

rapport van de club van rome





rappport van de club van ROME

De grenzen aan de groei

DENNIS MEADOWS (MIT)
met commentaar van
DE CLUB VAN ROME



Uitgeverij Het Spectrum N.V.
Utrecht/Antwerpen

Oorspronkelijke titel:
The Limits To Growth -
A Report for the Club of Rome Project
on The Predicament of Mankind
Uitgegeven door Universe Books, New York
© 1972 by Dennis L. Meadows
Art direction omslag: Niek Hiemstra
Ontwerp omslag: Studio Spectrum
Foto omslag: Foto Unit

This translation copyright © 1972 by Het Spectrum.
No part of this book may be reproduced in any form, by print, photo-
print, microfilm or any other means without written permission from the
publisher.
Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt
door middel van druk, fotocopie, microfilm of op welke andere wijze ook
zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Inhoud

Voorwoord	7
Presentatie	9
inleiding	21
I. De aard van de exponentiële groei	29
II. De grenzen aan de exponentiële groei	49
III. De groei in het wereldsysteem	93
IV. Technologie en de grenzen aan de groei	135
V. De toestand van wereldomvattend evenwicht	163
Nawoord van het Uitvoerend Comité van de Club van Rome	193
Aanhangsel	205
Noten	209
Lijst van figuren	213
Lijst van tabellen	215

Voorwoord

Het is niet toevallig dat in het dichtbevolkte Nederland en België het door een samenloop van omstandigheden in de publiciteit gekomen ontwerp-rapport inzake het op initiatief van de Club van Rome uitgevoerde MIT-onderzoek veel discussie op gang heeft gebracht. Als men namelijk de landen rangschikt in volgorde van nationaal inkomen per hectare neemt Nederland de eerste plaats in, op de voet gevolgd door Japan, terwijl ook België hoog op deze lijst prijkt. Derhalve ondervinden wij dagelijks de gevolgen van de door de Club van Rome ter discussie gestelde problematiek: het kwantitatief en kwalitatief in elkaar grijpen van dominerende problemen.

Het is voor de verdieping van de reeds intensief op gang gekomen discussie over het werk van de Club van Rome van veel belang dat de Nederlandse vertaling van het definitieve MIT-rapport, gepresenteerd en becommentariseerd door de Club van Rome, snel kon verschijnen. Dit werd mogelijk gemaakt door de enthousiaste en toegewijde medewerking van het team van vertalers: drs. F. Franken; dr. L. Ginjaar, dr. M.E. Kronenberg, J. Munnik, drs. G.W. Schoch, ir. E.J. Tuininga en W.C.L. Zegveld, allen verbonden aan de Nederlandsche Organisatie voor Toegepaste-Natuurwetenschappelijk Onderzoek TNO. Namens het Uitvoerend Comité van de Club van Rome dank ik dit team voor de zorgvuldige en snelle wijze waar-

op het de vertaling verzorgd heeft, daarbij voor de secretariaatswerkzaamheden bijgestaan door de dames: D. van Calcar, M.A. Pijnacker, P. Timmermans en A.J. van der Voort. Een speciaal woord van dank komt ook toe aan de uitgever, die deze publikatie door het vaststellen van een 'symbolische' prijs binnen ieders bereik heeft gebracht.

Ter verdere inleiding kan verwezen worden naar de aan het MIT-rapport voorafgaande 'presentatie'.

C.J.F. Böttcher

Presentatie

De Club van Rome, een groep van particulieren uit alle werelddelen, die bezorgd is over de toenemende dreiging van de vele met elkaar verbonden problemen waartegenover de mensheid zich gesteld ziet, nodigde in augustus 1970 de System Dynamics Group van het Massachusetts Institute of Technology (Boston) uit een studie te maken van de trends en wisselwerkingen van een beperkt aantal factoren die de samenleving op onze aarde bedreigen. Dit onderzoek vormt een onderdeel van het grotere project, betrekking hebbend op de 'Kritieke Situatie van de Mensheid', dat de Club van Rome in de komende jaren wil uitvoeren, als een bijdrage tot beter begrip van de verschillende toekomstmogelijkheden waarvoor alle volken en naties zich op dit beslissende keerpunt in de geschiedenis der mensheid gesteld zien. Het MIT-onderzoek, dat belangeloos door de Volkswagen Stiftung werd gefinancierd, heeft als doel het bepalen van de fysieke grenzen en beperkingen die aan de vermenigvuldiging van mens en materiële activiteit op onze planeet gesteld zijn. Daarom werd het 'De Grenzen aan de Groei: Een wereldomvattende uitdaging' genoemd.

Het rapport van deze groep wetenschapsmensen is nu beschikbaar en we leggen het gaarne voor aan het publiek en de beleidsvormers. De conclusies geven aan dat de mensheid niet kan blijven doorgaan zich met toenemende

snelheid te vermenigvuldigen en materiële vooruitgang als hoofddoel te beschouwen, zonder daarbij in moeilijkheden te komen. Dat we de keuze hebben óf nieuwe doelstellingen te zoeken teneinde onze toekomst in eigen hand te nemen, óf ons te onderwerpen aan de onvermijdelijk wredere gevolgen van ongecontroleerde groei.

Het rapport levert gegevens om hen te steunen die zich reeds zorgen maken over de huidige loop der gebeurtenissen en de waarden die daaraan ten grondslag liggen, en biedt degenen die afwijkende meningen of gegevens hebben de gelegenheid de resultaten en conclusies te weerleggen. Wij zijn ervan overtuigd dat dit document met de grootste aandacht bekeken moet worden, en dat het om kritische discussies vraagt. Er is zeker zowel meer onderzoek en studie, als meer betrouwbare informatie nodig, voordat een degelijke grondslag voor beslissingen gelegd kan worden. Maar, zelfs in dit stadium van het onderzoek wordt het duidelijk dat er enige fundamentele wijzigingen in onze levensfilosofie en in ons gedrag noodzakelijk zijn.

Om de dialoog op gang te brengen, geven we hierna de redenen die de Club van Rome ertoe gebracht hebben om dit eerste project uit te laten voeren.

De toestand van de mens

Duizenden jaren heeft de mens zich omhoog geworsteld uit een elementair bestaan en gedurende deze gehele periode is de technologie, hoe primitief ook, zijn voornaamste middel geweest. Het vuur, het wiel, de ploeg, elementair smeedwerk - deze en andere technieken - leidden tot een gevestigde landbouw, het stichten van steden en het ontstaan van een reeks ambachtelijke industrieën. De industriële revolutie vormde een kritiek punt in deze ontwikkeling, leidde tot een explosie van activiteit, grauwheid en overvloed en werd de drempel van de wereld, zoals we die nu in de zogenaamde ontwikkelde landen kennen. Door blootlegging van de aard van de materie en de natuurkundige wetten ver-

snelde de wetenschap dit proces aanmerkelijk, daardoor de weg banend voor een reeks van, op de wetenschap berustende mechanische, chemische en elektrische industrieën, waarvan de produkten nu niets bijzonders meer zijn. Zij legde de grondslag voor de huidige materialistische maatschappij, gekenmerkt door consumptie en verspilling die op een deel van de aarde overheersen. Tegelijkertijd heeft het grootste deel van de mensheid dat in de resterende gebieden leeft - hoewel meegesleept door deze wervelwind van verandering - daarvan slechts in geringe mate voordeel getrokken.

Inmiddels zijn er spectaculaire vorderingen in het wetenschappelijk onderzoek gemaakt. De immense uitgaven die daarvoor in alle geïndustrialiseerde landen werden gedaan, zorgden voor een rijke en groter wordende schatkamer van kennis waaruit ongetwijfeld een verdere veelomvattende nieuwe technologische ontwikkeling te voorschijn zal komen met enorme, maar vaag onderkende, gevolgen voor de toekomst van de samenleving. We moeten het uitzonderlijke succes van de wetenschap en de technologie bij het verhogen van welvaart en economische groei tot een op onze planeet ongekend niveau erkennen; het heeft onze voedselvoorraden vergroot en verrijkt, onze levens verlengd, gezondheid aan miljoenen gebracht en vrije tijd mogelijk gemaakt. Vorige generaties zouden dit een gouden eeuw vinden.

Maar wetenschap en technologie, met al hun voordelen, hebben ook sterk bijgedragen aan de ingewikkeldheid van de hedendaagse toestand, aan de uitzonderlijke bevolkingsgroei, die we meemaken, aan de vervuiling en de andere onplezierige neveneffecten van de industrialisatie. Wij hebben geen behoefte aan een terugkeer tot de toestand van een aantal eeuwen geleden toen de groei van de bevolking door honger en ziekte belemmerd werd, maar we hebben nog niet geleerd het heden onder controle te houden. En, bij gebrek aan een heldere kijk op de door ons gewenste toekomst, weten we niet precies in welke richting we de enorme kracht die het wetenschappelijk en technologisch onderzoek vertegenwoordigt,

moeten leiden - een kracht die de mogelijkheid van vooruitgang of vernietiging in zich heeft.

Nu dus het doel van de eeuwenoude strijd van de mens tegen armoede, ziekte en het-moeten-werken bijna bereikt is, bekruipt ons desillusie en twijfel. We beginnen te merken dat in onze technologische maatschappij iedere vooruitgang de mens zowel onmachtiger als sterker maakt. Iedere nieuwe macht over de natuur die veroverd wordt, blijkt evenzeer een macht over de mens. Wetenschap en technologie hebben ons zowel de dreiging van de thermo-nucleaire ondergang als gezondheid en voorspoed gebracht; de toename van de bevolking en de trek naar de steden heeft geleid tot nieuwe en vernederende vormen van armoede en opsluiting in een smerige, vaak cultureel steriele, lawaaiige en ontaarde, verstedelijking; elektriciteit en voortstuwing hebben de last van de lichamelijke arbeid verminderd, maar ook de voldoening in dat werk doen wegebben; de auto brengt vrijheid van beweging, maar ook vergif in de steden en fetisjisme voor machines. De ongewenste nasleep van de technologie is ál te duidelijk, en veroorzaakt een bedreiging, die onherroepelijk zou kunnen worden voor ons natuurlijk milieu; sommige mensen worden in toenemende mate van de samenleving vervreemd en verwerpen autoriteit; verslaving aan drugs, misdaad en misdadigheid zijn aan het toenemen, het geloof - niet alleen in de religie, die de mens eeuwenlang heeft gesteund, maar ook in het partij-politieke proces en de doeltreffendheid van de sociale hervorming - is aan het afnemen. Al deze moeilijkheden schijnen groter te worden bij meer overvloed.

Daarom is er, hoewel de nadruk nog steeds op de wenselijkheid van toenemende produktie en consumptie ligt, in de meest welvarende naties een stijgend gevoel dat de kwaliteit van het bestaan afneemt, en de grondslag van het hele systeem wordt zodoende ter discussie gesteld. Tegelijkertijd vraagt de toestand in de onderontwikkelde gebieden van de wereld nog veel meer aandacht. Hier zijn de tegenstellingen nog scherper tussen de verwachtingen, gewekt door de toverkracht van de

technologie en het kleine aandeel dat deze bevolkingsgroepen kunnen vergaren van een vooruitgang die elders zo schitterend schijnt. Zo zijn er, in het spoor van wetenschappelijke en technologische vooruitgang, onverdraaglijke psychologische, politieke en economische kloven tevoorschijn gekomen, die de 'haves' (bezitters) en de 'have-nots' (niet-bezitters) in de wereld tegenover elkaar plaatsen. Een verdere verslechtering van deze stand van zaken zou politieke explosies onvermijdelijk maken.

Zo zijn we er ons in deze tijd van snelle verandering, van bewust geworden dat de mens een schepsel is dat, zij het vaag, zijn afkomst doorgrondt en die enige macht over zijn toekomst heeft, maar die ieder werkelijk gevoel voor richting mist. De technologie heeft zijn fysieke krachten enorm vergroot en uitgebreid, maar schijnt weinig of niets tot zijn redelijkheid of wijsheid te hebben bijgedragen. Organische evolutie, waarbij duizenden jaren nodig waren voor het via mutatie te voorschijn komen van een nieuw gezond ras, kan niet langer op deze situatie van de mens van toepassing zijn: hij heeft een punt bereikt waarop hij een volkomen nieuwe weg voor zijn culturele evolutie uit moet werken.

De wereldproblematiek - Symptomen en ziekte

Onder deze omstandigheden worden de mensen overal in toenemende mate met een reeks van onhandelbare en moeilijke grijpbare problemen geconfronteerd - verstoring van het milieu, crisis van gewoonten, bureaucratisering, oncontroleerbare uitbreiding van steden, onzekerheid over werkgelegenheid, vervreemding van de jeugd, verwerping door een steeds groter aantal mensen van de waardesystemen van onze samenleving, inflatie en andere monetaire en economische verstoringen om er maar een paar te noemen. Deze schijnbaar verschillende problemen hebben drie kenmerken gemeen. Ten eerste hebben ze wereldwijde afmetingen of invloeden en verschijnen zij, ongeacht het heersende sociale of politieke systeem, in bepaalde ontwikkelingsfases, in alle landen.

Ten tweede zijn zij complex en bevatten zij tegelijk technische, sociale, economische en politieke elementen. En ten slotte hebben zij onderling een sterke wisselwerking, op een manier die wij nog niet doorzien.

Het is dit onderling verweven kluwen van problemen dat wij 'de Problematiek' noemen. De onderlinge verbanden zijn zo fundamenteel en zijn zo kritiek geworden dat het niet langer mogelijk is één enkele belangrijke kwestie uit het kluwen van de Problematiek te isoleren en afzonderlijk te behandelen. Zo'n poging vergroot slechts de moeilijkheden in andere en vaak niet voorziene delen van het geheel. Om dezelfde redenen kan geen natie, zelfs niet de grootste, hopen de eigen problemen op te lossen zolang die, welke het wereldsysteem bedreigen, onopgelost blijven. Onze gebruikelijke methoden van analyse, benadering, beleidsvormen en regeringssystemen falen alle als ze geconfronteerd worden met deze complexe situaties. We weten zelfs niet wat de toekomst of de indirecte gevolgen van onze huidige, zogenaamde 'oplossingen' zullen zijn.

Dit is dan 'De Kritieke Situatie van de Mensheid': We kunnen de afzonderlijke symptomen van de diepe malaise van de maatschappij bespeuren, toch zijn we niet in staat de betekenis en de onderlinge verbanden van de talloze componenten daarvan te begrijpen of de fundamentele oorzaken vast te stellen. En daarom zijn wij niet in staat passende antwoorden te bedenken.

Het zijn deze overwegingen en de noodzaak nieuwe antwoorden te zoeken, die de Club van Rome ertoe bracht dit project te beginnen. Onze zorg betreft de toekomst van de mensheid, die zoveel weet, zoveel heeft volbracht, echter met zo weinig wijsheid en gevoel voor richting. Wij geloven dat de tijd is gekomen dat de mensheid eenvoudigweg een situatie onder ogen moet zien, die het uiteindelijke resultaat is van steeds sterker tastbare gevolgen van een unieke periode met uitzonderlijke en ongeordende groei - van bevolking, technologische en wetenschappelijke resultaten en economische prestaties.

Wij zijn ervan overtuigd dat onze huidige sociaal-politieke organisatie, korte-termijnvisies, versnipperde benadering en bovenal ons tegenwoordig waardensysteem, niet in staat zijn de moderne Problematiek die steeds complexer en wereldomvattender wordt aan te kunnen of zelfs maar de ware aard ervan te doorgronden. Er moeten diepgaande veranderingen aangebracht worden om de toestand van de wereld weer bij te sturen vóór het te laat is. De veranderingen kunnen pas dán goed beginnen en gericht worden, als wij begrijpen hoe de nieuwe realiteiten waar wij voor staan, verschillen van die welke de mensheid in voorbije eeuwen heeft gekend en welke haar biologische en psycho-sociale evolutie vorm hebben gegeven; hoe deze door haar eigen ingreep zijn veranderd en vooral hoe de nieuwe tweeslachtige natuurlijke, gedeeltelijk door de mens gemaakte structuren die nu het leven op onze planeet bepalen, werkelijk functioneren.

Het MIT-project

De eerste stap bij ieder wetenschappelijk pogen is het herkennen en nauwkeurig formuleren van het vraagstuk, dat aangepakt moet worden. Het eerste doel van de Club van Rome bij de benadering van de (wereld)Problematiek was daarom de aard, afmetingen en dynamiek hiervan diepgaand te onderzoeken. Om dat te doen werd gezocht naar erkende, analytische methoden, die de vele variabelen die onderzocht moeten worden om tot een algemene beoordeling van de huidige wereldsituatie te komen, - rationeel zouden kunnen verwerken.

Na verscheidene maanden van besprekingen en studie werd één specifieke methode uitgekozen, namelijk die van System Dynamics, ontwikkeld door prof. Jay W. Forrester op het Massachusetts Institute of Technology (Boston). Deze techniek, oorspronkelijk voortgekomen uit de analyse van industriële vraagstukken, was reeds toegepast bij het onderzoek van vele andere complexe systemen, waaronder die van het stedelijk verval, de interne geneeskunde en sociale problemen.

Met het oog op onze behoeften ontwikkelde prof. Forrester een voorlopig wereldmodel, waarin werden opgenomen enkele van de belangrijkste verbanden, die ten grondslag liggen aan het samenspel van kritische problemen die tevoren door de Club geïdentificeerd waren. Deze benadering bleek duidelijk beloften in te houden voor het nabootsen van de wisselwerking van enkele van de voornaamste variabelen binnen het systeem dat de wereldproblematiek weergeeft. Op basis hiervan stelde de Volkswagen Stiftung financiële middelen beschikbaar die het mogelijk maakten, onder leiding van prof. Dennis L. Meadows, een interdisciplinair team van geleerden, bijeen te brengen, t.w.: Jørgen Randers (Noorwegen), Erich K. Zahn (Duitsland), Donella H. Meadows (VS), Ilyas Bayar (Turkije), William W. Behrens (VS), Farhad Hakimzadeh (Iran), Peter M. Milling (Duitsland).

Het is een belangrijk voordeel van de Systems-Dynamics-techniek dat deze een visuele of mathematische weergave van de wereldverbanden mogelijk maakt in termen die snel door iedereen begrepen kunnen worden. Hoog ontwikkelde mathematische kennis is niet noodzakelijk om de resultaten van een dergelijke studie te begrijpen, te gebruiken of eraan bij te dragen. Zo kunnen demografen, economen, regeringsleiders en anderen die in de Problematiek zijn geïnteresseerd de uitkomsten gemakkelijk op hun eigen gebieden toepassen.

De voornaamste doelstelling van het MIT-onderzoek was de onderlinge afhankelijkheid en de wisselwerking van vijf kritische factoren in wereldverband na te gaan: bevolkingsgroei, voedselproductie, industrialisatie, uitputting van natuurlijke hulpbronnen en vervuiling. Dit eiste de selectie van een aantal veronderstellingen die op de onderlinge verhoudingen tussen de afzonderlijke elementen betrekking hebben en die gesteund worden door de bestaande kennis van de werkelijkheid. Er werd met het oog op de specifieke aspecten van de structuur van het model en de geldigheid van de invoergegevens, aan veel andere experts advies gevraagd. Dit kon een zekere graad van subjectiviteit, waarvan wij menen dat

deze in ieder geval niet groter is dan in de mentale (verstandelijke) modellen die tegenwoordig de menselijke beslissingen leiden, niet elimineren.

Naast dit algemene rapport is een volledig technisch rapport beschikbaar met gedetailleerde verwijzingen en opmerkingen betreffende de invoergegevens en de veronderstellingen, evenals beschrijvingen van gebruikte technieken en informatie over de computerverwerking. Er zijn ook een aantal verfijnde deelstudies over bijzondere probleemgebieden voorbereid. Zij zijn onderwerp van afzonderlijke verhandelingen.

Bij de aanbieding van dit algemene rapport - dat een samenvatting is van het verrichte onderzoek, de bevindingen, de voorlopige conclusies en de opmerkingen van de medewerkers aan deze unieke poging - willen wij openlijk uitdrukking geven aan onze grote waardering voor Dennis Meadows en zijn collega's, voor de bijdrage die zij hebben geleverd aan het begrip van de nieuwe en moeilijke omstandigheden die wij gezamenlijk in onze veranderende wereld tegemoet moeten treden. Aan het einde van dit boek zullen wij aangeven in welke mate de verwachtingen die wij koesterden toen wij MIT vroegen dit onderzoek uit te voeren, zijn vervuld en wij zullen in het kader van ons algemene project over 'De Kritieke Situatie van de Mensheid' onze interpretatie van de betekenis van het rapport geven.

**Frits Böttcher, Alexander King, Saburo Okita,
Aurelio Peccei, Eduard Pestel, Hugo Thiemann,
Carrol Wilson**

Als de aarde dat grote deel van haar aantrekkelijkheid, dat zij dankt aan zaken die haar, door de toename van de rijkdom en van de bevolking, onttrokken zouden worden, moet verliezen - alleen met het doel haar in staat te stellen een grotere, maar niet een betere of meer gelukkige bevolking in stand te houden - dan hoop ik in het belang van de nakomelingen ernstig, dat zij ermee tevreden zullen zijn in aantal gelijk te blijven, lang voordat de noodzaak hen daartoe dwingt.

John Stuart Mill,
Principles of Political Economy
Engeland, 1857

Inleiding

Ik wil niet de schijn wekken te dramatisch te zijn, maar uit de informatie waar ik als secretaris-generaal over beschik kan ik alleen maar concluderen dat de leden van de Verenigde Naties misschien nog maar 10 jaar hebben om hun onderlinge vetes op te lossen en te beginnen aan een wereldwijd deelgenootschap om de bewapeningswedloop te beteugelen, het milieu te verbeteren, de bevolkingsexplosie in toom te houden en de vereiste stuwkracht voor ontwikkelingsinspanningen te leveren. Als zo'n wereldwijd deelgenootschap niet in de komende tien jaar wordt gesmeed, dan vrees ik zeer dat de genoemde problemen zulke duizelingwekkende afmetingen zullen hebben aangenomen, dat zij door ons niet meer beheerst kunnen worden. *Oe Thant, 1969*

De problemen die Oe Thant in het bovenstaande noemt - bewapeningswedloop, verslechtering van het milieu, bevolkingsexplosie, economische stagnatie - worden vaak aangehaald als de centrale, lange-termijnproblemen van de moderne mens. Velen geloven dat de toekomstige ontwikkeling van de menselijke samenleving, misschien zelfs het voortbestaan van de menselijke samenleving, afhangt van de snelheid en doelgerichtheid van het antwoord op deze vraagstukken. En toch is op dit moment maar een klein deel van de wereldbevolking daadwerkelijk bezig met het onderkennen van deze problemen of het zoeken naar oplossingen.

Het gezichtsveld van de mens

Ieder mens in de wereld wordt geconfronteerd met een aantal spanningen en problemen die zijn aandacht en actie vragen. Deze problemen raken hem op vele verschillende niveaus. Hij kan veel van zijn tijd besteden aan het zoeken naar voedsel voor hemzelf en zijn gezin. Hij kan zich bekommeren over persoonlijke macht of de macht van het land waarin hij woont. Hij kan bezorgd zijn over het uitbreken van een wereldoorlog gedurende zijn leven of over een oorlog volgende week met een rivaliserende stam in zijn omgeving.

Deze zeer verschillende niveaus van menselijke zorg kunnen voorgesteld worden in een grafiek zoals getoond in fig. 1. De grafiek heeft twee dimensies, ruimte en tijd. Elke menselijke zorg kan op een bepaald punt in de grafiek aangegeven worden, afhankelijk van de vraag hoeveel geografische ruimte hij nodig heeft en hoe ver hij zich in de tijd uitstrekt. De zorgen van de meeste mensen zijn gelegen in de linkerbenedenhoek van de grafiek. Hun leven is zwaar en zij moeten bijna al hun krachten besteden aan de zorg voor zichzelf en hun gezinnen. Andere mensen denken over en werken aan problemen verder verwijderd van de ruimte- of tijdas. De spanningen die zij waarnemen, hebben niet alleen betrekking op henzelf, maar vooral op de gemeenschap waarmee zij zich vereenzelvigen. Hun maatregelen strekken zich niet over dagen uit, maar over weken of jaren in de toekomst.

Het tijd- en ruimteperspectief van iemand hangt af van zijn cultuur, zijn vroegere ervaringen en de urgentie van de problemen waarmee hij op elk niveau geconfronteerd wordt. De meeste mensen moeten eerst op een kleiner gebied met succes problemen hebben opgelost, vóordat zij zich bezig kunnen houden met problemen op grotere schaal. In het algemeen geldt dat hoe groter de ruimte is en hoe langer de tijd waarover een probleem zich uitstrekt hoe minder mensen zich daadwerkelijk betrokken zullen voelen bij de oplossing ervan.

Een beperking tot een te klein gebied kan teleurstellend en gevaarlijk zijn. Er zijn vele voorbeelden van mensen

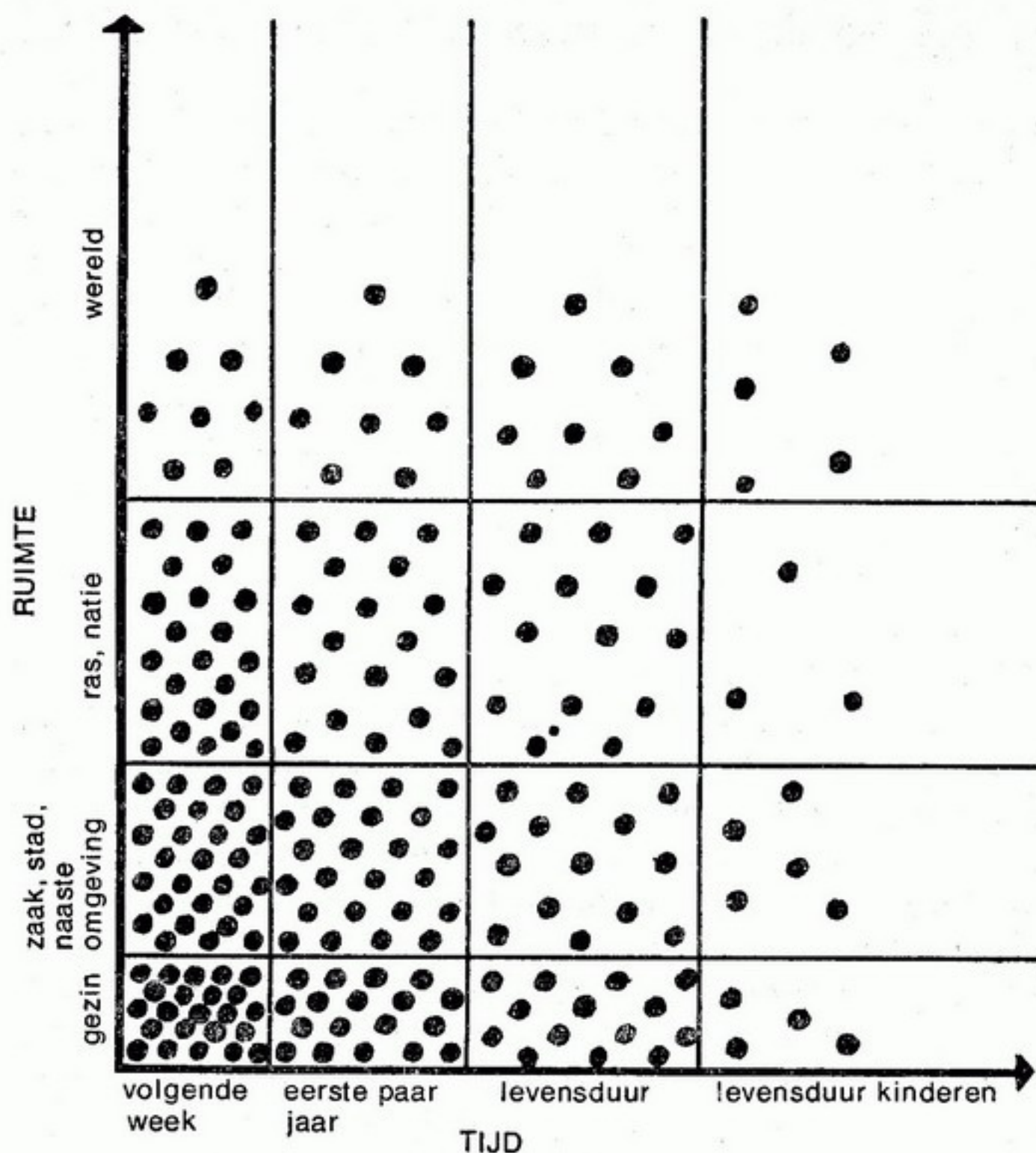


Fig. 1. Gezichtsveld van de mens. Hoewel het gezichtsveld van vele mensen in tijd en ruimte verschilt, kan de betrokkenheid van ieder mens ergens in de ruimte-tijd-grafiek aangegeven worden. De meeste mensen hebben alleen belangstelling voor zaken die familie of vrienden raken en dan slechts over een kort tijdsverloop. Anderen kijken verder in de tijd vooruit of over een groter gebied - een stad of volk. Maar heel weinig mensen hebben een wereldwijd gezichtsveld dat zich tot ver in de toekomst uitstrekt.

die met alle macht streven naar een oplossing van een dringend lokaal probleem, om daarna hun pogingen te zien mislukken door gebeurtenissen in groter verband. Een zorgzaam onderhouden akker van een boer kan verwoest worden door een internationale oorlog. Plannen van gemeentelijke overheden kunnen in de war worden gestuurd door een nationaal beleid.

De economische ontwikkeling van een land kan tegen-
gewerkt worden door het ontbreken van vraag op de wereldmarkt naar zijn produkten. Er is inderdaad op het ogenblik groeiende zorg over het feit dat de meeste individuele en nationale doelstellingen uiteindelijk gedwarsboemd kunnen worden door wereldomvattende lange-termijntrends, zoals door Oe Thant werden genoemd. Zijn de gevolgen van deze mondiale trends nu zo schrikwekkend dat hun oplossing prioriteit zou verdienen boven lokale en korte-termijnproblemen?

Is het waar dat er minder dan tien jaar is, zoals Oe Thant stelde, om deze trends onder controle te brengen?

Indien zij niet onder controle worden gebracht, wat zullen dan de gevolgen zijn?

Welke methoden zijn er voorhanden om de wereldomvattende problemen op te lossen en wat zullen de resultaten en de kosten zijn als deze methoden worden gebruikt? Dit zijn de vragen die we onderzochten in de eerste fase van het Project van de Club van Rome over de Kritieke Situatie van de Mensheid. Onze aandacht is dus geheel gericht op de rechterbovenhoek van de ruimte-tijdgrafiek.

Problemen en modellen

Elke mens pakt zijn problemen aan - waar deze zich ook op de ruimte-tijdgrafiek voordoen - met behulp van modellen. Een model is gewoon een geordend stelsel van veronderstellingen over een complex systeem. Het is een poging enige aspecten van de oneindig gevarieerde wereld te begrijpen via een op eigen waarnemingen en ervaringen gebaseerd stelsel van algemene beschouwingen dat toepasbaar is op het aanwezige probleem. Een landbouwer gebruikt een mentaal (verstandelijk) model

van zijn land, zijn werktuigen, zijn markt, zijn klanten en vroegere weersgesteldheden bij de beslissing welke gewassen hij dit jaar zal planten. Een opzichter construeert een fysiek model, nl. een plattegrond, om te helpen bij het plannen van een weg. Een econoom gebruikt wiskundige modellen om de loop van de internationale handel te voorzien en te voorspellen.

Mensen die beslissingen nemen, op welk niveau dan ook gebruiken onbewust mentale modellen als zij gedragslijnen kiezen die vorm geven aan het karakter van onze toekomstige wereld. Deze mentale modellen zijn noodzakelijkerwijze zeer eenvoudig, vergeleken met de werkelijkheid waarvan zij zijn afgeleid.

Het menselijke brein, al is het dan ook opmerkelijk ontwikkeld, kan alleen rekening houden met een beperkt aantal gecompliceerde, gelijktijdige interacties, die het karakter van de werkelijkheid bepalen. Wij gebruiken ook een model. Het onze is een formeel, uitgewerkt model van de wereld.*

Het is een voorlopige poging onze mentale modellen over wereldomvattende, lange-termijnproblemen te verbeteren door het combineren van de grote hoeveelheid informatie, die reeds bij mensen en op schrift aanwezig is, met de nieuwe informatieverwerkende middelen die de toenemende menselijke kennis heeft voortgebracht, nl. de wetenschappelijke methode, de systeemanalyse, en de moderne computer.

Ons wereldmodel werd speciaal gebouwd om vijf belangrijke trends van wereldomvattend belang te onderzoeken - versnelde industrialisatie, snelle bevolkingsgroei, wijdverspreide ondervoeding, uitputting van niet-vervangbare hulpbronnen en verslechtering van het milieu. Deze trends zijn op vele manieren onderling verbonden en hun ontwikkeling wordt gemeten in tientallen jaren of eeuwen, i.p.v. in maanden of jaren. Met het model proberen we de oorzaken van deze trends, hun onderlinge

* Het prototype van het model waar ons werk op berust, werd ontworpen door prof. Jay W. Forrester van the Massachusetts Institute of Technology. Een beschrijving van dat model werd in zijn boek *World Dynamics* Cambridge, Mass. Wright Allen Press, 1971 gepubliceerd.

afhankelijkheden en hun implicaties tot 100 jaar in de toekomst te doorgronden.

Het model dat we hebben opgesteld, is, zoals elk ander model, niet perfect, zeer vereenvoudigd en onvolledig. Wij zijn ons de tekortkomingen ervan bewust, maar wij zien het als het meest bruikbare, voorhanden zijnde model ter oplossing van problemen die hoog op de ruimte-tijdgrafiek liggen.

Voor zover ons bekend is het het enige bestaande formele model dat werkelijk wereldomvattend is, dat een tijds-horizon (beschouwde periode) heeft, groter dan dertig jaar en dat belangrijke variabelen bevat, zoals bevolking, voedselproductie en vervuiling, niet als onafhankelijke grootheden, maar dynamisch met elkaar verbonden, zoals zij dat in werkelijkheid zijn.

Omdat dit een formeel of wiskundig model is, heeft het ook twee belangrijke voordelen boven mentale modellen. In de eerste plaats is elke veronderstelling die wij maken, in een exacte vorm geschreven, zodat zij toegankelijk is voor onderzoek en kritiek van iedereen. In de tweede plaats kunnen, nadat de veronderstellingen zijn onderzocht, bediscussieerd en aangepast aan de beste en meest recente kennis, hun implicaties voor het toekomstige gedrag van het wereldsysteem foutloos worden nagegaan door een computer, hoe gecompliceerd de veronderstellingen ook mogen zijn.

We geloven dat deze voordelen dit model uniek maken ten opzichte van alle mathematische en mentale wereldmodellen die tegenwoordig bestaan. Maar er is geen reden om voldaan te zijn over dit model in zijn huidige vorm. We hebben de bedoeling het steeds te veranderen, uit te breiden en te verbeteren, naarmate onze eigen kennis groter wordt en er steeds meer informatie beschikbaar komt.

