

Verbetering rendement door logistiek : ondersteuning met simulatie

Citation for published version (APA):

Wortmann, J. C. (1991). Verbetering rendement door logistiek : ondersteuning met simulatie. *De Ingenieur*, 103(1), 32-36.

Document status and date:

Gepubliceerd: 01/01/1991

Document Version:

Uitgevers PDF, ook bekend als Version of Record

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

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.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

www.tue.nl/taverne

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

openaccess@tue.nl

providing details and we will investigate your claim.

Verbetering rendement door logistiek: ondersteuning met simulatie

Logistiek staat de laatste jaren sterk in de belangstelling. Vermoedelijk omdat allerlei voorstellen tot rendementverbetering afhankelijk zijn van een goede logistieke prestatie. Deze samenhang tussen rendementverbetering en logistiek zal hier nader uitgewerkt worden, waarbij met name aandacht geschonken wordt aan de bijdrage van simulatiemethoden en -technieken. Voorts wordt ingegaan op het feit dat, als men in het logistieke veld werkt, er steeds weer simulatiemethoden opduiken. De belangrijkste daarvan zijn continue simulatie, vooral bedoeld voor het verschaffen van inzicht in keteneffecten, discrete simulatie voor het ondersteunen van investeringsbeslissingen, en 'what-if'-simulatie als beslissingsondersteunend systeem.

Prof. dr. ir. J. C. Wortmann

De auteur is verbonden aan de Faculteit Technische Bedrijfskunde van de Technische Universiteit Eindhoven.

Dit artikel is een redactionele bewerking van de voordracht die de auteur op 14 november 1990 op uitnodiging van Datex BV hield tijdens de Productieproces-automatiseringsdagen (PPA-dagen) in het RAI Congressentrum in Amsterdam. De PPA-dagen worden door de RAI georganiseerd onder auspiciën van Holland Elektronica, Vereniging voor Elektronica en Industriële Automatisering. De integrale teksten van alle gehouden voordrachten zijn gebundeld en uitgegeven door Elektronica, vakblad voor elektrotechnicus en informaticus (Kluwer Technische Tijdschriften, Deventer).

Wat verstaat men in het verband logistiek - rendementverbetering onder 'logistiek'? Voorlopig kan dit gedefinieerd worden als: de vaardigheid om in het primaire bedrijfsproces de gewenste snelheid te krijgen. Met name snelheid is voor het rendement uitermate belangrijk.

Door het nemen van twee soorten maatregelen kan men tot beheersing van de snelheid in het primair proces komen, namelijk door de inrichting van het primaire proces zelf en door de manier waarop men beslissingen neemt. Dit geldt voor alle fasen van het bedrijfsproces: produktontwikkeling, productie en distributie.

Maar wat is het 'primaire proces'? Met 'primair proces' van een organisatie (of een deel daarvan) wordt bedoeld: het proces waaraan die organisatie haar bestaansrecht ontleent. Voor productiebedrijven is dit het voortbrengingsproces van fysieke goederen, voor een architectenbureau het voortbrengingsproces van ontwerpen.

Terzijde: een technische dienst ontleent zijn bestaansrecht aan het onderhoudsproces van produktiemiddelen. Men kan nu toch spreken van het primaire proces van de technische dienst, hoewel dat onderhoudsproces meestal heel anders is dan het primaire proces van de organisatie als geheel. Ergo: wat men het primaire proces noemt, hangt af van het deel van de organisatie dat men beschouwt.

Dan is er de vraag wat men precies onder de 'snelheid van het primaire proces' verstaat. Deze snelheid bestaat uit een aantal verschillende componenten. De meest voor-de-handliggende compo-

nent betreft de omloopsnelheid (S) van het vermogen (V) dat in voorraden en onderhanden werk opgeslagen is. Wanneer men de jaaromzet O door V deelt, verkrijgt men de omloopsnelheid (uitgedrukt in keren jaren). In formule:

$$S = O / V.$$

De omloopsnelheid moet meestal uitgesplitst worden naar produktgroep om een interessant gegeven voor analyse en verbetering op te leveren. Bij een gegeven jaaromzet is de omloopsnelheid rechtstreeks evenredig met het geïnvesteerde vermogen. Een verbetering van de omloopsnelheid draagt daarom regelrecht bij aan verbetering van het rendement.

