samen in een massaal verzet tegen de 'rondjes om de kerk'.

Het alternatief

In deze context werd op 23 april 2001 een akkoord gesloten tussen de vakbonden, de directie en de ondernemingsraad (OR) over de normalisering van de arbeidsverhoudingen. Er wordt besloten dat de 'rondjes om de kerk' inderdaad op 15 juni 2001 ingevoerd zullen worden, maar de OR krijgt tegelijkertijd de gelegenheid om een alternatief productiemodel te ontwikkelen. Dat laatste is zeker niet vrijblijvend: als de directie het alternatief uiteindelijk niet accepteert, dan zal bindende arbitrage volgen.

De OR mag expertise van derden inschakelen om zich bij de ontwikkeling van het alternatief te laten ondersteunen. Na een mislukt avontuur met de Belgische hoogleraar Peeters, vraagt de OR eind 2001 assistentie bij de combinatie Basis&Beleid (ervaring met sociaal politieke conflicten) en ORTEC (logistieke expertise). De opdracht is er op gericht om arbitrage te vermijden, want arbitrage zou uiteindelijk slechts tot verliezers leiden. Er moet dus een voor alle partijen acceptabel compromis worden ontwikkeld. Al snel blijkt een overdaad

aan tegenstrijdige inzichten. De verschillen tussen het personeel en de directie zijn duidelijk, maar ook onder het personeel leven grote tegenstellingen, afhankelijk van functie en leeftijd, maar zeker ook van standplaats. Bovendien staat de relatie tussen het personeel en hun vertegenwoordigers (vakbonden, OR) zwaar onder druk, en blijken posities binnen het management niet stabiel. Zo verdwijnt de raad van commissarissen en een deel van de directie begin 2002 van het toneel. Kortom, een weinig stabiele basis voor succes. Maar over één ding is iedereen het tenminste eens: er moet gezorgd worden voor een breed draagvlak voor het alternatieve productiemodel!

Aanpak

Logistieke expertise is noodzakelijk. ORTEC en de afdeling Logistiek van NS Reizigers kunnen die leveren. Maar duidelijk is ook dat ieder door experts gelanceerd alternatief gedoemd is te mislukken. Er wordt daarom gekozen voor een participatieve aanpak. Het project krijgt de daarbij passende titel 'Je bent erbij'. Het alternatieve productiemodel zal samen met het personeel ontwikkeld worden. Openheid en transparantie zijn kernwoorden. Dat betekent een cultuurshock. Het hele proces is via de website van 'Je bent erbij' te volgen. Het voltallige personeel wordt regelmatig via nieuwsbrieven geïnformeerd.

In de eerste maand van het project wordt op 18 standplaatsen met 700 mensen gesproken. Er worden knelpunten geïnventariseerd en oplossingen aangedragen. Er is een boek te vullen met de vele knelpunten die daarbij boven tafel komen. In het middelpunt staat echter voortdurend de wens tot meer variatie in de trajecten en de treinseries.

Driehonderd medewerkers worden aselekt gekozen om de verdere ontwikkeling vorm te geven. Daartoe worden met vier groepen van 75 medewerkers meermaals tweedaagse werkconferenties belegd. Het project gaat vervolgens leven en er ontstaat hoop. Uiteindelijk geven de werk-

conferenties adviezen aan de OR over de alternatieven. De OR kiest voor het productiemodel *Lusten & Lasten Delen* waarvoor veel draagvlak is ontstaan. Uiteindelijk wordt dit productiemodel ook door de directie geaccepteerd.

De rol van Besliskunde

Maar waar kwam dat alternatief vandaan? Parallel aan het bovenstaande traject ging een groep besliskundigen van ORTEC samen met specialisten van NS Reizigers keihard aan het werk om alternatieven op te stellen en door te rekenen. Dat is eenvoudiger gezegd dan gedaan. Een dienstregeling bestaat dagelijks uit duizenden treinbewegingen. Ruim 6.000 man rijdend personeel moet de bijbehorende taken uitvoeren. Maar wie doet wat?

Alle treinen moeten rijden, maar de CAO schrijft vele regels voor. Het personeel werkt per dag gemiddeld acht uur en heeft pauzes onderweg. Dus moet er per trein regelmatig van bemanning gewisseld worden. De overstaptijden die hieruit volgen mogen niet te kort zijn. Bovendien heeft iedereen maar een beperkte weg- en materieelbekendheid. En dan moet het ook nog efficiënt zijn en moet de punctualiteit omhoog. Verder moeten de resulterende diensten meer variatie bieden, etc, etc. Een uitdaging zogezegd.

De modelmatige berekeningen gaan in twee slagen. Er wordt eerst een LP-model ontwikkeld waarmee een ideale toewijzing van de lijnen aan de standplaatsen wordt bepaald. Verschillende definities van wat 'ideaal' is zijn hierbij mogelijk. Deze worden vastgesteld tijdens de eerder genoemde werkconferenties.

Het ideale beeld van het eerste model hoeft echter helemaal niet realiseerbaar te zijn. Dit model houdt namelijk rekening met slechts enkele van de randvoorwaarden. De verdere details worden ingevuld met het tweede model. Dit model krijgt de berekende toewijzing van lijnen aan standplaatsen als input. Het tweede model probeert hier zo dicht mogelijk bij te komen, maar nu worden wel



alle randvoorwaarden meegenomen bij het toewijzen van taken aan diensten. Het doel om dicht bij de ideale toewijzing van het eerste model te blijven wordt afgewogen met andere doelen zoals *feasibility* en *efficiency*. Voor het tweede model is voortgebouwd op het reeds bij de NS Reizigers beschikbare systeem TURNI.

TURNI is een planningsondersteunend systeem voor het oplossen van *crew scheduling* problemen. Het wordt al enkele jaren gebruikt door de afdeling Logistiek van NS Reizigers voor het genereren van een basisopzet voor de diensten voor machinisten en conducteurs. Zo is TURNI destijds ook gebruikt voor het analyseren van de consequenties van de 'rondjes om de kerk'. TURNI is in staat om alle diensten voor machinisten of conducteurs van één werkdag in één keer te genereren. De kern van TURNI is een *set covering model* dat opgelost wordt door dynamische kolomgeneratie in combinatie met Lagrange relaxatie en heuristische zoekmethoden. Deze methoden zijn ontwikkeld door Fischetti op basis van de technieken waarmee hij destijds, samen met Caprara en Toth, de door de Italiaanse spoorwegmaatschappij *Ferrovie dello Stato* (FS) uitgeschreven *crew scheduling* competitie FASTER gewonnen heeft (zie ook 1. en 2.).

Analyse

De rekenpartijen lopen parallel aan de werkconferenties. Uit de werkconferentie komen wensen naar voren die vertaald worden in parameters -zoals doelstellingsfuncties - voor de modellen. Resultaten van de modellen worden besproken tijdens de werkconferenties en dienen als basis voor verdere keuzes. Honderden runs met de modellen zijn het gevolg. Vooral in de eerste fase van het proces zijn vele scenario's parallel door TURNI doorgerekend. Een hele batterij pc's stond daartoe continu te rekenen. Eerst worden de vele denkbare alternatieven vooral op hoofdlijnen met elkaar en met het referentiescenario (de 'rondjes om de kerk') vergeleken. Belangrijke evaluatiecriteria zijn het totale aantal diensten, het totale aantal overstaps van de ene trein op de andere, het aantal trajecten en materieelsoorten per standplaats, etc. Later nemen de potentiële alternatieven af, waardoor de resultaten meer in detail beoordeeld kunnen worden.

Enkele kandidaten voor het alternatieve productiemodel, bijvoorbeeld het Regiorijden, kunnen direct met TURNI geanalyseerd worden, omdat de bijbehorende regels, soms met enige creativiteit, gemodelleerd kunnen worden met de reeds bestaande parameters. In andere gevallen zijn aanpassingen aan het systeem noodzakelijk om de nieuwe regels te kunnen modelleren. Fischetti wordt door een intensief email-contact op de hoogte gehouden van de ontwikkelingen, en past TURNI waar nodig aan.

In de wisselwerking tussen de werkconferenties en de rekenpartijen worden de talloze suggesties voor verbetering via een clustering in vijf hoofdalternatieven geleidelijk aan teruggebracht, tot de OR op 22 mei 2002 kiest voor het alternatief *Lusten & Lasten Delen*. De Besliskunde heeft haar waarde weer bewezen.

Alternatief productiemodel

Het alternatieve productiemodel streeft naar een

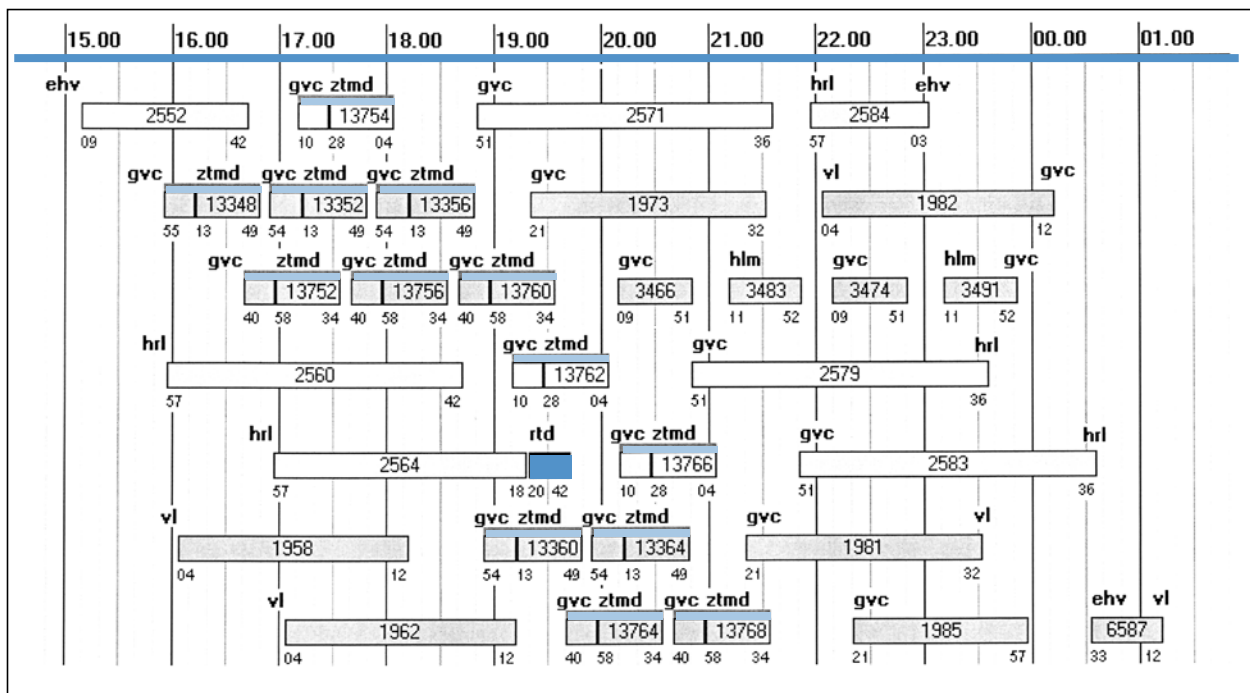
eerlijke verdeling van 'Lusten & Lasten' over de verschillende standplaatsen. Daarbij staan Lusten vooral voor variatie in trajecten en voor werk op Intercity- en sneltreinen, en staan Lasten vooral voor werk op trajecten met veel agressie en voor werk op het oude stoptreinmaterieel en op de oude dubbeldekkers.