Ondanks de inleidende aard van ons werk geloven we dat het toch belangrijk is het model en onze bevindingen nu te publiceren. Elke dag worden in elk deel van de wereld beslissingen genomen die invloed zullen hebben op de fysieke, economische en sociale omstandigheden van het wereldsysteem in de komende tientallen jaren. Die beslissingen kunnen niet wachten op volledige modellen en

totaalinzicht. Zij worden toch al genomen op basis van een model, hetzij mentaal of geschreven. Wij geloven dat het hier beschreven model al voldoende ver ontwikkeld is om van nut te zijn voor hun die beslissingen moeten nemen. Verder blijken de fundamentele gedragspatronen die we in dit model onderkend hebben, zo fundamenteel en algemeen te zijn, dat we niet verwachten dat de algemene conclusies sterk zullen veranderen door verdere herzieningen.

Het is niet de bedoeling van dit boek om een complete, wetenschappelijke beschrijving te geven van alle gegevens en mathematische vergelijkingen die in het wereldmodel zijn opgenomen. Een dergelijke beschrijving vindt men in het laatste technische rapport van ons project. In *De Grenzen aan de Groei* vatten we de belangrijkste eigenschappen van het model op een korte, niet-technische, manier samen. De nadruk moet niet liggen op de vergelijkingen of op de ingewikkeldheid van het model zelf, maar op datgene wat het ons over de wereld vertelt. We hebben een computer gebruikt als hulpmiddel voor ons eigen begrip van oorzaken en gevolgen van de versnellende trends die de moderne wereld karakteriseren, maar vertrouwdheid met de computer is zeker niet noodzakelijk om onze conclusie te begrijpen en er over discussiëren. De implicaties van deze versnellende trends roepen problemen op die ver boven het geëigende gebied van een puur wetenschappelijk document uitgaan. Er moet door een groter aantal mensen over worden gediscussieerd dan alleen door wetenschapsmensen. Ons doel is die discussie te openen.

De volgende conclusies komen tot nu toe uit ons werk naar voren. Wij zijn zeker niet de eerste groep die ze heeft opgesteld; vele mensen die in de afgelopen tientallen jaren het wereldperspectief op lange termijn bekeken, zijn tot dezelfde conclusie gekomen. Niettemin schijnt het overgrote deel van hen die het beleid vormen actief doelen na te streven die niet verenigbaar zijn met deze resultaten.

Onze conclusies zijn:

1. Als de huidige groeitrends in de wereldbevolking, industrialisatie, vervuiling, voedselproductie en uitput-

ting van de natuurlijke hulpbronnen onveranderd doorzetten, zullen de grenzen aan de groei op deze planeet binnen de komende honderd jaar bereikt worden. Het meest waarschijnlijke resultaat zal een tamelijk plotse-linge en ongecontroleerde afname in zowel de bevolkingsgrootte als de industriële capaciteit zijn.

2. Het is mogelijk deze groeitrends te veranderen en een toestand op te bouwen van ecologisch en economisch evenwicht die tot ver in de toekomst kan voortbestaan. Deze toestand van mondiaal evenwicht zou zo ontworpen kunnen worden dat de primaire materiële behoeften van ieder mens op aarde bevredigd worden en ieder mens een gelijke kans heeft zijn individuele mogelijkheden te ontplooiën.

3. Als alle volken besluiten te streven naar deze tweede uitkomst in plaats van de eerste, zal de kans op succes groter zijn, naarmate zij des te eerder beginnen.

Deze conclusies reiken zó ver en doen zoveel vragen opkomen voor verdere studie dat we eerlijk gezegd nogal overweldigd worden door de enorme grote taak die voor ons ligt. Wij hopen dat dit boek belangstelling zal opwekken bij mensen die werkzaam zijn op vele gebieden in vele landen ter wereld en dat zij hun interessesferen in ruimte en tijd zullen uitbreiden om samen met ons te werken aan het begrip voor en de aanloop van een periode van belangrijke overgang, te weten de overgang van groei naar mondiaal evenwicht.

I. De aard van de exponentiële groei

Tegenwoordig denkt men dat vijf zonen niet te veel zijn en als elke zoon ook vijf zonen heeft, zijn er voordat de grootvader sterft al vijfentwintig nakomelingen. Daardoor zijn er meer mensen en is de rijkdom minder; zij zullen hard werken en zullen weinig ontvangen *Han Fei-Tzu (Tsjow-dynastie, ca. 500 voor Chr.)*

De vijf elementen welke de basis vormen voor de hier gepresenteerde studie - bevolking, voedselproductie, industrialisatie, vervuiling en het gebruik van niet vervangbare natuurlijke hulpbronnen - nemen alle toe. De mate van jaarlijkse toename volgt een patroon dat wiskundigen exponentiële groei noemen. Bijna alle huidige menselijke activiteiten, van de uitbreiding van de steden tot het gebruik van meststoffen, kunnen voorgesteld worden door exponentiële groeicurven (zie fig. 2 en 3). Omdat het grootste deel van dit boek handelt over de oorzaken en gevolgen van deze exponentiële groeicurven, is het belangrijk te beginnen met een omschrijving van de algemene eigenschappen daarvan.

De wiskunde van de exponentiële groei

De meeste mensen zijn gewend over groei te denken als een lineair (rechtlijnig) proces. Een bepaalde hoeveelheid groeit lineair als zij per tijdseenheid met een con-

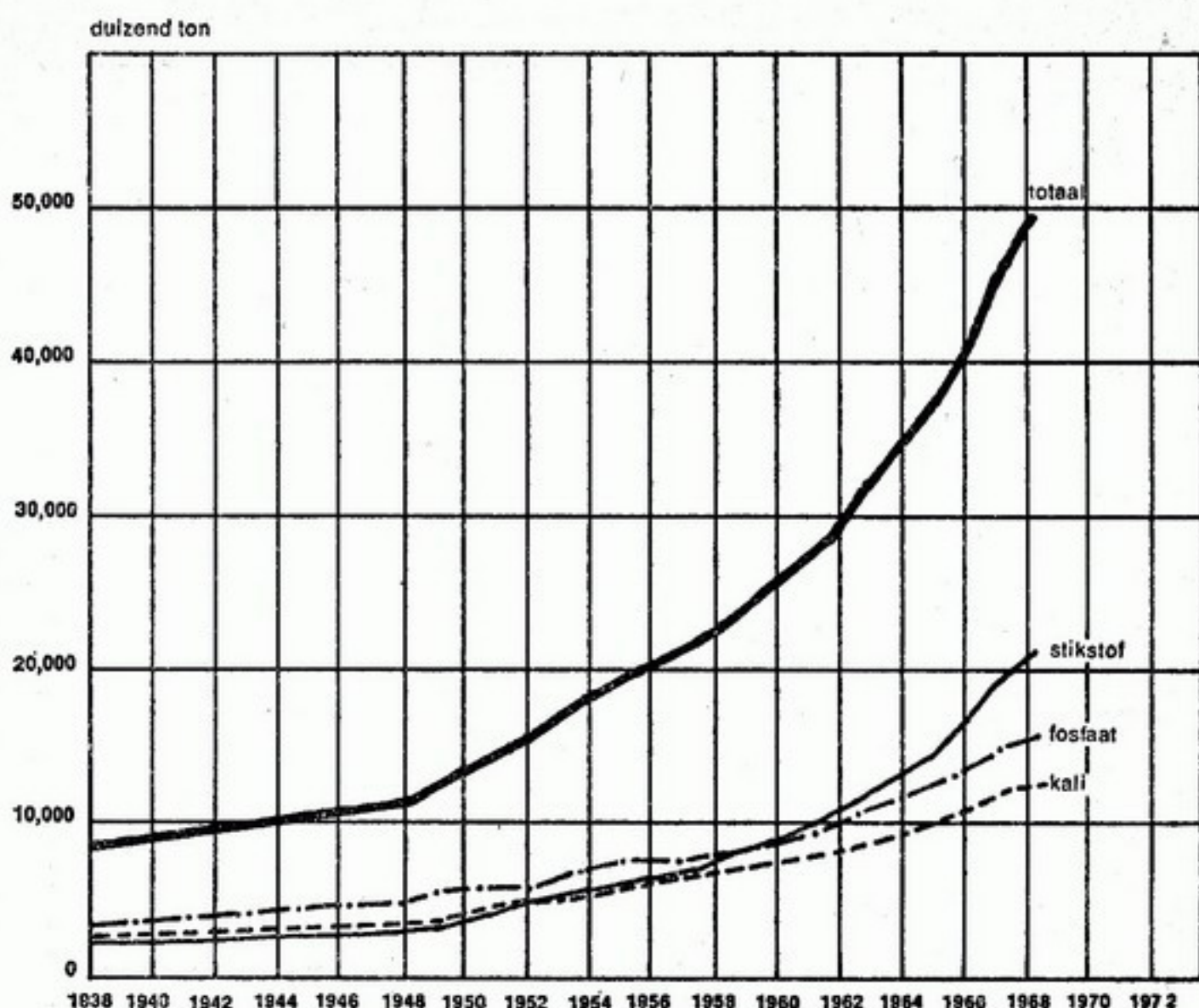


Fig. 2. Wereldverbruik van kustmest. Het wereldverbruik van kustmest neemt exponentieel toe met een verdubbelingstijd van ongeveer 10 jaar. Het totale verbruik is nu vijf maal groter dan tijdens de Tweede Wereldoorlog. *N.B.:* De figuren bevatten geen gegevens over de Sovjet-Unie of de Chinese volksrepubliek. (Bronnen: **UN Department of Economic and Social Affairs**, *Statistical Yearbook 1955*, *Statistical Yearbook 1960*, en *Statistical Yearbook 1970* New York: United Nations 1956, 1961, en 1971.)

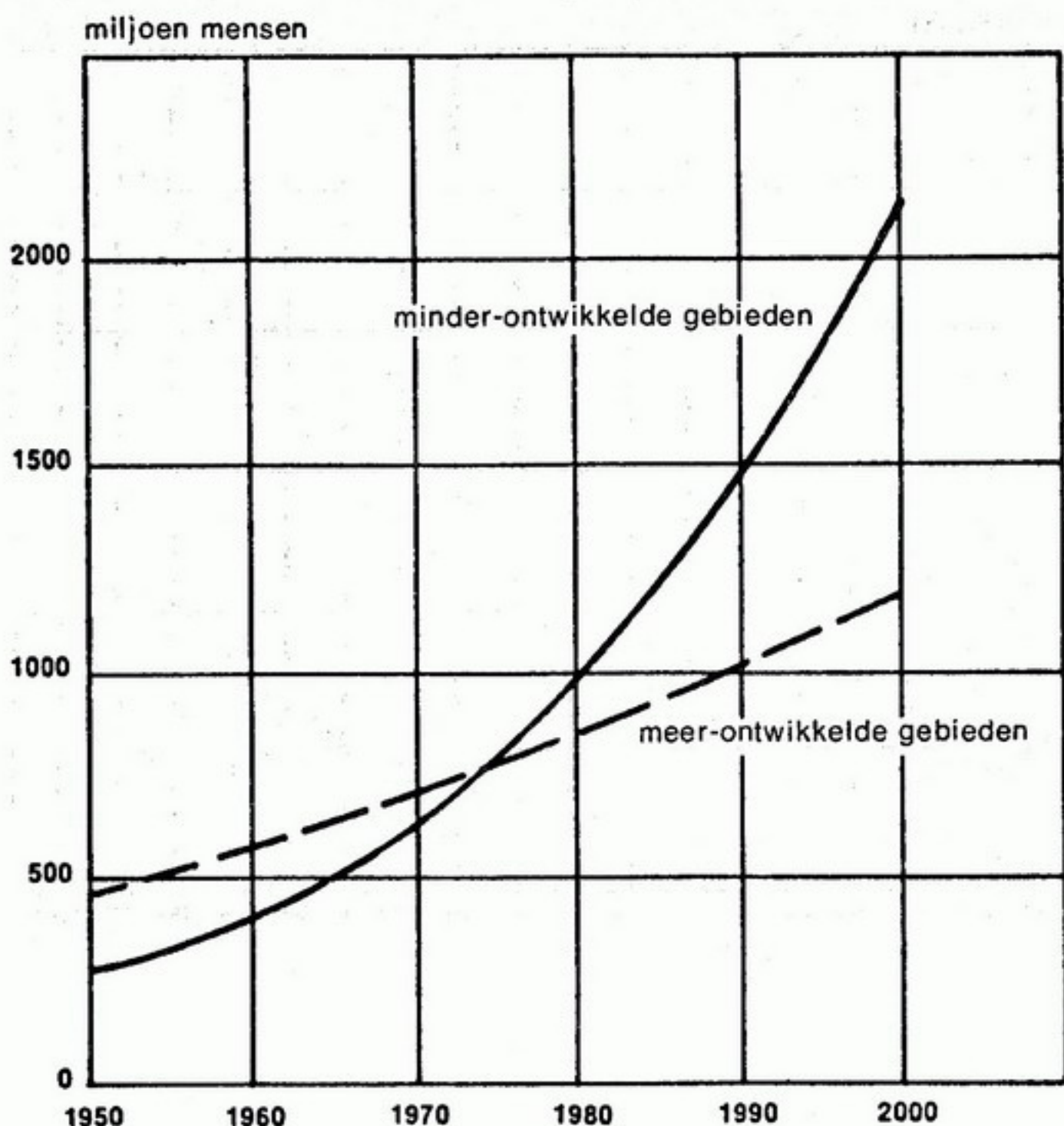


Fig. 3. Stedelijke bevolking van de wereld. Naar verwachting zal de stedelijke bevolking exponentieel toenemen in de minder-ontwikkelde en bijna lineair in de meer-ontwikkelde gebieden van de wereld. Thans is de verdubbelings-tijd voor de bevolking van de steden in de minder-ontwikkelde gebieden 15 jaar. (Bron: **UN Department of Economic and Social Affairs, The World Population Situation in 1970** New York: United Nations, 1971.

stante grootheid toeneemt. Bijv. een kind dat elk jaar een centimeter groter wordt, groeit lineair. Als een vrek elk jaar 10 gulden onder zijn matras stopt, dan zal zijn stapel geld ook lineair groeien. De grootte van de toename per jaar wordt duidelijk niet beïnvloed door de lengte van het kind of het geldbedrag dat zich als onder de matras bevindt. Een hoeveelheid vertoont *exponentiële* groei, als zij met een constant *percentage* van het geheel per tijdseenheid toeneemt. Een verzameling gistcellen waarvan elke cel zich elke tien minuten in twee cellen deelt, groeit exponentieel. Stel dat we met 1 cel beginnen, dan zullen er na 10 minuten 2 cellen zijn, een toename van 100%. Na de volgende 10 minuten zullen er 4 zijn, dan 8, dan 16. Als de vrek f 100,- onder zijn matras vandaan haalt en belegt tegen 7% rente (zodat het totale geaccumuleerde bedrag met 7% per jaar stijgt), dan zal dit bedrag veel sneller groeien dan de lineair toenemende voorraad geld onder zijn matras (zie fig. 4). Het bedrag dat elk jaar bij een bankrekening wordt bijgeschreven of het aantal cellen dat elke tien minuten bij een verzameling gistcellen komt, is niet constant. Het wordt steeds groter omdat het totale geaccumuleerde bedrag of aantal toeneemt. Een dergelijke exponentiële groei is een normaal proces in biologische, financiële en vele andere systemen in de wereld. Hoewel op zichzelf een normaal verschijnsel, kan de exponentiële groei toch verrassende resultaten opleveren die de mensheid al eeuwenlang gefascineerd hebben. Er is een oude Perzische legende over een slimme hoveling die een prachtig schaakbord aan zijn koning aanbood op voorwaarde dat de koning hem in ruil daarvoor 1 rijstkorrel voor het eerste veld van het bord, 2 korrels voor het tweede veld, 4 voor het derde enzovoort zou geven. De koning ging daar grif op in en beval rijst uit zijn voorraden te halen. Het vierde veld van het schaakbord vereiste 8 korrels, het tiende 512 korrels, het 15e vereiste 16 384 en het 21e leverde de hoveling meer dan een miljoen rijstkorrels op. Bij het 40e veld moest een miljoen maal een miljoen rijstkorrels uit de voorraadschuren worden gehaald. De gehele rijstvoorraad van de koning was uitgeput lang voordat het 64e veld was bereikt. Exponentiële toename is bedrieglijk omdat deze zeer snel tot

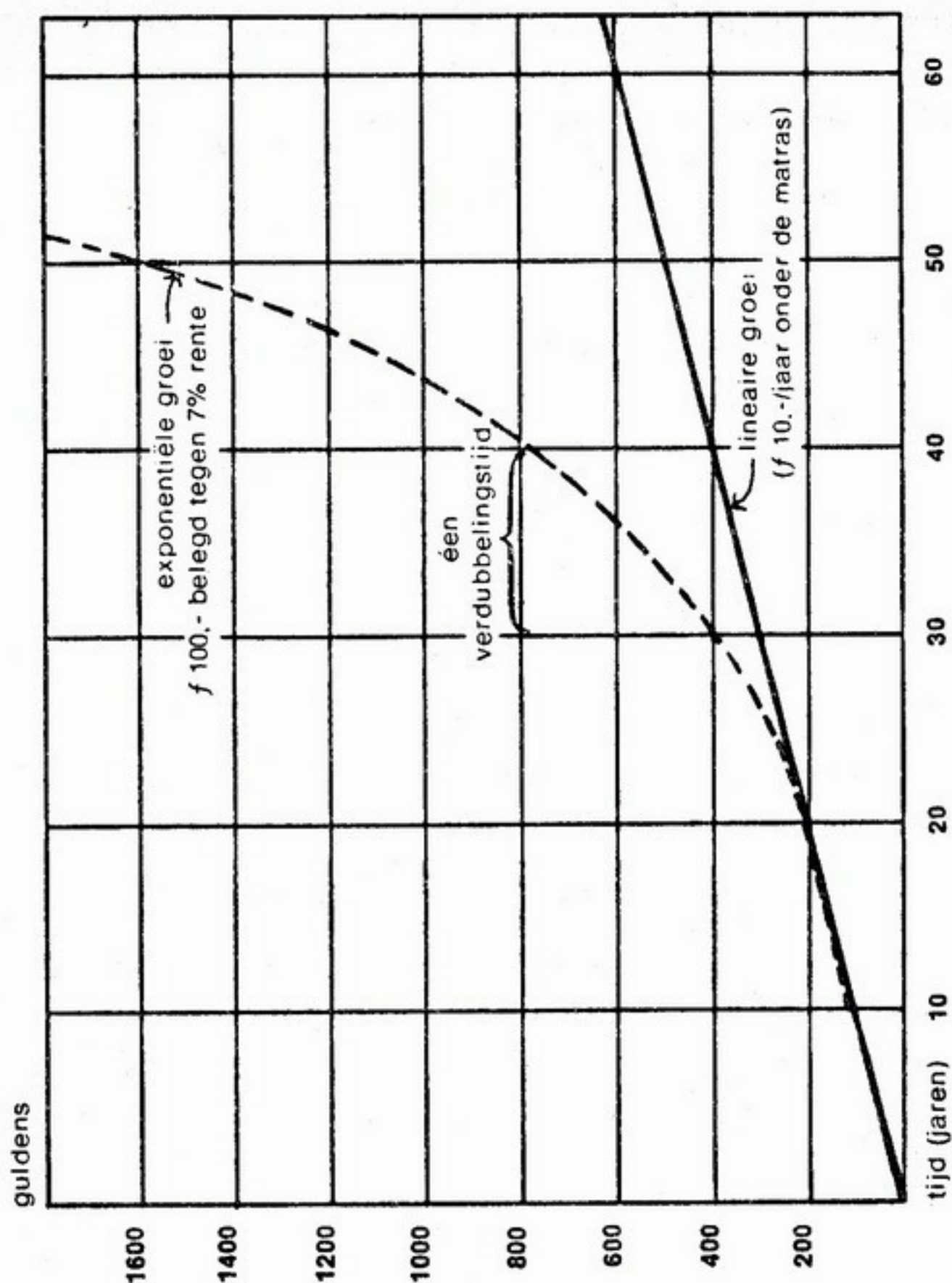


Fig. 4. Groei van de besparingen. Als een vrek elk jaar f 10,- onder zijn matras stopt, zullen zijn besparingen lineair groeien, zoals door de onderste kromme wordt aangegeven. Als hij, na 10 jaar, zijn f 100,- tegen 7% rente belegt, zal die f 100,- exponentieel groeien met een verdubbelingstijd van 10 jaar.

enorme getallen leidt.

Een Frans raadseltje voor kinderen toont een ander aspect van exponentiële groei - het onverwachte moment waarop een gestelde grens wordt bereikt. Stel je voor een vijver waarin een waterlelie groeit. De lelie verdubbelt elke dag haar grootte. Als de lelie ongestoord kan groeien, bedekt zij in 30 dagen de gehele vijver, daarbij alle andere vormen van leven in de vijver verstikkend. Geruime tijd lijkt de lelie klein, en daarom maak je je nog geen zorgen over het wegsnijden, tot het moment waarop de helft van de vijver is bedekt. Op welke dag zal dat zijn? Op de 29e dag natuurlijk. Je hebt nog één dag om je vijver te redden!*

Het is nuttig om bij exponentiële groei te denken aan de uitdrukking 'verdubbelingstijd' of wel de tijd die verstrijkt om een groeiende hoeveelheid te laten verdubbelen. In het geval van de gistcellen zoals boven omschreven is de verdubbelingstijd 10 minuten. Een geldbedrag dat tegen 7% op de bank gezet wordt, verdubbelt in 10 jaar.

Er is een eenvoudig verband tussen het interestpercentage (of het groeipercentage) en de tijd die nodig is om een hoeveelheid te laten verdubbelen. De verdubbelingstijd is bij benadering gelijk aan 70 gedeeld door de groeivoet.

Dit wordt in tabel 1 geïllustreerd:

Tabel 1. Verdubbelingstijd.

Groeivoet (% per jaar)	Verdubbelingstijd (jaren)
0,1	700,0
0,5	140,0
1,0	70,0
2,0	35,0
4,0	17,5
5,0	14,0
7,0	10,0
10,0	7,0

Modellen en exponentiële groei

Exponentiële groei is een dynamisch verschijnsel, dit

* Wij danken dit raadseltje aan M. Robert Lattes

betekent dat het elementen in zich draagt die met de tijd veranderen. In eenvoudige systemen, zoals de bankrekening en de lelievijver, zijn de oorzaken van exponentiële groei en het latere gedrag betrekkelijk eenvoudig te begrijpen. Als echter vele verschillende hoeveelheden tegelijk binnen een systeem groeien, en als al deze hoeveelheden nog op een ingewikkelde manier van elkaar afhangen, dan wordt een analyse van de oorzaken van de groei en van het toekomstige gedrag van het systeem wel uitermate gecompliceerd.

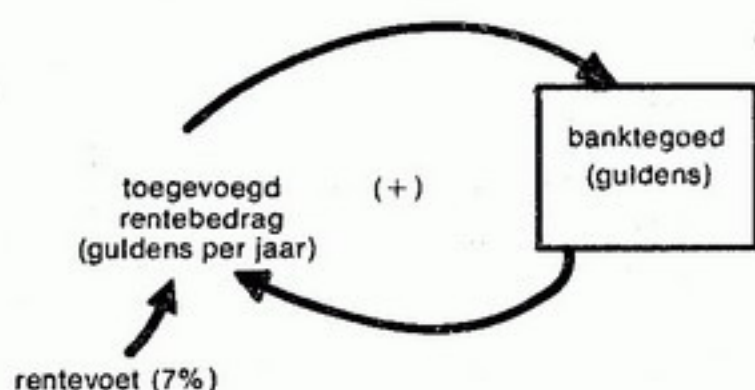
Veroorzaakt bevolkingsgroei nu industrialisatie of leidt juist industrialisatie tot bevolkingsgroei? Is één van beide alleen verantwoordelijk voor vervuiling of zijn ze het allebei? Zal meer voedselproductie leiden tot meer bevolking? Als één (willekeurig welke) van deze elementen sneller of langzamer groeit, wat gebeurt dan met de groeivoet van alle andere? Het zijn juist deze vragen die op vele plaatsen in de wereld worden besproken. De antwoorden kunnen worden gevonden via een beter begrip van het gehele complexe systeem dat al deze belangrijke elementen verenigt.

In de afgelopen 30 jaar heeft het Massachusetts Institute of Technology een nieuwe methode voor het begrijpen van het dynamisch gedrag van complexe systemen ontwikkeld. De methode heet System Dynamics*. De essentie van de methode is de erkenning van het feit dat de structuur van een bepaald systeem, bestaande uit vele kringschakelingen en soms vertraagde relaties tussen zijn componenten, vaak even belangrijk is in het bepalen van zijn gedrag als de individuele componenten zelf. Het wereldmodel dat op deze bladzijden wordt beschreven, is een System-Dynamicsmodel.

De dynamische modeltheorie geeft aan dat elke exponentiële groeiende hoeveelheid op een of andere manier te maken heeft met een *positieve terugkoppelingskringloop*. Een positieve terugkoppelingskringloop wordt

* Een gedetailleerde beschrijving van de methode van de System-Dynamicsanalyse wordt gegeven in J.W. Forrester, *Industrial Dynamics*, Cambridge, Mass.: MIT Press, 1967, en *Principles of Systems*, Cambridge, Mass.: Wright. Allen Press, 1968.

soms wel een 'viciëuze cirkel' genoemd. Een voorbeeld is de bekende loon-prijsspiraal: lonen worden hoger, waardoor prijzen stijgen hetgeen leidt tot hogere looneisen, enz. Een positieve terugkoppelingskringloop is een schakel in het in zichzelf gesloten proces van oorzaak en gevolg, zodat het vergroten van één bepaald element in dat kringproces een reeks veranderingen op gang brengt die zullen resulteren in een nog sterkere vergroting van het in het begin veranderde element. De positieve terugkoppelingskringloop die verantwoordelijk is voor de exponentiële toename van geld op een bankrekening kan als volgt worden voorgesteld.



Stel f 100,- wordt gestort op een bankrekening. Het eerste jaar is de rente 7% van f 100,- of f 7,- die bij de rekening wordt geteld, zodat het totaal nu is f 107,-. Het volgende jaar is de rente 7% van f 107,- of f 7,49, zodat het nieuwe totaal f 114,49 wordt. Weer een jaar later zal de rente op dit bedrag al meer zijn dan f 8,-. Dus hoe meer geld er op de rekening staat, hoe meer geld er elk jaar als rente bijkomt.

En hoe meer rente er bijkomt, hoe hoger het saldo het volgend jaar is; daardoor wordt nog meer rente aan het saldo toegevoegd. En zo voort. Als we steeds maar door de kringloop heen gaan, zal het gespaarde bedrag op de bankrekening exponentieel groeien. De rentevoet (hier constant 7%) bepaalt de toename in de kringloop of de mate waarmee de bankrekening groeit.

We kunnen onze dynamische analyse voor de wereldsituatie op lange termijn aanvangen door te zoeken naar de positieve terugkoppelingskringlopen die ten grondslag liggen aan de exponentiële groei in de vijf fysieke kerngrootheden die eerder genoemd werden. Vooral de groeivoet van twee van deze elementen, de bevol-

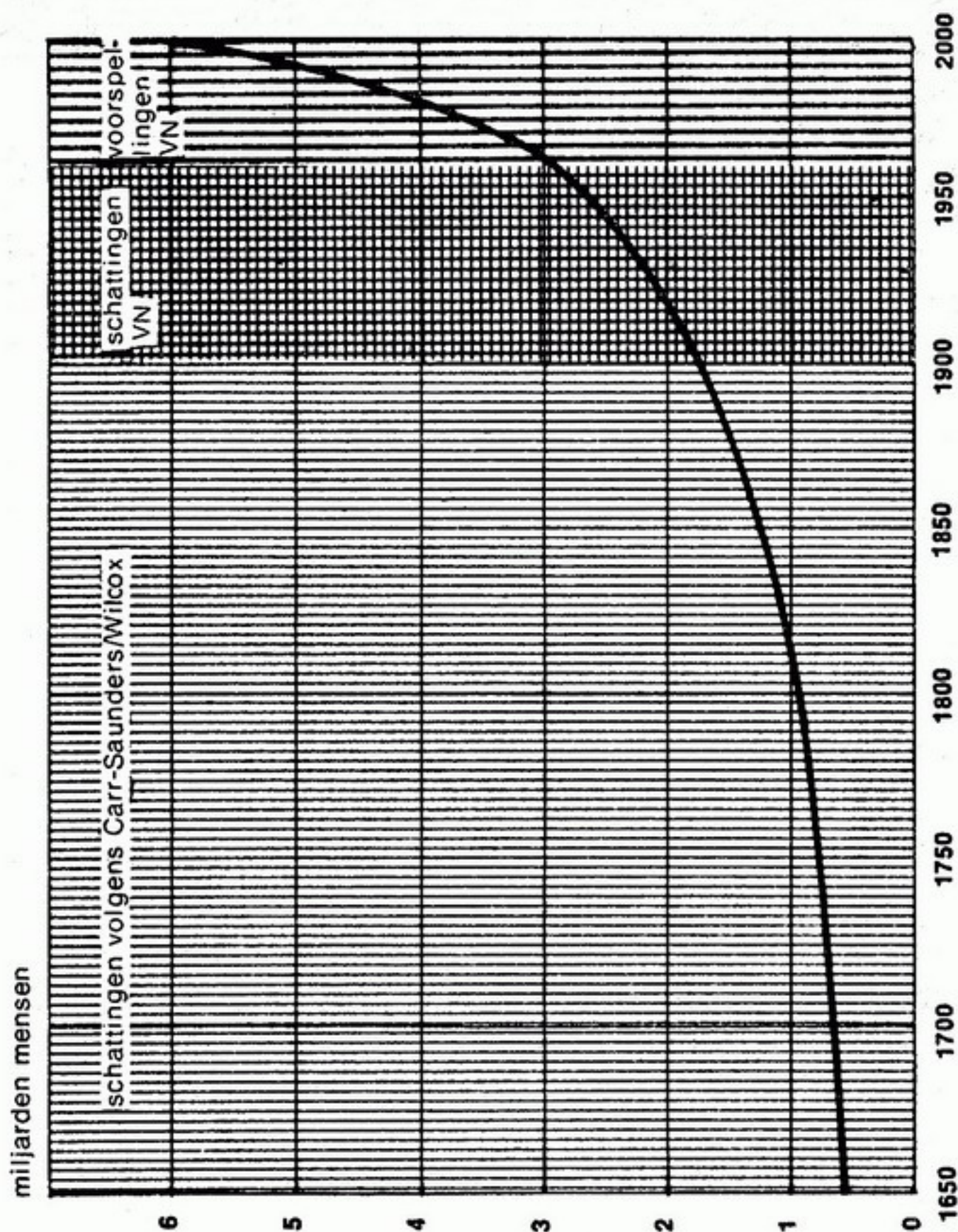


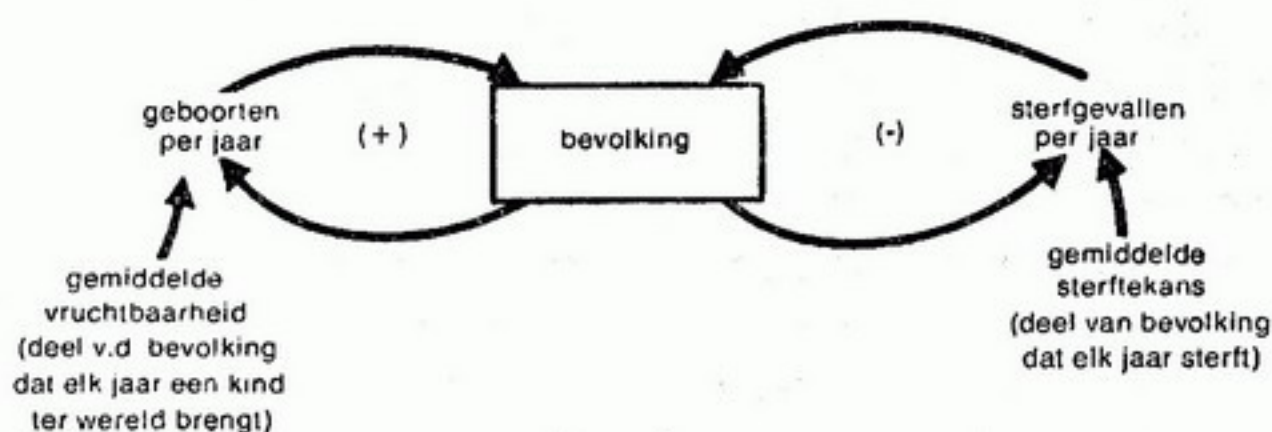
Fig. 5. Wereldbevolking. Sedert 1650 is de wereldbevolking exponentieel gegroeid met een toenemend percentage. De geschatte bevolkingsomvang is in 1970 al iets hoger dan de voorspelling (uit 1958) die hier wordt weergegeven. De huidige groeivoet van de wereldbevolking is ongeveer 2,1% per jaar; dit komt overeen met een verdubbelingstijd van 33 jaar. (Bron: **Donald J. Bogue**, *Principles of Demography*, New York: John Wiley and Sons, 1969.)

king en de industrialisatie, zijn van belang omdat vele vormen van ontwikkelingsbeleid erop gericht zijn dat de industrie sneller groeit dan de bevolking. De twee fundamentele positieve terugkoppelingskringlopen die verantwoordelijk zijn voor de exponentiële groei van bevolking en industrialisatie zijn in principe eenvoudig. We zullen hun basisstructuur in de komende bladzijden bespreken. De vele onderlinge verbindingen tussen deze twee kringlopen versterken hun werking of zwakken deze af en koppelen of ontkoppelen de groeivoet van bevolking en industrie. Deze onderlinge verbindingen vormen de rest van het wereldmodel en de beschrijving hiervan beslaat het grootste deel van dit boek.

Groei van de wereldbevolking

De exponentiële groeicurve van de wereldbevolking is weergegeven in fig. 5. In het jaar 1650 bedroeg de bevolking ongeveer 0,5 miljard en deze groeide met een gemiddelde van 0,3 procent per jaar.¹ Dat komt overeen met een verdubbelingstijd van bijna 250 jaar. In 1970 telde de wereldbevolking 3,6 miljard mensen en de groeivoet was 2,1% per jaar². De verdubbelingstijd bij dit groeitempo is 33 jaar. Niet alleen de bevolking is dus exponentieel gegroeid, maar ook de groeivoet nam toe. We kunnen zeggen dat de bevolkingsgroei super exponentieel was: de bevolkingskromme stijgt nog sneller dan overeenkomt met een exponentiële groeikromme.

De structuur van de terugkoppelingskringloop die het dynamisch gedrag van de bevolkingsgroei weergeeft, ziet er als volgt uit: links zien we de positieve terugkoppe-



* Zie voor noten, blz. 209.

lingskringloop die de getoonde exponentiële groeicurve verklaart. Stel dat een bevolking een constante vruchtbaarheid heeft, dan zullen er naarmate de bevolking groter is, meer kinderen per jaar worden geboren.