In feite is het rendement (R, return on investment) het produkt van de omloopsnelheid en de winstmarge (W). In formule:

$$R = S \times W.$$

Hieruit blijkt dus dat de omloopsnelheid voor het rendement even belangrijk is als de winstmarge.

Waardoor wordt de omloopsnelheid bepaald? Allereerst door de inrichting van het primaire proces. In productiebedrijven komt dit tot uitdrukking in seriegrootten en wachttijden. Seriegrootten zijn een gevolg van omstelkosten van de capaciteiten. Deze omstelkosten worden bepaald bij de inrichting van het productieproces zelf. Zij kunnen met gerichte investeringsprogramma's vaak drastisch gereduceerd worden. Wachttijden zijn een gevolg van onder andere de storingsen in de capaciteiten en de variabiliteit van de bewerkingstijden. Deze beide factoren worden eveneens bepaald bij de inrichting van het primaire proces.

De Just-in-time (JIT) benadering van de logistiek heeft sterk de nadruk gelegd op verbetering van de omloopsnelheid via investeringen in het productieproces zelf. De aanpak is erop gericht, seriegrootten en wachttijden vrijwel te elimineren, zodat omloopsnelheden in de orde van grootte van één dag ontstaan in industrieën die elders in termen van maanden werken.

In de tweede plaats wordt de omloopsnelheid bepaald door de beslissingen die genomen worden. Men kan proberen de timing van goederenstromen aan hun vraag naar capaciteit zodanig in te richten, dat er geen wachttijden ontstaan en dat kleine series goed kunnen doorstromen.

De Manufacturing-Resources-Planning (MRP) benadering van de logistiek heeft sterk de nadruk gelegd op verbe-

tering van de omloopsnelheid via investeringen in beheersingssystemen en informatiesystemen, om 'slim' te kunnen beslissen.

Samenvattend zijn dus twee wegen aan te geven, waarlangs het vakgebied logistiek een bijdrage levert aan de verbetering van het rendement:

- door een verbeterde *inrichting* van het primaire proces;
- door verbeterde *beheersings- en informatiesystemen*.

Zoals zal blijken, kan simulatie voor beide wegen een belangrijk hulpmiddel vormen.

In het voorgaande werd het directe verband aangegeven tussen omloopsnelheid en rendement. Er zijn echter ook veel indirecte verbanden (afbeelding 1). Deze zijn echter moeilijker in formulevorm te beschrijven, maar zij zijn desondanks niet minder belangrijk. Laten wij eerst twee korte voorbeelden geven. Het eerste voorbeeld betreft kwaliteitskosten, dat wil zeggen de kosten van uitval, reparatie en keuring. Het is vanzelfsprekend dat deze kosten het rendement verlagen. Veel minder vanzelfsprekend is de stelling dat kwaliteitskosten door een snel primair proces verlaagd worden. Toch is deze stelling goed verdedigbaar: bij een snel primair proces zal men snel detecteren dat bepaalde producten niet aan de norm voldoen en zal men snel corrigerende actie ondernemen. Er wordt minder uitval geproduceerd dan in een productieproces met meer onderhanden werk. Er is dus een indirect ver-

band tussen de snelheid van het primaire proces en het rendement van de organisatie als geheel.

Het tweede voorbeeld betreft produktontwikkeling. Wanneer men nieuwe varianten van bestaande produkten op de markt wil brengen, is de snelheid van de produktontwikkeling vaak van doorslaggevend belang. Een aanzienlijk deel van deze snelheid wordt bepaald door de snelheid van het primaire proces. Dit wordt niet alleen veroorzaakt doordat het ontworpen produkt, alvorens het op de markt kan komen, ook nog gemaakt moet worden, maar vooral ook doordat de ontwikkeling bij het maken van prototypen, proef- en aanloopseries eveneens op het primaire proces moet wachten. Ook hier manifesteert zich dus indirect een verband tussen de snelheid van het primaire proces en het rendement van de organisatie als geheel.