Voor het verdelen van lusten en lasten over de standplaatsen zijn kwantitatieve normen vastgesteld. Zo is er een ondergrens op het aantal trajecten dat aan iedere standplaats moet worden toegewezen en is er per standplaats een bovengrens op het percentage werk op agressie-gevoelige trajecten. Om het 'eerlijk delen' vorm te geven, worden ook normen op de standaardafwijkingen gedefinieerd. Zo geldt een bovengrens op de standaardafwijking van de percentages agressiewerk over de standplaatsen. Het hele model is vastgelegd in dergelijke objectief te toetsen normen.

Het gebruik van de standaardafwijkingen geeft al aan dat een honderd procent gelijke verdeling van lusten en lasten niet gerealiseerd kan worden; zo is er in de Randstad nu eenmaal meer agressie dan in de rest van Nederland. Maar waar bijvoorbeeld Den Haag voorheen als enige standplaats het werk op de agressiegevoelige Zoetermeerlijn uitvoerde, wordt dit werk nu verdeeld over meerdere standplaatsen (zie figuur 1). Den Haag verzorgt nog steeds een groot deel van het werk op deze lijn, maar het feit dat andere standplaatsen daar nu ook aan bijdragen wordt in Den Haag als winst beschouwd. Uiteraard is de keerzijde van de medaille dat deze andere standplaatsen nu ook een deel van de lasten op de Zoetermeerlijn op hun bordje hebben gekregen, maar dat is nu eenmaal de consequentie van het eerlijk delen van Lusten & Lasten.

Conclusies

Bij de aanvang van het project waren de arbeidsverhoudingen bij NS Reizigers zo slecht dat niemand een oplossing van de conflicten voor mogelijk



Figuur 1. Zeven diensten voor machinisten uit de standplaatsen Eindhoven (Ehv), Den Haag (Gvc), Heerlen (Hrl) en Venlo (Vl). In de grafiek staan in horizontale richting de achtereenvolgende taken van de diensten weergegeven. De bovenste dienst is bijvoorbeeld een dienst voor de standplaats Eindhoven. De eerste taak in deze dienst is het rijden van de Intercity 2552 van Eindhoven naar Den Haag van 15:09 tot 16:42. Vervolgens volgt een slag op de Zoetermeerlijn (Ztmd) van 17:10 tot 18:04. Na de schaft in Den Haag wordt teruggekeerd naar Eindhoven op de Intercity 2571 van Den Haag naar Heerlen en op de Intercity 2584 van Heerlen naar Eindhoven.

hield. Maar een goed geregisseerd samenspel tussen een participatieve aanpak voor het opbouwen van betrokkenheid en draagvlak, en besliskundige expertise voor de kwantitatieve onderbouwing leidde uiteindelijk toch tot succes. Besliskunde toonde daarbij haar kracht in het objectief doorrekenen van de complexe materie. Zo was het uitermate belangrijk dat als de emoties in het proces hoog opliepen, kwantitatieve resultaten als een onpartijdige scheidsrechter gebruikt konden worden om argumenten op objectieve wijze te evalueren. Deze kwantitatieve resultaten maakten het voor de directie van NS Reizigers ook mogelijk om het alternatief uiteindelijk te accepteren.

De eerste ervaringen met het nieuwe productiemodel zijn zeker positief te noemen. De invoering op 15 december 2002 verliep soepel. Helaas is het model nog te kort operationeel om te kunnen beoordelen of het een positief effect heeft op de punctualiteit, maar in ieder geval draagt het bij aan de motivatie van het rijdende personeel. Deze

staat momenteel toch al zwaar onder druk door de vele storingen aan de infrastructuur en het materieel. Ook op deze terreinen moeten binnenkort verbeteringen zichtbaar worden o.a. door intensivering van het onderhoud en door de instroom van nieuw materieel. Samen met het alternatieve productiemodel zullen die hopelijk zorgen voor een structureel hogere punctualiteit.

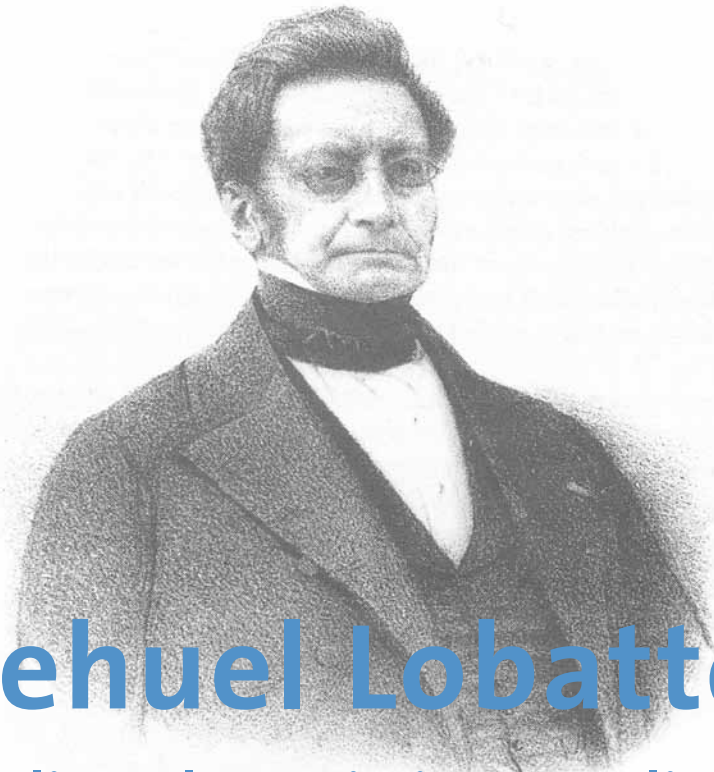
NOTEN

1. Caprara, A., M. Fischetti, P. Toth, D. Vigo, en P.L. Guida (1979). Algorithms for railway crew management. In *Mathematical Programming*, 79, 125-141.
2. Kroon, L.G., en M. Fischetti (2001). Crew scheduling for Netherlands Railways: "Destination: Customer". In J. Daduna en S. Voss (eds.), *Computer Aided Scheduling of Public Transport*, Heidelberg: Springer-Verlag.

GERRIT TIMMER is oprichter en directeur van ORTEC Consultants. Daarnaast is hij deeltijdhoogleraar aan de Faculteit der Economische Wetenschappen en Bedrijfskunde van de Vrije Universiteit in Amsterdam.

E-mail: <gtimmer@econ.vu.nl>.

LEO KROON is logistiek adviseur bij de afdeling Logistiek van NS Reizigers. Daarnaast is hij deeltijdhoogleraar aan de Faculteit Bedrijfskunde van de Erasmus Universiteit in Rotterdam. E-mail: <LG.Kroon@Reizigers.ns.nl>.



Rehuel Lobatto (1797-1866)

eenling als statisticus, eenling als wiskundige

Statistiek was in de negentiende eeuw iets heel anders dan nu: een systematische beschrijving van een staat, aanvankelijk hoofdzakelijk kwalitatief en al helemaal niet wiskundig. Was er in die tijd dan niemand op een meer kwantitatieve en wiskundige manier met statistiek bezig? In de eerste helft van de negentiende eeuw was dat er in Nederland één, de wiskundige Rehuel Lobatto (1797-1866). Niet alleen de statistici van de Vereeniging voor de Statistiek¹ zagen weinig heil in zijn aanpak; de wiskundigen evenmin; ze beschouwden deze toegepaste wiskunde als oninteressant. Wat bracht deze wiskundige er dan toe om aan statistiek te gaan doen? Wat deed hij? Wie was hij eigenlijk? En wat was de kritiek?

IDA H. STAMHUIS

Rehuel Lobatto werd op 6 juni 1797 te Amsterdam geboren uit een in aanzien staand en ontwikkeld Portugees-Israëlitisch geslacht. Als kind viel

Lobatto op door zijn grote begaafdheid op het gebied van de wiskunde. De Amsterdamse hoogleraar in de wis- en natuurkunde J.H. van Swinden

beschreef hem in 1812 als een 'eerste klas genie' en in 1816 als de 'zoo veel belovenden, nog jongen beoefenaar der mathematische wetenschappen'.

Moeizame carrière

Hoewel zijn ouders wel aanzien hadden, zullen ze niet erg bemiddeld zijn geweest, want Lobatto kreeg geen gelegenheid om een academische studie te volgen. Zijn carrièrepad zou grillig zijn. In 1816 kreeg hij een functie als tweede klerk op het departement van Binnenlandse Zaken. Hij was daar niet erg blij mee, want hij schreef aan de Belgische wiskundige en latere statisticus L.A.J. Quetelet, met wie hij veel heeft gecorrespondeerd: 'Ik verfoei, ik verafschuw meer en meer het bureaucratische leven en ik houd teveel van de wetenschap om niet blijvend een loopbaan in het openbare onderwijs te ambiëren.' Hij voelde zich een wiskundige in hart en nieren en wilde daarom graag als zodanig aangesteld worden. Hij heeft meerdere pogingen aangewend om docent te worden, maar hij had geen succes. Hij viste niet achter het net door gebrek aan capaciteiten. In alle gevallen werd erkend dat zijn wiskundige aanleg buiten kijf stond. Zelf zocht hij de verklaring in zijn joodse afkomst; hij schreef aan Quetelet: 'Om U de waarheid te zeggen; ik denk dat het die ongelukkige religieuze vooroordelen zijn, waardoor de betreffende ambtenaren me verhinderen mijn voorkeur te volgen.' Gezien de positie van de joden in Nederland in de eerste helft van de negentiende eeuw is dit een aannemelijke verklaring.