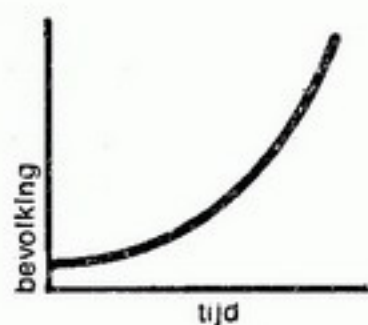
Hoe meer kinderen des te groter de bevolking in het jaar daarop zal zijn. En na een vertraging, om de kinderen op te laten groeien en ouders te laten worden, zullen zelfs meer kinderen worden geboren, waardoor de bevolking zich weer meer uitbreidt. De regelmatige groei zal zich voortzetten zolang de gemiddelde vruchtbaarheid constant blijft. Als bijvoorbeeld elke vrouw behalve zonen, gemiddeld twee dochters heeft en ieder van die twee heeft weer twee dochters dan verdubbelt de bevolking iedere generatie.

De groeivoet zal afhangen van zowel de gemiddelde vruchtbaarheid als van de lengte van de periode tussen twee generaties. Vruchtbaarheid is natuurlijk niet noodzakelijkerwijze constant; in hfdst. III zullen we enkele van de factoren bespreken, waardoor deze kan variëren.

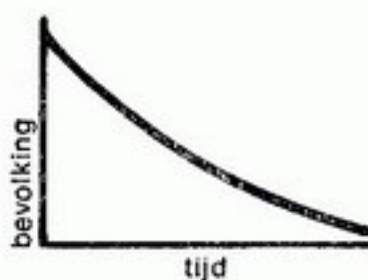
Er is nog een terugkoppelingskringloop die de bevolkingsgroei regelt, te zien aan de rechterkant van vorenstaand diagram. Het is een *negatieve terugkoppelingskringloop*. Wanneer positieve terugkoppelingskringen versnelde groei tot gevolg hebben, hebben negatieve terugkoppelingskringen de neiging om groei te reguleren en het systeem in een stabiele toestand te houden. Hun gedrag lijkt veel op dat van een thermostaat die de kamertemperatuur regelt. Als de temperatuur daalt, schakelt de thermostaat de verwarming in waardoor de temperatuur weer gaat stijgen. Bereikt de temperatuur de (ingestelde) grens dan schakelt de thermostaat de verwarming uit en begint de temperatuur weer te dalen. In een negatieve terugkoppelingskringloop plant een verandering in één element in de kring zich voort totdat deze terugkomt om dat(zelfde) element in een richting *tegengesteld* aan de oorspronkelijke verandering. De negatieve terugkoppelingskringloop die de bevolking regelt, berust op de gemiddelde sterftekans, die een weerspiegeling geeft van de algemene gezondheid van de bevolking. Het aantal sterfgevallen per jaar is gelijk aan de totale bevolking maal de gemiddelde

sterftekans (die we kunnen zien als de gemiddelde kans op sterven op iedere leeftijd). Een toename van de bevolkingsgrootte met een constante sterftekans kan resulteren in meer sterfgevallen per jaar. Meer sterfgevallen zullen de bevolkingsgrootte doen afnemen, zodat er minder sterfgevallen in het jaar daarop zijn. Als gemiddeld 5% van de bevolking ieder jaar sterft, zijn er dus op een bevolking van 10 000, per jaar 500 sterfgevallen. Als we even de geboorten vergeten, wil dit zeggen dat er nog maar 9 500 mensen overblijven. Als de kans op sterven nog steeds 5% blijft, dan sterven er maar 475 mensen van deze kleinere bevolking, zodat er nu 9 025 mensen over zijn. Het jaar daarop zijn er maar 452 sterfgevallen. Er is dus weer een vertraging in deze kringloop, omdat het sterftecijfer een functie is van de gemiddelde leeftijd van de bevolking. Natuurlijk is daarnaast de sterftekans zelfs bij een bepaalde leeftijd niet noodzakelijkerwijze constant.

Als er geen sterfgevallen zouden zijn, zou de bevolking door de positieve terugkoppelingskringloop van geboorten exponentieel stijgen, zoals hierna wordt getoond.



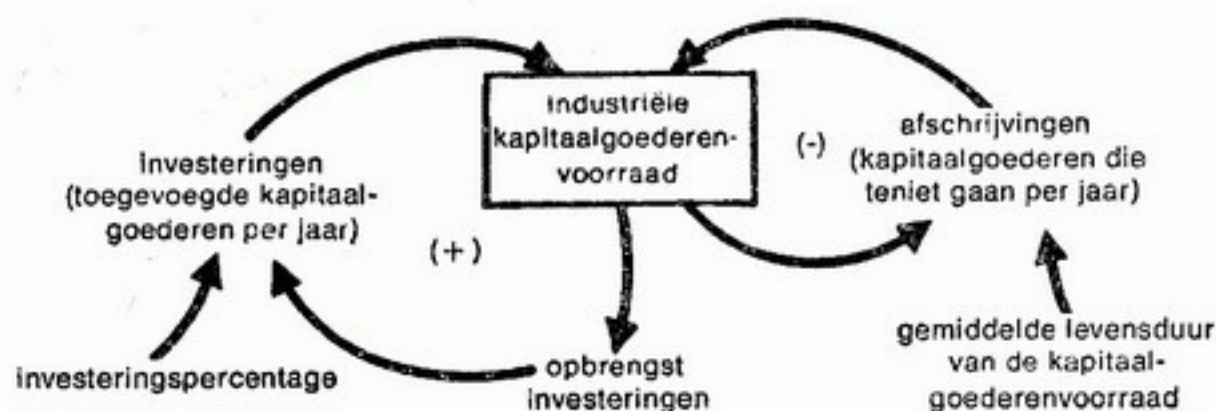
Als er geen geboorten zouden zijn, zou de bevolking tot nul afnemen door de invloed van de negatieve terugkoppelingskringloop van sterfgevallen, zoals hierna wordt weergegeven.



Omdat de bevolking, zowel door geboorten en sterfgevallen als door variërende vruchtbaarheid en sterftekans wordt beïnvloed, kan het dynamisch gedrag van de be-

volkingsomvang, die door deze twee in elkaar grijpende terugkoppelingskringlopen wordt geregeld, nogal ingewikkeld worden.

Wat was nu de oorzaak van de recente superexponentiële groei van de wereldbevolking? Voor de industriële revolutie waren de vruchtbaarheid en sterftekans verhoudingsgewijs hoog en onregelmatig. Over het algemeen was het geboortecijfer maar iets hoger dan het sterfecijfer en de bevolking groeide exponentieel maar met een langzaam en ongelijk percentage. In 1650 was de gemiddelde levensduur bij de meeste volken in de wereld slechts ongeveer 30 jaar. Sindsdien heeft de mensheid vele methoden ontwikkeld die een verregaande invloed hebben gehad op het groeisysteem van de bevolking, in het bijzonder op de sterfecijfers. Door de verspreiding van moderne medicamenten, gezondheidstechnieken en nieuwe methoden van voedselproductie en -distributie zijn de sterfecijfers overal op de wereld gedaald. De gemiddelde verwachte levensduur is nu ongeveer 53 jaar³ en stijgt nog steeds. Bekijkt men het wereldgemiddelde dan is de toename in de positieve terugkoppelingskringloop (vruchtbaarheid) slechts weinig gedaald, terwijl de toename in de negatieve kringloop (sterftekans) afneemt. Het resultaat is een sterker wordende overheersing van de positieve terugkoppelingskringloop en een scherpe exponentiële stijging van de bevolking, zoals in fig. 5 is weergegeven.



Hoe zal de bevolking er in de toekomst uitzien? Hoe moeten we de bevolkingscurve van fig. 5 doortrekken tot in de 21e eeuw? We zullen hier meer over zeggen in hfdst. III en IV. We kunnen nu al veilig aannemen dat door de

vertragingen in de regelende terugkoppelingskringlopen, in het bijzonder de positieve geboortenkringloop, er geen mogelijkheid is de bevolkingsgroeicurve af te vlakken vóór het jaar 2000, zelfs niet onder de meest optimistische veronderstellingen ten aanzien van de afnemende vruchtbaarheid.

De meeste toekomstige ouders van het jaar 2000 zijn al geboren. Tenzij er een sterke stijging in de sterftekans optreedt, die de mensheid dan zeker zal trachten te voorkomen, kunnen we binnen 30 jaar een bevolking van rond 7 miljard mensen verwachten. En, als we steeds doorgaan het sterftecijfer te verlagen, maar er niet in slagen de vruchtbaarheid nog sterker dan tot nu toe terug te brengen, zullen er binnen 60 jaar in plaats van ieder mens die nu leeft vier zijn.

Economische groei van de wereld

Een tweede grootte die zelfs sneller dan de bevolking in de wereld groeit, is de industriële produktie. Fig. 6 toont de uitbreiding van de industriële produktie in de wereld sinds 1930, met 1963 als basisjaar. De gemiddelde groei van 1963 tot 1968 was 7% per jaar, of 5% per jaar berekend per hoofd van de bevolking.

Welke is de positieve terugkoppelingskringloop die oorzaak is van de exponentiële groei in de industriële produktie? De dynamische structuur lijkt erg veel op die welke we hebben beschreven voor het bevolkingssysteem:

Met een gegeven kapitaalgoederenvoorraad (fabrieken, vrachtwagens, gereedschap, enz.) is een bepaalde geproduceerde hoeveelheid per jaar mogelijk. De werkelijk geproduceerde hoeveelheid is natuurlijk ook afhankelijk van arbeid, grondstoffen en andere produktiemiddelen. We stellen nu even dat deze andere produktiemiddelen (wel in het model opgenomen) in voldoende mate aanwezig zijn, zodat de kapitaalgoederenvoorraad de beperkende factor voor de produktie is.

Een groot deel van de jaarlijkse industriële produktie bestaat uit consumptiegoederen, zoals textiel, auto's

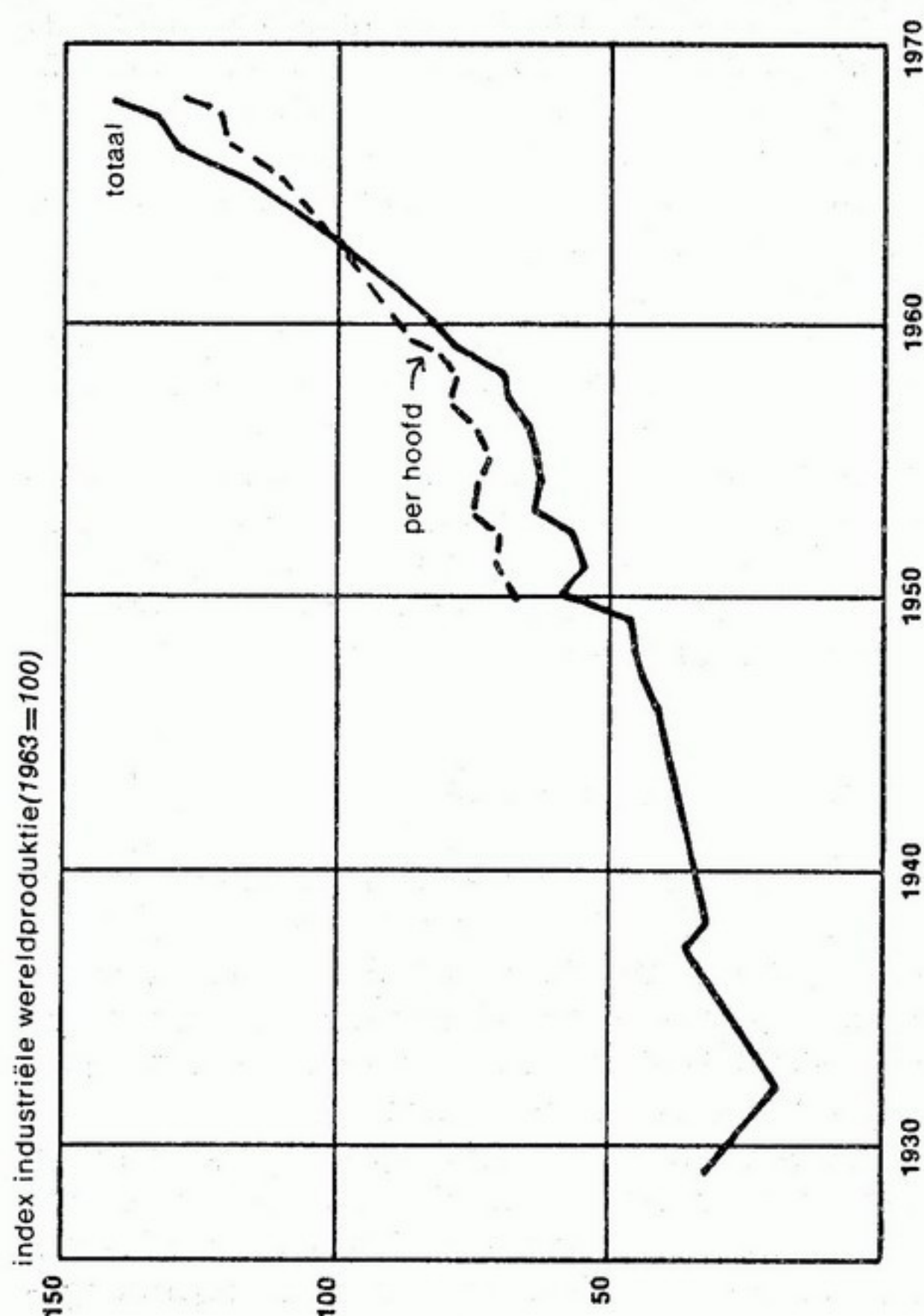


Fig. 6. Industriële wereldproductie. De industriële wereldproductie vertoont, in verhouding tot het basisjaar 1963, ook een duidelijke exponentiële toename ondanks kleine schommelingen. De gemiddelde groeivoet van de totale productie over de jaren 1963 - 1968 is ongeveer 7% per jaar. De groeivoet per hoofd is 5% per jaar. (Bron: **UN Department of Economic and Social Affairs**, *Statistical Yearbook 1956* en *Statistical Yearbook 1969*, New York: United Nations, 1957 en 1970.)

en huizen. Een ander deel is de produktie van kapitaalgoederen (weefgetouwen, hoogovens, draaibanken); dit zijn investeringen waarmee men de kapitaalgoederenvoorraad vergroot. Hier hebben we te maken met een andere positieve terugkoppelingskringloop. Meer kapitaalgoederen betekenen meer produktie, een constant deel van de produktie wordt weer geïnvesteerd en meer investeringen betekenen meer kapitaalgoederen in de toekomst, de nu weer grotere kapitaalgoederenvoorraad zorgt voor meer produktie, enzovoort. Er zijn ook vertragingen in deze terugkoppelingskringloop, want de produktie van een groot industrieel kapitaalgoed, zoals bijv. een elektriciteitscentrale of een raffinaderij, kan verscheidene jaren duren.

De kapitaalgoederenvoorraad is niet constant. Als kapitaalgoederen verslijten of verouderen, worden zij afgedankt. We moeten in het kapitaalgoederensysteem een negatieve terugkoppelingskringloop invoeren die de kapitaalafschrijvingen toont. Hoe meer kapitaalgoederen des te meer gaat er gemiddeld per jaar teniet; en hoe meer kapitaalgoederen er teniet gaan, hoe minder er het volgend jaar zullen zijn. Deze negatieve terugkoppelingskringloop is helemaal te vergelijken met de sterftcijferkringloop in het bevolkingssysteem. De positieve kringloop is, evenals in het bevolkingssysteem, sterk overheersend in de wereld van vandaag en de kapitaalgoederenvoorraad groeit exponentieel.

Doordat de industriële produktie met 7% per jaar groeit en de bevolking met slechts 2% per jaar lijkt het misschien dat overheersende positieve terugkoppelingskringlopen iets verheugends zijn. Eenvoudige extrapolaties van deze groeicijfers zouden kunnen aantonen dat de materiële levensstandaard van de wereldbevolking zich binnen de volgende 14 jaar zal verdubbelen. Een dergelijke conclusie echter heeft vaak de impliciete vooronderstelling in zich, dat de industriële wereldproduktie gelijkelijk verdeeld is over de wereldbevolking. De onjuistheid van deze vooronderstelling kan beoordeeld worden wanneer we de groeicijfers per hoofd van enkele afzonderlijke landen beschouwen (fig. 7).

Het grootste deel van de industriële groei in de wereld,

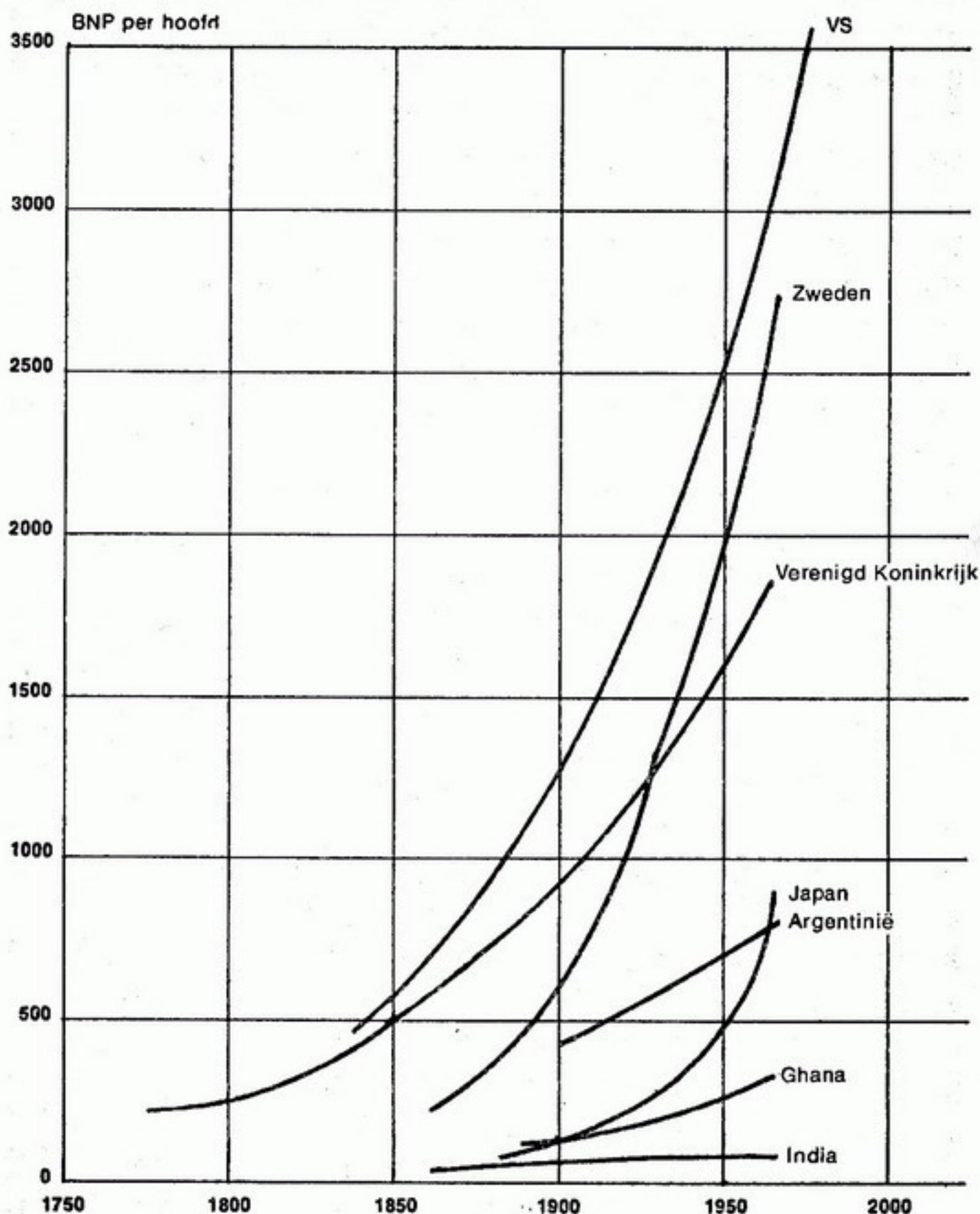


Fig. 7. Economische groeicijfers. Uit de economische groei van de afzonderlijke naties blijkt dat verschillen in de exponentiële groeicijfers, de economische kloof tussen rijke en arme landen vergroten. (Bron: **Simon Kuznets**, *Economic Growth of Nations*, Cambridge, Mass.: Harvard University Press, 1971.)

zoals getekend in fig. 6, vindt in werkelijkheid plaats in de reeds geïndustrialiseerde landen waar het percentage van de bevolkingsgroei betrekkelijk laag is. De meest onthullende illustratie van dit feit is een eenvoudige tabel van de groeicijfers van de economie en de bevolking in de tien meest bevolkte landen van de wereld, waar 64% van de wereldbevolking woont. Tabel 2 illustreert duidelijk de uitspraak: 'de rijken worden rijker en de armen krijgen kinderen'.

Tabel 2. Groeicijfer van economie en bevolking.

Land	Bevolking (miljoen)	Gemiddelde groeicijfer per jaar van de bevolking 1967-68 (% per jaar)	BNP per hoofd (VS- dollar)	Gemiddelde groeicijfer per jaar van het BNP per hoofd 1967-68 (% per jaar)
China	730	1,5	90	0,3
India	524	2,5	100	1,0
USSR	238	1,3	1100	5,8
VS	201	1,4	3980	3,4
Pakistan	123	2,6	100	3,1
Indonesië	113	2,4	100	0,8
Japan	101	1,0	1190	9,9
Brazilië	88	3,0	250	1,6
Nigeria	63	2,4	70	-0,3
West-Duitsland	60	1,0	1970	3,4

De wereldbank beoordeelt zijn schattingen voor China en de USSR op de volgende wijze. 'Schattingen van het BNP per hoofd en het groeicijfer ervan hebben een grote foutenspreiding vanwege de problemen samenhangende met het afleiden van het BNP tegen factorkosten uit het netto fysieke produkt en het omrekenen van de BNP-schattingen in VS-dollars.' De schattingen van de VN zijn in overeenstemming met die van de wereldbank.

Het is niet waarschijnlijk dat de groeicijfers in tabel 2 onveranderd zullen blijven tot het eind van deze eeuw. Vele factoren zullen in de komende 30 jaar veranderen. Het einde van de onrust onder de bevolking in Nigeria

zal waarschijnlijk de economische groei doen toenemen, terwijl het begin van onrust en later de oorlog in Pakistan de economische groei daar al verstoord heeft. We moeten echter inzien dat bovenstaande groeicijfers het produkt zijn van een gecompliceerd sociaal en economisch systeem dat vrij stabiel is en dat waarschijnlijk eerder langzaam dan snel zal veranderen, behalve in gevallen van ernstige sociale verstoring. Een eenvoudig rekensommetje levert ons de geëxtrapoleerde waarden van de Bruto Nationaal Produkt (BNP)-cijfers per hoofd tot het jaar 2000, ervan uitgaande dat de relatieve groeicijfers van de bevolking en van het BNP in deze tien landen ongeveer dezelfde zullen blijven. Het resultaat van die berekening vindt men in tabel 3. De hier getoonde waarden zullen bijna zeker niet worden gerealiseerd. Het zijn geen voorspellingen. De waarden geven slechts aan in welke richting ons systeem, zoals het nu is gestructureerd, gaat. *Zij laten zien dat het proces van economische groei, zoals het vandaag optreedt, de absolute kloof tussen rijke en arme landen onverbiddelijk wijder maakt.*

Tabel 3. Geëxtrapoleerd BNP in het jaar 2000.

	BNP per hoofd (in VS-dollar*)
China	100
India	140
USSR	6330
VS	11000
Pakistan	250
Indonesië	130
Japan	23200
Brazilië	440
Nigeria	60
West-Duitsland	5850

*Gebaseerd op de dollarwaarde van 1968 zonder inflatiecorrectie.

Omdat de resultaten belachelijk lijken, wijzen de meeste mensen extrapolaties, zoals die in tabel 3, intuïtief en

terecht af. Men moet echter inzien dat door het afwijken van geëxtrapoleerde waarden men ook de vooronderstelling van *geen verandering* in het systeem afwijst. Als de extrapolaties in tabel 3 geen werkelijkheid worden dan komt dat door een verandering in het evenwicht van de positieve en negatieve terugkoppelingskringloop, die de bevolking en de kapitaalsinvesteringen van ieder land bepalen. Misschien veranderen de vruchtbaarheid of de sterftekans, de kapitaalgoedereninvesteringen of de afschrijvingen, of misschien wel alle vier. Stelt men een andere uitkomst dan die in tabel 3 voor dan moet men aangeven welke van deze factoren vermoedelijk verandert, wanneer en hoeveel. Dit zijn precies de vragen die we aan de orde stellen in ons model, niet op nationale basis maar op een wereldwijde schaal.

Om enigszins realistisch te kunnen speculeren over de toekomstige groeivoeten van bevolking en industriële kapitaalgoederen, moeten we iets meer weten over de andere factoren die onderling een wisselwerking hebben met het bevolking-kapitaalgoederensysteem. We zullen beginnen met een aantal zeer fundamentele vragen te stellen.

Kunnen deze groeipercentages van bevolking en kapitaalgoederen in tabel 3 eigenlijk wel werkelijk worden opgebracht? Hoeveel mensen kan deze wereld onderhouden, op welk welvaartsniveau en hoe lang? Om deze vragen te beantwoorden, moeten we gedetailleerder ingaan op die systemen in de wereld die de groei van bevolking en economie daadwerkelijk ondersteunen.

II. De grenzen aan de exponentiële groei

Want wie van u die een toren wil bouwen, zet zich niet eerst neder om de kosten te berekenen, of hij het werk zal kunnen volbrengen

Lukas 14:28

Wat zal er nodig zijn om de groei van de wereldeconomie en bevolking gaande te houden, misschien zelfs tot na het jaar 2000? De lijst van te vervullen noodzakelijke voorwaarden is lang, maar kan ruwweg in twee categorieën worden verdeeld.

De eerste categorie omvat de *materiële* voorwaarden, waarop alle fysiologische en industriële activiteiten berusten: - voedsel, grondstoffen, fossiele en nucleaire brandstoffen en het ecologisch systeem van de planeet, dat afvalstoffen absorbeert en belangrijke fundamentele chemische stoffen recirculeert. Deze bestanddelen zijn in beginsel tastbare en telbare zaken, zoals bouwland, zoetwater, metalen, bossen en oceanen. In dit hoofdstuk zullen wij de wereldvoorraden van deze materiële hulpbronnen schatten, omdat zij uiteindelijk de beslissende factoren van de grenzen aan de groei op deze aarde vormen.

De tweede categorie van noodzakelijke groeivoorwaarden zijn die in het *sociale* vlak. Zelfs als de natuurlijke systemen van de aarde in staat zijn een veel grotere, economisch meer ontwikkelde bevolking te onderhouden, dan nog zal de feitelijke groei van de economie en

van de bevolking afhangen van factoren als vrede en sociale stabiliteit, opvoeding, werkgelegenheid en gestage technologische vooruitgang. Deze factoren zijn veel moeilijker te bepalen of te voorspellen. Noch dit boek noch ons wereldmodel kan in dit stadium van zijn ontwikkeling expliciet rekening houden met deze sociale factoren, behalve voorzover onze gegevens omtrent de hoeveelheid en de verdeling van de materiële voorraden aanwijzingen kunnen geven over mogelijk toekomstige sociale vraagstukken.

Voedsel, hulpbronnen en een gezonde omgeving zijn noodzakelijk, maar niet voldoende voorwaarden voor groei. Zelfs als zij overvloedig aanwezig zijn, kan de groei door sociale vraagstukken tot staan worden gebracht. Maar laten we nu eens aannemen dat de gunstigste sociale voorwaarden aanwezig zijn. Hoeveel groei kan het natuurlijke systeem dan dragen? Het antwoord op deze vraag zal ons enig idee geven omtrent de bovengrenzen van bevolkings- en kapitaalsgroei, maar geen garantie dat de groei werkelijk zo ver zal gaan.

Voedsel

In Zambia, in Afrika, sterven van iedere 1000 baby's er 260 vóór hun eerste verjaardag. In India en Pakistan is de verhouding 140 per 1000; in Columbia is deze 82. Vele anderen sterven voor zij de schoolgaande leeftijd bereiken; anderen gedurende de eerste schooljaren.

Als in de arme landen overlijdensaktes voor kinderen beneden de schoolgaande leeftijd worden opgemaakt, wordt de dood meestal toegeschreven aan mazelen, longontsteking, dysenterie of een andere ziekte. In feite is het waarschijnlijker dat deze kinderen slachtoffers zijn van ondervoeding.⁴

Niemand weet precies welk deel van de wereldbevolking tegenwoordig onvoldoende wordt gevoed, maar men is het er in het algemeen over eens dat dit deel groot is, misschien 50 à 60% van de bevolking van de minder geïndustrialiseerde landen⁵, dat wil zeggen een derde van de wereldbevolking. Ramingen door de Voedsel- en Landbouworganisatie van de Verenigde Naties (FAO)

geven aan dat in de meeste ontwikkelingslanden in de minimumbehoefte aan calorieën en, in het bijzonder, aan eiwitten niet wordt voorzien (zie fig. 8). Bovendien blijft, hoewel de totale voedselproductie in de wereld toeneemt, de produktie *per hoofd* van de bevolking in de niet-geïndustrialiseerde landen nauwelijks constant op het huidige onvoldoende niveau (zie fig. 9). Betekenen deze tamelijk sombere statistieken dat de grens van de voedselproductie op de aarde reeds bereikt is?

Om tot voedselproductie te komen heeft men allereerst grond nodig. Recente onderzoeken tonen aan dat er, hoogstens, ongeveer 3,2 miljard ha land op aarde potentieel geschikt is voor landbouw.⁶ Ongeveer de helft daarvan, nl. het rijkste en meest toegankelijke deel, is thans in cultuur gebracht. De andere helft zal enorme investeringen vergen om het te bereiken, te ontbossen, te bevoeien of vruchtbaar te maken, voordat het geschikt is voor voedselproductie. De recente kosten voor de ontwikkeling van nieuwe gronden liepen uiteen van \$ 215 tot \$ 5 275 per ha. De gemiddelde kosten voor het in exploitatie nemen van grond in onontgonnen streken bedragen \$ 1 150 per ha.⁷ Volgens een FAO-rapport is het geschikt maken voor bebouwing van meer grond economisch niet uitvoerbaar, zelfs gegeven de dringende behoefte aan voedsel in de wereld van vandaag:

In Zuid-Azië... in sommige landen in Oost-Azië, in het Nabije Oosten en Noord-Afrika en in bepaalde delen van Latijns-Amerika en Afrika... is er bijna geen uitzicht op uitbreiding van het bebouwbare gebied. In drogere streken zal het zelfs noodzakelijk zijn, grond die cultuurtechnisch marginaal of sub-marginaal is, tot blijvend grasland terug te brengen. In het grootste deel van Latijns-Amerika en in Afrika ten zuiden van de Sahara zijn er nog aanzienlijke mogelijkheden om het bebouwde areaal uit te breiden, maar de kosten van ontginning zijn hoog en het zal vaak economischer zijn het gebruik van de reeds bebouwde gebieden te intensiveren.⁸

Als de wereldbevolking inderdaad zou besluiten de hoge investeringen te doen die nodig zijn om alle bebouwbare grond in cultuur te brengen en zo veel mogelijk voedsel te

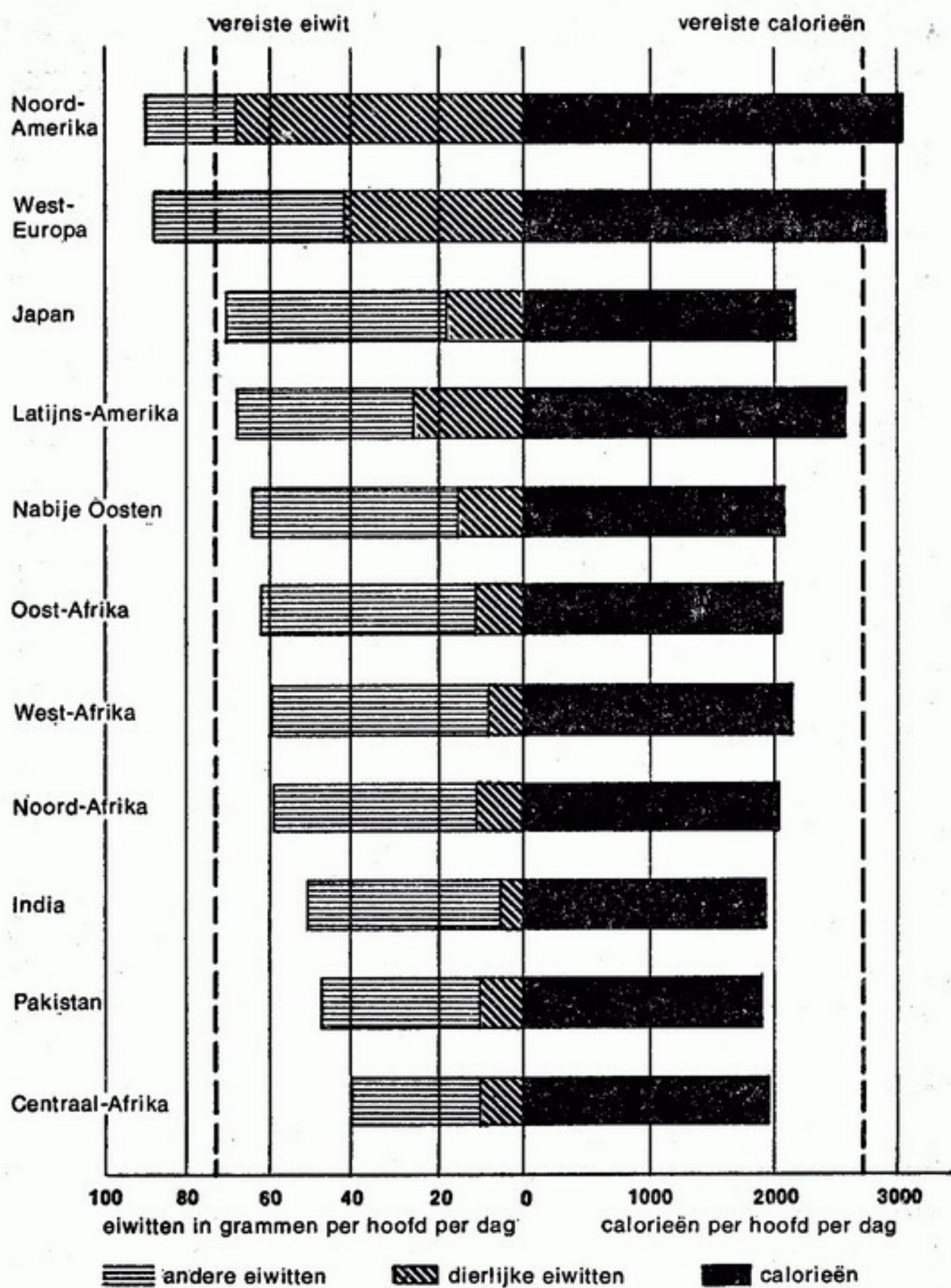


Fig. 8. Eiwitten- en calorieënconsumptie. In de meeste gebieden van de wereld wordt niet in de dagelijkse behoeften aan eiwitten en calorieën voorzien. Er bestaat niet alleen een onevenredige verdeling tussen bepaalde gebieden, zoals hier wordt getoond, maar ook binnen bepaalde gebieden. Volgens de Voedsel- en Landbouworganisatie van de Verenigde Naties, behoren tot de streken met de grootste tekorten 'de Andeslanden, de semi-aride uitgestrekte gebieden van Afrika en het Nabije Oosten en sommige dichtbevolkte landen van Azië'. De lijnen die het vereiste aantal calorieën en eiwitten weergeven, geven de schattingen voor NoordamERICANEN aan. Aangenomen werd dat als de samenstelling van het voedsel in andere streken voldoende zou zijn om de mensen hun potentiële lichaamsgewicht te laten bereiken, de eisen overal hetzelfde zouden zijn. (*Bron: UN Food and Agriculture Organization, Provisional Indicative World Plan for Agricultural Development, Rome: UN Food and Agriculture Organization, 1970.*)

produceren, hoeveel mensen zouden dan in theorie gevoed kunnen worden? De onderste kromme in fig. 10 geeft de hoeveelheid grond aan die nodig is om de groeiende wereldbevolking te voeden, aannemende dat het huidige wereldgemiddelde van 0,4 ha per persoon voldoende is. (Om de hele wereldbevolking naar de huidige Amerikaanse maatstaven te voeden zou 0,9 ha per persoon nodig zijn.) De bovenste kromme in fig. 10 geeft de reële hoeveelheid bebouwbare grond aan die tot dusverre beschikbaar is. Deze lijn loopt omlaag omdat voor ieder toegevoegd individu een zekere landoppervlakte (hier is aangenomen 0,08 ha*) nodig is voor huisvesting, wegen, berging van afvalstoffen, energietransport en ander gebruik dat grond in beslag neemt en deze daarmee ongeschikt maakt voor voedselproductie. Met het grondverlies door erosie, dat in geen geval verwaarloosd moet worden,