Deze voorbeelden kunnen met vele andere uitgebreid worden. Zij geven telkens bedrijfsprocessen te zien, die van de voortgang van het primaire proces afhankelijk zijn. Daarom is het zo belangrijk in dit primaire proces aandacht te schenken aan de snelheid waarmee het uitgevoerd wordt.

De snelheid van het primaire proces omvat overigens meer dan alleen maar de omloopsnelheid van de goederen. In veel gevallen dragen ook besluitvormingsprocedures en informatieverwerking bij tot de doorlooptijd die de klant ervaart. Het is belangrijk deze 'administratieve' doorlooptijden niet uit het oog te verliezen.

Uit het voorgaande blijkt dat de relatie tussen logistiek en rendement complex is. Het moge dan ook weinig verwondering wekken dat juist bij ingrepen in het bedrijfsproces waarbij logistieke criteria nagestreefd worden, vaak modelmatig analysewerk nodig is. Bij dit werk worden simulatietechnieken veruit het meest toegepast.

Integrale logistiek

Het heeft weinig zin de snelheid van het primaire proces te optimaliseren in deeltrajecten, zonder oog te hebben voor het geheel. Investeren in verbetering van die snelheid moeten op het totale effect gericht worden. Dit houdt in dat logistiek zich moet richten op produktontwikkeling, productie en distributie. Wanneer al deze opeenvolgende schakels in de benadering betrokken worden, spreekt men van *integrale logistiek*. Integrale logistiek betekent natuurlijk niet dat men geen zinvolle verbeteringen in deeltrajecten zou kunnen aanbrengen. Het betekent dat men bij lokale veranderingen rekening houdt met de effecten op de snelheid en kosten van de goederenstroom als geheel.

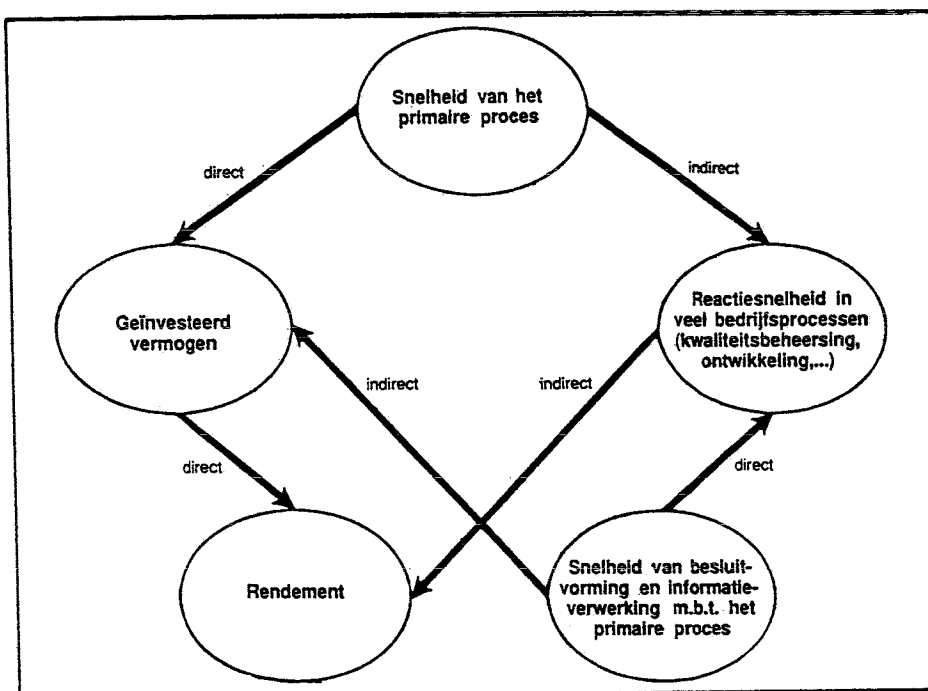
Bedrijfsoverschrijdende logistiek

In veel gevallen heeft de integrale logistiek betrekking op een bedrijf. De laatste jaren is er echter hernieuwde aandacht voor integrale logistiek in een keten van toeleverende bedrijven, met productiebedrijven, distributietrajecten en voorraadpunten (afbeelding 2).