Het bleek voor Lobatto dus voorlopig onmogelijk om een positie bij het hoger onderwijs te krijgen. Daarom moest hij wel op een andere manier trachten zijn financiële positie te verbeteren en interessanter werk te gaan doen. Dat lukte in 1826 toen hij een positie kreeg in het kader van de standaardisatie van maten en gewichten, een belangrijk onderwerp sinds de Franse revolutie. Hij werd benoemd tot overheidsadviseur. Hiernaast heeft Lobatto steeds andere werkzaamheden uitge-

oefend en die lagen voor een belangrijk deel op het gebied van statistiek en levensverzekeringen. In de volgende paragrafen zullen deze activiteiten van Lobatto aan de orde komen.

Uiteindelijk werd zijn wens om docent te worden werkelijkheid: In 1842 werd hij tot hoogleraar in de hogere wiskunde benoemd aan de pas opgerichte Koninklijke Akademie te Delft. 'Ik bevind me nu in een wetenschappelijke positie die al mijn wensen vervult.' Lobatto heeft veel wiskundige artikelen gepubliceerd. Daarnaast schreef hij vier boeken gericht op het onderwijs. Van deze leerboeken is *Lessen over de Hoogere Algebra* het bekendst geworden.

Wanneer we Lobatto's leven en carrière overzien, dan heeft zijn wiskundige talent en interesse zijn gehele leven gedomineerd. Hij wilde niets liever dan als wiskundedocent aangesteld worden. Toen dat aanvankelijk niet lukte, heeft hij andere voor hem aantrekkelijke wegen gezocht en gevonden. Hoewel dat voor een wiskundige in die tijd niet gebruikelijk was, ging hij zich in statistiek en levensverzekeringen verdiepen.

Politieke Rekenkunde

Voordat we ons in Lobatto's activiteiten en geschriften over statistiek en levensverzekeringen gaan verdiepen moeten we eerst een traditie behandelen, waarin die activiteiten van Lobatto pasten. Zoals de statistici van de Vereniging voor de Statistiek voortbouwden op de Duitse traditie van de *Statistik* of *Staatenkunde*, zo bouwde Lobatto voort op een Engels-Nederlandse traditie die *Politieke Rekenkunde* werd genoemd.

De politieke rekenkunde ontstond in het kader van het idee dat maatschappelijke onderwerpen konden worden onderworpen aan een kwantitatieve analyse. Men begon met het verzamelen van populatiegegevens. Hiertussen bleken allerlei wetmatigheden te bestaan, zoals een constante verhouding tussen sterftcijfers en de totale omvang van de bevolking. Er ontstond een niet-

universitaire traditie waarin getracht werd om op basis van bevolkingscijfers conclusies te trekken over de welvaart en de macht van een land. Omdat sterftcijfers vaak wel bekend werden, konden men met behulp daarvan de omvang van de bevolking schatten. Dit getal was een indicatie voor de macht van een land, want op basis hiervan had men een idee hoe groot het leger was dat zo nodig op de been kon worden gebracht. Een belangrijke politieke rekenkundige was de Engelse William Petty (1623-1687). In 1690 verscheen zijn boek *Political Arithmetick*. Hij rekende onder meer uit hoeveel geld er door de samenleving in een volwassen persoon was geïnvesteerd. Ook probeerde hij de verdubbelingsperiode van het bevolkingsaantal te berekenen en de grootte van de wereldbevolking te bepalen.

Ook zagen sommigen in deze wetmatigheden een bewijs van een goddelijke voorzienigheid. Dit paste in de zogenaamde fysico-theologische traditie van de achttiende eeuw, waarin men in natuurwetten een bewijs zag dat er een God bestond die zijn Schepping onderhield.

De grondlegger van de politieke rekenkunde in Nederland was Johan de Witt (1625-1672) met zijn publikatie *Waerdije van Lijf-renten naer proportie van Los-renten* uit 1671, waarin hij op basis van een door hem aangenomen sterftetafel de premie

voor een lijfrente bepaalde. De voor zover wij weten eerste *sterftetafel* op basis van empirische gegevens was afkomstig van de Engelse arts John Graunt (1620-1674), werd gepubliceerd in 1662, en was gebaseerd op Londense sterftcijfers die naar aanleiding van een pestepidemie waren bijgehouden. Bij een lijfrente leende de overheid een bepaald bedrag van iemand, de zogenaamde lijfrentenier, en betaalde een (half)jaarlijkse rente aan deze persoon totdat het lijf waarop deze lijfrente was afgesloten, overleed. Dat lijf kon de lijfrentenier zijn, maar ook een andere persoon. Men koos iemand waarvan men verwachtte dat deze nog lang zou blijven leven. Vooral driejarige meisjes schijnen hiervoor in trek te zijn geweest. Een pasgeborene als lijf kiezen was erg onverstandig, want de kindersterfte was nog erg hoog.

Jaarboekje van Lobatto

Eén van de eerste voor ons interessante activiteiten van Lobatto was zijn *Jaarboekje*. Al in 1824 had hij gedetailleerde ideeën. Het publiceren van een jaarboekje zou, dacht hij, een positieve bijdrage leveren aan de verbreiding van de wetenschap. De overheid zou hem opdracht moeten geven om jaarlijks een Nederlandse versie van de al langer bestaande Franse *Annuaire* te publiceren. De koning verleende goedkeuring aan Lobatto's initiatief.

Terwijl aan het Franse jaarboekje meerdere knappe wiskundigen meewerkten, waaronder P.S. de Laplace, A.M. Legendre en J.L. Lagrange, kan het Nederlandse jaarboekje met recht een solo-activiteit van Lobatto genoemd worden. Dat werd ook in het spraakgebruik erkend, want hoewel de officiële naam *Jaarboekje, uitgegeven op last van Z.M. den Koning* was, werd het bekend als het *Jaarboekje van Lobatto*. Het was een succes. Van het eerste deeltje, gepubliceerd in 1826, was al snel een tweede en een derde editie nodig.

Lobatto formuleerde het tweeledige doel van het Jaarboekje als 'de verspreiding van algemeen



Johan de Witt (1625-1672).



Titelblad van het eerste *Jaarboekje* van Lobatto.

nuttige kundigheden onder alle klassen van beschaafde ingezetenen, als mede de bekendmaking van belangrijke opgaven, meer bijzonderlijk dit land betreffende, en welke tot dusverre nog op geene officiële en geregelde wijze aan het publiek zijn medegedeeld geworden, zoo als, onder anderen, die nopens de bevolking, huwelijken en sterfgevallen en van de dagelijksche waterhoogten der rivieren'. Dit had tot gevolg dat het een soort almanak werd met tabellen en artikelen over een breed spectrum van onderwerpen, die varieerden van het klimaat en van de oorzaak van eb en vloed tot het planetenstelsel, ontdekkingsreizen en het berekenen van de paasdatum.

Door de tweede doelstelling werd het *Jaarboekje* de eerste periodieke publikatie met statistische informatie. Lobatto kreeg de beschikking over de benodigde statistische gegevens die bij het ministerie van binnenlandse zaken voorhanden waren. Elk jaar bevatte het *Jaarboekje* een sectie Statistiek. De sectie zag er globaal als volgt uit: tabellen met bevolkingsaantallen per stad en per provincie, geboorte- en sterfteaantallen per geslacht, per maand en per provincie, cijfers van echtelijke en buitenechtelijke geboorten, en aantallen huwelijken. Met behulp van deze populatiestatistieken zocht Lobatto, geheel in de traditie van de politieke rekenkunde, naar wetmatigheden tussen deze getallen. Hij vond onder andere een constante verhouding tussen geboorte- en bevolkingsaantallen (1:27 in 1826), en tussen de geboorteaantallen van jongens en meisjes (1:0,95 in 1826). Hij vond dat hoge geboorte- en sterftcijfers samengaan zowel in de tijd (hoogste geboorte- en sterftcijfers in het voorjaar, de laagste in de zomer), als per regio (het hoogst in de provincies die het dichtst bevolkt waren en aan het water lagen). Lobatto nam in de sectie statistiek van zijn *Jaarboekje* ook elk jaar een sterftetafel op. Na 1830 was dit een door hemzelf samengestelde sterftetafel, gebaseerd op sterftcijfers van Amsterdam tussen 1816 en 1825. Incidenteel werden ook andere gegevens opgeno-

men zoals over het lager onderwijs en over de bevolking van strafgevangenissen.

Verder werd af en toe een door hemzelf geschreven artikel in het statistische deel van het *Jaarboekje* afgedrukt: in 1829 over een mogelijke toepassing van kanstheorie op statistische gegevens, in 1833 over weduwenfondsen en in 1836 over maatschappijen voor levensverzekering.

De keuze van de inhoud van de sectie Statistiek in zijn *Jaarboekje* sloot meer aan bij Lobatto's wiskundige aanleg en belangstelling dan bij de statistiek zoals die aan de juridische faculteiten van de universiteiten werd onderwezen. Opmerkenswaard is dat hij deze sectie 'Statistiek' en niet 'Politieke Rekenkunde' noemde. Het concept 'statistiek' was nog niet uitgekristalliseerd. Het kon blijkbaar ook worden opgevat als iets dat kwantitatief was, waaraan kanstheorie een relevante bijdrage kon leveren, en dat kon worden toegepast in de levensverzekeringsbranche.

Statistiek en levensverzekeringen

Door dit *Jaarboekje* verwierf Lobatto bekendheid als iemand die deskundig was op het gebied van de statistiek. Zelf schroomde hij ook niet om zich als zodanig bij de overheid op te werpen. In 1826 was een statistisch overheidsbureau opgericht en een Commissie voor de Statistiek ingesteld. Lobatto adviseerde de Commissie, in zijn hoedanigheid van redacteur van het *Jaarboekje*, dat één van de eerste activiteiten van zo'n bureau het uitvoeren van een volkstelling zou moeten zijn. Zijn argument was dat er 'onzekerheid bestaat omtrent den eenigen en waren grondslag van alle statistische



Rehuel Lobatto (1797-1866).