* Luchtverkenningen, tussen 1950 en 1960, in 44 provincies van de westelijke Amerikaanse staten, wijzen uit dat de bebouwde grond uiteenliep van 0,008 tot 0,174 ha per persoon.⁹

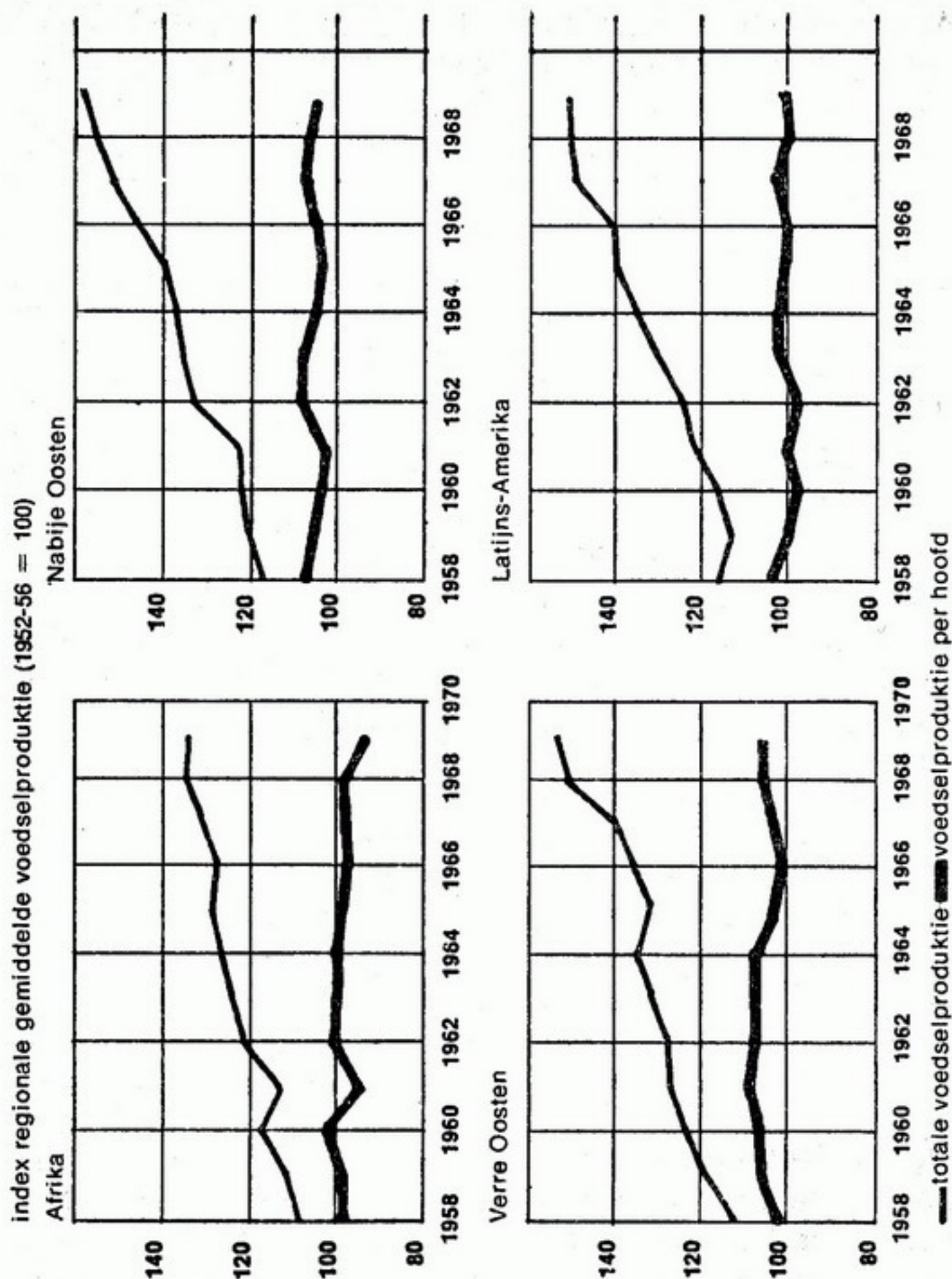


Fig. 9. Voedselproductie. De totale voedselproductie in de niet-geïndustrialiseerde gebieden van de wereld is met ongeveer dezelfde snelheid gestegen als de bevolking. Vandaar dat de voedselproductie **per hoofd** bijna gelijk is gebleven, en wel op een laag niveau. (Bron: **UN Food and Agriculture Organization**, *The State of Food and Agriculture 1970*, Rome: UN Food and Agriculture Organization, 1970.)

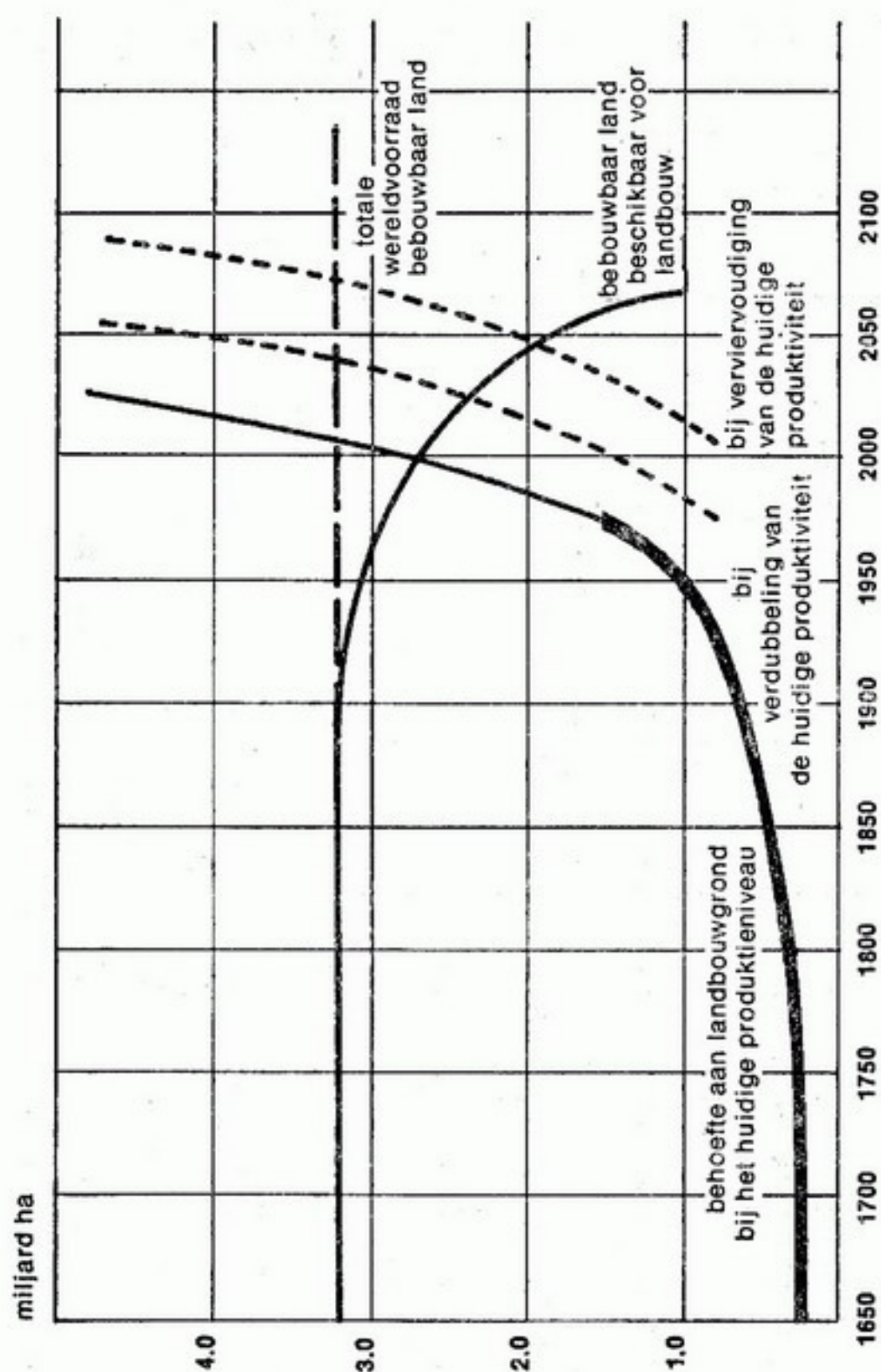


Fig. 10. Bebouwbaar land. De totale omvang van de bebouwbare grond op aarde bedraagt ongeveer 3,2 miljard ha. Bij de huidige produktiviteit is ongeveer 0,4 ha bebouwbare grond per persoon nodig. Daarom weerspiegelt de kromme van de behoefte aan grond die van de groei van de bevolking. De dunne lijn, na 1970, toont de te voorspellen behoefte aan grond, aannemende dat de wereldbevolking in het huidige tempo blijft groeien. De beschikbare, bebouwbare grond neemt af, omdat deze gedeeltelijk voor stedelijk-industrieel gebruik benut wordt als de bevolking groeit. De gestippelde krommen tonen de behoefte aan grond als de huidige produktiviteit verdubbeld of verviervoudigd wordt.

is hier geen rekening gehouden. Uit fig. 10 blijkt dat, zelfs bij de optimistische veronderstelling dat alle beschikbare grond wordt benut, er vóór het jaar 2000 nog een hopeloos grondtekort zal bestaan, tenminste indien de behoefte aan grond per hoofd en de groeicijfers van de bevolking blijven zoals zij heden zijn.

Fig. 10 illustreert bovendien enige zeer belangrijke feiten omtrent exponentiële groei binnen een beperkte ruimte. Ten eerste blijkt hoe men in een zeer gering aantal jaren van een toestand van grote overvloed in één van grote schaarste terecht kan komen. Er is, gedurende de hele historie, een overweldigend teveel aan potentieel bebouwbaar land geweest en nu zou er, binnen 30 jaar (of ongeveer de verdubbelingstijd van de bevolking) een plotseling en ernstig tekort kunnen zijn. Evenals de eigenaar van de lelievijver uit ons voorbeeld in hfdst. I, zou het menselijk ras weleens heel weinig tijd kunnen hebben om op een crisis, als gevolg van exponentiële groei in een beperkte ruimte, te reageren.

Een tweede lering die uit fig. 10 getrokken kan worden, is dat nauwkeurige numerieke veronderstellingen omtrent de aardse begrenzungen onbelangrijk zijn, tegen de achtergrond van de onverbiddelijke voortgang van de exponentiële groei. We zouden bijvoorbeeld kunnen aannemen dat *geen* bebouwbare grond gebruikt wordt voor steden, wegen en andere niet-landbouwdoeleinden. In dat geval is de beschikbare grond constant, zoals aangegeven is door de horizontale onderbroken lijn. Het snijpunt van de twee lijnen wordt ongeveer 10 jaar later gevonden. Of we kunnen veronderstellen dat het mogelijk is de produktiviteit van de grond te verdubbelen of zelfs te verviervoudigen door vooruitgang in de landbouwtechnologie en kapitaalsinvesteringen, zoals tractoren, kunstmest en bevloeiingssystemen. De invloed van twee verschillende veronderstellingen omtrent de toename van de produktiviteit is aangegeven door de stippellijnen in fig. 10. Iedere verdubbeling van de produktiviteit levert een winst op van ongeveer 30 jaar of minder dan één verdubbelingstijd van de bevolking.

Natuurlijk zal de maatschappij niet plotseling het 'kritieke

punt' bereiken waarop de benodigde hoeveelheid grond groter wordt dan de beschikbare. Symptomen van de crisis zullen te voelen zijn lang voordat het kritieke punt wordt bereikt. De voedselprijzen zullen zo hoog stijgen dat er mensen zullen verhongeren, anderen zullen gedwongen worden minder grond te gebruiken en over te schakelen naar voedsel van mindere kwaliteit. Deze symptomen zijn in vele delen van de wereld al duidelijk waarneembaar. Hoewel slechts de helft van de grond die in fig. 10 is aangegeven thans in cultuur is gebracht, kunnen misschien 10 à 20 miljoen doden per jaar direct of indirect toegeschreven worden aan ondervoeding.¹⁰

Het staat vast dat veel van deze doden eerder aan de sociale dan aan de fysieke beperkingen te wijten zijn. Toch is er duidelijk verband tussen deze twee soorten beperkingen in het systeem van de voedselproductie. Als goede, vruchtbare grond nog makkelijk bereikbaar en in cultuur te brengen was, zou er geen economische belemmering zijn om de hongerigen te voeden en zouden er geen moeilijke sociale keuzen gemaakt behoeven te worden. Maar de beste helft van de potentieel bebouwbare grond is al in cultuur gebracht en het in exploitatie nemen van nieuwe grond is zo kostbaar dat de samenleving het 'oneconomisch' oordeelt. Dit is een sociaal probleem dat door een natuurlijke beperking versterkt wordt.

Zelfs indien de samenleving zou besluiten de noodzakelijke kosten te betalen voor het verkrijgen van nieuwe grond of voor de verhoging van de produktiviteit van de reeds aanwezige grond, toont fig. 10 hoe snel de bevolkingsgroei een ander 'crispunt' teweeg zou brengen. En elk crispunt wordt duurder om te boven te komen. Iedere verdubbeling van de grondopbrengst zal kostbaarder zijn dan de vorige. We zouden dit verschijnsel de wet van toenemende kosten kunnen noemen. Het beste en meest ontnuchterende voorbeeld van deze wet vormt een schatting van de kosten van de meeropbrengsten van de landbouw in het verleden. Om van 1951 tot 1966 een toename van de wereldvoedselproductie van 34% te bereiken, hebben landbouwers hun jaarlijkse uitgaven voor tractoren met 63% vergroot, hun jaar-

lijkse investeringen in nitraatkunstmest met 146% en het jaarlijks gebruik van pesticiden met 300%.¹¹ De volgende 34% toename zal een nog grotere inbreng van kapitaal en hulpbronnen vergen.

Hoeveel mensen kunnen op deze aarde gevoed worden? Er is, vanzelfsprekend, geen eenvoudig antwoord op deze vraag. Het antwoord hangt af van de keus die de maatschappij maakt uit de beschikbare alternatieven. Er is een direct keuzeprobleem tussen het produceren van meer voedsel en het produceren van andere nodige of door de mensheid verlangde goederen en diensten. De vraag naar deze andere goederen en diensten neemt toe, naarmate de bevolking toeneemt en daarom wordt het keuzeprobleem steeds groter en moeilijker op te lossen. Maar zelfs als consequent gekozen wordt voor voedselproductie als eerste prioriteit, kan voortgezette bevolkingsgroei het systeem snel naar het punt jagen, waarop alle beschikbare hulpmiddelen gewijd worden aan de voedselproductie, geen mogelijkheden open latend voor andere expansie.

Tot zover hebben we maar één mogelijke grens aan de voedselproductie besproken - namelijk bebouwbare grond. Er zijn andere mogelijke grenzen, maar de ruimte laat ons niet toe deze hier gedetailleerd te bespreken. De meest in het oog springende, bijna even belangrijke als grond, is de beschikbaarheid van zoet water. Er is een bovengrens aan de jaarlijkse beschikbaarheid van zoet water per landstreek op de aarde en er is ook een exponentieel toenemende vraag naar dat water. Wij zouden een op fig. 10 lijkende grafiek kunnen tekenen om te laten zien dat de kromme van de toenemende vraag naar water nadert tot de constante gemiddelde toevoer. In sommige gebieden van de wereld zal deze grens bereikt worden, lang voordat de beperking van de grond duidelijk wordt. Het is ook mogelijk deze grenzen te vermijden of te verleggen door technologische vorderingen, die de afhankelijkheid van de grond (synthetisch voedsel) opheffen of die nieuwe bronnen van zoet water scheppen (ontzouten van zeewater). Wij zullen zulke nieuwe ontwikkelingen verder in hfdst. IV bespreken. Voorlopig is het voldoende dat wij ons realiseren dat geen (enkele) nieuwe techno-

logie spontaan of kosteloos ontstaat. De fabrieken en grondstoffen voor de produktie van synthetisch voedsel, de outillage en de energie voor het zuiveren van zeewater moeten alle door het fysieke wereldsysteem opgebracht worden.

De exponentiële groei van de vraag naar voedsel vloeit rechtstreeks voort uit de positieve terugkoppelingskringloop die nu de groei van de menselijke bevolking bepaalt.

De voedselvoorziening zoals die voor de toekomst verwacht moet worden, hangt af van grond en zoet water en ook van de kapitaalgoederenvoorraad in de landbouw, die weer van de andere overheersende positieve terugkoppelingskringloop in het systeem afhankelijk is, nl. de kapitaalinvesteringskringloop. Het ontginnen van nieuwe grond, het exploiteren van de rijkdommen die in de zee en op en in de zeebodem aanwezig zijn, of het uitbreiden van het gebruik van kunstmest en pesticiden, zullen een toename van de kapitaalvoorraad die voor de voedselproduktie bestemd is, vereisen. De hulpstoffen die de groei van die kapitaalgoederenvoorraad mogelijk maken, zullen waarschijnlijk geen vervangbare hulpstoffen, zoals land of water, maar onvervangbare, zoals brandstoffen of metalen zijn. Zo is de toekomstige uitbreiding van de voedselproduktie sterk afhankelijk van de beschikbaarheid van onvervangbare hulpstoffen. Zijn er grenzen aan de aardse voorraad van deze stoffen?

Onvervangbare hulpstoffen

Zelfs rekening houdend met economische factoren als gestegen prijzen en verminderde beschikbaarheid schijnt het dat thans de hoeveelheden platina, goud, zink en lood niet voldoende zijn om aan de vraag te voldoen. Bij de huidige groei toename zullen zilver, tin en uranium, zelfs tegen hogere prijzen, omstreeks de eeuwwisseling, onvoldoende beschikbaar zijn. Tegen het jaar 2050 zullen wellicht de voorraden van verschillende andere mineralen uitgeput zijn als het huidige consumptieniveau blijft bestaan.

Ondanks recente spectaculaire ontdekkingen zijn er nog slechts een beperkt aantal plaatsen overgebleven waar naar de meeste

1	2	3	4	5	6
<i>Grondstof</i>	<i>Bekende voorraden^a (Eng. gewichten)</i>	<i>Statische index^b (jaren)</i>	<i>Voorspelde groeisnelheid^c (% jaar) hoog gem. laag</i>	<i>Exponentiële index^d (jaren)</i>	<i>Exponentiële index bij 5 x zo grote voorraden (jaren)</i>
Aluminium	1,17 x 10 ⁹ tons ^l	100	7,7 6,4 5,1	31	55
Chroom	7,75 x 10 ⁸ tons	420	3,3 2,6 2,0	95	154
Steenkool	5 x 10 ² tons	2300	5,3 4,1 3,0 ^k	111	150
Kobalt	4,8 x 10 ⁹ lbs.	110	2,0 1,5 1,0	60	148
Koper	308 x 10 ⁶ tons	36	5,8 4,6 3,4	21	48
Goud	353 x 10 ⁶ troy oz.	11	4,8 4,1 3,4 ^l	9	29
IJzer	1 x 10 ¹¹ tons	240	2,3 1,8 1,3	93	173
Lood	91 x 10 ⁶ tons	26	2,4 2,0 1,7	21	64
Mangaan	8 x 10 ⁸ tons	97	3,5 2,9 2,4	46	94
Kwik	3,34 x 10 ⁶ flasks	13	3,1 2,6 2,2	13	41
Nikkel	10,8 x 10 ⁹ lbs.	79	5,0 4,5 4,0	34	65
Molybdeen	1,14 x 10 ⁵ ft ³	38	5,5 4,7 3,9	22	49
Aardgas	147 x 10 ⁹ lbs.	150	4,0 3,4 2,8	53	96
Aardolie	455 x 10 ⁹ bbls.	31	4,9 3,9 2,9	20	50
Platina- groep	429 x 10 ⁶ troy oz.	130	4,5 3,8 3,1	47	85
Zilver	5,5 x 10 ⁹ oz.	16	4,0 2,7 1,5	13	42
Tin	4,3 x 10 ⁶ long tons	17	2,3 1,1 0	15	61
Tungsteen	2,9 x 10 ⁹ lbs.	40	2,9 2,5 2,1	28	72
Zink	123 x 10 ⁶ tons	23	3,3 2,9 2,5	18	50

toftabel

7 <i>Landen met de grootste voorraden (% van het wereldtotaal)</i>	8 <i>Belangrijkste producenten^g (% wereldtotaal)</i>	9 <i>Belangrijkste consumenten^h (% wereldtotaal)</i>	10 <i>Verbruik in VSⁱ (% wereldtotaal)</i>
Australië (33) Guinea (20) Jamaica (10)	Jamaica (19) Suriname (12)	VS (42) USSR (12)	42
Z.-Afrika (75)	USSR (30) Turkije (10)		19
VS (32) USSR-China (53)	USSR (20) VS (13)		44
Kongo (31) Zambia (16)	Kongo (51)		32
VS (28) Chili (19)	VS (20) USSR (15) Zambia (13)	VS (33) USSR (13) Japan (11)	33
Z.-Afrika (40)	Z.-Afrika (77) Canada (6)		26
USSR (33) Z.-Am. (18) Canada (14)	USSR (25) VS (14)	VS (28) USSR (24) W.-Duitsland (7)	28
VS (39)	USSR (13) Australië (13) Canada (11)	VS (25) USSR (13) W.-Duitsland (11)	25
Z.-Afrika (38) USSR (25)	USSR (34) Brazilië (13) Z.-Afrika (13)		14
Spanje (30) Italië (21)	Spanje (22) Italië (21) USSR (18)		24
VS (58) USSR (20)	VS (64) Canada (14)		40
VS (25) USSR (13)	VS (58) USSR (18)		63
Cuba (25) New Caledonia (22) USSR (14) Canada (14)	Canada (42) New Caledonia (28) USSR (16)		38
Saoedie-Arabië (17) Koeweit (15)	VS (23) USSR (16)	VS (33) USSR (12) Japan (6)	33
Z.-Afrika (47) USSR (47)	USSR (59)		31
Comm. landen (36) VS (24)	Canada (20) Mexico (17) Peru (16)	VS (26) W.-Duitsland (11)	26
Thailand (33) Maleisië (14)	Maleisië (41) Bolivia (16) Thailand (13)	VS (24) Japan (14)	24
China (73)	China (25) USSR (19) VS (14)		22
VS (27) Canada (20)	Canada (23) USSR (11) VS (8)	VS (26) Japan (13) USSR (11)	26

Noten bij tabel 4

a. *Bron: Mineral Facts and Problems, 1970, U.S. Bureau of Mines, Government Printing Office, 1970*

b. Het aantal jaren dat de bekende wereldvoorraden zullen meegaan bij het huidige wereldgebruik. Berekend door de 'bekende reserves' in kolom 1 te delen door het huidige jaarverbruik, vermeld in *Mineral Facts and Problems, 1970, op. cit.*

c. *Bron: Mineral Facts and Problems, 1970, op. cit.*

d. Het aantal jaren dat de bekende wereldvoorraden zullen meegaan bij een verbruik dat exponentieel toeneemt met de gemiddelde jaarlijkse groeivoet, werd berekend met de formule

$$\text{exponentiële index} = \frac{\ln (r.s.) + 1}{r}$$

waarin r + gemiddelde groeivoet uit kolom 4

s + statische index uit kolom 3

e. Het aantal jaren dat het vijfvoud van de bekende wereldvoorraden zal meegaan bij een verbruik dat exponentieel toeneemt met de gemiddelde jaarlijkse groeivoet, werd berekend met dezelfde formule met $5s$ in plaats van s .

f. *Bron: Mineral Facts and Problems, 1970, op. cit.*

g. *Bron: United Nations Statistical Yearbook 1969, United Nations, New York 1969.*

h. *Bronnen: Yearbook of the American Bureau of Metal Statistics 1970, Maple Press Co., York, Pa., 1970; World Petroleum Report, Mona Palmer Publishing Co., Inc., 1968; The World Market for Iron Ore, United Nations, New York 1968; Mineral Facts and Problems, 1970, op. cit.*

i. *Bron: Mineral Facts and Problems, 1970, op. cit.*

j. Bauxiet uitgedrukt in het aluminiumequivalent.

k. Een onzekere voorspelling van het 'Bureau of Mines', die op de veronderstelling berust dat steenkool zal worden gebruikt om gas en vloeibare brandstoffen synthetisch te produceren.

l. Inclusief de schatting van het 'Bureau of Mines' van de vraag naar goud om op te potten.

Aanvullende bronnen:

P.T. Flawn, *Mineral Resource*, Rand McNally., 1966.

The American Metal Market Co., *Metal Statistics*, New Jersey 1970.

U.S. Bureau of Mines, *Commodity Data Summary*, January 1971.

mineralen kan worden gezocht. Geologen zijn het niet eens over de vooruitzichten op vondsten van grote, nieuwe, rijke ertslagen. Rekenen op zulke ontdekkingen zou op lange termijn weleens onverstandig kunnen zijn.¹²

Tabel 4 somt een aantal van de minerale- en brandstof-hulpbronnen op die de vitale grondstoffen leveren voor de voornaamste huidige industriële processen. Het getal achter iedere grondstof in kolom 3 is de 'statische reserve-index' of het aantal jaren voordat, bij de *huidige* verbruikscijfers, de thans bekende reserve (vermeld in kolom 2) van die grondstof uitgeput zal raken. Deze statische index is de gewoonlijk gebruikte maatstaf voor het aangeven van de toekomstige beschikbaarheid van de grondstof. Verschillende veronderstellingen liggen ten grondslag aan de statische index; één ervan is dat de verbruikscijfers constant zullen blijven.

Maar het wereldverbruik groeit exponentieel, zoals uit de vierde kolom van tabel 4 blijkt. Voor vele hulpstoffen groeit het verbruikscijfer zelfs sneller dan de bevolking, waaruit blijkt dat jaarlijks én meer mensen grond- en hulpstoffen verbruiken én dat het gemiddeld verbruik per persoon toeneemt. Met andere woorden, de exponentiële groeikromme van het hulpstoffenverbruik wordt zowel door de positieve terugkoppelingskringloop van de bevolkingsgroei als door die van de kapitaalsgoedereengroei opgedreven.

In fig. 10 hebben wij reeds gezien dat een exponentiële toename van het grondgebruik zeer snel op kan lopen tot aan de grens van de vaststaande beschikbare grondoppervlakte. Een exponentiële toename van het grondstofverbruik kan op dezelfde manier snel een begrensde voorraad grondstoffen verkleinen. Analooq aan fig. 10 illustreert fig. 11 het effect van het exponentieel toenemend verbruik van een bepaalde aanvangshoeveelheid onvervangbare grondstof. Wij gebruiken hier het voorbeeld van chromerts, omdat het één van de hoogste statische reserve-indices heeft van alle hulpstoffen opgenomen in tabel 4. We zouden een dergelijke kromme kunnen tekenen voor elke, in tabel 4 genoemde, hulpstof. De tijdschaal zou dan voor deze hulpstoffen verschillen maar

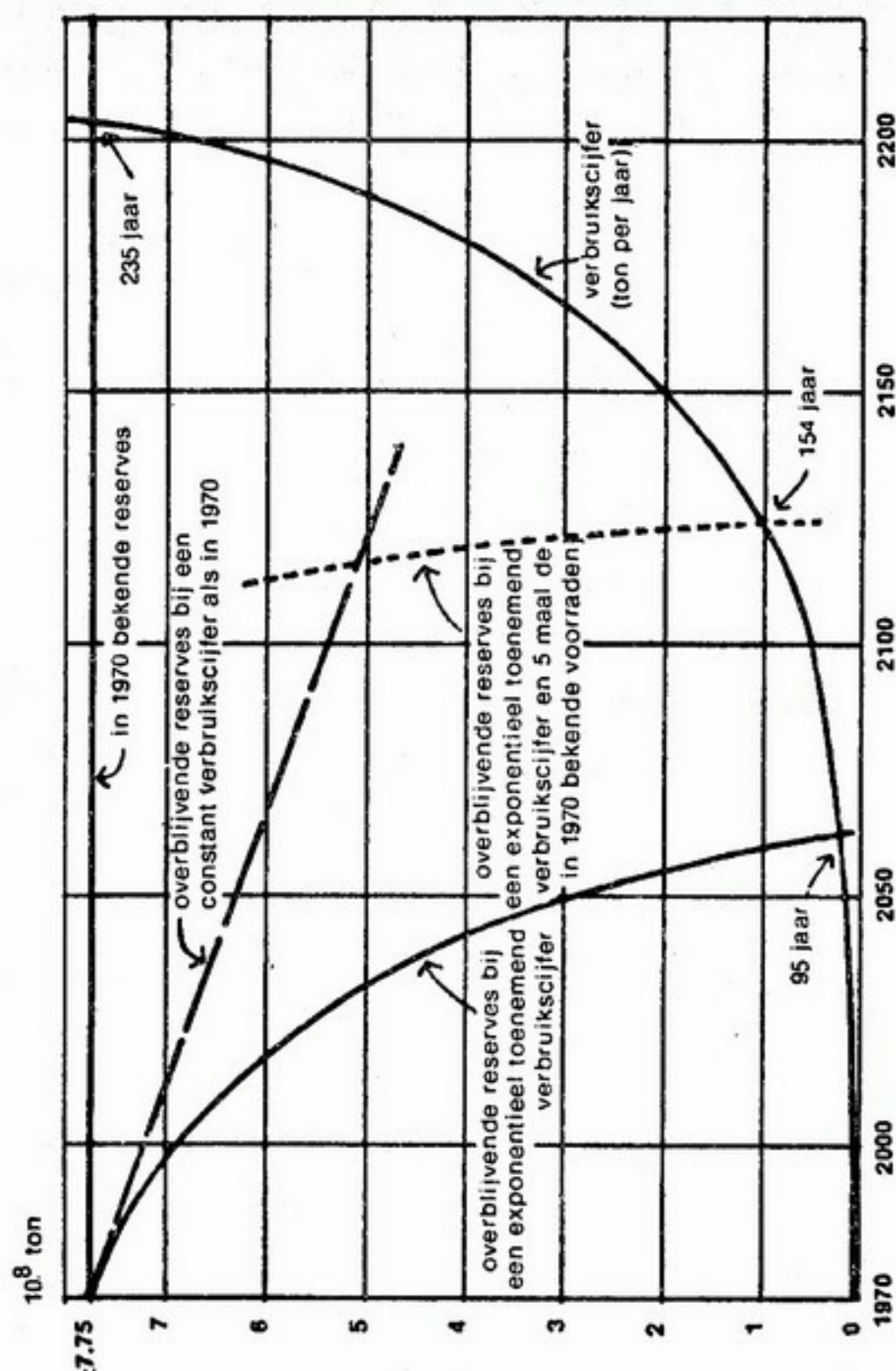


Fig. 11. Chroomreserves. De levensduur van de bekende chroomreserves hangt af van de toekomstige gebruikscijfers van chroom. Als het gebruik constant blijft, zullen de reserves lineair (onderbroken lijn) afnemen; zij gaan dan 420 jaar mee. Als het gebruik exponentieel, met het huidige percentage van 2,6 per jaar toeneemt, zullen de voorraden in slechts 95 jaar uitgeput raken. Als de reserves vijf maal zo groot zijn als de nu bewezene, zal er dus 154 jaar (stippellijn) chroomerts beschikbaar zijn, bij een exponentieel toenemend gebruik. Zelfs als al het chroom, vanaf 1970, volledig zou recirculeren, zal de exponentieel groeiende vraag de reserves na 235 jaar te boven gaan (horizontale lijn).

de algemene vorm van de krommen zou overeenkomen. De bekende wereldreserves van chroom zijn ongeveer 775 miljoen (metrieke) ton, waarvan thans ongeveer 1,85 miljoen ton per jaar wordt gedolven.¹³ Bij het huidige gebruik zouden de nu bekende reserves dus nog 420 jaar meegaan. De onderbroken lijn in fig. 11 illustreert de lineaire afname van de chroomreserves, die verwacht moet worden bij een verondersteld constant gebruik. Maar in werkelijkheid neemt het wereldgebruik van chroom met 2,6% per jaar toe.¹³ De gebogen, ononderbroken lijnen in fig. 11 tonen hoe dezelfde groeisnelheid, als deze zo blijft, ertoe zal leiden dat de grondstofvoorraad niet in 420, maar in slechts 95 jaar zal zijn uitgeput. Als we veronderstellen dat nu nog niet ontdekte reserves de beschikbare bekende voorraden zouden kunnen verviervoudigen, zoals weergegeven door de stippellijn, zou deze vijfvoudige toename de levensduur van de reserves slechts van 95 tot 154 jaar verlengen. Zelfs als het mogelijk zou zijn, vanaf 1970, 100% van het chroom terug te winnen (de horizontale lijn), zodat niets van de aanvangsreserve af zou gaan, zou de vraag na 235 jaar de voorraad overtreffen.

Fig. 11 toont dat bij een exponentiële groei van het grondstofgebruik, de statische reserve-index (420 jaar voor chroom) een nogal misleidende maatstaf voor de beschikbaarheid van grondstoffen is. Wij zouden een nieuwe index kunnen definiëren, een 'exponentiële reserve-index', die de waarschijnlijke levensduur van iedere grondstofvoorraad aangeeft, aannemend dat de huidige groeisnelheid van verbruik zich voortzet. Wij hebben deze index in kolom 5 van tabel 4 opgenomen. Wij hebben ook een exponentiële index berekend, met als vooronderstelling dat onze huidige bekende reserves van ieder grondstof door nieuwe ontdekkingen tot het vijfvoudige uitgebreid kunnen worden. Deze index is in kolom 6 aangegeven. Als gevolg van de exponentiële groei zal de waarschijnlijke beschikbaarheidsperiode voor bijvoorbeeld aluminium van 100 jaar tot 31 jaar teruggebracht worden (tot 55 jaar bij een vijfvoudige toename van de reserves). Koper, dat bij het huidige verbruikscijfer een 36-jarige levensduur heeft, zou maar 21 jaar meegaan bij de tegen-

woordige groeisnelheid en 48 jaar als de reserves met 5 vermenigvuldigd worden. Het is duidelijk dat de tegenwoordige exponentieel groeiende verbruikscijfers in sterke mate de tijdsduur bekorten, waarin economische groei op grote schaal op deze grondstoffen kan worden gebaseerd.