Zoals de term 'hernieuwd' reeds suggereert, was er een paar decennia geleden ook al aandacht voor zulke ketens. Een van de pioniers van de integrale logistiek, Jay Forrester [1], onderzocht zulke ketens al in het begin van de jaren zestig. Hij was met name geïnteresseerd in zogenaamde opslinger-effecten. Dit betekent dat fluctuaties in de omzet, die stroomopwaarts in de keten optreden, veel groter zijn dan fluctuaties die stroomafwaarts in de keten optreden. Anders gezegd: zulke ketens fungeren als ruis-versterker.

Forrester kwam tot veel inzichten die tegenwoordig tot de vuistregels van de integrale logistiek behoren. Het bekendste resultaat is het volgende. Wanneer alle schakels in de keten op zichzelf beschouwd optimaal functioneren, functioneert het geheel duidelijk niet optimaal. Andere resultaten zijn, dat kleine series voor de keten als geheel meestal beter zijn dan grote series, dat men parameters niet abrupt moet bijstellen en dat elke schakel het beste kan reageren op de afzet van de keten als geheel.

Afb. 1 Directe en indirecte verbanden tussen omloopsnelheid en rendement.



In het kader van dit artikel is het vermeldenswaard dat Forrester tevens een pionier was in het gebruik van simulatie. Wiskundig gesproken was zijn werkwijze misschien niet revolutionair, maar zijn wijze van toepassen was dat wel. Hij ontwikkelde een speciaal simulatiepakket en besteedde veel aandacht aan het gebruik hiervan in de praktijk. In het simulatiepakket kan een flink aantal eenvoudige differentiaalvergelijkingen geformuleerd worden, die gezamenlijk opgelost worden bij gegeven begincondities. De gebruiker hoeft echter niet te weten dat deze vergelijkingen differentiaalvergelijkingen zijn en er worden geen hoge eisen gesteld aan zijn wiskundige niveau.

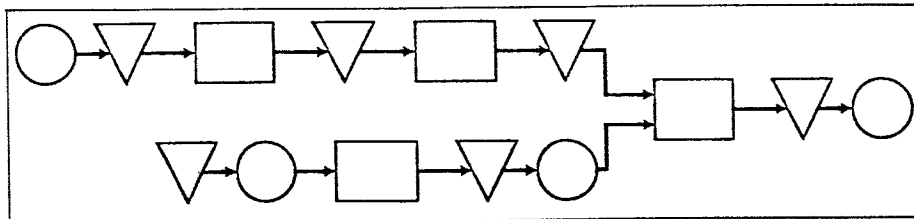
Forrester's werk heeft later nog op tal van plaatsen gevolgen gehad, waarbij het werk van de 'Club van Rome' wellicht het bekendste is. Zijn methode, *continue simulatie* genoemd vanwege het gebruik van differentiaalvergelijkingen, wordt ook momenteel nog veel toegepast, zoals wij nog zullen zien. Zijn resultaten lenen zich goed voor onderwijs in spelvorm. Hiervoor wordt soms de term *social simulation* gebruikt. De bedrijfsoverschrijdende logistiek is hernieuwd in het centrum van de belangstelling komen te staan door allerlei samenhangende ontwikkelingen. Allereerst is in de verschillende bedrijven afzonderlijk reeds veel bereikt. Daarnaast is er de trend tot internationalisatie van de productie en de afzet. Vervolgens is er de trend tot uitbesteding van datgene, wat niet tot de kernactiviteiten van het bedrijf behoort, in het bijzonder van transport en productie. In het verlengde hiervan moet co-makership genoemd worden.