GEVANGENISSEN.	HOVEN EN RECHTBANKEN IN DE PROVINCIEN.														Aanmerkingen.
	Noord-Nederl.	Geestl.	Zuid-Nederl.	Noord-Nederl.	Zuid-Nederl.	Utrecht.	Vrijland.	Overl.	Groning.	Drenth.	Lamb.	Hoog-Milit.	Krijgsrad.	Krijgsrad.	
Leiden, (militairen) 1	130	99	149	131	40	47	33	41	1	1	1	1	1	1	1
Wierden, (criminele mannen) 1	106	4	133	191	58	66	4	4	9	1	1	1	1	1	1
Gouda, (criminele vrouwen)	38	35	51	47	7	13	3	2	19	1	1	1	1	1	1
Gouda, (correctie vrouwen)	13	10	50	55	6	9	13	10	31	1	1	1	1	1	1
Rotterdam, (jongelijke veroordeelden van het mannelijk geslacht)	11	16	41	50	4	8	4	3	8	9	8	1	1	1	1
Haarlem, (correctie mannen)	55	51	116	178	11	46	54	30	69	25	13	1	1	1	1
Amsterdam, (jongelijke veroordeelden van het vrouwelijk geslacht)	3	7	13	9	3	3	3	2	6	1	1	1	1	1	1
Leeuwarden, (criminele mannen)	13	131	131	161	3	15	134	61	91	46	39	12	18	18	18
Totaal over 1845	312	351	659	961	141	305	355	149	332	81	141	113	5	67	380
1844	315	331	701	971	139	285	359	149	315	81	141	113	10	81	378
1843	309	351	716	981	131	156	361	141	311	81	141	113	19	81	371
1842	301	311	716	981	131	159	311	151	319	71	151	116	40	81	371
1841	301	311	716	981	131	146	311	151	319	71	151	116	40	81	371
1840	315	311	716	981	131	121	311	151	319	71	151	116	40	81	371
1839	301	311	716	981	131	81	311	151	319	71	151	116	40	81	371
1838	301	311	716	981	131	81	311	151	319	71	151	116	40	81	371
1837	301	311	716	981	131	81	311	151	319	71	151	116	40	81	371
1836	301	311	716	981	131	81	311	151	319	71	151	116	40	81	371

De Bevolking van Strafgevangenen in 1845; uit het Jaarboekje van Lobatto van 1847.

berekeningen, dat is het nauwkeurig bedrag der bevolking bij den aanvang van elk jaar'. Lobatto maakte voor de minister een rapport over de opzet van een dergelijke volkstelling. In 1829 is de eerste algemene volkstelling gehouden. De volkstelling is daarna elke tien jaar herhaald tot zij in de woelige zeventiger jaren van de twintigste eeuw ten onder is gegaan.

Lobatto had intussen zoveel gezag verworven dat hij in 1831 tot secretaris van de Commissie voor de Statistiek werd aangesteld, omdat de Belgische secretaris door de afsplitsing van België zijn taak niet langer kon uitoefenen. De leden van de commissie hadden hoge verwachtingen van zijn capaciteiten: 'een man die zich onafgebroken met mathematische, statistieke en rekenkundige onderwerpen bezig houdt, en daarvoor een eigen en bijzonder talent bezit.' Lobatto kreeg echter niet de gelegenheid om veel van zijn nieuwe taak te maken. Toen de volkstelling afgelopen was en er geen duidelijk nieuw project voorhanden was, zijn het bureau en de commissie een langzame dood gestorven.

Concluderend kan worden opgemerkt dat Lobatto in de periode van het verschijnen van zijn *Jaarboekje*, van 1826 tot 1849, bij de overheid gezag had als deskundige op het gebied van statistiek en

dat hij door zijn betrokkenheid bij de eerste volkstelling invloed op het beleid heeft uitgeoefend.

Lobatto is niet alleen bij *beleid* op het gebied van de statistiek betrokken geweest; hij heeft er ook over gepubliceerd. Zoals gezegd nam hij allerlei statistische gegevens in zijn *Jaarboekje* op, maar hij is er ook op een meer theoretische manier mee bezig geweest. Hij voelde zich aangetrokken tot de pogingen van de Franse wiskundigen P.S. de Laplace, J.B.J. Fourier en S.D. Poisson om een wiskundige theorie over kansen en kansverdelingen te ontwikkelen en die toe te passen op populatiegegevens. Hij was geïnteresseerd in de nauwkeurigheid van constante verhoudingen van deze aantallen. Hij bepaalde deze verhoudingen uit een aantal jaarlijkse tellingen. Hij nam het gemiddelde van de verhouding tussen, bijvoorbeeld, geboorte- en bevolkingsaantallen over een tiental jaren en vroeg zich af hoe nauwkeurig dit gemiddelde de werkelijke verhouding benaderde. Twee artikelen gingen over de nauwkeurigheid van een gemiddelde en mondden uit in het toepassen van de daarin behandelde theorie op de hierboven genoemde populatieverhoudingen. Het eerste, reeds genoemde, verscheen in 1829 in zijn *Jaarboekje*, het tweede in 1860 in het tijdschrift van het Nederlandse wiskundige genootschap. Het artikel van 1860 bevatte een wiskundige afleiding van de kansverdeling van een gemiddelde uit de kansverdelingen van de afzonderlijke waarnemingen, speciaal in het geval van de normale verdeling. De resultaten werden toegepast op de verhouding tussen sterfte- en bevolkingsaantallen en op de verhouding tussen geboorte- en bevolkingsaantallen.

Lobatto verwachtte dat de waarschijnlijkheidsrekening de statistiek kon bevruchten, met name als het ging om de betrouwbaarheid van statistische gegevens. Hij was op de hoogte van de Franse ontwikkelingen op dit gebied, verwerkte deze geavanceerde wiskundige theorie in een artikel voor wiskundig Nederland en paste de resultaten ervan toe op statistische gegevens.

Lobatto behoorde tot de traditie van de politieke rekenkunde die in Nederland met name aandacht vroeg voor bevolkingsgegevens in het kader van het verantwoord vaststellen van levensverzekeringspremies. In 1830 publiceerde hij een boek over maatschappijen van levensverzekering en weduwenfondsen ‘bijzonderlijk opgesteld ten dienste der ongeoeffenden in de wiskunde’. In het gehele boek werden vurige pleidooien gehouden ten gunste van levensverzekeringen. Het boek bevatte uitleg en gaf informatie: wat een maatschappij voor levensverzekering is, wat een sterftetafel is en hoe die kan worden samengesteld, welke de voorwaarden zijn waaraan een maatschappij moet voldoen wil ze duurzaam zijn, hoe lijfrenten, weduwenfondsen en fondsen voor een uitkering bij overlijden behoren te zijn georganiseerd en hoe de verhouding tussen premie en uitkering kan worden berekend. Tenslotte besprak hij hoe dergelijke maatschappijen moeten worden georganiseerd en beheerd.

Door deze publikatie werd Lobatto bekend als deskundige op het gebied van levensverzekeringen. Dat had tot gevolg dat hij in 1830 wiskundig adviseur van de overheid werd en in hetzelfde jaar van de Hollandsche Sociëteit van Levensverzekeringen. De directeur van de levensverzekeringsmaatschappij schreef hem dat hij bijna de enige Nederlandse wiskundige was die zich voor levensverzekeringsberekeningen interesseerde.

Slot

Lobatto was uniek zowel in statistisch als in wiskundig Nederland. De wiskundigen waren vooralsnog niet in deze toegepaste wiskunde geïnteresseerd. De Nederlandse statistici die na 1857 de *Vereeniging voor de Statistiek* vormden waren op een geheel andere wijze met statistiek bezig. Lobatto werkte vanuit de traditie van de politieke rekenkunde, en paste daarbinnen de door de Franse wiskundigen ontwikkelde waarschijnlijk-

heidsrekening toe. Deze activiteiten sloten bij zijn wiskundige belangstelling aan. De *doelstellingen* van de politieke rekenkunde en de Duitse statistiek, waarop die andere statistici voortbouwden, vertoonden grote overeenkomsten: een groeiende behoefte aan een meer abstract en formeel overheidsbestuur, gebaseerd op duidelijke en correcte informatie. De *middelen* om deze doelen te bereiken waren vooralsnog verschillend. De politieke rekenkundigen baseerden zich bijna alleen op (kwantitatieve) populatiegegevens, terwijl de statistici vonden dat alle aspecten van een staat in een statistische beschrijving meegenomen moesten worden, kwantitatief zowel als kwalitatief. In dit spanningsveld groeide een nieuw vakgebied, dat van de statistiek, waarbij er ten tijde van Lobatto nog geen overeenstemming was wat dit nieuwe vakgebied precies inhield. In een volgend artikel hoop ik aan de orde te stellen, hoe de verschillende benaderingen op elkaar reageerden en wat het resultaat was. We zullen dan zien dat, hoewel Lobatto's benadering ons achteraf als de meest vruchtbare voorkomt, de conclusie rond 1850 tegengesteld was. In de rest van de negentiende eeuw en ook nog later zouden de statistici van de *Vereeniging voor de Statistiek* bij de overheid de dienst uitmaken en een meer wiskundige benadering zou niet eerder dan in de twintigste eeuw wortel schieten.

Noot

1. Zie ook: Stamhuis, I.H. (2002), *Vereeniging voor de Statistiek (VVS)*, een gezelschap van juristen. *STATOR*, nr. 2, 13-17.

Behalve blz. 67-131 van haar proefschrift '*Cijfers en Aequaties*' en '*Kennis der Staatskrachten*'. *Statistiek in Nederland in de Negentiende Eeuw* (1989) is voor dit artikel ook relevant: I.H. Stamhuis, 'An Unbridgeable Gap between Two Approaches to Statistics'. In P.M.M. Klep and I.H. Stamhuis, *The Statistical Mind in a Pre-Statistical Era. The Netherlands 1750-1850*. Amsterdam: Aksant.

IDA H. STAMHUIS werkt als wetenschapshistoricus bij de Afdeling Algemene Vorming, Faculteit Exacte Wetenschappen, van de Vrije Universiteit Amsterdam. E-mail: <stamhuis@nat.vu.nl>.