Natuurlijk zal de werkelijke beschikbaarheid van grondstoffen in de eerstkomende decennia door veel ingewikkelder factoren worden bepaald dan kan worden uitgedrukt door ófwel de eenvoudige statische reserve-index óf de exponentiële reserve-index. We hebben dit vraagstuk bestudeerd met behulp van een gedetailleerd model, dat rekening houdt met de vele onderlinge relaties tussen factoren als wisselende kwaliteiten, produktiekosten, nieuwe mijnbouwtechnologie, de elasticiteit van de consumentenvraag en vervanging door andere grondstoffen*; een illustratie van de algemene uit het model getrokken conclusies volgt hieronder.

Fig. 12 is een computerresultaat dat de toekomstige beschikbaarheid aangeeft van een grondstof met een statische reserve-index van 400 jaar in het jaar 1970 (zoals chroom). Op de horizontale as is de tijd in jaren uitgezet; op de verticale as verschillende hoeveelheden, waaronder de resterende reservehoeveelheid (aanduiding **Reserves**) de hoeveelheid die jaarlijks wordt gebruikt (**Verbruikscijfer**), de winningskosten per eenheid grondstof (**Werkelijke kosten**) de vooruitgang van mijnbouw en procestechnologie (aangeduid door T) en het deel van de oorspronkelijke grondstofgebruik dat naar een vervangende grondstof is verschoven (F).

Eerst stijgt het jaarlijks chroomgebruik exponentieel en raakt de voorraad van de grondstof snel uitgeput. De chroomprijs blijft laag en constant omdat nieuwe ontwikkelingen in de mijnbouw efficiënt gebruik van ertsen met een steeds lager gehalte mogelijk maken. Maar als de vraag blijft toenemen is de vooruitgang van de techniek niet snel genoeg om op te wegen tegen de stijgende kosten van het opsporen, delyen, bewerken en distribueren.

* Voor een volledige beschrijving van dit model, zie de publikaties van William W. Behrens III, die in het Aanhangsel vermeld zijn.

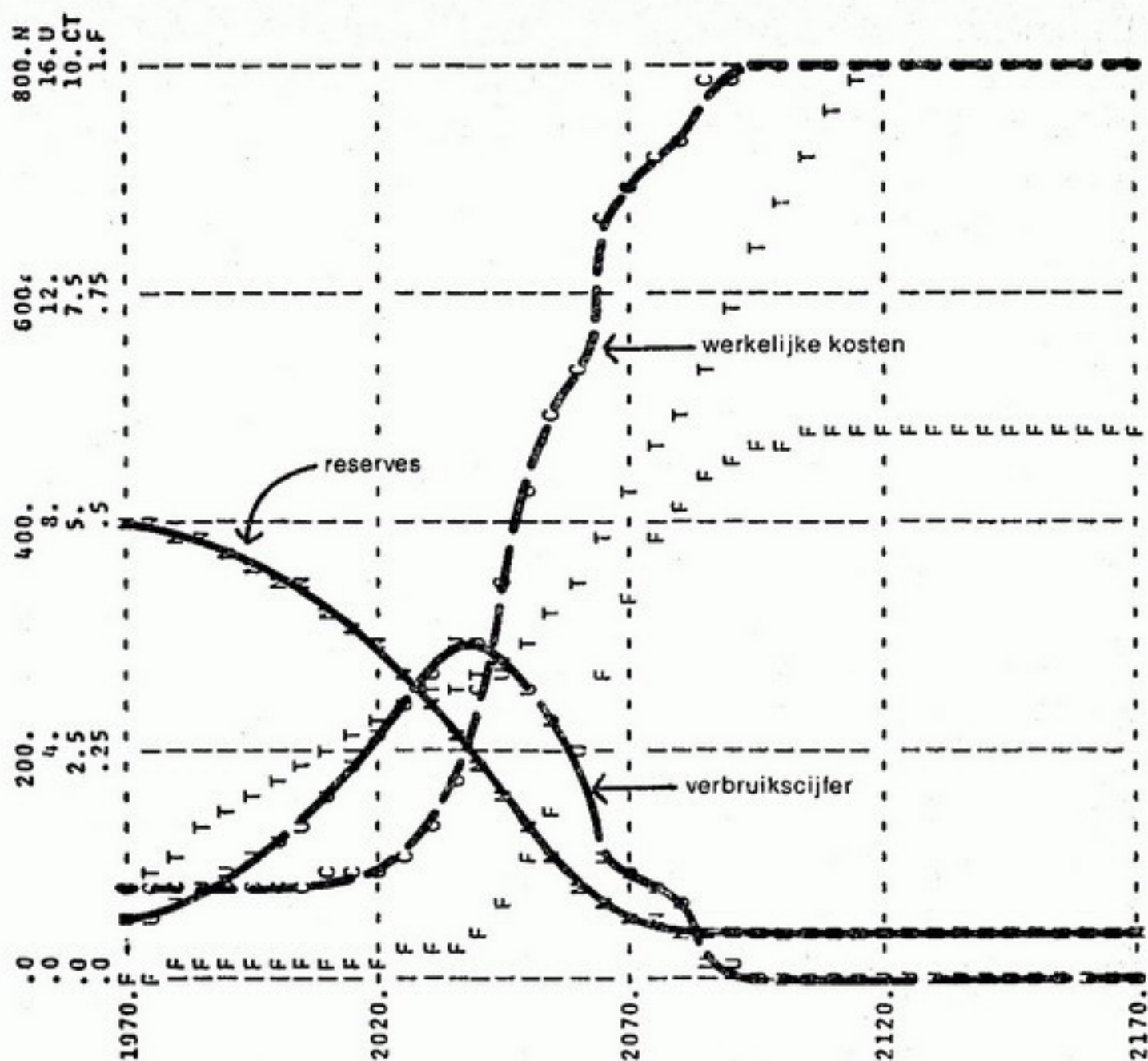


Fig. 12. Beschikbaarheid van chroom. Deze figuur presenteert een computermodel van de economische factoren in de beschikbaarheid van een grondstof (chroom) met een statische reserve-index van 400 jaar. De exponentiële groei van de consumptie komt uiteindelijk tot stilstand tengevolge van de stijgende kosten als de oorspronkelijke reserves uitgeput raken; zelfs als de technologie van de winning en verwerking ook exponentieel toeneemt. Het verbruikscijfer daalt na 125 jaar tot nul; dan is 60% van het oorspronkelijke gebruik door een andere hulpstof vervangen. (Bron: **William W. Behrens, III**, *The Dynamics of Natural Resource Utilization*, presented at the 1971 Computer Simulation Conference, Boston, Massachusetts, juli 1971.)

De prijs begint te stijgen, eerst langzaam en dan zeer snel. De hogere prijs brengt de afnemers ertoe het chroom meer efficiënt te gebruiken en wanneer zij maar kunnen, chroom door andere metalen te vervangen. Na 125 jaar is het overgebleven chroom, ongeveer 5% van het de oorspronkelijke voorraad, alleen beschikbaar tegen afschrikwekkend hoge kosten en het delven van nieuwe voorraden is in feite tot stilstand gekomen.

Deze meer realistische dynamische veronderstelling omtrent het toekomstig gebruik van chroom levert een waarschijnlijke levensduur van 125 jaar op. Dat is aanmerkelijk korter dan de berekende levensduur bij de statische veronderstelling (400 jaar), maar langer dan de levensduur, uitgaande van een constante exponentiële groei (95 jaar). Het verbruikscijfer in het dynamische model is noch constant, noch neemt het voortdurend toe, maar de grafiek heeft een klokvorm, met een fase van groei en een fase van afname.

De doorberekening d.m.v. de computer in fig. 13 illustreert het gevolg van een ontdekking in 1970 die de resterende nu bekende chroomreserves *verdubbelt*. De statische reserve-index in 1970 wordt 800 jaar in plaats van 400. Als resultaat van deze ontdekking blijven de kosten wat langer laag, zodat de exponentiële groei langer voort kan gaan dan het geval was in fig. 12. De periode waarin gebruik van de grondstof economisch mogelijk is, wordt van 125 jaar tot 145 jaar verlengd. Met andere woorden: *verdubbeling* van de reserves verlengt de feitelijke gebruiksperiode slechts met 20 jaar.

De aardkorst bevat omvangrijke hoeveelheden van die grondstoffen die de mens heeft leren delven en verwerken tot nuttige dingen. Hoe groot die hoeveelheden ook zijn, ze zijn niet oneindig. Nu we gezien hebben hoe plotseling een exponentieel groeiende hoeveelheid een vaste bovengrens nadert, zou de volgende uitspraak niet onverwacht moeten komen. *Gegeven de huidige verbruikscijfers en de voorziene toename van deze cijfers zal het merendeel van de thans belangrijke, onvervangbare hulpstoffen over 100 jaar uiterst kostbaar zijn geworden.* Bovenstaande uitspraak blijft wáar, ongeacht de meest optimistische veronderstellingen omtrent niet ontdekte

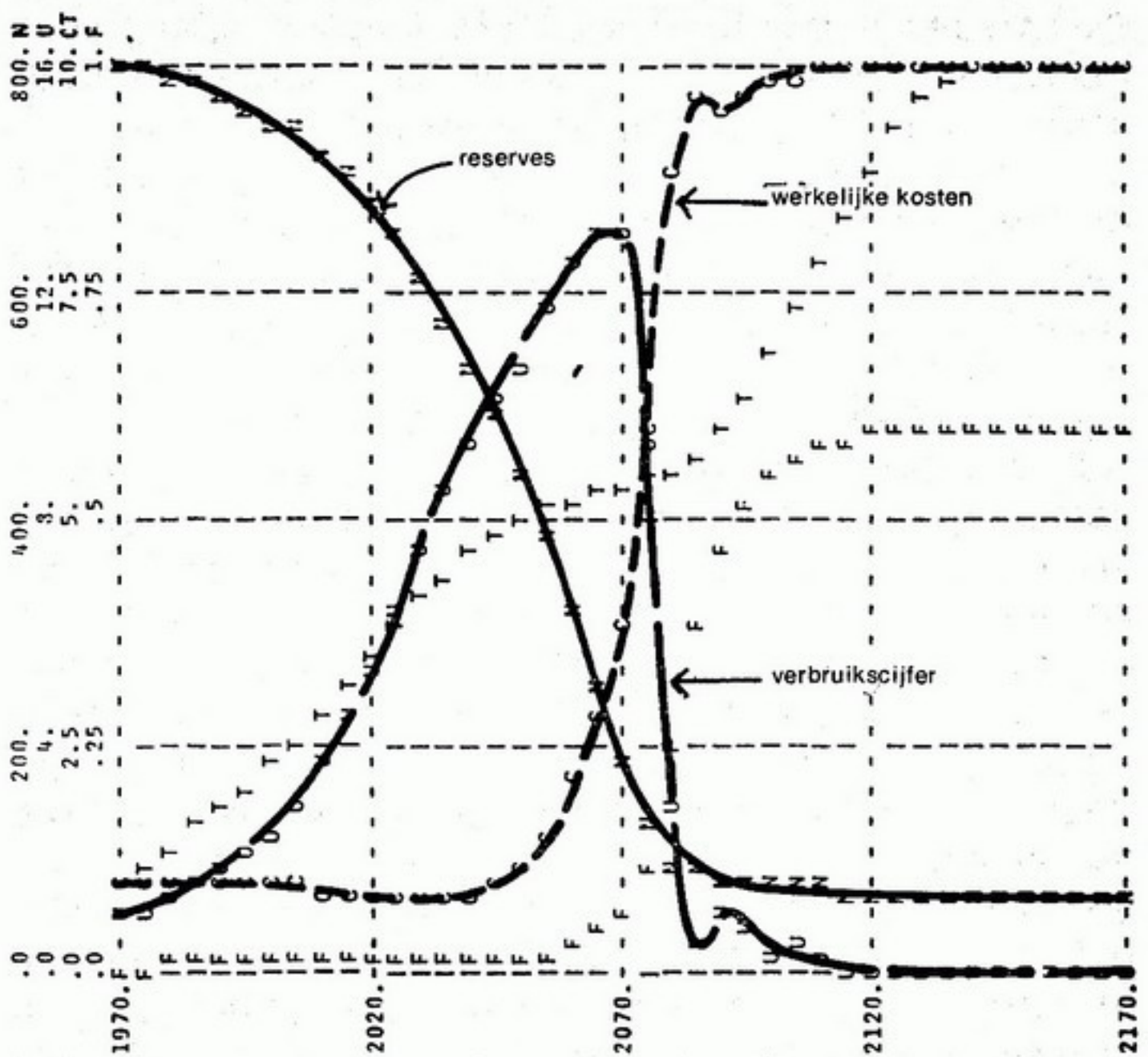


Fig. 13. Beschikbaarheid van chroom bij een verdubbeling van de bekende reserves. Als een vondst in 1970 de bekende reserves van de grondstof verdubbelt (statische reserve-index 800 jaar) wordt de exponentiële groei van het verbruikscijfer verlengd en bereikt dit een hoge waarde. De reserves worden echter tijdens de piek in het gebruik zeer snel uitgeput. Ten gevolge van deze snelle uitputting leidt de verdubbeling van de voorraad niet tot verdubbeling van de levensduur van de voorraad, maar slechts tot een verlenging van 125 tot 145 jaar. (Bron: **William W. Behrens, III**, *The Dynamics of Natural Resource Utilization*.)

reserves, technologische vooruitgang, vervangbaarheid, recirculatie, zolang de vraag naar deze stoffen exponentieel blijft groeien. De prijzen van die hulpstoffen die de kortste statische reserve-index hebben, zijn al begonnen te stijgen. De prijs van kwik bijvoorbeeld is in de laatste 20 jaar 500% omhoog gegaan; de prijs van lood is de laatste 30 jaar met 300% gestegen.¹⁴

Daarnaast worden de eenvoudige conclusies die we hebben getrokken bij het bekijken van de totale wereldreserves aan hulpstoffen ingewikkelder door het feit dat noch de natuurlijke reserve, noch het grondstoffenverbruik gelijkmatig over de aardbol zijn verdeeld. De laatste 4 kolommen van tabel 4 tonen duidelijk dat de geïndustrialiseerde landen voor de aanvoer van grondstoffen voor hun industriële basis in sterke mate afhankelijk zijn van een netwerk van internationale overeenkomsten met de producerende landen. Naast het moeilijke economische probleem t.a.v. het lot van verscheidene industrieën als hulpstof na hulpstof afschrikwekkend duur wordt, is er het onoverzichtelijke politieke probleem van de betrekkingen tussen producerende en consumerende volken als de overblijvende hulpstoffen geconcentreerd worden in meer beperkte geografische gebieden. De recente nationalisatie van Zuidamerikaanse mijnen en de succesvolle pressie van het Midden-Oosten om de olieprijzen te verhogen, doen vermoeden dat dit politieke probleem zou kunnen opdoemen lang voor het uiteindelijke economische probleem bestaat.

Zijn er genoeg hulpbronnen om de economische ontwikkeling van 7 miljard mensen tot een redelijk hoge levensstandaard mogelijk te maken? Nogmaals, het antwoord moet voorwaardelijk zijn. Het hangt af van de manier waarop de voornaamste hulpstoffenverbruikende gemeenschappen in de toekomst belangrijke beslissingen zullen nemen. Zij zouden kunnen voortgaan met de toename van de consumptie, overeenkomstig het huidige patroon. Zij zouden kunnen leren afgedankte materialen terug te winnen en te recirculeren. Zij zouden nieuwe ontwerpen kunnen ontwikkelen voor het verhogen van de duurzaamheid van produkten, die van schaarse hulpstoffen zijn gemaakt. Zij zouden sociale en economische

gedrag patronen kunnen aanmoedigen die de behoefte van de mens kunnen bevredigen, waarbij de mens het bezit en de versnippering van de onvervangbare stoffen eerder minimaliseert dan maximaliseert.

Al deze mogelijke beslissingen brengen keuzeproblemen met zich mee. Deze keuzemogelijkheden zijn in dit geval met name zo moeilijk omdat zij een keuze tussen huidige en toekomstige voordelen inhouden. Om de beschikbaarheid van voldoende grondstoffen in de toekomst te verzekeren, moeten beleidslijnen gekozen worden die het huidige grondstoffenverbruik zullen verminderen. De meeste van deze beleidslijnen zijn gebaseerd op een stijging van de kosten van de grondstoffen. Recirculatie en verbeterde produktontwerpen zijn kostbaar; in de meeste delen van de hedendaagse wereld worden ze als 'oneconomisch' beschouwd. Maar zelfs als zij effectief zouden worden toegepast, wordt, zolang de stuwende kringlopen van bevolking en kapitaal meer mensen en een grotere vraag naar grondstoffen per hoofd blijven veroorzaken, het systeem naar zijn grens - de uitputting van de onvervangbare hulpbronnen van de aarde - gedreven.

Wat gebeurt er met de aan de aarde onttrokken metalen en brandstoffen, nadat zij zijn gebruikt en afgedankt? In één opzicht gaan zij nooit verloren. De atomen waaruit zij zijn opgebouwd, worden opnieuw geschikt en uiteindelijk in een verdunde onbruikbare vorm in de lucht, de bodem en het water van onze planeet verspreid. De natuurlijke ecologische systemen kunnen veel van de afvalprodukten van menselijke activiteit absorberen en ze omzetten in stoffen die bruikbaar, of tenminste onschadelijk zijn voor andere vormen van leven. Maar wanneer een of ander afvalprodukt op voldoende grote schaal vrijkomt, kunnen de absorberende mechanismen verzadigd worden. De afval van onze beschaving kan zich in de natuur opstapelen tot deze zichtbaar, hinderlijk en zelfs schadelijk wordt. Kwik in vis, looddeeltjes in stadlucht, bergen stedelijke afval, olievlekken op stranden - dat zijn de gevolgen van de toenemende vloed van hulpstoffen die door de handen van de mensheid gaat. Het wekt dan ook geen verbazing, dat vervuiling ook een exponentieel toenemende grootheid in het wereldsysteem is.

Vervuiling

Velen... komen op grond van steeds meer en redelijk objectieve bewijzen tot de conclusie dat de levensduur van de biosfeer als bewoonbaar gebied voor organismen eerder in tientallen dan in honderden miljoenen jaren gemeten moet worden. Dat is geheel de schuld van onze eigen menselijke soort.¹⁵

Pas zeer recent maakt de mens zich zorgen over de gevolgen van zijn activiteit voor de natuurlijke omgeving. Wetenschappelijke pogingen om deze gevolgen te schatten zijn zelfs nog recenter en nog steeds zeer onvolledig. Wij zijn op dit moment zeker niet in staat tot een duidelijke conclusie te komen over de capaciteit van de aarde om vervuiling te absorberen. Toch kunnen we in deze paragraaf vier uitgangspunten vaststellen die, vanuit een dynamisch wereldwijd perspectief, illustreren hoe moeilijk het zal zijn de toekomstige toestand van onze ecologische systemen te begrijpen en te controleren. Deze punten zijn:

1. Het geringe aantal soorten van verontreiniging waarvan tot dusver daadwerkelijk een schatting is gemaakt, lijkt exponentieel toe te nemen.
2. We weten bijna niets van de ligging van de bovengrens van de groeikrommen van deze vervuiling.
3. De aanwezigheid van natuurlijke vertragingen in ecologische processen vergroot de waarschijnlijkheid van onderschatting van de noodzakelijke controlemaatregelen en daardoor van het werkelijk bereiken van deze bovenste limiet.
4. Vele verontreinigende stoffen zijn over de hele wereld verspreid; hun schadelijke invloed komt op grote afstanden van het punt van ontstaan tot uiting.

Het is niet mogelijk elk van deze vier punten bij iedere soort verontreiniging toe te lichten; zowel vanwege het gebrek aan plaatsruimte in dit boek als wegens de beperkte beschikbaarheid van gegevens. Daarom zullen we ieder punt bespreken, waarbij we als voorbeelden die verontreinigingen gebruiken, die tot nu toe het meest uitgebreid zijn bestudeerd. Het is niet per se waar dat de hier genoemde verontreinigingen de meeste reden

tot zorg geven (hoewel zij alle tot enige bezorgdheid aanleiding geven). Zij zijn eerder die welke we het best begrijpen.

Exponentieel toenemende vervuiling

Bijna iedere verontreiniging, die als functie van de tijd is gemeten, lijkt exponentieel toe te nemen. De toename-snelheden in de onderstaande voorbeelden zijn sterk verschillend, maar de meeste groeien sneller dan de bevolking. Sommige verontreinigingen houden klaarblijkelijk rechtstreeks verband met de bevolkingsgroei (of met de landbouwactiviteit die in relatie tot de bevolkingsgroei staat). Andere hangen sterker samen met de groei van de industrie en de technologische vooruitgang. De meeste verontreinigingen worden, in het wereld-systeem, op een of andere manier door *beide* terugkoppelingskringlopen, die van de bevolking en die van de industrialisatie, beïnvloed.

Laten we, om te beginnen, de vervuiling die met het toene-mend energiegebruik van de mensheid samenhangt, bekijken. Het economisch ontwikkelingsproces is feitelijk dat van het grotere energiegebruik, teneinde de produktiviteit en de efficiëntie van de arbeid van de mens te vergroten. Eén van de beste indicaties voor de rijkdom van een menselijke bevolking is de hoeveelheid energie die deze per persoon verbruikt (zie fig. 14). Het energieverbruik per hoofd van de bevolking neemt met een snelheid van 1,3% per jaar toe¹⁶, wat inclusief de bevolkingsgroei een totale toename van 3,4% per jaar betekent. Tegenwoordig is ongeveer 97% van de industriële energieproduktie van de mensheid afkomstig van fossiele brandstoffen (steenkool, olie, aardgas).¹⁷ Als deze stoffen worden verbrand, komt onder meer kool-dioxyde (CO_2) in de atmosfeer terecht. Thans komt jaarlijks ongeveer 20 miljard ton CO_2 , afkomstig van de verbranding van fossiele brandstoffen, vrij.¹⁸ Zoals uit fig. 15 blijkt, neemt de gemeten hoeveelheid CO_2 in de atmosfeer exponentieel toe, blijkbaar met een snelheid van 0,2% per jaar. Slechts ongeveer de helft van het CO_2 dat

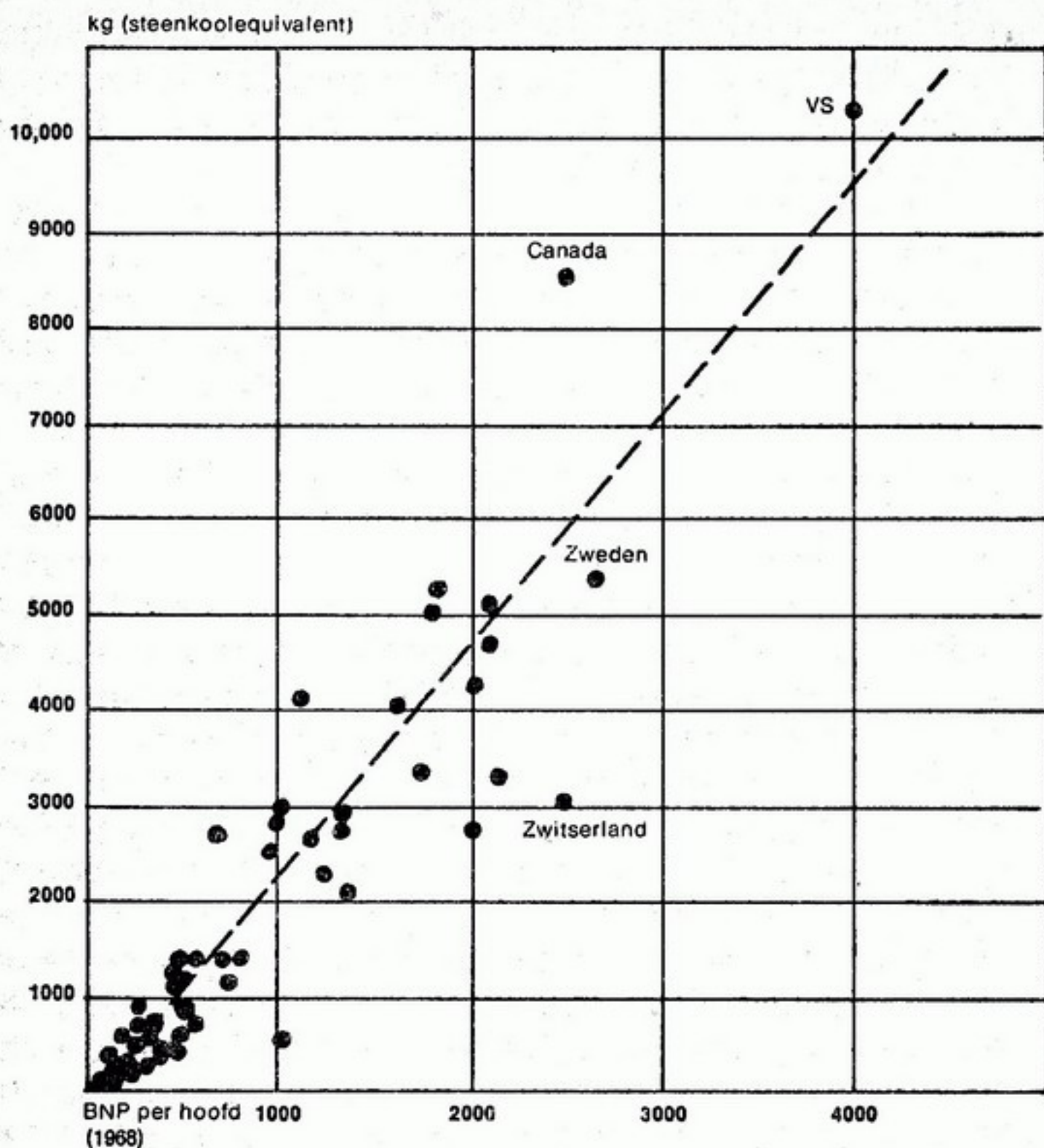


Fig. 14. Energieverbruik en BNP per hoofd. Hoewel de volken van de wereld sterk verschillende hoeveelheden energie per hoofd verbruiken, hangt het energieverbruik nogal sterk samen met de totale produktie per hoofd (BNP per hoofd). Deze betrekking vertoont in het algemeen een lineair beeld; de spreiding van de punten wordt veroorzaakt door verschillen in klimaat, plaatselijke brandstofprijzen en de omvang van de zware industrie. (Bron: *Energy consumption from UN Department of Economic and Social Affairs, Statistical Yearbook 1969*, New York: United Nations, 1970. *GNP per capita from World Bank Atlas*, Washington, DC, International Bank for Reconstruction and Development, 1970.)

bij de verbranding van fossiele brandstoffen vrijkomt, komt in werkelijkheid in de atmosfeer terecht - de andere helft wordt blijkbaar door het oppervlakte water van de oceanen geabsorbeerd.¹⁹

Indien in de energiebehoeften van de mens in de toekomst wordt voorzien door kernenergie in plaats van fossiele brandstoffen, zal de toename van atmosferisch CO₂ tenslotte tot stilstand komen, naar te hopen valt voordat het enig aantoonbaar ecologisch of klimatologisch gevolg heeft gehad.

Maar er is nog een bijkomend gevolg van het energiegebruik, dat onafhankelijk is van de brandstofbron. Volgens de wetten van de thermodynamica moet in wezen alle door de mens gebruikte energie uiteindelijk als warmte verdwijnen. Als de energiebron iets anders is dan invallende zonne-energie (zoals bijvoorbeeld fossiele brandstoffen of atoomenergie) zal die warmte de temperatuur van de atmosfeer verhogen, óf direct óf indirect door de uitstraling van water dat voor koelingsdoeleinden is gebruikt. Plaatselijk veroorzaakt overtollige warmte of 'thermische verontreiniging' een verstoring in het evenwicht van het leven in het water.²⁰ Overtollige warmte in de atmosfeer rondom de steden is de oorzaak van de vorming van stedelijke 'warmte-eilanden' waarin zich talrijke meteorologische onregelmatigheden voordoen.²¹ Thermische verontreiniging kan ernstige wereldwijde gevolgen voor het klimaat hebben, indien deze een merkbaar deel van de normaal door de aarde geabsorbeerde hoeveelheid zonne-energie zou gaan uitmaken.²² In fig. 16 wordt het niveau van de voorspelde thermische verontreiniging voor een grote stad getoond als fractie van de invallende zonne-energie.

Kernenergie zal bovendien nog een ander type verontreiniging produceren - radioactief afval. Omdat de kernenergie nu slechts voor een onbelangrijk deel van de door de mens gebruikte energie zorgt, kan de mogelijke invloed van de door kernreactoren uitgescheiden afvalstoffen op de omgeving slechts worden vermoed. Enig idee daarvan kan echter verkregen worden vanuit de werkelijke en de te voorziene uitscheiding van radioactief afval door de nucleaire energiebedrijven, die nu

volumedelen per miljoen

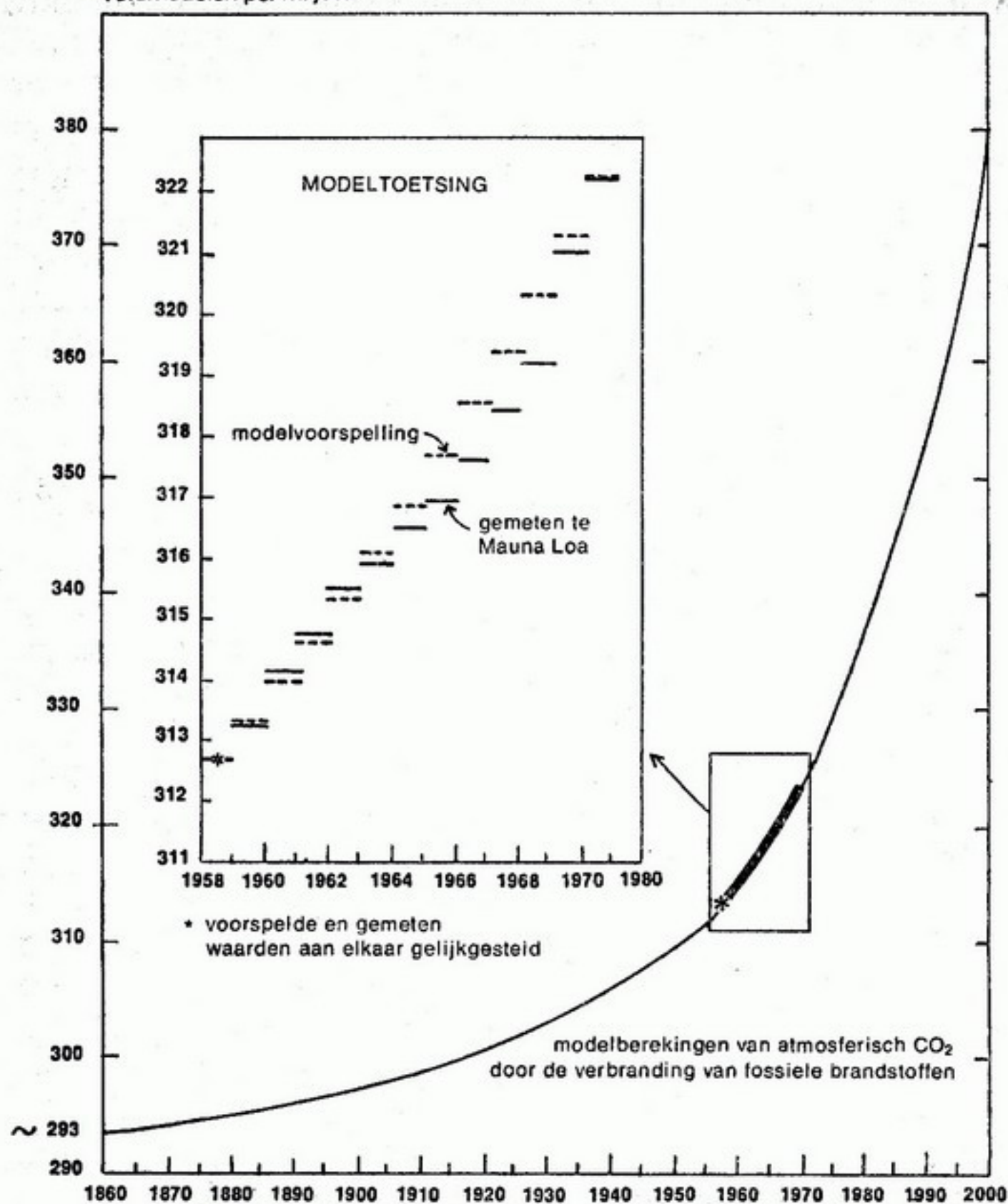


Fig. 15. Concentratie van kooldioxyde in de atmosfeer.

De atmosferische concentratie CO_2 , zoals deze sedert 1958 te Mauna Loa op Hawaii werd gemeten, is steeds toegenomen. Thans bedraagt de gemiddelde toename ongeveer $1\frac{1}{2}$ deeltje per miljoen (dpm) per jaar. Berekeningen, waarbij rekening is gehouden met de uitwisseling van CO_2 tussen de atmosfeer, de biosfeer en de oceanen, voorspellen dat de CO_2 -concentratie tegen het jaar 2000 380 dpm zal bedragen. Een toename van de waarschijnlijke waarde in 1860 met 30%. De bron voor deze exponentiële toename in het atmosferische CO_2 is de toenemende verbranding van fossiele brandstoffen door de mens. (Bron: **Lesier Machta**, *The Role of the Oceans and Biosphere in the Carbon Dioxide Cycle*, Paper presented at Nobel Symposium 20 'The Changing Chemistry of the Oceans', Göteborg, Zweden, august 1971.)

worden gebouwd. Een gedeeltelijke opsomming van de verwachte jaarlijkse lozing op de omgeving van een 1,6 miljoen kilowattinstallatie die nu in de VS wordt gebouwd, omvat: 42 800 curies* afkomstig van radioactief krypton (halveringstijd, afhankelijk van de isotoop, uiteenlopend van enkele uren tot 9,4 jaar) in de schoorsteengassen en 2 910 curies afkomstig van tritium (halveringstijd 12,5 jaar) in het afvalwater.²³ Fig. 17 toont hoe de nucleaire opwekkingscapaciteit van de Verenigde Staten naar verwachting tussen nu en het jaar 2000 zal groeien. De grafiek bevat ook een schatting van de radioactieve afval die jaarlijks door deze nucleaire krachtstations geloosd wordt en van de geaccumuleerde afval (gebruikte reactor-brandstof) die veilig opgeslagen moet worden.

Koolzuurgas, thermische energie en radioactief afval zijn slechts drie van de vele verstoringen die de mens nu in het milieu veroorzaakt met een exponentieel toenemende snelheid. Andere voorbeelden worden in de fig. 18-21 getoond.

* Een curie is het radioactieve equivalent van 1 gram radium. Dit is een zo grote hoeveelheid straling, dat de milieuconcentraties gewoonlijk in microcurie (miljoensten van een curie) worden uitgedrukt.