Ten slotte biedt de moderne informatietechnologie de mogelijkheid tot snelle en goedkope informatie-overdracht over de bedrijfsgrenzen heen, de zogenaamde Electronic Data Interchange (EDI).

Fysieke distributie

Transport en opslag van goederen buiten de productiebedrijven wordt aangeduid met de term fysieke distributie. Zoals uit afbeelding 2 blijkt, vindt fysieke distributie niet alleen na productieactiviteiten plaats, maar ook ervoor. In de fysieke distributie heeft het logistieke denken de afgelopen decennia een hoge vlucht genomen. Dit geldt zowel voor de besturing van goederenstromen, als voor de inrichting van het distributieproces.

Bij de besturing van de goederenstroom in de fysieke distributie worden steeds



Afb. 2 Ketens van productie-transport en opslagactiviteiten.

vaker beslissingenondersteunende systemen gebruikt. Op de wat kortere termijn gaat het hierbij veelal om een verstandig gebruik van de beschikbare transportcapaciteit. Bij deze zogenaamde *rittenplanning* worden systemen ontwikkeld, die trachten een voorstel te doen voor een optimale planning.

Op de wat langere termijn gaat het daarbij vooral om het verwerven van de benodigde transportcapaciteit en het plannen van goederenstromen. Hiervoor zijn methoden zoals Distribution Resources Planning (DRP) beschikbaar [2]. Deze methoden optimaliseren zelf niets, maar rekenen de gevolgen van bepaalde beslissingen uit.

Voor beide soorten beslissingenondersteunende systemen wordt soms de term *simulatiemodel* gebruikt. Met name voor de tweede soort systemen geeft deze term goed weer dat de toekomstige goederenstromen 'voorgespeeld' worden. Het is echter belangrijk deze beslissingenondersteunende systemen goed te onderscheiden van modellen die inzicht geven in de *inrichting* van de fysieke distributie.

Produktontwikkeling

In het voorgaande is er al op gewezen dat ook produktontwikkeling een gebied is, waarop de logistiek vruchten kan afwerpen. Daarbij moet men onderscheid maken tussen klantenordergedreven en klantenorder-onafhankelijke produktontwikkeling. In het eerstgenoemde geval is de produktontwikkeling gewoon de eerste fase van het primaire proces. Het bijzondere van produktontwikkeling is alleen maar dat er veel onzekerheden over de aard van de werkzaamheden bestaan. Dat neemt niet weg dat men nog steeds over de inrichting en de besturing van dit primaire proces belangwekkende keuzen kan maken. En dat betekent ook dat men simulatieprogramma's kan ontwerpen, die deze alternatieven kunnen doorrekenen. Het is wellicht aardig om op te merken dat dit bijvoorbeeld in het Esprit-project 3143 'Factory of the future' ook inderdaad gebeurt, en wel met de aanpak van Forrester.

(Let wel: daarnaast wordt in de produktontwikkeling de term 'simulatie-

model' vaak gebruikt om een ontworpen product op de een of andere wijze te testen. Deze wijze van simuleren staat uiteraard geheel los van de simulatiemodellen van organisaties die elders in dit artikel ter sprake komen.)