BROKKENMAKERS, BREKEBENEN EN PECHVOGELS

Verzekeringsmaatschappijen hebben de neiging om van verzekerden die veel brokken en breuken maken een hogere premie te vragen. Dat lijkt redelijk, maar is het dat ook? Zijn de brokkenmakers en brekebenen inderdaad verantwoordelijk voor hun schade of zijn ze slachtoffers van het toeval?

FRED STEUTEL

In de allereenvoudigste statistiek, zelfs de beschrijvende statistiek, heersen veel misverstanden; de simpelste waarheden over getallen leiden tot verbazing en verontwaardiging. Bij het voetballen is het allemaal nog heel overzichtelijk; niemand is verbaasd als aan het eind van de eredivisiecompetitie precies één club kampioen is geworden en één club onderaan is geëindigd. Zelfs de voorspelling dat ook dit jaar weer negen clubs in het 'linker rijtje' zullen eindigen en de overige negen in het rechter, zal weinig ongeloof ontmoeten. Maar, als de situatie een klein beetje ingewikkelder

wordt, slaan de verwarring en het ongenoegen toe; ongecijferdheid alom!

Niet zo lang geleden fulmineerde een Amsterdamse wethouder van onderwijs tegen het feit dat een aanzienlijk deel van de scholen in zijn stad bij de Cito-toets beneden het gemiddelde had gescoord; dat moest maar eens afgelopen zijn. Gelijk heeft-ie, zou je zeggen, want wie wil er nou onder het gemiddelde zitten? Dat je niet bovenaan staat is tot daar aan toe, maar onder het gemiddelde dat is niet acceptabel! Toch is het duidelijk dat, net als bij de voetbalcompetitie, grof-

weg de helft van alle scholen in Nederland een Cito-score onder het gemiddelde zal hebben, zelfs als alle scholen uitstekend zijn. Als je 10.000 getallen op een rij zet, dan zijn er (ongeveer) 5000 kleiner dan het gemiddelde en 5000 groter; dat is bijna de definitie van gemiddelde - en helemaal de definitie van *mediaan*, een grootheid die minder is ingeburgerd dan het gemiddelde. Amsterdam heeft pas wat te klagen als veel meer dan de helft van de scholen daar een score hebben onder het gemiddelde. Bij welk aantal scholen onder het gemiddelde de Amsterdamse wethouder met reden moppert is een wat moeilijker te beantwoorden vraag: daar zou je wat voor moeten rekenen. Dat doen we hier niet.

Pechvogels

Bij verzekeringsmaatschappijen is iets soortgelijks aan de hand: er zullen altijd mensen zijn met veel ongelukken en mensen met weinig. Ook hier zal ongeveer de helft van de verzekerden minder schade hebben dan het gemiddelde (liever weer: dan de mediaan) en de andere helft meer. De vraag is in hoeverre de mensen met veel schade iets verweten kan worden; zijn het inderdaad brokkenmakers en brekebenen of zijn het gewoon pechvogels? Dat laatste zou heel goed kunnen, zoals het volgende modelletje laat zien. Voor de rekenaars onder u: ik gebruik hierbij de verdelingsfunctie F van Fréchet, gegeven door $F(x) = \exp\{-(c/x)^a\}$; maar dit is niet de plaats om het rekenwerk uit te voeren.

Stel een verzekeringsbedrijf heeft 100.000 klanten, die zich allemaal identiek gedragen en alleen door het toeval van elkaar verschillen. De schadebedragen die ze per jaar claimen kunnen dan beschouwd worden als onafhankelijke toevalsgrootheden met dezelfde verdeling, bijvoorbeeld een Fréchet-verdeling met parameters $c = 1$ en $a = 3$. Daar is makkelijk mee te rekenen (doen we dus niet); het gemiddelde is 1,35 (in eenheden van zeg 100 Euro), de mediaan is 1,13 en de varian-

tie (sigma-kwadraat) is 0,845; sigma is dus 0,92. De kans dat een willekeurige verzekerde meer dan 1000 Euro claimt, dus ruim 10 sigma meer dan het gemiddelde is dan 0,001. Dat gaat om een statistisch nogal uitzonderlijke klant, zou je denken. Maar, schijn bedriegt: de kans dat er onder *alle* honderdduizend verzekerden een klant is met zoveel pech, is heel groot. Het gaat dan om de kans dat de *grootste* van de 100.000 claims groter is dan 1000 Euro. Dat is ook eenvoudig uit te rekenen; het antwoord is 0,99995. De kans dat de grootste claim groter is dan 10000 Euro is 0,10 en de kans op een grootste claim van meer dan 20.000 Euro wordt pas 'significant' klein: 0,0124. Dit alles onder de veronderstelling dat alle klanten identiek zijn en uitsluitend door pech en niet door aangeboren grote onvoorzichtigheid of onhandigheid brokken maken, want nogmaals: ook als alle verzekerden even handig en voorzichtig zijn is er één onder hen met de grootste schade van allemaal.

Eén en ander leidt tot de conclusie dat verzekeraars pas dan een klant extra premie in rekening zouden mogen brengen, als hij veel meer, significant veel meer, kost dan de duurste toevalsklant zou kosten; in het bovenbeschreven voorbeeld dus meer dan 20.000 Euro. Pas dan onderscheidt hij zich werkelijk van het gewone voorzichtige volk.

Ik weet niet welk kansmodel door verzekeraars wordt gebruikt; ik heb begrepen dat men zich meer laat leiden door financiële haalbaarheid dan door wiskundige elegantie. Dat ze het principe hanteren dat ik hierboven heb proberen te illustreren, heb ik nooit ergens gehoord of gelezen. Het lijkt in ieder geval redelijk dat ze hun klanten uitleggen hoe de vork in steel zit.

FRED STEUTEL is emeritus hoogleraar kansrekening aan de TU Eindhoven; hij is redacteur van *STATOR* en van *Statistical Theory & Method Abstracts*, uitgegeven door het International Statistical Institute. E-mail: <f.w.steutel@tue.nl>.



De favoriete zomervakantiepuzzel van wiskundeleraren

Wiskundige aspecten van roosterproblemen

Roy Willemen promoveerde op 16 april 2002 aan de Technische Universiteit Eindhoven op het proefschrift *School timetable construction: algorithms and complexity**. In dit artikel geeft hij een samenvatting van zijn proefschrift.

ROY WILLEMEN

De zomervakantie is voor velen op middelbare scholen het rustigste moment van het schooljaar. Dat geldt voor leerlingen en docenten, maar niet voor de roosterplanner! In de warmste weken van het jaar sluit hij, vaak de wiskundedocent, zich op in zijn domein: de roosterkamer. Met de snelste schoolcomputer, een stapel uitdraaien van het schooladministratiesysteem en een berg *Post-Its* met wensen bij de hand werkt hij aan zijn grote vijf-sterren-vakantiepuzzel. De opdracht is helder:

het bepalen van een rooster zonder conflicten dat zo goed mogelijk rekening houdt met ieders wensen. De deadline is keihard: het geboekte vliegtuig voor zijn eigen zomervakantie wacht niet op hem.

De tijd waarin de conrector nog met papier en potlood een rooster kon maken ligt ver achter ons. Roosterplanning op middelbare scholen is de laatste decennia steeds lastiger geworden. Kleine scholen van een paar honderd leerlingen zijn samengegaan in grote scholengemeenschappen

van duizend of meer leerlingen, die onderwijs volgen in verschillende schoolsoorten. Grote houten planborden, waarop met verschillende soorten gekleurde steentjes lessen worden weergegeven, zijn nodig om de planner het overzicht over het probleem te laten behouden.

Ook het toenemende aantal van en de diversiteit aan randvoorwaarden hebben het construeren van een acceptabel rooster complexer gemaakt. Roosterplanners van nu moeten rekening houden met lokalen op verschillende locaties, docenten die part-time aanstellingen hebben en lessen die door leerlingen van verschillende niveaus gevolgd worden. Recent hebben ook de invoering van de nieuwe tweede fase (meer verplichte vakken voor bovenbouwleerlingen) en het studiehuis (steeds meer contacturen vervangen door begeleide zelfstudie-uren) de roosterplanners voor nieuwe uitdagingen gesteld.

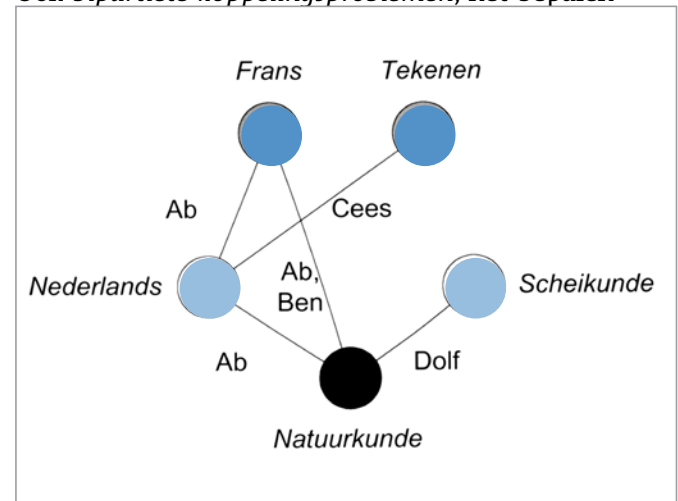
Modellen voor roosterproblemen

Net zo interessant als het construeren van een acceptabel rooster is het modelleren en analyseren van roosterproblemen. Een model dat *alle* kenmerken van roosterproblemen op middelbare scholen omvat is nog nooit gedefinieerd. Allereerst is het lastig om alle eisen en wensen goed te modelleren. Een eis als “elke leerling heeft ten hoogste één les tegelijkertijd” kan nog wel eenduidig als randvoorwaarde geformuleerd worden. Het definiëren van een klassenverband is een stuk lastiger. Daarnaast is het moeilijk om aan te geven hoe verschillende wensen tegen elkaar afgewogen moeten worden. Want welk rooster is beter: een rooster met een gelijkmatige klasgrootte waarin één docent twee tussenuren heeft of een rooster waarin geen enkele docent een tussenuur heeft maar waarin klas A vijf leerlingen meer heeft dan klas B?

Modellen voor roosterproblemen beperken zich vaak tot één of enkele aspecten van het praktische probleem. Een veel voorkomend model is

het *graafkleuringsprobleem*. Dit modelleert het toewijzen van lessen aan lesuren als voor leerlingen bekend is welke lessen zij moeten volgen. Elke les correspondeert met een punt in de graaf en twee lessen die door de dezelfde leerling gevolgd moeten worden zijn verbonden door middel van een kant. Het kleuren van punten in de graaf komt dan overeen met het toewijzen van lessen aan lesuren. Meestal is het aantal kleuren, het aantal lesuren, gegeven. Het is dan de bedoeling om de punten van de graaf zó te kleuren dat iedere kant twee verschillend gekleurde eindpunten heeft.