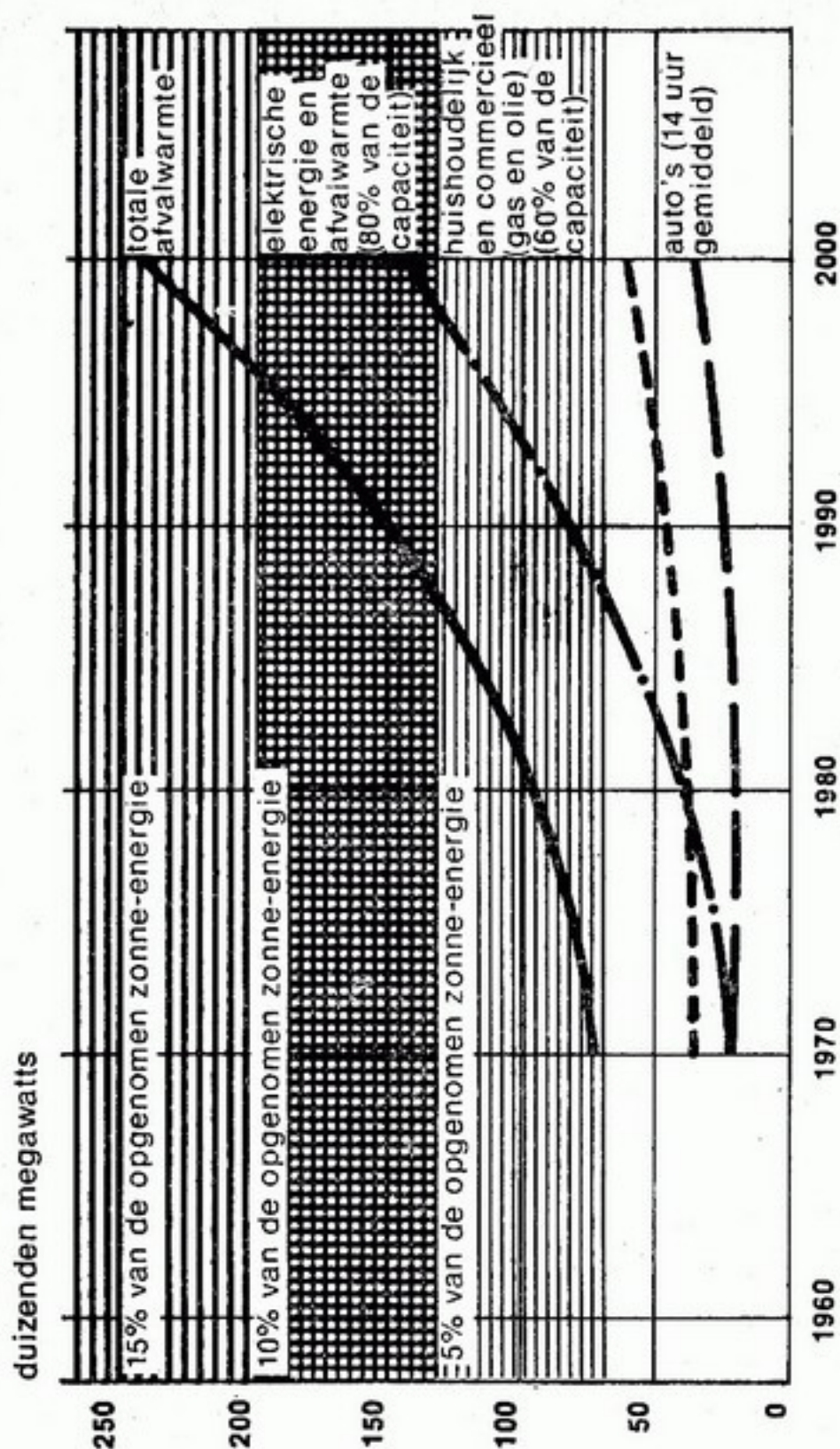


Fig. 16. Ontstaan van afvalwarmte in het bekken van Los Angeles. De afvalwarmte die in het hele 6 500 km² grote bekken van Los Angeles vrijkomt, komt tegenwoordig ongeveer overeen met 5% van de totale hoeveelheid door de grond opgenomen zonne-energie. Bij de huidige groeisnelheid zal de vrijkomende warmte, tegen het jaar 2000, 18% van de invallende zonne-energie bedragen. Deze warmte, die het gevolg is van alle energie-opwekking en productieprocessen, beïnvloedt nu reeds het plaatselijke klimaat. (Bron: **L. Lees** in *man's Impact on the Global Environment*, Report of the Study of Critical Environmental Problems, Cambridge, Mass.: MIT Press, 1970.)

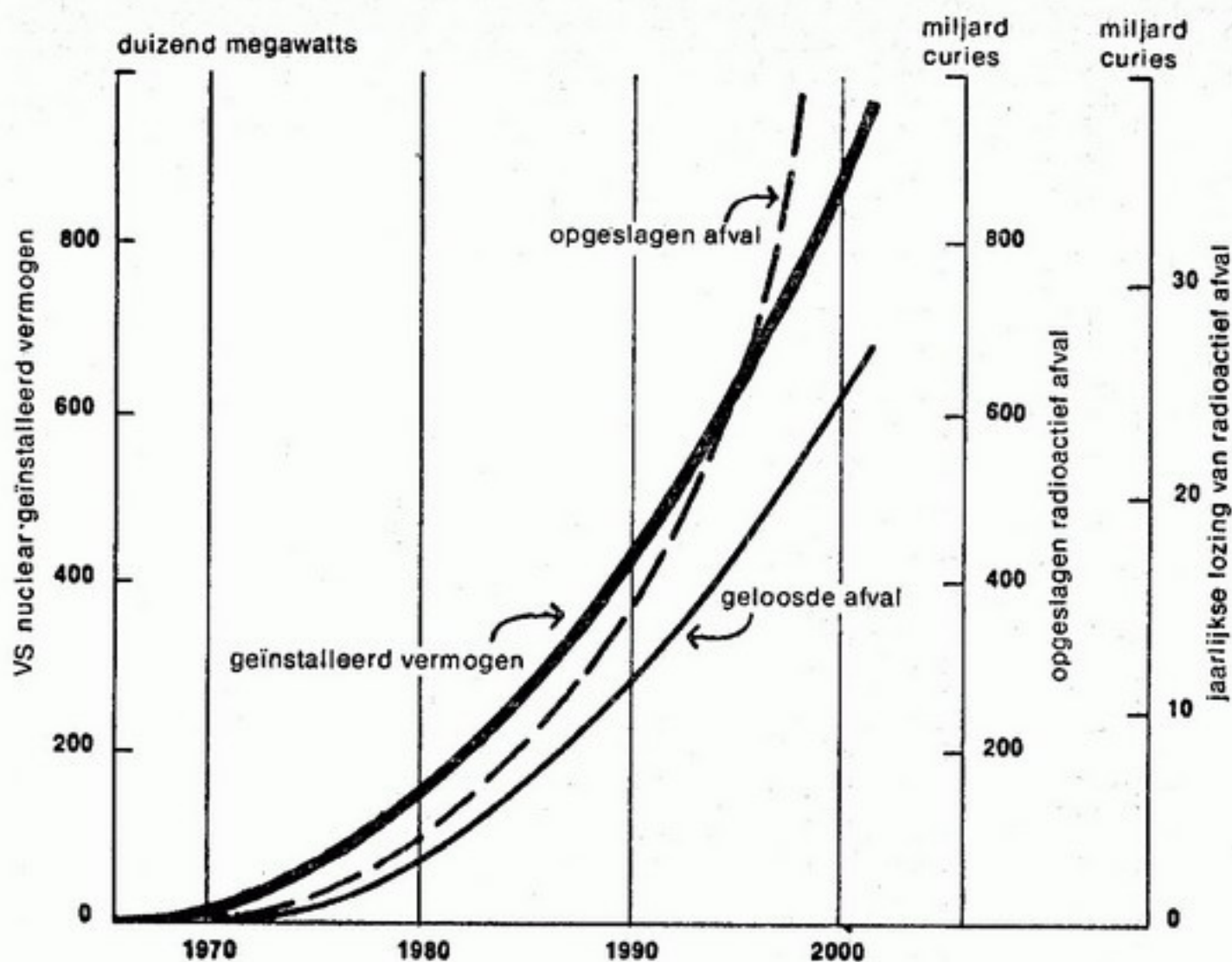


Fig. 17. Radioactief afval. Er wordt verwacht dat het in de VS geïnstalleerde energieopwekkingsvermogen met behulp van kernenergie zal stijgen van 11 000 megawatt in 1970 tot meer dan 900 000 megawatt in het jaar 2000. De totale hoeveelheid opgeslagen radioactieve afvalstoffen zal in dat jaar waarschijnlijk duizend miljard (biljoen) curies te boven gaan. De jaarlijkse lozing van nucleaire afvalstoffen, meestal in de vorm van krypton-gas en tritium in koelwater, zal bij handhaving van de huidige lozingsvormen 25 miljoen curies bedragen. (Bronnen: Installed capacity to 1985 from US Atomic Energy Commission, *Forecast of Growth of Nuclear Power*, Washington, DC: Government Printing Office, 1971. Installed capacity to 2000 from Chauncey Starr, 'Energy and Power', *Scientific American*, September 1971. Stored nuclear wastes from J.A. Snow, 'Radioactive Waste from Reactors', *Scientist and Citizen* 9, 1967. Annual release of nuclear wastes calculated from specifications for 1.6 thousand megawatt plant in Calvert Cliffs, Maryland.)

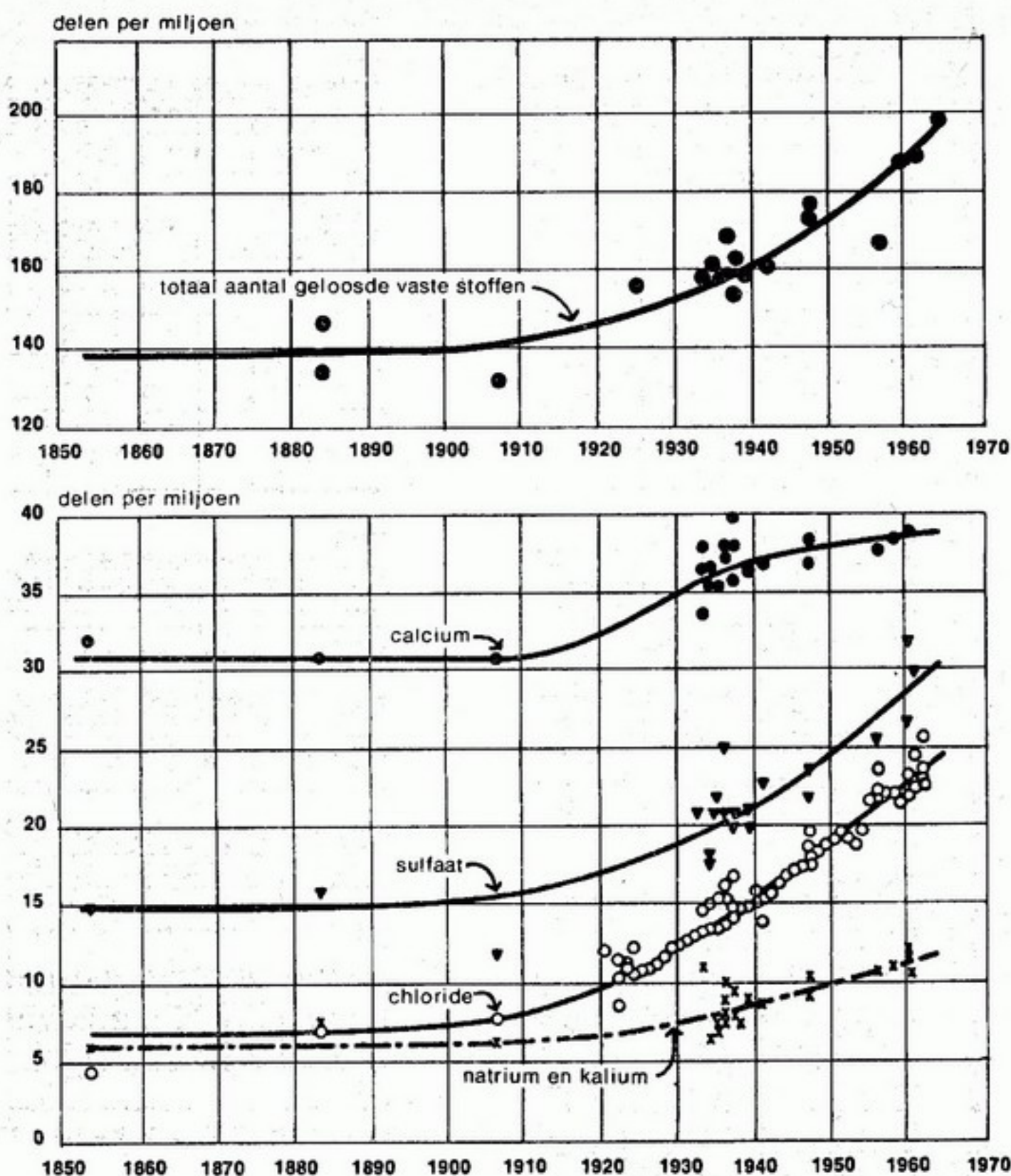
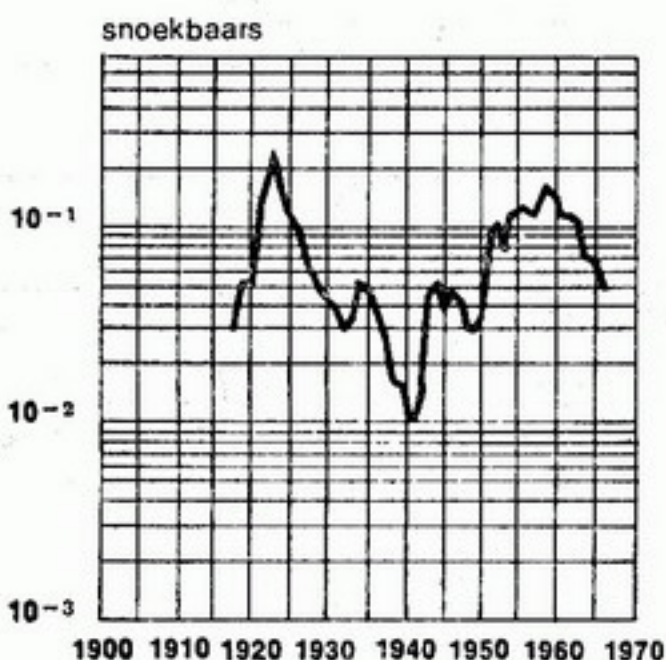
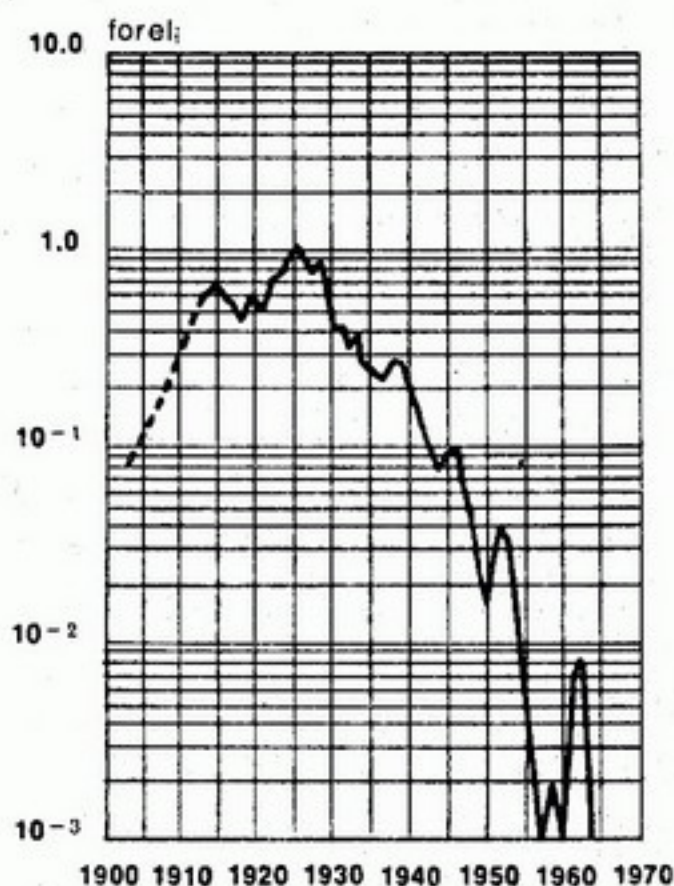
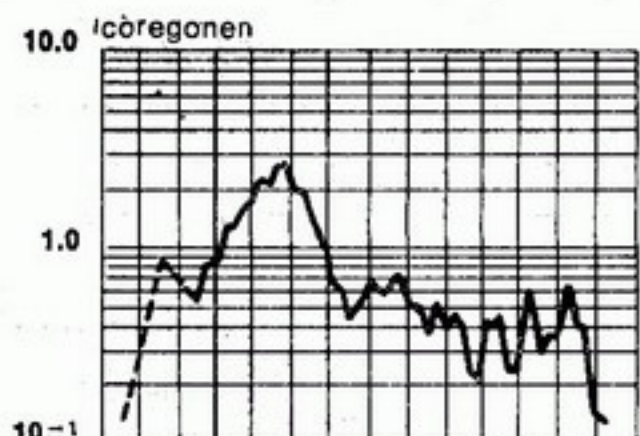
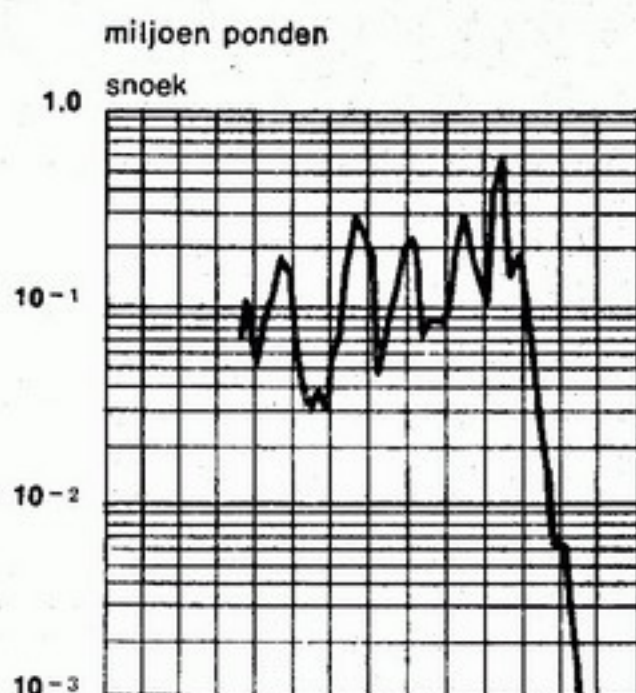
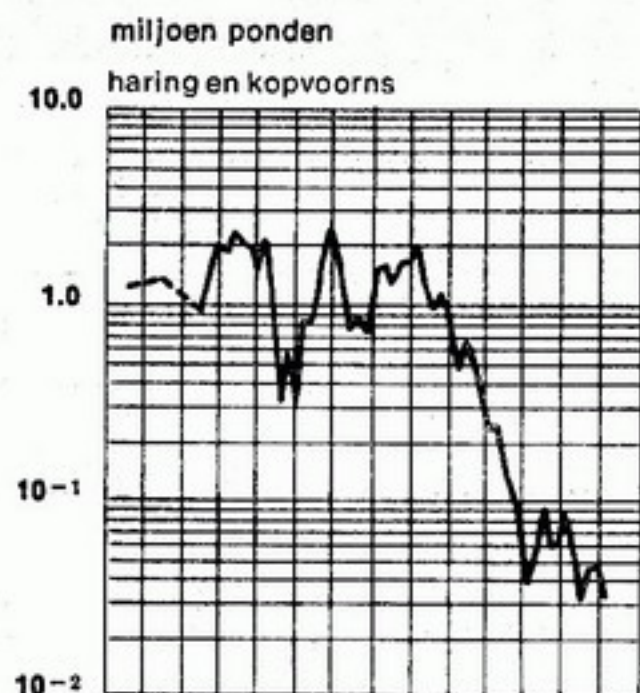


Fig. 18. Veranderingen in de chemische karakteristieken en de commerciële visproductie in het meer van Ontario. Als gevolg van het op grote schaal storten van stedelijk-, industrieel- en landbouwafval in het meer van Ontario, zijn de concentraties van allerlei zouten exponentieel gestegen. Als gevolg van de chemische veranderingen in het meer zijn de vangsten van de meeste commercieel waardevolle vissoorten ernstig gedaald.



De grafiek heeft een logaritmische schaal; de vangst van de meeste vissoorten is dus met een factor een honderdste tot een duizendste gedaald. (Bron: **A.M. Beeton**, *Statement on Pollution and Eutrophication of the Great Lakes*, The University of Wisconsin Center for Great Lakes Studies Special Report 11, Milwaukee, Wisc.: University of Wisconsin, 1970.)

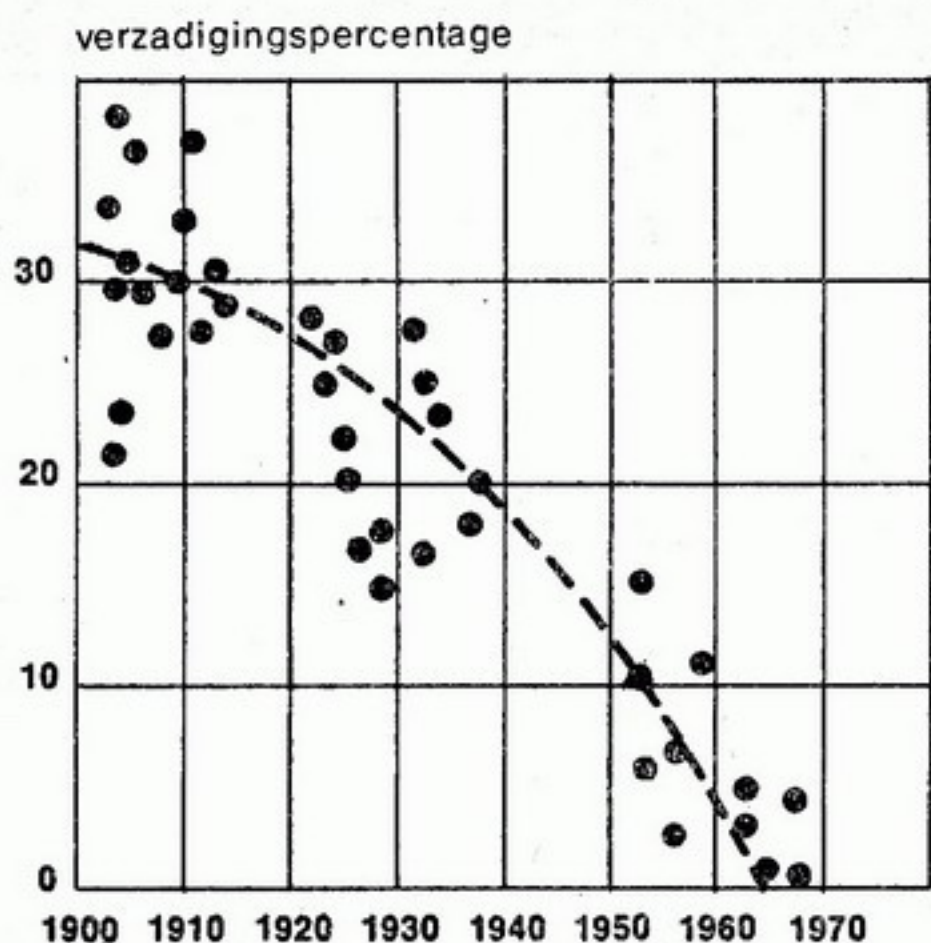


Fig. 19. Zuurstofgehalte in de Baltische Zee. De toenemende ophoping van organische afvalstoffen in de Baltische Zee, waarin de watercirculatie minimaal is, heeft tot een gestadige afname van de zuurstofconcentratie in het water geleid. In sommige delen, vooral waar het water dieper is, is de zuurstofconcentratie nul en er kunnen vrijwel geen vormen van onderwater leven in stand blijven. (Bron: **Stig H. Fonselius**, *Stagnant Sea*, 'Environment', July/August 1970.)

duizend flessen van ± 35 kg

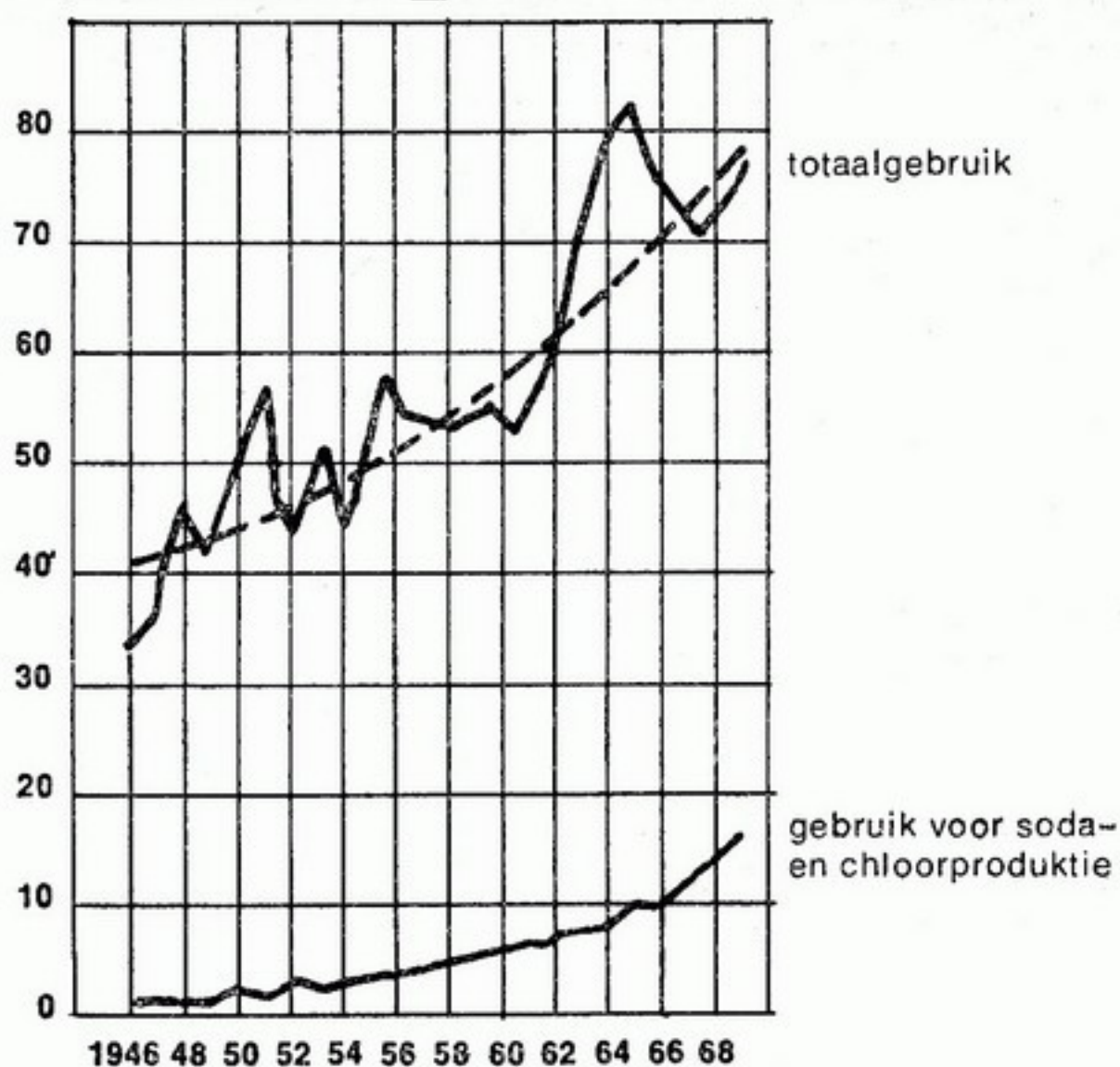


Fig. 20. Kwikgebruik in de VS. Het kwikgebruik in de VS vertoont een exponentiële trend waarin, als gevolg van marktinvoeden op korte termijn, schommelingen voorkomen. Een groot deel van het kwik wordt voor de productie van soda en chloor gebruikt. De stijgende hoeveelheid kwik, die als gevolg van de verbranding van fossiele brandstoffen in de atmosfeer wordt geloosd, is hier buiten beschouwing gelaten. (Bron: **Barry Commoner, Micheal Carr** and **Paul J. Stamier**, *The Causes of Pollution*, 'Environment', April 1971.)

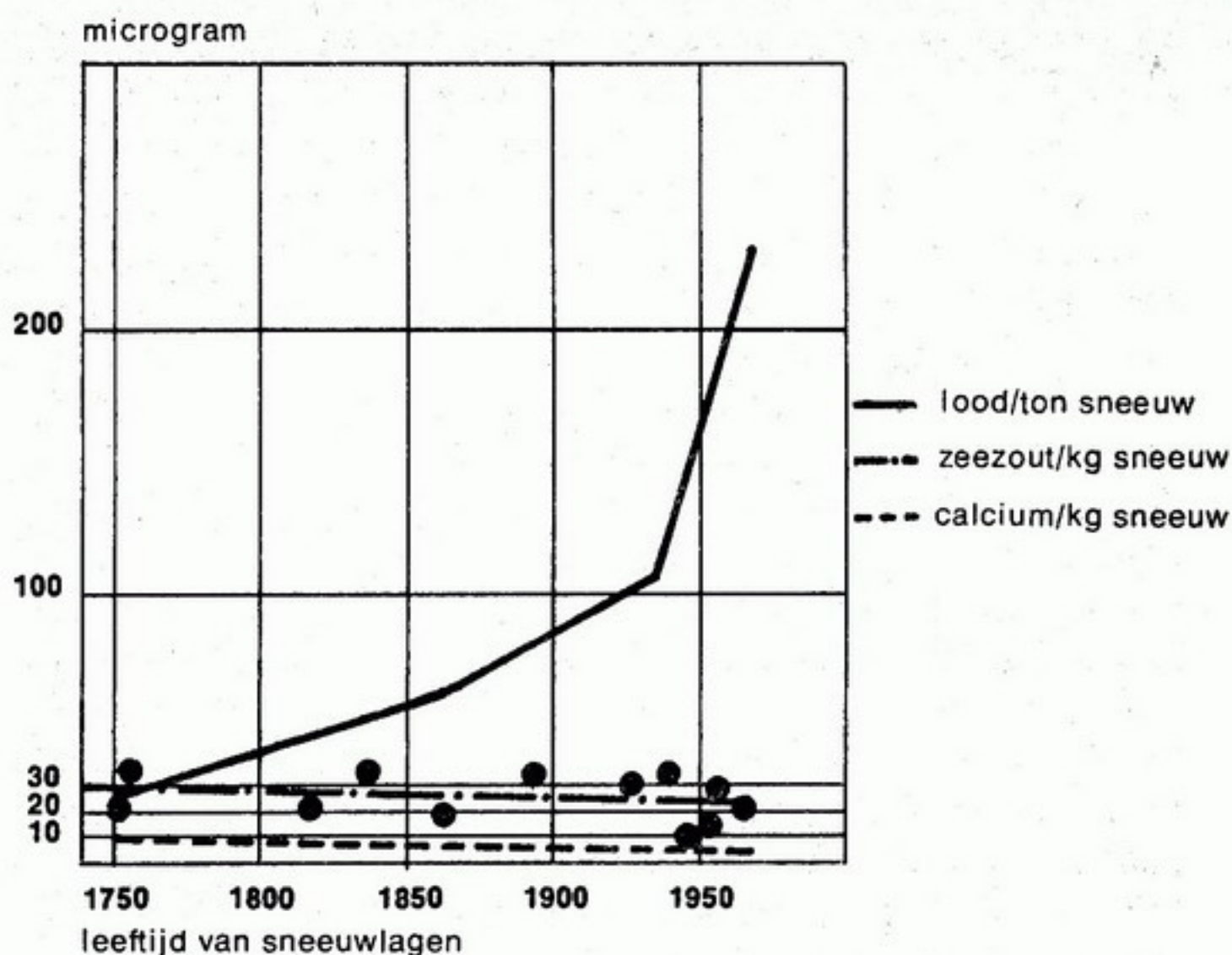


Fig. 21. Lood in de Groenlandsche ijskap. Dieptemonsters uit de Groenlandsche ijskap tonen over lange tijd steeds hogere loodafzettingen. Ter controle werden ook de concentraties van calcium en zeezout gemeten. De aanwezigheid van lood weerspiegelt het toenemende industriële wereldverbruik van dit metaal, waaronder de directe lozing in de atmosfeer via de uitlaatgassen van de auto's. (Bron: **C.C. Patterson** and **J.D. Salvia**, *Lead in the Modern Environment-How Much is Natural?* 'Scientist and Citizen', April 1968.)

Fig. 18 geeft de chemische veranderingen weer die in een groot Noordamerikaans meer plaatsvinden als gevolg van de ophoping van industrie-, landbouw- en stedelijk afval. De hiermee gepaard gaande afname van de commerciële visopbrengst uit het meer is eveneens aangegeven. Fig. 19 maakt duidelijk waarom de toename van organisch afval zo'n catastrofale invloed op het leven van vissen heeft. De figuur toont de hoeveelheid opgeloste zuurstof (die vissen 'inademen') in de Baltische Zee als functie van de tijd. Als een toenemende hoeveelheid afval in het water terecht komt en verrot, raakt de opgeloste zuurstof uitgeput. Op sommige plaatsen in de Baltische Zee is het zuurstofniveau werkelijk tot nul gedaald.

De giftige metalen lood en kwik, worden in waterwegen en in de atmosfeer geloosd door auto's, verbrandingsovens, industriële processen en landbouwpesticiden. Fig. 20 toont de exponentiële toename van de kwikconsumptie in de Verenigde Staten tussen 1946 en 1968. Slechts 18% van dit kwik wordt na het gebruik opgevangen voor recirculatie.²⁴ Door het nemen van steeds dieper liggende monsters uit de ijskap van Groenland werd een exponentiële toename in de afzetting van lood uit de lucht ontdekt, zoals fig. 21 weergeeft.

Onbekende bovengrenzen

Al deze exponentiële krommen van verschillende soorten verontreiniging kunnen in de toekomst geëxtrapoleerd worden, zoals we ook de behoefte aan grond in fig. 10 en het grondstoffenverbruik in fig. 11 hebben geëxtrapoleerd. In deze beide voorafgaande figuren bereikte de exponentiële groeicurve een bovengrens - de totale oppervlakte bebouwbare grond of de economisch beschikbare hoeveelheid grondstoffen in de aarde. Maar er zijn geen bovengrenzen aangegeven voor de exponentiële groei van de verontreinigers in de fig. 15-21, omdat niet bekend is hoe sterk we de natuurlijke ecologische balans van de aarde zonder ernstige consequenties kunnen verstoren. Het is niet bekend hoeveel CO₂ of thermische verontreiniging kan worden uitgeworpen zonder onomkeerbare veranderingen in het klimaat van

de aarde te veroorzaken. Of hoeveel radioactiviteit, lood, kwik of pesticiden door planten, vissen of menselijke wezens kunnen worden opgenomen alvorens de vitale processen ernstig worden gestoord.