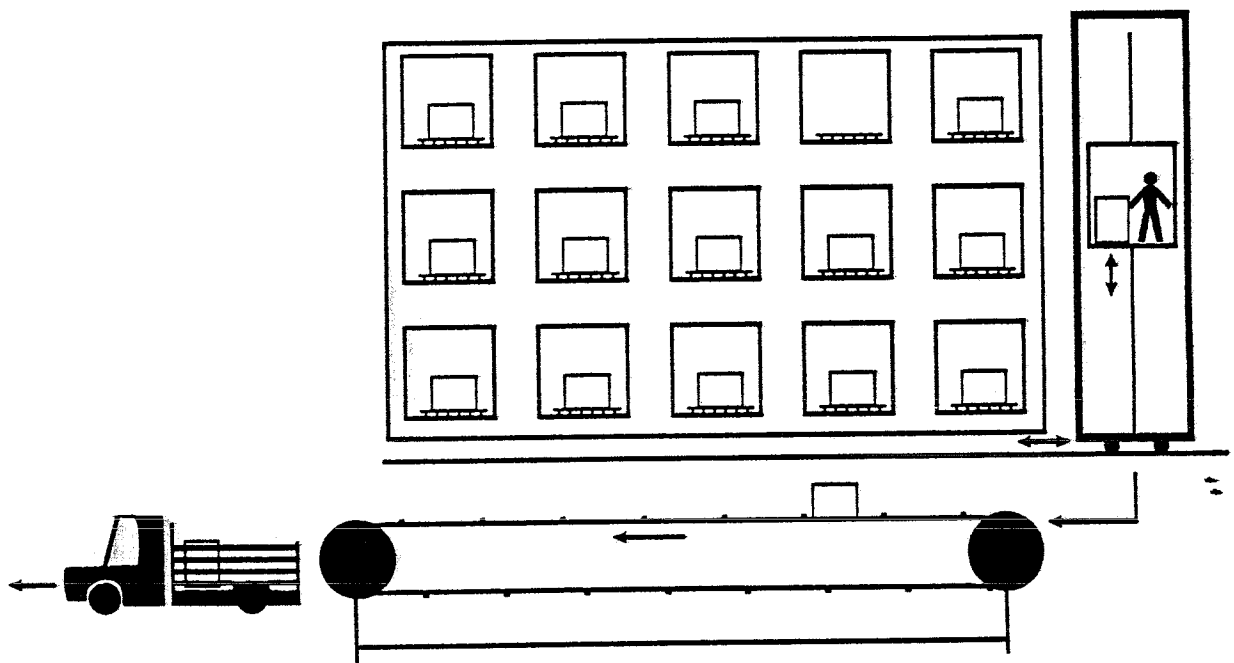
Logistiek in de productie: de rol van simulatie

Ook in de productie zijn ten gevolge van het logistieke denken de laatste decennia enorme veranderingen opgetreden. Ook hier moet allereerst onderscheid gemaakt worden in verbetering in de *beheersing van de goederenstroom* en verbetering in de *inrichting van het primaire proces*.

Het is binnen de productie gebruikelijk de beheersing op te delen in twee niveaus [3], te weten goederenstroombeheersing op fabrieksniveau en op afdelingsniveau. Bij goederenstroombeheersing op fabrieksniveau moet men vooral denken aan Manufacturing Resources Planning (MRP). Dit is een beslissingenondersteunend systeem dat vergelijkbaar is met DRP in de distributie. Het hart van MRP wordt gevormd door projecties van toekomstige goederenstromen door productie-afdelingen en voorraadpunten, uitgaande van de bestaande plannen. Men zou dit een 'what-if-simulatie' kunnen noemen, omdat toekomstige problemen gesignaleerd worden als men een bepaald plan ten uitvoer brengt. Hieruit kan ook eenvoudig een cash-flow-projectie afgeleid worden.

Bij de goederenstroombeheersing op afdelingsniveau hebben de meeste beslissingenondersteunende systemen in de praktijk ook een dergelijk 'what-if'-karakter. In de literatuur treft men ook wel optimaliseringsprogramma's aan, maar deze worden in de praktijk slechts in een beperkt aantal bedrijfstakken gebruikt.

Bij investeringen over de *inrichting* van het primaire proces wordt in toenemende mate aandacht geschonken aan logistieke aspecten. Om deze investeringen verantwoord te kunnen doen, is het



Afb. 3 Voorbeeld van een order-verzamelsysteem.

meestal gewenst opnieuw gebruik te maken van simulatietechnieken. Deze kunnen twee oogmerken hebben:

- onderzoek een gegeven ontwerp op zijn interne werking: is het systeem onder alle omstandigheden (bijv. storingen) betrouwbaar;
- onderzoek een gegeven ontwerp op zijn externe werking: is het systeem bij wijziging van de omstandigheden robuust?