Ook *bipartiete koppelingsproblemen*, het bepalen



Figuur 1: Een voorbeeld van een graafkleuringsmodel voor roosterplanning.

van zo groot mogelijke koppelingen in tweeledige grafen, maken vaak onderdeel uit van roosterproblemen. Toewijzingsproblemen waarin twee verschillende entiteiten gekoppeld moeten worden, kunnen op deze manier gemodelleerd worden. Een voorbeeld is het vinden van een geschikte lokaaltoewijzing als sommige lokalen vakspecifiek zijn.

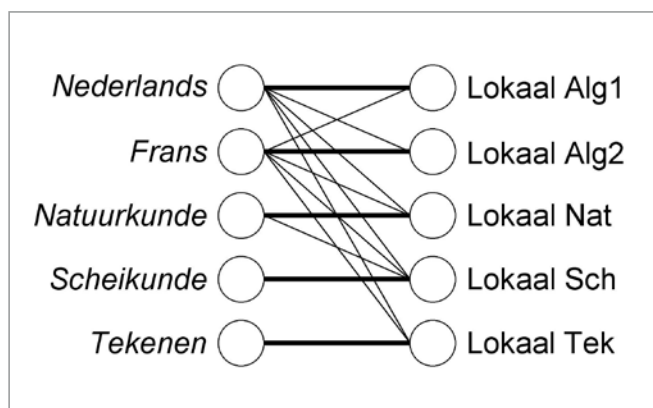
Theoretische complexiteit

Naast het modelleren is ook het construeren van een acceptabel rooster lastig. Er is namelijk op dit

moment geen software verkrijgbaar waarmee elke roosterplanner met slechts één muisklik snel een acceptabel rooster kan construeren. Dit kan verklaard worden door de theoretische complexiteit van roosterproblemen. Hierin wordt grofweg onderscheid gemaakt tussen ‘makkelijke’ en ‘lastige’ planningsproblemen. Makkelijke problemen, zoals het bipartiete koppelingsprobleem, zijn populair gezegd praktisch (of snel) oplosbaar. Voor lastige problemen is nog nooit een manier (algoritme) gevonden waarmee in alle gevallen snel een optimale oplossing gevonden kan worden. Helaas behoren graafkleuringsproblemen, de kern van veel roosterproblemen, tot deze categorie. Vrijwel alle door de praktijk gestelde randvoorwaarden, zoals de aanwezigheid van bloklessen en de wens om klassen van gelijke grootte te hebben, blijken roosterproblemen theoretisch lastig te maken.

Praktische oplosbaarheid

Toch lukt het roosterplanners om elk jaar weer een rooster te construeren, onder andere door decompositie van het grote probleem. Uit ervaring weten zij wat de knelpunten zijn en pakken zij deze als eerste aan. Vaak wordt met het clusteren van vakken in 4-havo en 5-vwo begonnen. Daarmee wordt al in een vroeg stadium bepaald welke vakken gelijktijdig gegeven zullen worden.



Figuur 2: Een voorbeeld van een bipartiet koppelingsmodel voor roosterplanning.

Daarnaast hebben roosterplanners ondersteuning gekregen in de vorm van softwareapplicaties. De basis van deze applicaties is een elektronisch planbord, dat automatisch controleert of het rooster aan de belangrijkste randvoorwaarden voldoet. Ook bevatten veel applicaties automaten waarmee planners snel een goede oplossing voor hun deelp Problemen kunnen construeren. Deze automaten maken gebruik van *heuristieken*, dat wil zeggen: algoritmen die geen enkele garantie geven voor het vinden van een optimale oplossing. Er zijn *constructieve heuristieken* die zoveel mogelijk niet-geclusterde lessen in het rooster proberen te plaatsen. Ook voor het verfraaien van het rooster, zoals het reduceren van het aantal tussenuren, worden heuristieken ingezet. Door middel van *lokale zoekmethoden* wordt een geconstrueerd rooster stapsgewijs aangepast. In elke stap wordt een klein aantal lessen, meestal slechts één, aan andere lesuren toegewezen zodat het aantal tussenuren afneemt. Uiteindelijk wordt op deze manier een rooster met zo weinig mogelijk tussenuren gevonden.

De huidige aanpak, waarin elk leerjaar van de bovenbouw apart wordt bekeken, dateert van de tijd waarin geen enkele roosterplanner een PC tot zijn beschikking had. Het is daarom interessant om na te gaan of met de huidige supersnelle computers de bovenbouw als geheel gepland kan worden. In mijn promotieonderzoek heb ik aangetoond dat zo'n integrale aanpak kans van slagen heeft. Zeker als de sterktes van slimme constructieve heuristieken en lokale zoekmethoden worden gecombineerd!

* R.J. Willemen (2002), *School timetable construction: algorithms and complexity*. Eindhoven: Technische Universiteit Eindhoven (IPA dissertation series; 2002-05), 145 p. ISBN 90 386 1011 4.

ROY WILLEMEN voerde het onderzoek uit samen met prof.dr. Emile Aarts, prof.dr. Jan Karel Lenstra en dr.ir. Huub ten Eikelder van de Faculteit Wiskunde & Informatica. Hij is thans werkzaam als consultant bij het adviesbureau CQM in Eindhoven. E-mail: <Willemen@cqm.nl>.



Digitale communicatie in kabelnetwerken een NIEUW mechanisme

In juni 2001 is Mark van den Broek afgestudeerd in de Technische Wiskunde aan de Technische Universiteit Eindhoven. Voor zijn afstudeerwerk voor Philips, betreffende de analyse van digitale communicatie in kabelnetwerken, ontving hij in 2002 een eervolle vermelding bij de jaarlijkse uitreiking van de VVS-scriptieprijs. Momenteel is hij werkzaam als directeur van MathMetrics. Hieronder volgt een samenvatting van het onderzoek.

MARK VAN DEN BROEK

Hybrid Fiber Coaxial (HFC) kabelnetwerken werden ontworpen om analoge tv-signalen te versturen vanuit een centraal station naar verschillende woningen met televisie. Tegenwoordig worden deze zelfde HFC-netwerken gebruikt voor steeds meer vormen van digitale, bi-directionele communicatie tussen individuele klanten en 'de rest van de wereld'. Een belangrijk gegeven is dat zo'n netwerk bestaat uit één zogenaamd *upstream-kanaal* en één *downstream-kanaal* waarover alle heengaande respectievelijk teruggaande commu-

nicatie met het centraal station plaatsvindt. Alle klanten binnen hetzelfde netwerk maken dus gebruik van hetzelfde kanaal. Het verkeer dient derhalve goed geregeld te worden door het centraal station.

Botsingen

Wanneer een individuele klant informatie wil versturen moet de klant eerst via het upstream-kanaal op een door het station opgelegd moment een verzoek indienen waar hij vraagt om het

upstream-kanaal enige tijd alleen te mogen gebruiken. Wanneer de klant geluk heeft, was hij de enige die op dat moment een verzoek indiende en kan de reservering direct plaatsvinden, maar in veel gevallen vragen meerdere klanten tegelijkertijd om capaciteit. Er is dan sprake van een botsing. Helaas kan het centraal station in geval van een botsing niet vaststellen wie er welke reservering wil plegen. Het enige wat het station ontvangt is ruis, waaruit slechts geconcludeerd kan worden dat er meerdere klanten tegelijkertijd een verzoek hebben ingediend. Kort daarna zal het station via het downstream kanaal aan alle klanten drie mogelijke tijdstippen aangeven waarop diegenen die betrokken waren bij de betreffende botsing wederom hun verzoek mogen versturen. De desbetreffende klanten kiezen zelf volkomen willekeurig één van deze drie aangeboden tijdstippen. Klanten die niet bij de botsing betrokken waren, mogen afhankelijk van de regels wel of geen verzoek indienen op één van deze drie tijdstippen. Mogelijk ontstaan er weer botsingen op een of meerdere van deze tijdstippen. Dan wordt dezelfde procedure net zolang herhaald totdat alle verzoeken door het station zijn ontvangen. Deze procedure kan schematisch worden weergegeven in een zogenaamde *contention tree*, waarbij iedere knoop in de boom correspondeert met een tijdstap, opgedeeld in drie tijdstippen.

Het upstream-kanaal wordt tussendoor ook gebruikt voor het daadwerkelijk verzenden van informatie, maar niet tegelijkertijd met het indienen van verzoeken. Het centraal station zal het upstream-kanaal dus afwisselend moeten openstellen voor het ontvangen van verzoeken en voor het verzenden van informatie door individuele klanten.

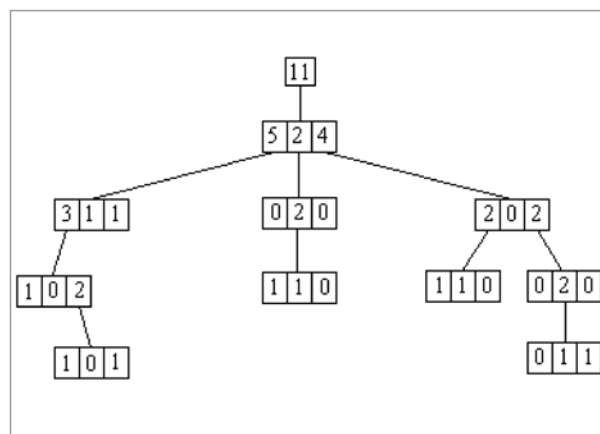
Controle

Door het upstream-kanaal op een verstandige manier te gebruiken streeft het centraal station ernaar dat het verzenden van informatie door de

klanten zo snel mogelijk verloopt. Er zijn tal van vrijheden die het station kan benutten om de communicatie te optimaliseren. Allereerst heeft het controle over de tijdstippen waarop het aan klanten toestaat verzoeken in te dienen. Verder heeft het ook controle over welke klanten er op een bepaald moment wel of niet een verzoek mogen indienen. (Dit hangt ondermeer samen met de volgorde waarin de *contention tree* 'doorlopen' wordt: *depth-first* of *breadth-first* worden veelal gebruikt.). Ook het toewijzen van het upstream-kanaal aan een individuele klant gebeurt door het station. Ten slotte kan het station ook de verhouding bepalen tussen de tijd die gereserveerd wordt voor het ontvangen van verzoeken en de tijd die gereserveerd wordt voor het ontvangen van verzonden informatie. In dit rapport is bestudeerd hoe dit regelproces het best kan verlopen. De nadruk ligt op het optimaliseren van het verwerken van de individuele verzoeken. Maar ook het regelproces in zijn totaliteit heeft de nodige aandacht gekregen.