Natuurlijke vertragingen in ecologische processen

Deze onbekendheid met de grenzen aan de mogelijkheid van de aarde om verontreinigende stoffen te absorberen, zou reden genoeg moeten zijn voor voorzichtigheid bij de lozing van deze stoffen. Het gevaar dat we die grenzen bereiken, is vooral groot omdat er meestal een grote vertraging is tussen de lozing van een vervuilende stof in het milieu en de verschijning van haar negatieve uitwerking op het ecosysteem. De dynamische verwikkelingen van zo'n vertraagd effect kunnen toegelicht worden door de gang van DDT door het milieu na dat zij gebruikt werd als insekticide. De hier genoemde resultaten zijn ontleend aan een gedetailleerde System-Dynamicsstudie*, waarbij de gegevens die op DDT van toepassing zijn, worden gebruikt. De algemene conclusie is (met enige verandering van de betrokken getallen), toepasbaar op alle moeilijk afbreekbare giftige stoffen, zoals kwik, lood, cadmium, andere pesticiden, polychlorobifenyl (PCB) en radioactief afval.

DDT is een door de mens gemaakte organische scheikundige stof, in het milieu gebracht als een pesticide met hoeveelheden van 100 000 ton per jaar.²⁵ Nadat ze voor sproeiing is gebruikt, verdampt een deel ervan en dit wordt over grote afstanden door de lucht verplaatst voor het uiteindelijk neerslaat op het land of in de oceaan.

In de oceaan wordt een deel van de DDT opgenomen door plankton, een deel van het plankton wordt door vissen gegeten en tenslotte worden sommige vissen gegeten door de mens. Bij iedere stap in het proces kan het DDT afgebroken worden tot onschadelijke stoffen, het kan weer vrij komen in de oceaan, of het kan geconcentreerd worden in de weefsels van levende organismen. Met iedere stap in dit proces is er enige vertraging gemoeid. Al deze mogelijkheden zijn geanalyseerd door een com-

* De studie van Jørgen Randers en Dennis L. Meadows is in het Aanhangsel vermeld.

puter die de resultaten van fig. 22 produceerde.

De DDT-cijfers, weergegeven in fig. 22, zijn die van het wereldverbruik van 1940-1970. De grafiek laat zien wat er zou gebeuren als in 1970 de in de hele wereld gebruikte hoeveelheid geleidelijk zou beginnen te dalen tot deze nihil zou worden in het jaar 2000. Tengevolge van de aan het systeem inherente vertragingen, blijft het gehalte aan DDT in vis meer dan 10 jaar nadat het DDT-gebruik begint af te nemen, stijgen en dit gehalte *komt niet eerder terug op het niveau van 1970 dan omstreeks 1995* - meer dan twee decennia nadat het besluit is genomen de toepassing van DDT te verminderen.

Bij iedere lange vertraging tussen het tijdstip waarop een verontreinigende stof wordt geloosd en het tijdstip waarop deze in een schadelijke vorm te voorschijn komt, weten we dat er een evenlange vertraging zal zijn tussen het tijdstip waarop die verontreiniging *onder controle komt* en het tijdstip waarop de schadelijke invloed ervan tenslotte afneemt. Met andere woorden, ieder systeem van beheersing van de vervuiling dat erop is gebaseerd pas dan maatregelen te nemen als er schade is geconstateerd, garandeert vermoedelijk dat het probleem eerst nog veel erger zal worden, voordat het opgelost wordt. Dit soort systemen is bijzonder moeilijk onder controle te houden, omdat de huidige acties moeten berusten op resultaten die pas ver in de toekomst verwacht worden.

Wereldomvattende verspreiding van verontreinigende stoffen

Op dit ogenblik zijn alleen de ontwikkelde landen op de wereld ernstig ongerust over de vervuiling. Het is echter een ongelukkig kenmerk van vele vormen van vervuiling dat zij uiteindelijk op de wereld wijdverspreid raken. Hoewel Groenland ver verwijderd is van iedere bron van atmosferische loodverontreiniging, is de hoeveelheid lood in Groenlands ijs sinds 1940 met 300% toegenomen.²⁶ DDT heeft zich in het lichaamsvet van mensen uit ieder werelddeel opgehoopt, van Eskimo's uit Alaska tot stadsbewoners uit New-Delhi, zoals in tabel 5 wordt getoond.

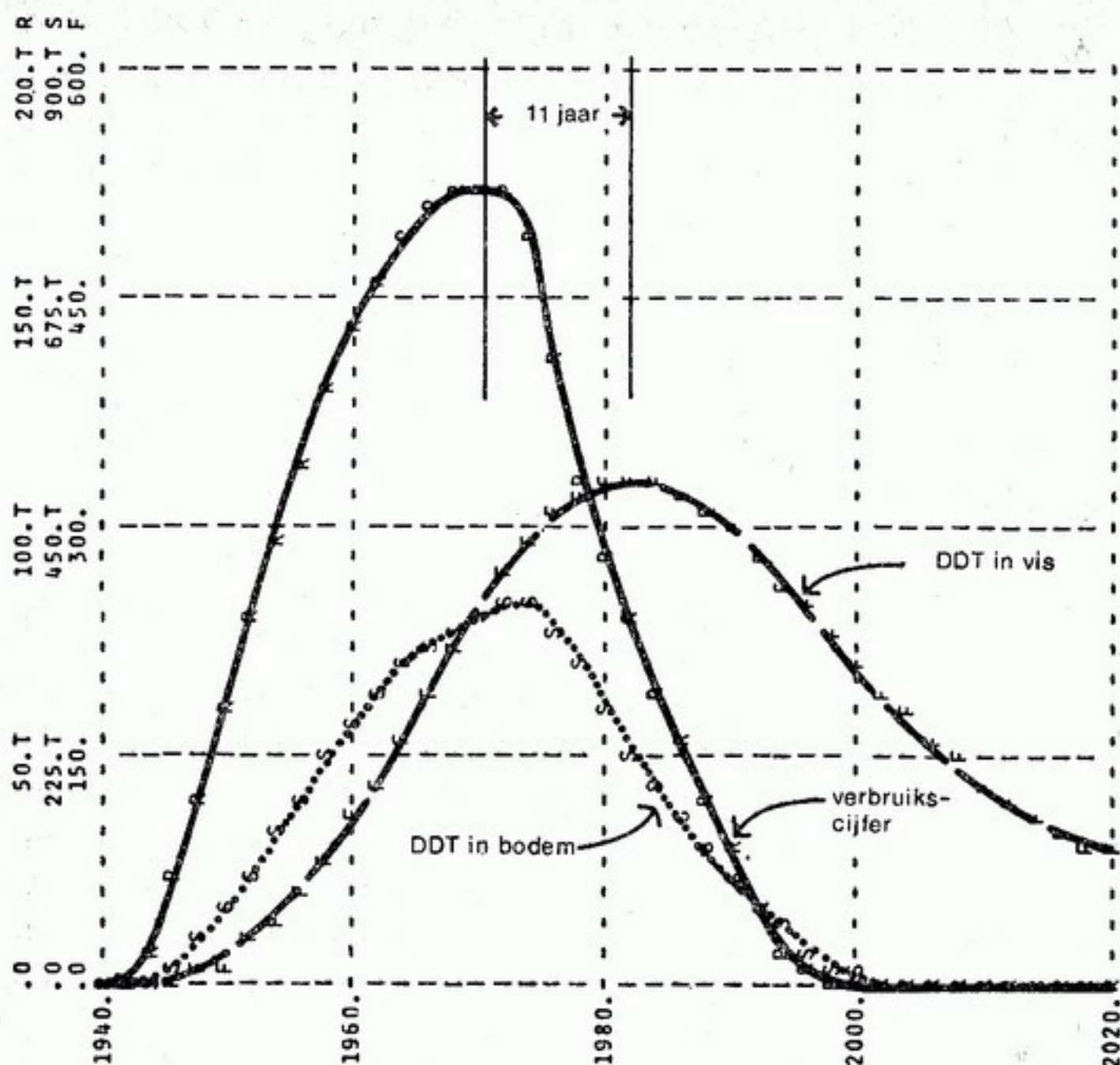


Fig. 22. DDT-bewegingen in het milieu. Berekening van de gang van DDT door het milieu toont het waarschijnlijke gevolg als het wereldverbruikscijfer van DDT in 1970 zou beginnen te dalen. Het getoonde verbruikscijfer is tot 1970 historisch juist. Kort nadat het verbruikscijfer begint te dalen, bereikt de DDT in de bodem een piek, maar de DDT in vis blijft 11 jaar stijgen en daalt niet voor 1995 tot het niveau van 1970. De DDT in visetende dieren, zoals vogels en mensen, zou zelfs een langere vertraging in de reactie op het verlaagde verbruikscijfer aangeven. (Bron: **Jørgen Randers** and **Dennis L. Meadows**, *System Simulation to Test Environmental Policy I: A Sample Study of DDT Movement in the Environment*, mimeographed, Cambridge, Mass.: Massachusetts Institute of Technology, 1971.)

Tabel 5. DDT in lichaamsvet.

Bevolking	Jaar	Steekproef grootte	Concentratie van DDT en vergiftige afbraakprodukten in het lichaamsvet (alles per miljoen)
Alaska (Eskimo's)	1960	20	3,0
Canada	1959-60	62	4,9
Engeland	1961-62	131	2,2
Engeland	1964	100	3,9
Frankrijk	1961	10	5,2
Duitsland	1958-59	60	2,3
Hongarije	1960	48	12,4
India (Delhi)	1964	67	26,0
Israël	1963-64	254	19,2
VS - Kentucky	1942	10	0
VS - Georgia, Kentucky, Arizona, Washington	1961-62	130	12,7
VS - Alle gebieden	1964	64	7,6

Uit een berekening door **Wayland J. Hayes, Jr.** hoofd van de Toxicology Section, U.S. Public Health Service, in 'Scientific Aspects of Pest Control', National Academy of Sciences, National Research Council, Publication 1402, Washington, D.C., 1966.

Verontreinigingsgrenzen

Omdat het ontstaan van vervuiling een gecompliceerde functie is van bevolking, industrialisatie en specifieke technologische ontwikkelingen, is moeilijk precies te ramen hoe snel de exponentiële kromme van de totale vervuiling stijgt. Wij zouden de schatting kunnen maken dat, indien de 7 miljard mensen in het jaar 2000 een BNP per hoofd hebben dat even groot is als dat van de hedendaagse Amerikanen, de totale milieubelasting door vervuiling minstens tien maal de huidige waarde zou hebben. Kunnen de natuurlijke systemen een verstoring van die grootte verdragen? We hebben er geen idee van. Sommige mensen geloven dat de mens het milieu al zo heeft verknoeid, dat onherstelbare schade is toegebracht aan grote natuurlijke systemen. Wij kennen de nauwkeurige bovengrens van het vermogen van de aarde om elke

afzonderlijke soort van verontreiniging op te nemen niet, laat staan het vermogen om de combinatie van alle soorten verontreiniging te absorberen. Maar we weten wel dat er een bovengrens is. Deze is in vele plaatselijke omstandigheden reeds overschreden. De zekerste manier om over de hele wereld die bovengrens te bereiken, is zowel het aantal mensen als de vervuilende activiteiten van iedere persoon exponentieel te vergroten.

De keuzeproblemen die de milieusector van het wereldsysteem met zich meebrengt, zijn net zo moeilijk op te lossen als die in de sectoren van de landbouw en de natuurlijke hulpbronnen. De voordelen van de vervuiling veroorzakende activiteiten zijn gewoonlijk zowel in ruimte als in tijd ver verwijderd van de kosten. Om onpartijdige beslissingen te kunnen nemen, moeten we zowel ruimte- als tijdfactoren overwegen. Als afval stroomopwaarts geloosd wordt, wie zal er dan stroomafwaarts last van hebben? Als nu kwikhoudende verdelingsmiddelen worden gebruikt, in welke mate, wanneer en waar zal het kwik in de vissen in de oceaan te voorschijn komen? Als vervuilende bedrijven in afgelegen streken gevestigd worden om de verontreinigingen te 'isoleren', waar zullen die verontreinigingen over tien of twintig jaar dan zijn?

Het is best mogelijk dat dankzij technologische ontwikkelingen de industrie zich kan uitbreiden terwijl de vervuiling afneemt, maar dan alleen tegen zeer hoge kosten. De 'Council on Environmental Quality' in de VS heeft om een uitgave van \$ 105 miljard tussen nu en 1975 gevraagd (waarvan 42% door de industrie moet worden betaald), alleen al voor een gedeeltelijke vermindering van de Amerikaanse water- en vaste-afvalverontreiniging.²⁷ Ieder land kan de betaling van zulke kosten uitstellen om de huidige groeisnelheid van zijn vaste kapitaalsgoederen te vergroten, maar alleen ten koste van een toekomstige achteruitgang van het milieu, die misschien alleen tegen zeer hoge kosten te herstellen zal zijn.

Een eindige wereld

We hebben in dit hoofdstuk veel moeilijke keuzeproblemen bij de voedselproductie, de grondstofconsumptie en het ontstaan en onderdrukken van de vervuiling genoemd. Nu zal het langzamerhand duidelijk zijn dat al deze keuzeproblemen uit een simpel feit voortkomen - de aarde is eindig. Hoe dichter een menselijke activiteit bij de grens komt van de mogelijkheid van de aarde om die activiteit te accepteren, hoe duidelijker en onoplosbaarder de keuzeproblemen worden. Als er een overvloed aan ongebruikt bebouwbaar land is, kunnen er meer mensen en kan er ook meer voedsel per persoon zijn. Als al het land al in gebruik is genomen, wordt het reuzenprobleem - meer mensen of meer voedsel per hoofd - een niet-haalbare beslissing.

Onze moderne samenleving heeft eigenlijk nog niet geleerd dit soort keuzeproblemen te herkennen en aan te vatten. Het kennelijke doel van het huidige wereldsysteem is het voortbrengen van meer mensen met meer (voedsel, goederen, schone lucht en schoon water) voor ieder. In dit hoofdstuk toonden we aan dat als de samenleving voortgaat dat doel na te streven, deze uiteindelijk een van de vele aardse begrenzingen zal bereiken. Zoals we in het volgende hoofdstuk zullen zien, is het niet mogelijk precies te voorspellen welke begrenzing zich het eerst zal voordoen of wat de gevolgen zullen zijn; er zijn vele onvoorspelbare menselijke reacties op zo'n toestand denkbaar. Maar het is mogelijk na te gaan welke voorwaarden en welke veranderingen in het wereldsysteem de samenleving zouden kunnen leiden tot botsing met, of aanpassing aan de grenzen aan de groei in deze eindige wereld.

III. De groei in het wereldsysteem

In de omtrek van een cirkel vallen het begin en het einde samen.
Heraclitus, 500 v. Chr.

We hebben het voedsel, de onvervangbare hulpbronnen en de absorptie van de vervuiling als afzonderlijke voorwaarden voor instandhouding en groei van de bevolking en de industrie besproken. We bekeken de snelheid waarmee de vraag naar elk van deze voorwaarden groeit en de mogelijke bovengrens van de voorzieningen. Door het maken van eenvoudige extrapolaties van de stijgende vraagcurven, probeerden we, globaal te schatten hoeveel langer de groei van elk van deze factoren zou kunnen voortgaan bij de huidige toenamesnelheid. Onze conclusie uit deze extrapolaties is er een die veel scherpzinnige mensen al getrokken hebben, namelijk dat de korte verdubbelingstijd van veel menselijke activiteiten, gecombineerd met de enorme hoeveelheden die verdubbeld worden, ons verrassend snel zullen brengen bij de grenzen aan de groei van die activiteiten.

Extrapolatie van de huidige trends is een traditionele manier om in de toekomst te kijken, in het bijzonder de zeer nabije toekomst, indien de in aanmerking genomen hoeveelheid niet sterk door andere trends, die elders in het systeem voorkomen, wordt beïnvloed. Natuurlijk staat geen van de vijf factoren die wij hier onder de loep nemen op zich zelf. Elke factor staat in voortdurende wissel-

werking met alle anderen. We hebben al enkele van deze wisselwerkingen genoemd. De bevolking kan zonder voedsel niet groeien, de voedselproductie neemt toe door de groei van de kapitaalgoederenvoorraad, meer kapitaalgoederen vergen meer hulpbronnen, afgedankte hulpstoffen leiden tot vervuiling, vervuiling beïnvloedt zowel de groei van de bevolking als van het voedsel.

Bovendien beïnvloedt elk van deze factoren over lange tijdsperioden door terugkoppeling zichzelf. De toename-snelheid van de voedselproductie in de jaren '70 bijvoorbeeld, zal enige invloed op de grootte van de bevolking in de jaren '80 hebben, die op zijn beurt de snelheid zal bepalen waarmee de voedselproductie gedurende vele jaren daarna toe moet nemen. Evenzo zal de verbruiks-snelheid van de hulpstoffen in de eerstvolgende paar jaar de omvang van de kapitaalgoederenbasis die we altijd nodig hebben én de hoeveelheid hulpstoffen die in de aarde overblijft, beïnvloeden. Het aanwezige kapitaal en de beschikbare hulpbronnen zullen dan op elkaar inwerken om de toekomstige toevoer van- en de vraag naar hulpstoffen te bepalen.

De vijf basisvariabelen - bevolking, kapitaal, voedsel, natuurlijke hulpbronnen en vervuiling - zijn door nog andere onderlinge betrekkingen en terugkoppelingskringlopen verbonden, die we nog niet hebben besproken. Het is duidelijk dat het niet mogelijk is de toekomst op lange termijn van één van deze variabelen te taxeren zonder met alle andere rekening te houden. Toch heeft zelfs dit relatief eenvoudige systeem zo'n ingewikkelde structuur dat niet intuïtief te begrijpen is, hoe het zich in de toekomst zal gedragen, of hoe een verandering in een variabele uiteindelijk elke andere zal beïnvloeden. Om dat begrip te bereiken moeten we ons intuïtieve vermogen vergroten, zodat we het ingewikkelde onderling verbonden gedrag van vele variabelen gelijktijdig kunnen volgen.

In dit hoofdstuk beschrijven we het formele wereldmodel dat we gebruikt hebben als een eerste stap in de richting van het begrijpen van het complexe wereldstelsel. Het model is eenvoudig een poging om de vele reeds bestaande kennis over de oorzaak-en-gevolgrelaties tussen

de vijf bovengenoemde factoren samen te brengen en die kennis uit te drukken in termen van in elkaar sluitende terugkoppelingskringlopen. Omdat het wereldmodel zo belangrijk is voor het begrip van de oorzaken van en de grenzen aan de groei in het wereldsysteem, zullen we het samenstellingsproces van het model wat meer in detail beschrijven.

Bij de constructie van het model ondernamen we vier belangrijke stappen* :

1. Wij stelden eerst een lijst samen van de belangrijke oorzakelijke verbanden tussen de vijf variabelen en gingen de structuur van de terugkoppelingskringloop na. Hierbij raadpleegden we literatuur en deskundigen op vele gebieden waarover wij ons zorgen maken - bijvoorbeeld demografie, economie, agronomie, voeding, geologie en ecologie. Bij deze eerste stap was ons doel de meest eenvoudige structuur die de voornaamste wisselwerkingen tussen de vijf variabelen zou weerspiegelen, op te stellen. Wij meenden dat uitwerkingen van deze basisstructuur, die meer kennis van details weergeven, toegevoegd zouden kunnen worden nadat inzicht in de vereenvoudigde vorm van het systeem zou zijn verkregen.

2. Vervolgens kwantificeerden wij ieder verband zo nauwkeurig mogelijk, met gebruikmaking van wereldomvattende gegevens waar die beschikbaar waren en karakteristieke lokale gegevens waar geen wereldomvattende metingen van waren gedaan.

3. Wij berekenden met de computer de gelijktijdige werking van al deze betrekkingen als een functie van de tijd. Wij onderzochten daarna het gevolg van numerieke veranderingen in de basisveronderstellingen om achter de meest kritische factoren voor de werking van het systeem te komen.

4. Tenslotte onderzochten wij het gevolg voor het wereldsysteem van de verschillende methoden, die thans voor-

* Een volledige beschrijving van deze stappen, die honderden pagina's beslaat, zal in ons technisch rapport opgenomen worden. Een verslag van de eerste stap, het ontwerp van de terugkoppelingskringloopstructuur, is te vinden in *World Dynamics* van **Jay W. Forrester**.

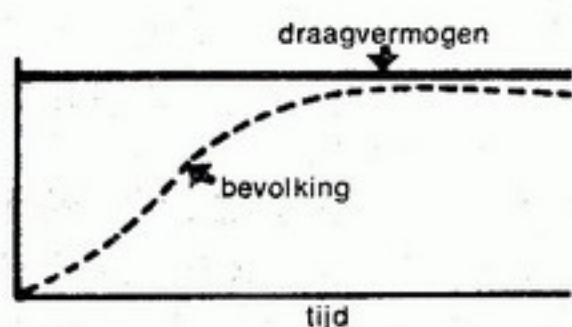
gesteld zijn om de werking van het systeem te verbeteren of te veranderen.

Deze stappen werden niet steeds in deze volgorde ondernomen, omdat dikwijls nieuwe gegevens die uit een latere stap volgden, ons terugvoerden tot een wijziging in de basisstructuur van de terugkoppelingskringloop. Er bestaat geen onveranderlijk wereldmodel; in plaats daarvan is er een model dat geleidelijk ontstaat, dat voortdurend kritisch wordt bekeken en bijgewerkt, naar mate ons eigen begrip toeneemt.

Een samenvatting van het huidige model, het doel en de beperkingen ervan, de belangrijkste terugkoppelingskringlopen die het bevat en onze algemene werkwijze bij het kwantificeren van oorzakelijke verbanden volgt hieronder.

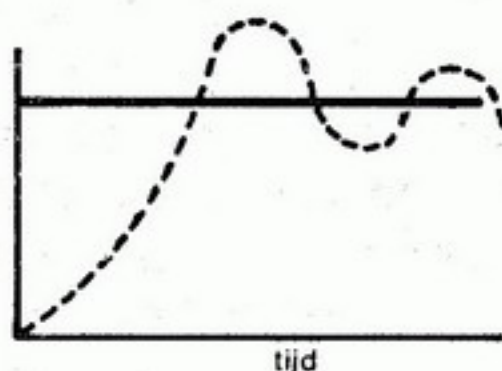
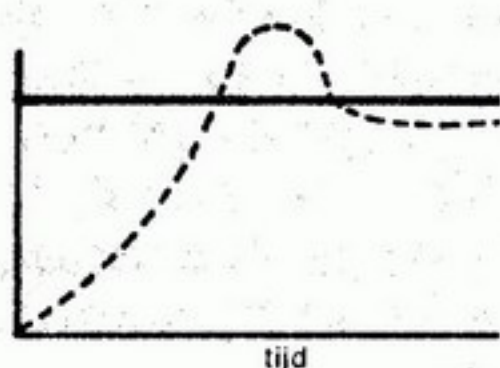
De bedoeling van het wereldmodel

In dit eerste eenvoudige wereldmodel zijn wij uitstekend geïnteresseerd in de algemene gedragsvormen van het bevolking-kapitaalsysteem. Met *gedragsvormen* bedoelen we de veranderingstendens van de variabelen in het systeem bijv. bevolking of vervuiling met het voortschrijden van de tijd; een variabele kan toenemen, afnemen, gelijk blijven, schommelen of verschillende van deze vormen combineren. Een bevolking die groeit in een beperkte omgeving kan bijvoorbeeld het uiterste draagvermogen van die omgeving op verschillende manieren bereiken. Zij kan zich geleidelijk aan een evenwicht beneden de door de omgeving gestelde grens aanpassen, door middel van een geleidelijke afname in groeisnelheid. Zij kan door de grens heenschieten en weer afnemen óf op

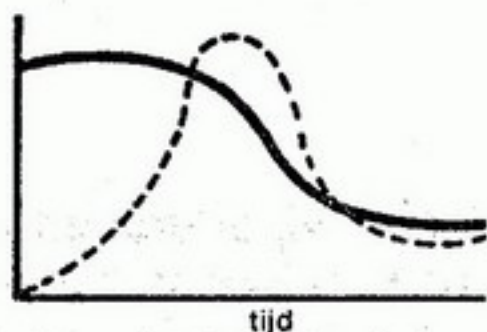


een geleidelijke óf op een schommelende manier. Of zij

kan door de grens heenschieten en zodoende het uiterste draagvermogen verminderen door sommige noodzakelijke onvervangbare hulpstoffen te verbruiken.



Dit is bekend uit veel natuurlijke systemen. Herten en geiten bijvoorbeeld, overgrazen - als natuurlijke vijanden ontbreken - dikwijls hun gebied en veroorzaken vernieling van de begroeiing en erosie.²⁸



Een belangrijke bedoeling met het opstellen van het wereldsimulatiemodel was het bepalen welke van de bovenstaande gedragsvormen eventueel het meest karakteristiek voor het wereldsysteem zal zijn als het de grenzen aan de groei bereikt. Deze methode van bepaling van gedragsvormen is slechts in de meest beperkte zin van het woord 'voorspellend'. De grafieken die verder in dit rapport staan, tonen waarden voor de wereldbevolking, het kapitaal en andere variabelen op een tijdschaal die in het jaar 1900 begint en tot 2100 doorloopt. Deze grafieken geven echter *geen* nauwkeurige voorspellingen van de waarden van de variabelen in enig speciaal jaar in de toekomst. Zij zijn alleen zinvol als aanwijzingen voor de gedragstendensen van het systeem.

Het onderscheid tussen de verschillende graden van 'voorspelling' kan misschien het best met een eenvoudig voorbeeld toegelicht worden. Als je een bal recht omhoog de lucht ingooit, kun je met zekerheid voorspellen wat

zijn algemene gedrag zal zijn. Hij zal met afnemende snelheid omhoog gaan, omkeren en met toenemende snelheid naar beneden vallen tot hij de grond raakt. Het staat vast dat hij niet eeuwig omhoog zal blijven gaan noch een baan om de aarde zal gaan beschrijven noch drie lussen zal maken voor hij neerkomt. Het is naar dit soort elementair begrip van gedragsvormen, dat we met het huidige wereldmodel zoeken. Als je precies zou willen voorspellen hoe hoog een opgeworpen bal zal stijgen of waar en wanneer hij precies de grond zal raken, zou het noodzakelijk zijn een gedetailleerde berekening, gebaseerd op nauwkeurige gegevens over de bal, de hoogte, de wind en de kracht van de eerste worp, te maken. Evenzo, zouden we de grootte van de bevolking van de aarde in 1993 met een nauwkeurigheid van een paar procent willen vaststellen, dan zouden we een zeer veel gecompliceerder model moeten hebben dan het hier beschrevene. We zouden ook informatie over het wereldsysteem nodig hebben, veel nauwkeuriger en uitgebreider dan thans beschikbaar is.

Omdat we, in dit stadium, alleen voor grove gedragsvormen belangstelling hebben hoeft dit eerste wereldmodel niet sterk gedetailleerd te zijn. Wij houden daarom rekening met één algemene bevolking, een bevolking die statistisch de gemiddelde kenmerken van de wereldbevolking weergeeft. Wij houden maar met één soort vervuiling rekening - de, over de hele wereld verdeelde groep verontreinigingen, met een lange levensduur zoals lood, kwik, asbest en stabiele pesticiden en radio-isotopen, waarvan we het dynamisch gedrag in het ecosysteem beginnen te begrijpen. Wij bekijken één algemene hulpbron, die de gecombineerde reserves van alle onvervangbare hulpstoffen vertegenwoordigt, hoewel we weten dat iedere afzonderlijke hulpstof het algemene dynamische patroon op eigen niveau en met eigen snelheid zal volgen.

Deze hoge agregatiegraad is noodzakelijk om het model begrijpelijk te houden. Tegelijkertijd beperkt deze de informatie die we mogen verwachten van het model te krijgen. Detailvragen kunnen niet beantwoord worden, eenvoudig omdat het model nog te weinig gedetailleerd

is. Met nationale grenzen wordt geen rekening gehouden. Ongelijkheden in de distributie van voedsel, hulpstoffen en kapitaal zijn stilzwijgend in de cijfers begrepen, maar niet uitdrukkelijk berekend noch grafisch in de uitkomsten weergegeven. Wereldhandelsbalansen, migratiepatronen, beslissende klimatologische factoren en politieke processen worden niet uitdrukkelijk behandeld. Andere modellen kunnen en zullen naar wij hopen worden gebouwd om het gedrag van deze belangrijke subsystemen op te helderen.*

Kunnen we wel iets van zo'n sterk vereenvoudigd model leren? Kunnen de uitkomsten als zinvol worden beschouwd? In de zin van nauwkeurige voorspellingen hebben de uitkomsten geen betekenis. Wij kunnen het juiste bevolkingsaantal van de Verenigde Staten of het BNP van Brazilië of zelfs de totale wereldvoedselproductie in het jaar 2015 niet voorspellen. De gegevens waarmee we moeten werken, zijn zeker niet voldoende voor zulke voorspellingen, zelfs als we deze werkelijk zouden willen maken. Aan de andere kant is het uitermate belangrijk enig inzicht te krijgen in de oorzaken van de groei in de menselijke samenleving, de grenzen van die groei en het gedrag van ons socio-economische systeem als die grenzen zijn bereikt. De menselijke kennis van de gedragsvormen van deze systemen is zeer onvolledig. Het is, bijvoorbeeld, nu niet bekend of de groei van de menselijke bevolking zich zal voortzetten, geleidelijk zal afnemen, om een of andere bovengrens zal schommelen of zeer scherp zal dalen. Wij geloven dat het geaggregeerde wereldmodel één manier is om dergelijke vragen te benaderen. Het model maakt gebruik van de meest fundamentele betrekkingen tussen bevolking, voedsel, investeringen, afschrijvingen, hulpbronnen, produktiebetrekkingen die in de hele wereld dezelfde zijn, dezelfde als die in welk deel dan ook van de menselijke samenleving of in de samenleving als ge-

* In de loop van deze studie hebben we zelf talrijke submodellen gebouwd, om de dynamische verschijnselen die aan iedere sector van het wereldmodel ten grondslag liggen, op kleinere schaal te onderzoeken. Een lijst van deze studies is in het Aanhangsel opgenomen.

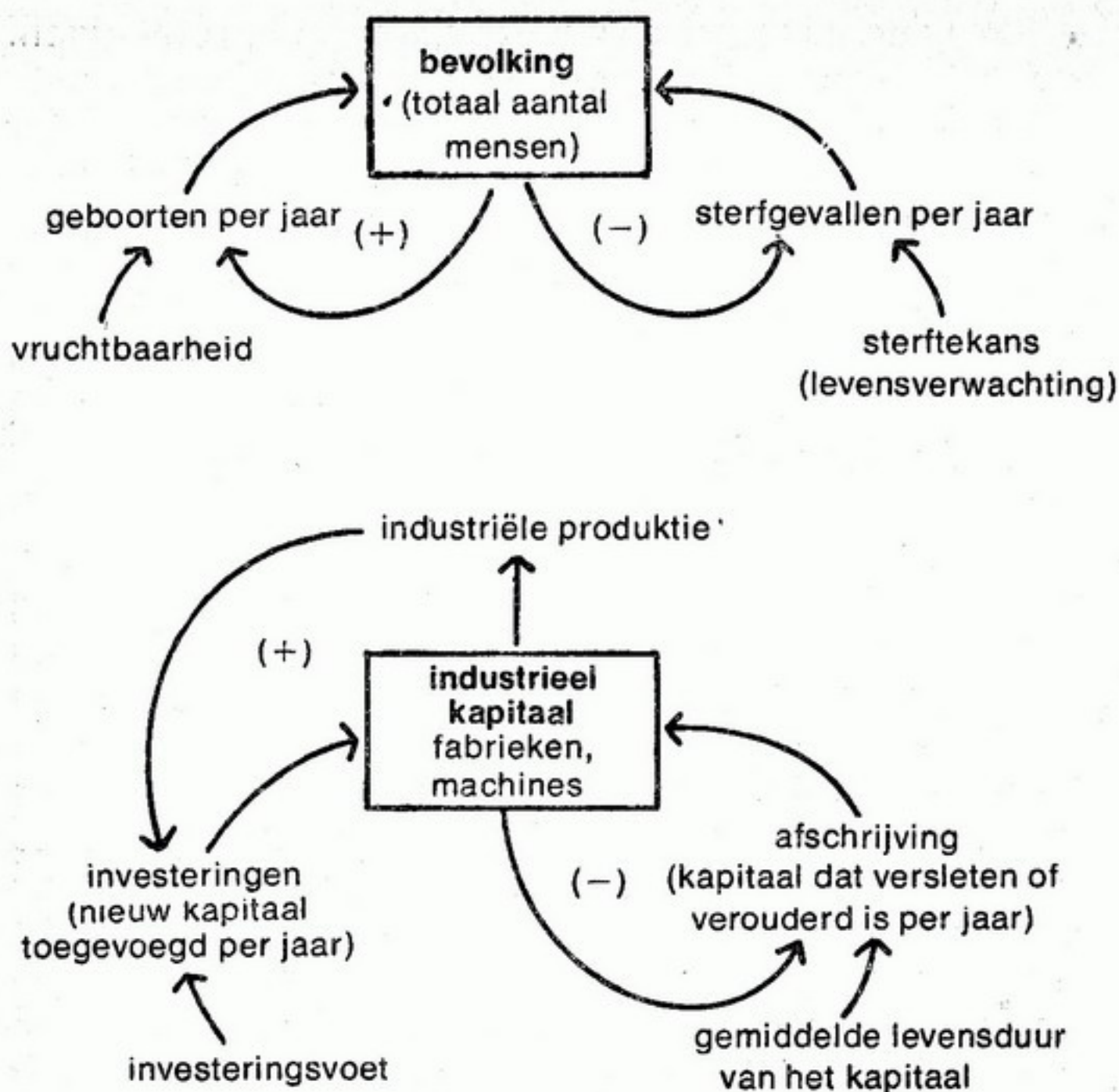


Fig. 23. Terugkoppelingskringlopen van bevolkings- en kapitaalgroei. De centrale terugkoppelingskringlopen van het wereldmodel, regelen de groei van de bevolking en het industrieel kapitaal. De twee positieve terugkoppelingskringlopen die het aantal geboorten en de investeringen bevatten, veroorzaken het exponentiële groeipatroon van bevolking en kapitaal. De twee negatieve terugkoppelingskringlopen die het aantal sterfgevallen en de afschrijvingen bevatten, hebben een regulerende invloed op deze exponentiële groei. De relatieve krachten van de verschillende kringlopen hangen van vele andere factoren in het systeem af.

heel. Waar we in het begin van dit boek al op wezen is, dat er feitelijk voordelen aan zijn verbonden zulke vragen met een zo ruim mogelijke ruimte-tijdhorizon te beschouwen. Detailvragen die op afzonderlijke naties of spanningen op korte termijn betrekking hebben, kunnen meer zinvol gesteld worden als de algemene grenzen en gedragsvormen begrepen worden.

De structuur van de terugkoppelingskringloop

In hfdst. I gaven we een schematische voorstelling van de terugkoppelingskringlopen, die de oorzaak van de groei van bevolking en kapitaal zijn. Zij zijn gezamenlijk in fig. 23 weergegeven.