Voor deze beide vragen gebruikt men gewoonlijk modellen, aangeduid met *discrete simulatie*. Hierbij wordt een computermodel van het systeem gemaakt, waarbij men met een groot aantal orders de werking van het systeem naspeelt. De kracht van discrete simulatie is vooral gelegen in het feit dat men ook verstoringen of wijzigingen in de omstandigheden kan naspelen.

Hoewel men voor het onderzoek naar betrouwbaarheid en robuustheid dezelfde *soorten* modellen kan gebruiken, gebruikt men meestal niet *dezelfde* modellen. Bij betrouwbaarheid gaat het vooral om real-time-problemen en om het testen van besturingen van (deels) geautomatiseerde fabrieken, bij het testen van de robuustheid neemt men aan dat de betrouwbaarheid wel in orde is en varieert men de externe omstandigheden.

Een voorbeeld van het testen van de robuustheid.

In afbeelding 3 is een order-verzamelsysteem weergegeven. Het betreft hier

een wand met stellingen van 180 m lang en 6 m hoog. De stelling zijn ingedeeld in locaties van 2m x 2m, waar in meterbakken de produkten staan. In deze wand vindt men dus 3 rijen x 90 kolommen = 270 locaties, en dus ook 270 verschillende typen produkten.

Men ontwierp een verrijdbare cabine waarmee de order-verzamelaar op de drie verschillende niveaus orderregels kan uitvoeren door aantallen goederen uit de emballage te nemen en deze op een lopende band te plaatsen. De lopende band eindigt in de vrachtwagen, alwaar de chauffeur de goederen per order stapelt en, aan de hand van de klantenorder en de aantallen, controles uitvoert.

Bij de opzet van het systeem werd aangenomen dat een gemiddelde klantenorder 20 orderregels kent en dat er maximaal 40 klantenorders per dag verwacht zouden moeten worden. Men nam aan dat de tijd om een orderregel uit te voeren en om naar de volgende locatie te komen niet langer dan een minuut zou bedragen. In dat geval kunnen $40 \times 20 = 800$ orderregels in twee ploegen gemakkelijk uitgeleverd worden, omdat men $16 \times 60 = 960$ minuten beschikbaar heeft.

Dit systeem is in de praktijk gerealiseerd en bleek niet te werken. Daarvoor waren veel redenen aan te geven (zoals het feit dat er continu een vrachtwagen moet staan te wachten en het feit dat er slechts één order tegelijk van de lopende band geleverd kan worden). Maar de

belangrijkste reden is: de tijd die de orderverzamelaar nodig heeft om één ronde te maken, wordt hoofdzakelijk bepaald door zijn eigen beweging langs de stellingen. Dat betekent dat een order met 40 orderregels slechts weinig méér tijd kost dan een order met 20 orderregels. De klanten van het bedrijf begonnen echter steeds méér orders van steeds kleinere omvang te plaatsen. Bijgevolg liep het systeem al snel vast.

Dit voorbeeld moge illustreren, welke soorten vragen men met een robuustheidsonderzoek aanpakt. In veel gevallen zouden investeringen aanzienlijk meer verantwoord gedaan worden, wanneer de gevoeligheid van de voorgestelde oplossing voor dit soort randvoorwaarden onderzocht zou zijn. Hiervoor leent een simulatie-aanpak zich uitstekend.

Literatuur

- [1] Forrester, J., *Industrial Dynamics*; Wiley, New York, 1961.
- [2] Goor, A. R. van, Ploos van Amstel, M., Ploos van Amstel, W., *Fysieke Distributie; denken in toegevoegde waarde*; Stenfert Kroese, Leiden, 1990.
- [3] Bertrand, J. W. M., Wortmann, J. C., Wijngaard, J., *Productiebeheersing en Material Management*; Stenfert Kroese, Leiden, 1990.