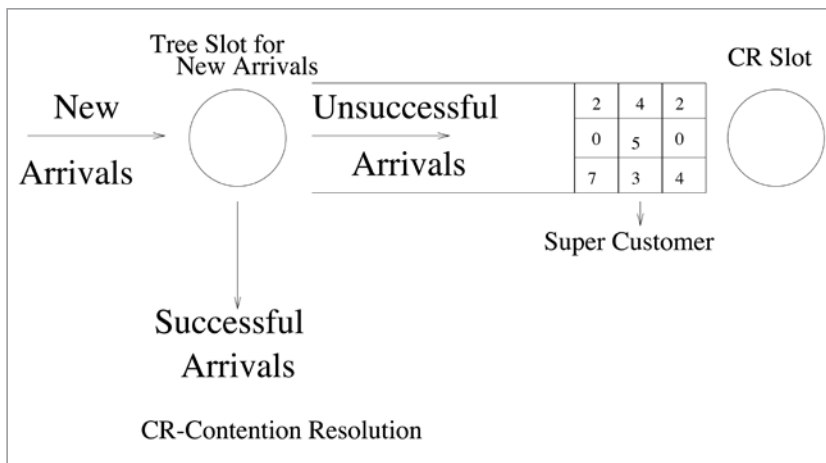
Arrival-slot mechanisme

In de praktijk worden momenteel twee varianten gebruikt voor het verwerken van de verzoeken. Bij de eerste variant is het zo dat na iedere botsing alléén de betrokken klanten opnieuw een verzoek mogen indienen. Alle klanten met een nieuw verzoek moeten wachten totdat deze verzoeken alle-



Figuur 1. Een voorbeeld van een contention tree.

maal zijn ontvangen. De tweede variant staat toe dat op ieder tijdstip alle klanten met een nieuw verzoek dit direct mogen sturen. Tijdens het onderzoek is een derde variant bedacht, feitelijk een combinatie van de bestaande twee varianten, het *arrival-slot mechanisme*. In dit mechanisme worden regelmatig tijdstippen gereserveerd waarop uitsluitend klanten met nieuwe verzoeken deze kenbaar mogen maken. De rest van de tijdstippen is bestemd voor het oplossen van eerder plaatsgevonden botsingen. Klanten met nieuwe verzoeken worden hier geweerd. Het arrival-slot mechanisme is schematisch weergegeven in onderstaande figuur.



Figuur 2. Schematische weergave van het arrival-slot mechanisme.

De belangrijkste vraag na introductie van het nieuwe mechanisme was of dit mechanisme ‘beter’ was dan de bestaande mechanismen. Om deze vraag te beantwoorden is de kabelnetwerkomgeving gemodelleerd en zijn de drie mechanismen vervolgens geanalyseerd. Bij de analyse van de drie verschillende mechanismen is in eerste instantie het versturen van informatie door de individuele klanten buiten beschouwing gelaten en is er gekeken naar modellen waarbij alle inkomende verzoeken zonder onderbrekingen voor dataverkeer van individuele klanten verwerkt worden. De zo verkregen *geïsoleerde* mechanis-

men zijn tijdens het onderzoek geformuleerd als wachtrijsystemen en bestudeerd op hun performance, waarbij gekeken is naar de capaciteit van de systemen, de gemiddelde wachttijden en de variantie in de wachttijden.

In een aantal situaties konden exacte resultaten worden verkregen met behulp van met name wachtrijtheorie. Verder zijn enkele goede benaderingsmethoden ontwikkeld en er is tevens gebruik gemaakt van simulatie. De nadruk heeft gelegen op de derde variant aangezien deze nieuw is en van de andere twee varianten reeds het nodige bekend was. Uiteindelijk is een vergelijking gemaakt tussen de drie mechanismen. Het arrival-slot mechanisme en enkele geopperde verfijningen hierop kwamen hierbij als beste naar voren.

Gecompliceerd

Zoals eerder aangegeven moet het centraal station bij het regelen van de communicatie meer doen dan slechts het bepalen welke klanten er op bepaalde tijdstippen verzoeken mogen indienen. Het gehele regelproces is veel gecompliceerder. De eerste twee varianten voor het verwerken van verzoeken zijn weliswaar in de literatuur geanalyseerd, maar de analyse heeft zich veelal beperkt tot het geïsoleerde mechanisme. De vraag hoe op een verstandige manier met het mechanisme om te gaan binnen het *gehele* regelproces heeft in de literatuur nog niet veel aandacht gekregen.

Na de analyse van de geïsoleerde mechanismen is voor alle drie de mechanismen bestudeerd hoe deze optimaal gebruikt zouden kunnen worden binnen het totale regelproces. Minimalisatie van de gemiddelde totale wachttijd van een klant heeft hierbij centraal gestaan. Hierbij zijn de inzichten en resultaten die verkregen waren uit de analyses van de geïsoleerde mechanismen gebruikt. Maar waar nodig zijn ook nieuwe analyses en simulaties gedaan om tot bepaalde resultaten te komen. De gevonden resultaten maken niet alleen een uiteindelijke vergelijking tussen de

verschillende mechanismen mogelijk, maar kunnen ook gebruikt worden om ieder mechanisme afzonderlijk te optimaliseren binnen het gehele regelproces. Voor verschillende karakteristieken van het netwerk is bekeken welk mechanisme en bijbehorende implementatie optimaal is. Ook hier kwam het arrival-slot mechanisme in veel situaties als beste naar voren.

Voor meer informatie betreffende het onderzoek wordt verwezen naar het afstudeerverslag van Mark van den Broek. Verder is onlangs tijdens de conferentie IEEE Infocom 2003 in San Francisco een artikel gepresenteerd over het onderzoek.

LITERATUUR

- Abramson, N. (1970) *The ALOHA system – Another alternative for computer communications*. Proc. 1970 Fall Joint Comput. Conf. AFIPS Conf., vol. 37
- Berger, T. (1981) The Poisson multiple-access conflict resolution problem. *Multi-user communication systems*, G. Longo, Ed. New York: Springer Verlag, pp. 1–27.
- Broek, M.X. van den (2001) *On contention resolution procedures; queueing analysis and simulation*. Afstudeerverslag Technische Universiteit Eindhoven
- Broek, M.X. van den, Adan, I.J.B.F., Shankar N, S. and Borst, S. (2003) *A Novel Mechanism for Contention Resolution in HFC Networks*. To be presented at Infocom 2003 (April)
- Capetanakis, J. I. (1979) Tree algorithms for packet broadcast channels. *Transactions on Information Theory*, vol. 25, pp. 505–515.
- Kleinrock, L. and Tobagi, F. A. (1975) Packet switching in radio channels: Part 1: CSMA modes and their throughput-delay characteristics. *Transactions on Communications*, vol. 23, pp. 1400–1416
- Massey, J. L. (1981) Collision resolution algorithms and random access Algorithms. *Multi-user communication systems*, G. Longo, Ed. New York: Springer Verlag, pp. 73–131
- Tsybakov, B. S. and Mikhailov, V. A. (1978) Free synchronous packet access in a broadcast channel with feedback. *Problems of Information Transmission*, vol. 14, pp. 259–280

MARK VAN DEN BROEK is directeur van MathMetrics in Eindhoven. MathMetrics voegt waarde toe bij bedrijven in verschillende marktsegmenten door ontwikkeling, implementatie en toepassing van wiskundige, statistische en econometrische modellen. Voor meer informatie over het bedrijf zie <www.mathmetrics.com>. E-mail: <m.x.vandenbroek@mathmetrics.com>.

OPMERKELIJK

Rechter moet beter rekenen

Rechters moeten meer advies inwinnen over de statistische kans op ongelukken en de mogelijkheden die te voorkomen. Nu is de inschatting hiervan vaak natte vingerwerk met soms grote gevolgen voor degene die aansprakelijk wordt gesteld.

Dit stelt UvT-hoogleraar Privaatrecht Willem van Boom in zijn oratie van vrijdag 14 maart. Civiele rechters hebben weinig kaas gegeten van risicostatistieken en ander cijferwerk, zodat hun oordeel wordt vertroebeld. In rechtszaken waar verwijtbare risico's een grote rol spelen, zoals bij ongelukken, leidt dit regelmatig tot discutabele vonnissen. Rechters hebben volgens Van Boom de neiging om relatief kleine risico's te overschatten en grote risico's te onderschatten.

Zo werd recentelijk een gemeente veroordeeld tot betaling van een schadevergoeding aan een wielrenner vanwege een onvoldoende verlicht fietspad. De man was 's avonds met een noodvaart tegen een boom opgereden omdat het pad een onverwachte bocht maakte. Het slachtoffer liep een dwarslaesie op. 'De aansprakelijkheid in deze zaak is zeer twijfelachtig', vindt Van Boom. 'Het individuele drama lijkt een te grote rol gespeeld te hebben in het eindoordeel.'

Met alle consequenties van dien. Want behalve de verplichte schadevergoeding zal zo'n gemeente de morele plicht voelen om aanvullende verlichting te plaatsen. Dit soort financiële consequenties kan flink oplopen. Daar komt bij dat dit soort zaken steeds vaker wordt aangespannen. Rechters moeten daarom een beter beroep doen op deskundigen als in een zaak sprake is van hogere wiskunde. Beter advies dus, niet vaker want daar is geen geld voor realiseert Van Boom zich. [SD]

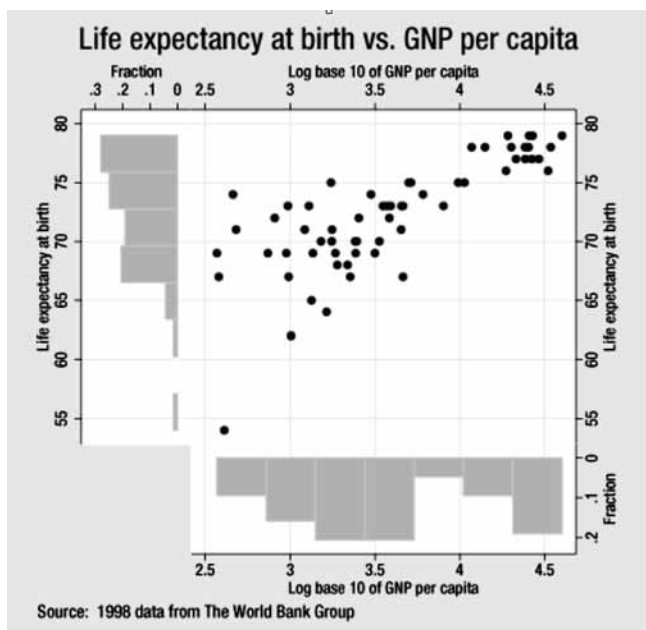
Uit: *Univers*, 13 maart 2003



Stata Release 8

NIEUW IN STATA 8

- » Graphics: een nieuwe look, publication quality
- » Grafische gebruikersinterface: alle commando's via een dialoog uitvoeren
- » Database management: ODBC support, meer missing values
- » Meer statistische functies: MANOVA, MANCOVA en VAR, SVAR meer...
- » Programmeerfuncties: object georiënteerd programmeren, GUI
- » Stata 8 is sneller



post Postbus 220, 5150 AE Drunen
 bezoek Grotestaat 401a, 5142 CB Waalwijk
 telefoon 0416 - 378 125 (Stata) of 0416 - 543 444,
 fax 0416 378 385, www.smitconsult.nl

Smit Consult is ondergebracht bij Cosinus Computing BV

A G E N D A

Zie voor meer nieuws, conferenties, studiedagen, mededelingen van de VVS en cursussen de site van de VVS <<http://www.vvs-or.nl>>.

14-17 juli 2003

De conferentie **RSS 2003** van de Royal Statistical Society wordt georganiseerd door het Centrum voor Statistiek van het Limburgs Universitair Centrum en ook door het Biostatistisch Centrum van de Katholieke Universiteit Leuven en zal plaatsvinden in Diepenbeek bij Hasselt.

David Clayton, Richard Durbin en Simon Tavaré zijn uitgenodigd om een lezing te geven. Informatie: <www.luc.ac.be/censtat/RSS2003>.

13-20 augustus 2003

In augustus 2003 zal de 54ste editie van het **International Statistical Institute (ISI)** in Berlin plaatshebben. Het ISI heeft 5.000 leden

The goal of the ISI is to further develop and improve statistical methods and procedures and their application in the spheres of politics, business, administration and science. The most important tool to achieve that goal is the enhancement of international cooperation and of the exchange of the most recent findings in all areas of statistics. The Session 2003 is of particular importance as it serves to define the position of statistics in the light of serious global changes in technological, economic and social terms. In August 2003, official statistics has to present itself as a modern information provider and to demonstrate its efficiency in particular in the context of applying the latest information and communication technologies.

Voor meer informatie: Petra Treber, telefoon: (+49-611) 753679, e-mail <petra.treber@destatis.de> of de website <www.isi-2003.de>.

24 april 2003

Voorjaarslezing Centrum voor Biostatistiek (Universiteit Utrecht) Dr. Maria Schipper van het Centrum voor Biostatistiek verzorgt op donderdag 24 april 2003 een lezing getiteld '**Statistics in Genetic Epidemiology**'.

Tweemaal per jaar organiseert het Centrum voor Biostatistiek een lezing voor wetenschappelijk onderzoekers, die geïnteresseerd zijn in de ontwikkelingen in de statistische methodologie; de toehoorders zijn gevorderde onderzoekers, begeleiders van onderzoek door promovendi of zij adviseren collega's bij de statistische analyse van hun onderzoeksresultaten. Het niveau van de lezingen is niet technisch en benadrukt de toepassingsmogelijkheden en interpretatie van de wat meer geavanceerde statistische methoden.

Tijd en plaats: 24 april 2003 om 15.30 uur (na afloop een borrel) in zaal O 111 van het Kruytgebouw (Padualaan 8, de Uithof in Utrecht) Meer informatie kunt u vinden op de site <www.bio.uu.nl/~biostat>.

15-14 mei 2003

De tweejaarlijkse **Dutch Biometric Conference** zal in 2003 plaatsvinden op dinsdag 13 en woensdag 24 mei in Rolduc bij Kerkrade.

The conference will mainly consist of contributed talks and posters from the participants. Contribution may cover a wide range of topics: clinical trials, pharmacodynamics, epidemiology, statistical genetics, agricultural and environmental statistics, medical statistics, etc. A special session on Wednesday afternoon will be devoted to Safety in a broad sense. We are proud that prof. Roy Anderson accepted our invitation to present a keynote lecture in this session.

Informatie over programma, kosten en inschrijving vindt u op de site <www.bms-aned.nl>.

25-27 juni 2003

Op 25-27 juni 2003 wordt aan de Vrije Universiteit

in Amsterdam een tweede workshop **Onderzoeks-methodologie** gehouden: RM 2003. De workshop wordt gezamenlijk georganiseerd door Herman Ader (afdeling Klinische Epidemiologie en Biostatistiek VUmc) en Don Mellenbergh (afdeling Methodenleer van de Faculteit Psychologie van de Universiteit van Amsterdam.).

Research Methodology (RM) is a relatively new discipline in which methods are developed at the interface between substantive fields like medicine, psychology, education, sociology, health care or economics and, on the other hand, statistical data analysis. Although RM focusses on the research problems that arise in practice, the aim is to find common elements and procedures that can be generally used in everyday research. Findings in RM are highly relevant for methodologists, epidemiologists and applied statisticians and for all those working in methodological/statistical consultancy and education.

Informatie over programma, kosten en inschrijving vindt u op de site <www.knaw.nl/rm2003/>.

7-11 juni 2003

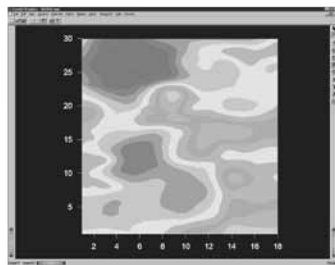
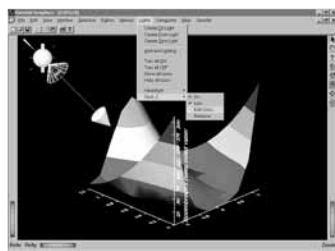
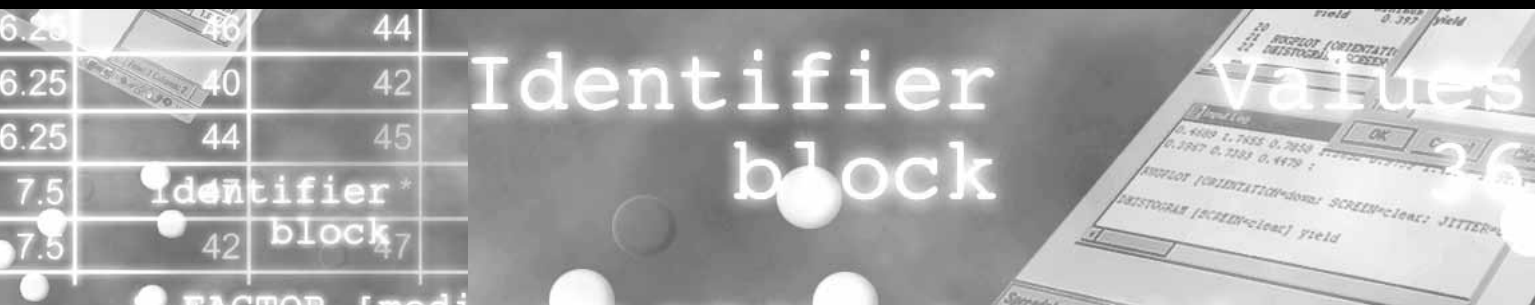
De **18de International Workshop on Statistical Modelling (IWSM)** wordt georganiseerd door het Biostatistisch Centrum van de Katholieke Universiteit Leuven en het Centrum voor Statistiek van het Limburgs Universitair Centrum.

IWSM aims to bring together researchers and all those interested in the development and applications of statistical modelling in its widest sense.

Spreekers die uitgenodigd zijn: Ron Brookmeyer (The Johns Hopkins University, USA), Marie Davidian (North Carolina State University, USA), Anastasios Tsiatis (North Carolina State University, USA), Henry Wynn (The University of Warwick, UK), Chris Chatfield (The University of Bath, UK).

Voor meer informatie: Jeannine Rongy, telefoon: (+32-16) 336892, e-mail: <jeannine.rongy@med.kuleuven.ac.be> en <www.luc.ac.be/censtat/IWSM2003>.

PROBABLY THE BEST STATISTICS PACKAGE CURRENTLY ON THE MARKET!



The new **GenStat® for Windows® 6th Edition**, available now, boasts a long list of new features and improvements.

GenStat's reputation for the quality and accuracy of its statistical functionality is unparalleled.

GenStat is developed at Rothamsted Experimental Station where many of the standard statistical techniques still in use were first discovered, and it has served the needs of the statistical community worldwide for over 30 years!

The package is developed by statisticians who understand the real needs of users and have first hand experience of dealing with challenges in the 'real world'.

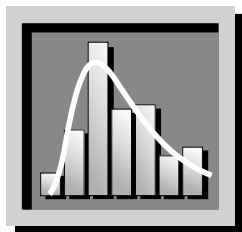
GenStat has the broadest range of statistical tools, all available in the standard package with no additional modules to install and pay for.

With its own, powerful and flexible high-level language, GenStat allows you to extend and customise its functionality virtually without limits. (Should you prefer to work with the user-friendly and familiar Windows® menu structure without writing a single line of 'code' that is, of course, also possible.)

If you have not tried GenStat recently this would be a good time to take another look! GenStat has been completely revised based on major market research and user feedback initiatives. In fact, in a recent series of focus group studies the respondents (consisting of professional users of statistical software from a variety of sectors) ranked GenStat as the best package currently on the market! Contact us to find out why...

For more information please contact:

Cosinus Computing, Postbus 220, 5150 AE Drunen, The Netherlands
tel. +31 (0) 416 543 444, fax +31 (0) 416 378 385, info@cosinus.nl
<http://www.cosinus.nl>



GenStat®

With GenStat you know you can!