Misschien is een resumé van de in fig. 23 getekende betrekkingen nuttig. Ieder jaar wordt de bevolking vermeerderd met het totaal aantal geboorten en verminderd met het totaal aantal sterfgevallen die in de loop van dat jaar plaatsvonden. Het absolute aantal geboorten per jaar is een functie van de gemiddelde vruchtbaarheid en van de omvang van de bevolking. Het aantal sterfgevallen is afhankelijk van de gemiddelde sterftekans en de totale omvang van de bevolking. Zo lang de geboorten de sterfgevallen overtreffen, groeit de bevolking. Op dezelfde manier zal een gegeven hoeveelheid industrieel kapitaal, bij constant rendement, jaarlijks een zekere produktie opleveren. Een deel van die produktie zal uit meer fabrieken, machines, enz. bestaan, d.w.z. uit investeringen die de voorraad kapitaalgoederen doen toenemen. Gelijktijdig zal ieder jaar een aantal kapitaalgoederen in waarde dalen of afgedankt worden. Wil industrieel kapitaal blijven groeien dan zal de investeringsvoet de afschrijvingsvoet te boven moeten gaan. In al onze stroomdiagrammen, zoals fig. 23, geven de onderbroken pijlen eenvoudig aan dat de ene variabele enige invloed op de andere heeft. De *aard* en de *mate* van invloed zijn niet aangegeven, hoewel zij natuurlijk in de vergelijkingen van het model cijfermatig moeten worden verwerkt. Voor de eenvoud laten we in de stroomdiagrammen dikwijls de aanduiding, dat verschillende van

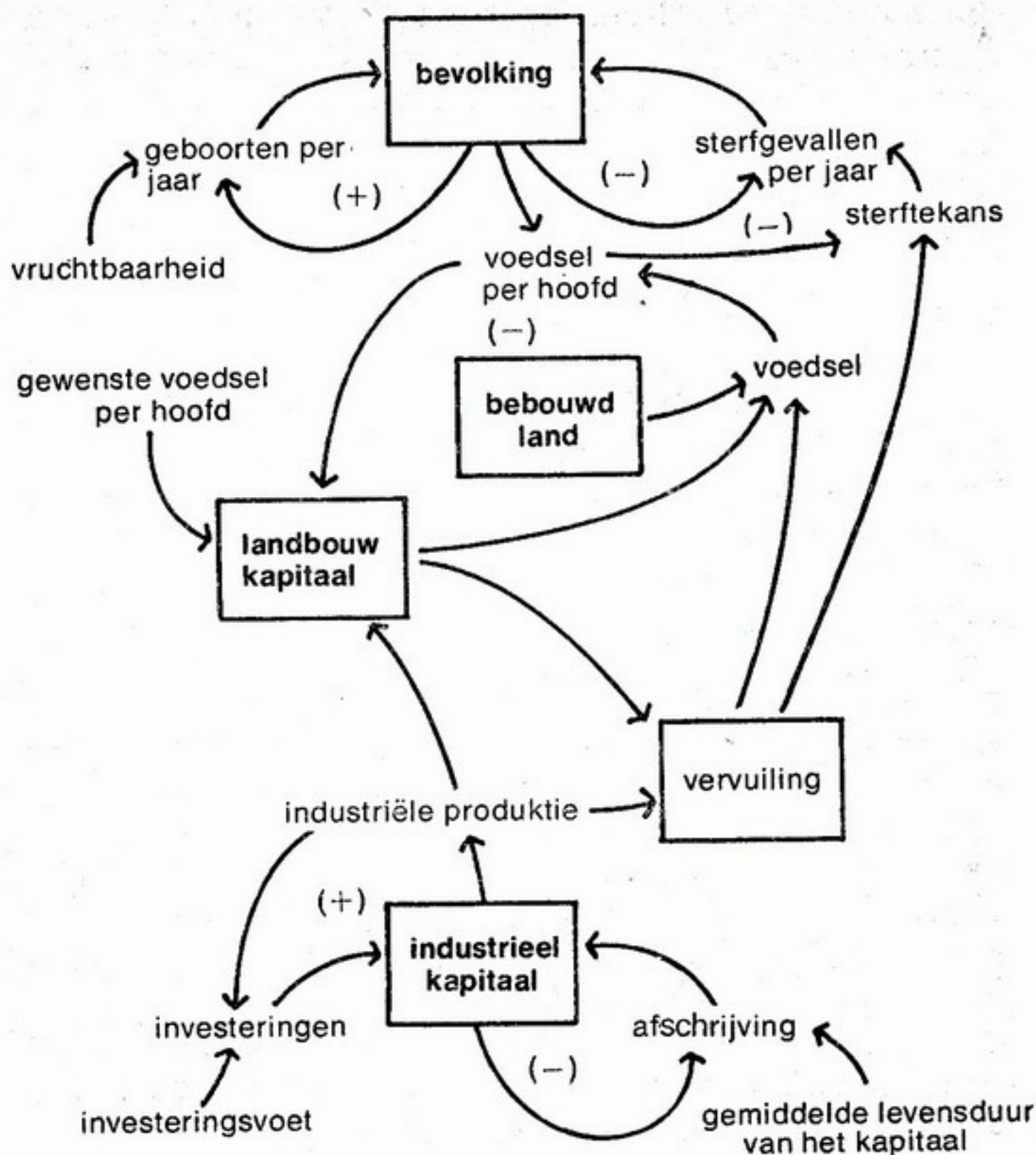
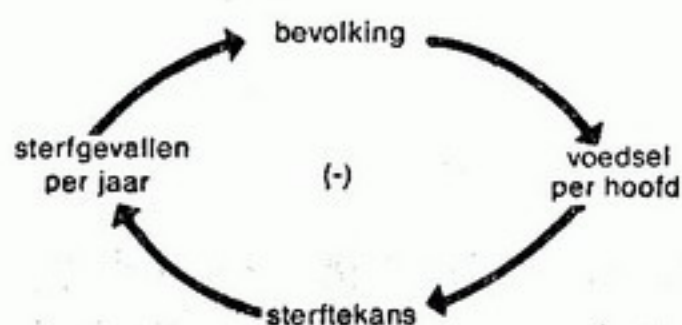


Fig. 24. Terugkoppelingskringlopen van de bevolking, het kapitaal, de landbouw en de vervuiling. Sommige van de onderlinge betrekkingen tussen de bevolking en het industrieel kapitaal oefenen hun werking uit via het landbouwkapitaal, het bebouwde land en de vervuiling. Iedere pijl wijst op een causale relatie, die direct of vertraagd kan zijn, groot of klein; positief of negatief, afhankelijk van de veronderstellingen die in iedere modelsimulatie zijn opgenomen.

de oorzakelijke wisselwerkingen pas met vertraging plaatsvinden, weg. De vertragingen zijn wel expliciet in de berekeningen van het model opgenomen.

Bevolking en kapitaal beïnvloeden elkaar op vele manieren, waarvan er enkele getoond worden in fig. 24. Een deel van de opbrengst van het industriële kapitaal is landbouwkapitaal, bijvoorbeeld tractoren, irrigatiekanalen en kunstmest. De hoeveelheid landbouwkapitaal en in cultuur gebrachte grondoppervlakte hebben een grote invloed op de hoeveelheid geproduceerd voedsel. Het voedsel per hoofd (de voedselproductie verdeeld over de bevolking) beïnvloedt de sterfte van de bevolking. Zowel industriële als landbouwactiviteiten kunnen vervuiling veroorzaken (in het geval van de landbouw bestaat de verontreiniging voor een belangrijk deel uit resten van pesticiden, kunstmest, die eutrofiëring* veroorzaakt en zoutafzettingen ten gevolg van onjuiste irrigatie). Vervuiling kan het sterftecijfer van de bevolking rechtstreeks en ook indirect door vermindering van de landbouwopbrengsten beïnvloeden.²⁹

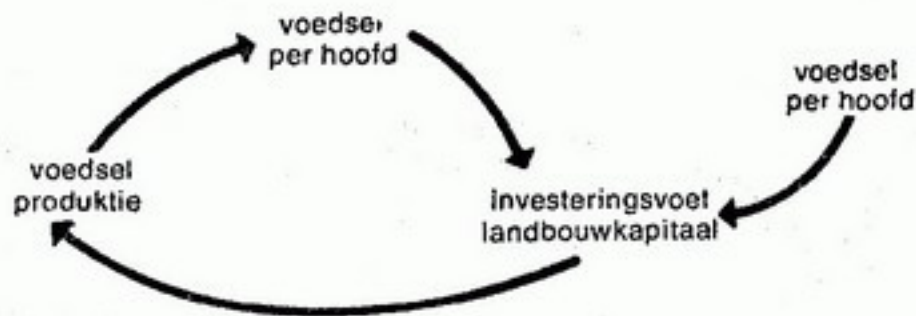
In fig. 24 zijn verscheidene belangrijke terugkoppelingskringlopen aanwezig. Als al het overige in het systeem gelijk bleef, zou een *toename* van de bevolking het voedsel per hoofd doen verminderen en zo de sterfelijkheid doen toenemen, het aantal sterfgevallen doen groeien en tot een afname van de bevolking leiden. Dit is dan een negatief terugkoppelingsmechanisme:



Een ander negatief terugkoppelingsmechanisme hieronder aangegeven neigt ertoe het bovenstaande te compenseren. Als het voedsel per hoofd afneemt tot een waarde die lager ligt dan de door bevolking gewenste,

* Overbemesting met als gevolg daarvan wateronttrekking.

zal de neiging bestaan tot vermeerdering van het landbouwkapitaal, zodat de toekomstige voedselproduktie en het voedsel per hoofd kan toenemen.



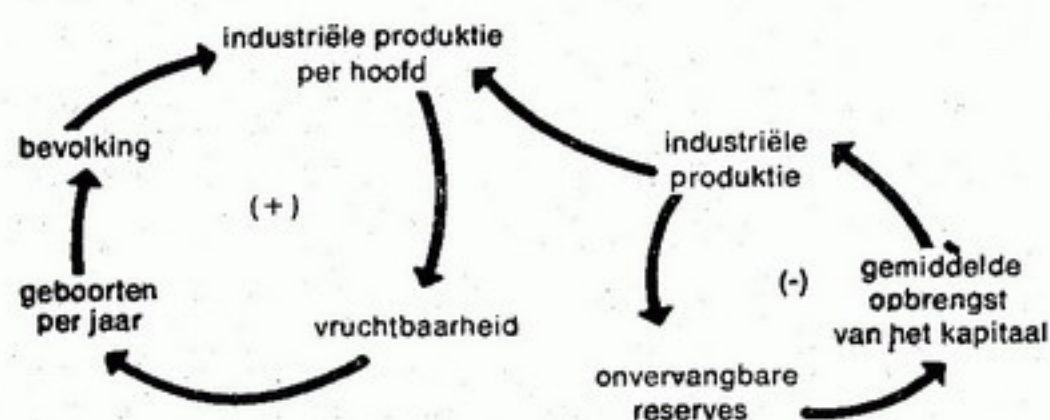
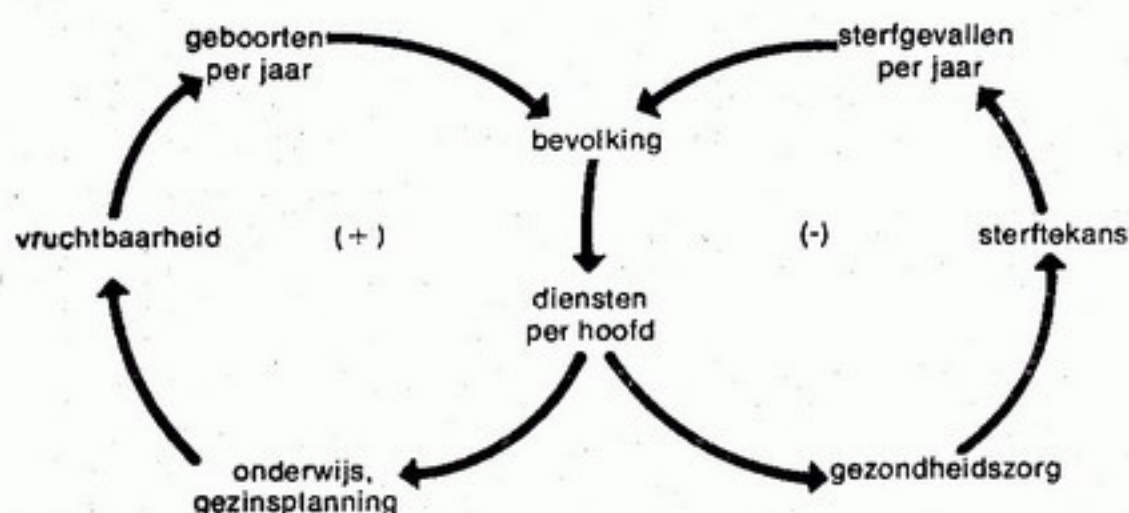
Andere belangrijke betrekkingen in het wereldmodel worden in fig. 25 toegelicht. Deze betrekkingen hebben met de bevolking, het industriële kapitaal, de kapitaalgoederen voor diensten en de hulpbronnen te maken. De industriële produktie omvat goederen die vallen onder kapitaalgoederen voor diensten: huizen, scholen, ziekenhuizen, banken en hun uitrusting. De opbrengst van dit dienstenkapitaal levert, verdeeld over de bevolking de gemiddelde waarde van de diensten per hoofd. De dienstverlening per hoofd heeft invloed op het niveau van de gezondheidszorg en zo op het sterftecijfer van de bevolking. Diensten omvatten ook onderwijs en onderzoek inzake methoden voor geboortenregeling, zowel als verspreiding van informatie over geboorteregeling en middelen daartoe. Zo staan de diensten per hoofd ook in verband met de vruchtbaarheid.

Een wijziging in de industriële produktie per hoofd heeft ook een zichtbare uitwerking (hoewel kenmerkend na een grote vertraging) op vele sociale factoren die de vruchtbaarheid beïnvloeden.

Iedere eenheid van industriële produktie verbruikt iets van de onvervangbare grondstofreserves. Als de reserves geleidelijk verminderen, is er meer kapitaal nodig om dezelfde hoeveelheid grondstof aan de aarde te ont-

trekken en zo neemt het nuttig effect van het kapitaal (opbrengst van voedsel-eindprodukten per eenheid van kapitaal) af (dat wil zeggen dat het meer kapitaal vergt om een bepaalde hoeveelheid voedsel-eindprodukten te produceren).

De belangrijke terugkoppelingsmechanismen in fig. 26 zijn:



De betrekkingen in de fig. 24 en 25 weergegeven, zijn typerend voor de vele ineensluitende terugkoppelingskringlopen in het wereldmodel. Andere kringlopen bevatten factoren, zoals: de oppervlakte van de in cultuur gebrachte grond en het tempo waarmee deze wordt ontgonnen of geërodeerd, de snelheid waarmee verontreinigingen worden veroorzaakt en door het milieu onschadelijk gemaakt en het evenwicht tussen het arbeidspotentieel en het aantal beschikbare arbeidsplaatsen. Het complete stroomdiagram voor het wereldmodel, dat al deze factoren en meer omvat, staat in fig. 26.

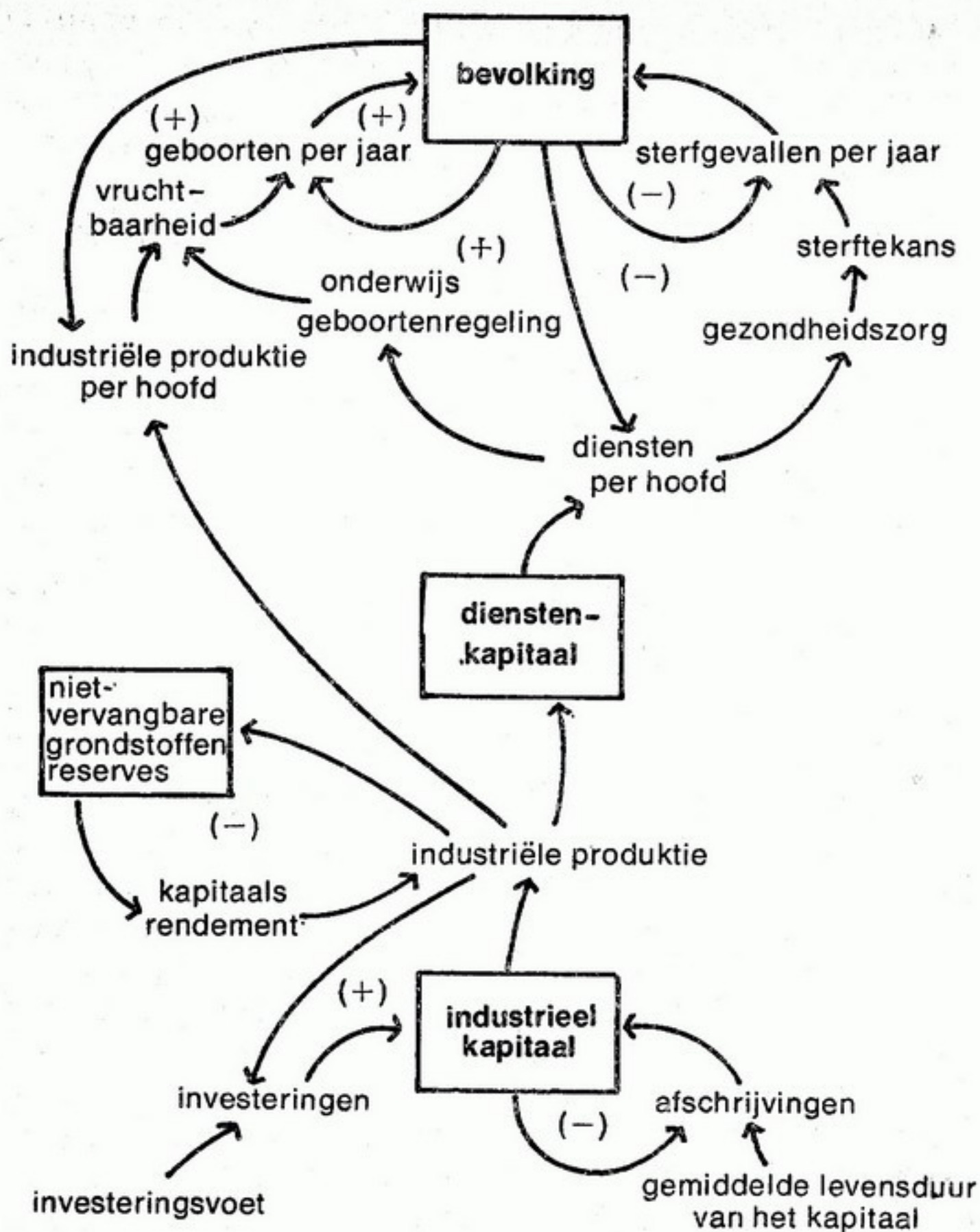
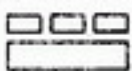
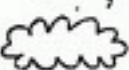


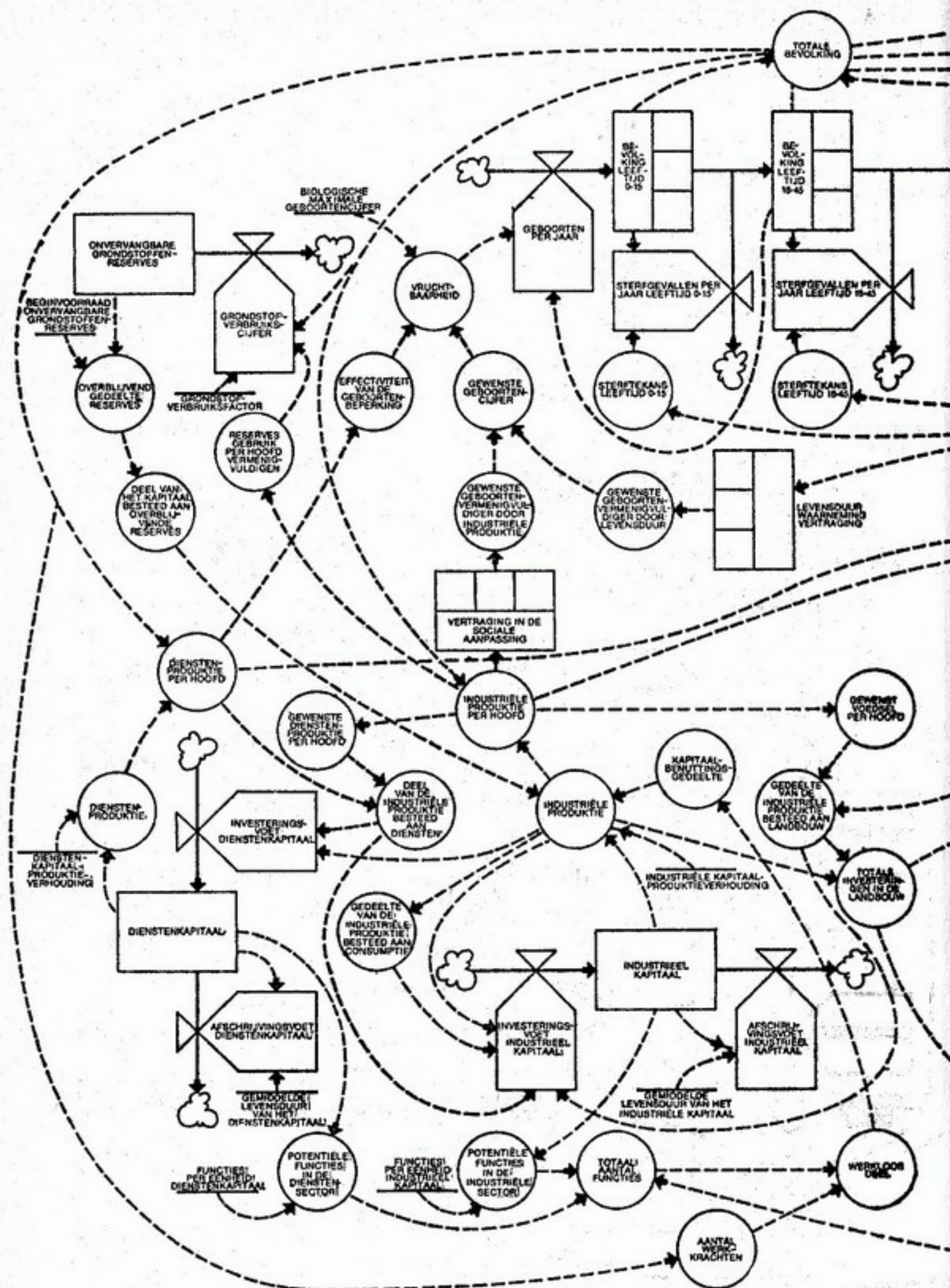
Fig. 25. Terugkoppelingskringlopen van de bevolking, het kapitaal, de diensten en de grondstoffenreserves. De bevolking en het industrieel kapitaal worden ook beïnvloed door de niveaus van het dienstkapitaal (zoals gezondheids- en onderwijsdiensten) en de onvervangbare grondstoffenreserves.

Fig. 26. Wereldmodel. Op p. 108 en 109 wordt het wereldmodel weergegeven door een stroomdiagram in de formele 'System Dynamics'-notatie. Niveaus of fysieke hoeveelheden die rechtstreeks gemeten kunnen worden, worden door rechthoeken  aangeduid, factoren die deze niveaus beïnvloeden door ventielen  en hulpvariabelen die de vergelijkingen beïnvloeden door cirkels . Tijdsvertragingen worden aangegeven door blokken in rechthoeken . werkelijke mensen-, goederen-, geld-, enz.-stromen met getrokken pijlen $\rightarrow$, causale relaties door gebroken pijlen $--\rightarrow$, wolken  vertegenwoordigen aan- of afvoergrootheden die niet belangrijk zijn voor het modelgedrag.

Kwantitatieve veronderstellingen

Elk van de pijlen in fig. 26 stelt een algemeen verband voor waarvan we weten dat het belangrijk of mogelijk belangrijk is in het bevolkingkapitaalsysteem. De structuur is in feite algemeen genoeg om ook een enkel land of zelfs een afzonderlijke stad (met toevoeging van migratie- en handelsstromen over de grens) te kunnen voorstellen. Om de modelstructuur van fig. 26 toe te kunnen passen op een land zouden we iedere erin voorkomende relatie met voor die natie kenmerkende getallen moeten kwantificeren. Om de wereld voor te stellen, moeten de cijfers gemiddelde karakteristieken van de hele wereld weergeven.

De meeste van de causale invloeden zijn in werkelijkheid niet-lineair. Dat betekent, dat een zekere verandering in een causale variabele (zoals een toename van 10% in het voedsel per hoofd van een bevolking) een andere variabele (bijvoorbeeld de verwachte levensduur) op verschillende wijze zou kunnen beïnvloeden, afhankelijk van het punt binnen het mogelijke bereik van de tweede variabele, waarop de verandering plaatsvindt. Als, bijvoorbeeld, zou blijken dat een voedseltoename per hoofd met 10% de gemiddelde levensverwachting met 10 jaar



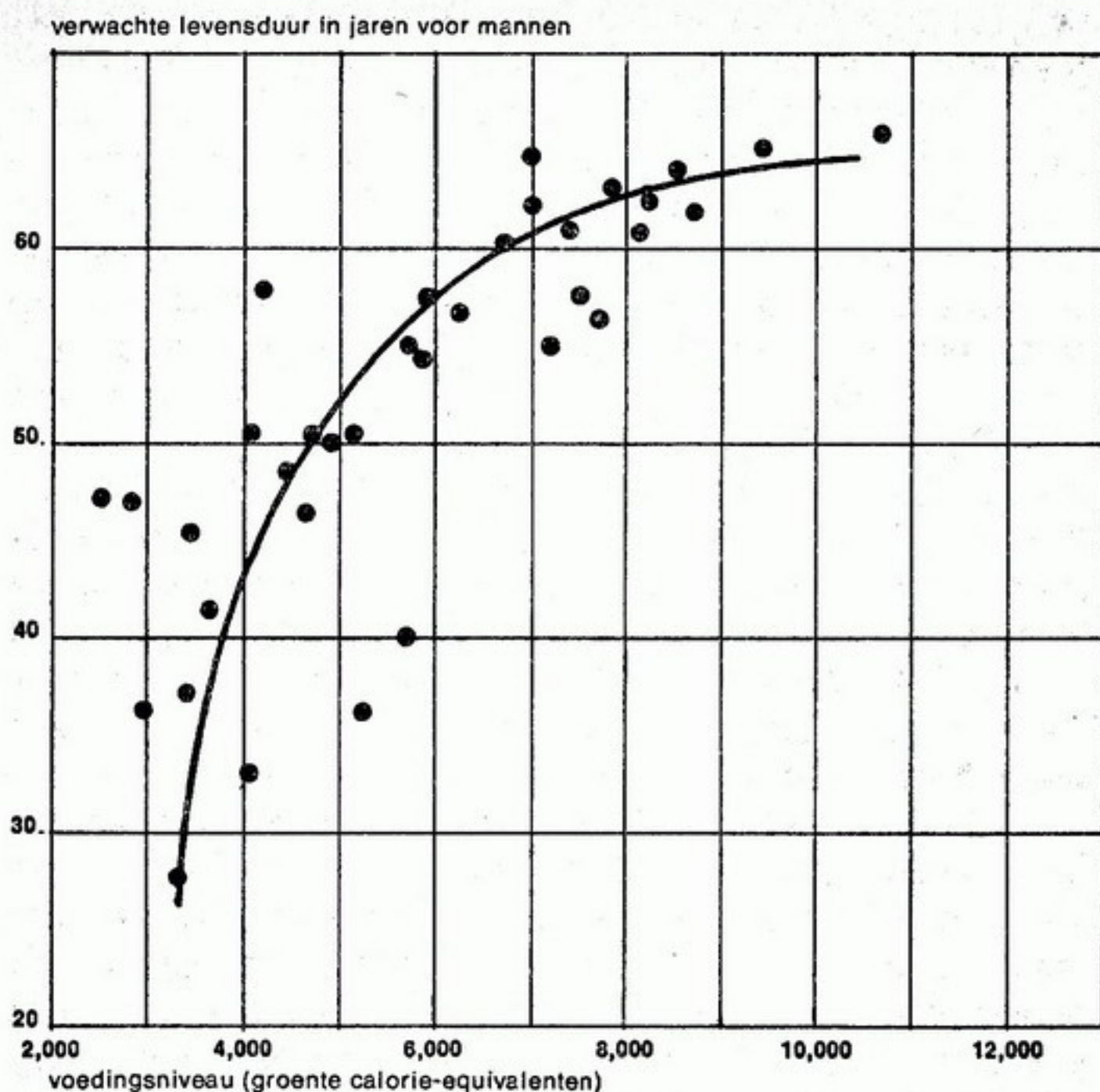


Fig. 27. Voeding en verwachte levensduur. De verwachte levensduur van een bevolking is een niet-lineaire functie van de voeding die de bevolking ontvangt. In deze grafiek wordt het voedingsniveau aangegeven in plantaardige calorie-equivalenten. Calorieën die uit dierlijke bronnen worden verkregen, zoals vlees of melk, worden met een omrekeningsfactor vermenigvuldigd (ongeveer 7, omdat voor de produktie van 1 calorie van dierlijke oorsprong 7 calorieën plantaardig voedsel nodig zijn. Omdat voedsel uit dierlijke bronnen van grotere waarde is voor het onderhoud van het menselijk leven, houdt deze maatstaf rekening met zowel de kwantiteit als de kwaliteit van het voedsel. Ieder punt op de grafiek vertegenwoordigt de gemiddelde verwachte levensduur en het voedingsniveau van een volk in 1953. (Bron: **M. Cépède, F. Houtart** and **L. Ground**, *Population and Food*, New York: Sheed and Ward, 1964.)

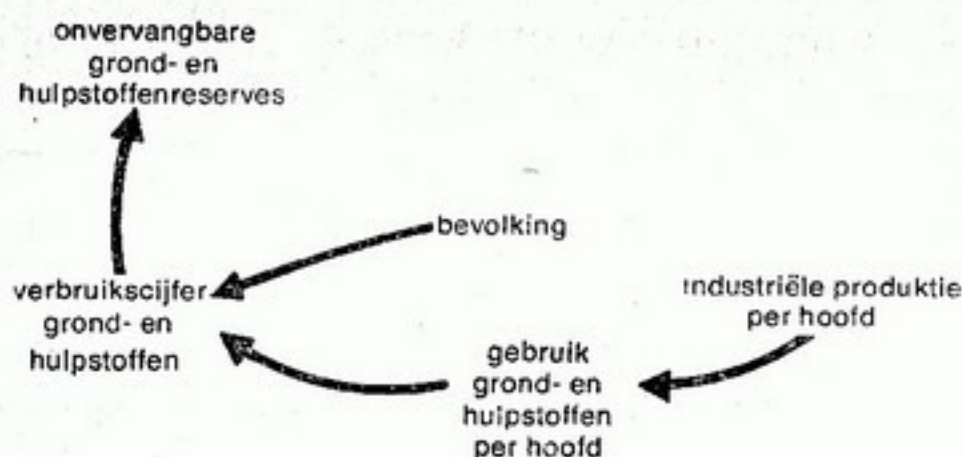
zou verhogen, zou daaruit niet hoeven te volgen, dat een toename van het voedsel per hoofd met 20% de gemiddelde levensduur met 20 jaar zal verhogen. Fig. 27 toont het niet-lineaire verband tussen het voedsel per hoofd en de gemiddelde levensduur. Als er weinig voedsel is, kan een geringe toename een grote toename van de levensduur met zich mee brengen. Als er al voldoende voedsel is, zal een verdere toename weinig of geen gevolg hebben. Zo'n niet-lineaire betrekking kan rechtstreeks in een wereld-model opgenomen worden.*

De huidige stand van de kennis omtrent oorzakelijke verbanden in de wereld kan lopen van volledige onwetendheid tot extreme nauwkeurigheid. De betrekkingen in het wereld-model liggen in het algemeen ongeveer in het midden van deze schaal. We weten inderdaad iets over de richting en grootte van de oorzakelijke gevolgen, maar we kunnen wat we weten zelden in nauwkeurige formulerings uitzetten. Om te illustreren hoe wij op dit tussenliggende gebied van kennis werken, zullen we in het kort drie voorbeelden van kwantitatieve betrekkingen uit het wereldmodel bespreken. Een ervan is een betrekking tussen economische variabelen, die we naar verhouding goed begrijpen, één heeft betrekking op sociaal-psychologische variabelen, die goed bestudeerd maar moeilijk kwantificeerbaar zijn en één houdt verband met biologische variabelen die, tot nu toe, bijna totaal onbekend zijn. Hoewel deze drie voorbeelden in geen geval een complete beschrijving van het wereld-model vormen, geven zij een illustratie van de redenering die wij hebben gevolgd bij de constructie en kwantificering van het model.

Verbruik van grond- en hulpstoffen per hoofd

Wat zal met de vraag naar onvervangbare grond- en hulpstoffen gebeuren als de wereldbevolking en de kapitaal-investeringen toenemen? De hoeveelheid grond- en

* De gegevens van fig. 27 zijn niet gecorrigeerd door variaties in andere factoren, zoals de gezondheidszorg. Verdere gegevens, over de statistische behandeling van een dergelijke betrekking en over de opname ervan en de modelvergelijkingen, zijn in het technische rapport vermeld.



hulpstoffen die jaarlijks wordt gebruikt, kan berekend worden door het aantal mensen te vermenigvuldigen met het cijfer van het grond- en hulpstoffenverbruik per hoofd. Dit is natuurlijk niet constant. Als een bevolking rijker wordt, bestaat de neiging meer grond- en hulpstoffen per persoon per jaar te verbruiken. Het stroomdiagram dat het verband van de bevolking, het grond- en hulpstoffenverbruikcijfer per hoofd en de rijkdom (in de zin van industriële opbrengst per hoofd) met het grond- en hulpstoffenverbruikcijfer tot uitdrukking brengt, volgt hierna.

Het verband tussen rijkdom (industriële produktie per hoofd) en vraag naar grond- en hulpstoffen (grond- en hulpstoffenverbruikcijfer per hoofd) wordt door een niet-lineaire kromme, waarvan fig. 28 de vorm toont, weergegeven. In fig. 28 is het grond- en hulpstoffenverbruik uitgedrukt in het wereldgemiddelde van het grond- en hulpstoffenverbruik per hoofd in 1970, dat gelijkgesteld wordt met 1. Daar het wereld-gemiddelde van de industriële opbrengst per hoofd in 1970 ongeveer \$ 230³⁰ bedroeg, weten we dat de kromme door het met een X aangegeven punt gaat. In 1970 hadden de Verenigde Staten een gemiddelde industriële opbrengst per hoofd van ongeveer \$ 1 600, en de gemiddelde burger gebruikte bij benadering zeven maal het wereldgemiddelde van het grond- en hulpstoffenverbruik per hoofd.³¹ Het punt van de kromme, dat het consumptieniveau van de Verenigde Staten aangeeft, is met een + aangeduid. We nemen aan dat de rest van de wereld in zijn economische ontwikkeling in wezen het Amerikaanse consumptiepatroon zal volgen - een sterk oplopende kromme zolang de opbrengst per hoofd groeit, gevolgd door een afvlakking. Een rechtvaardiging voor die veron-

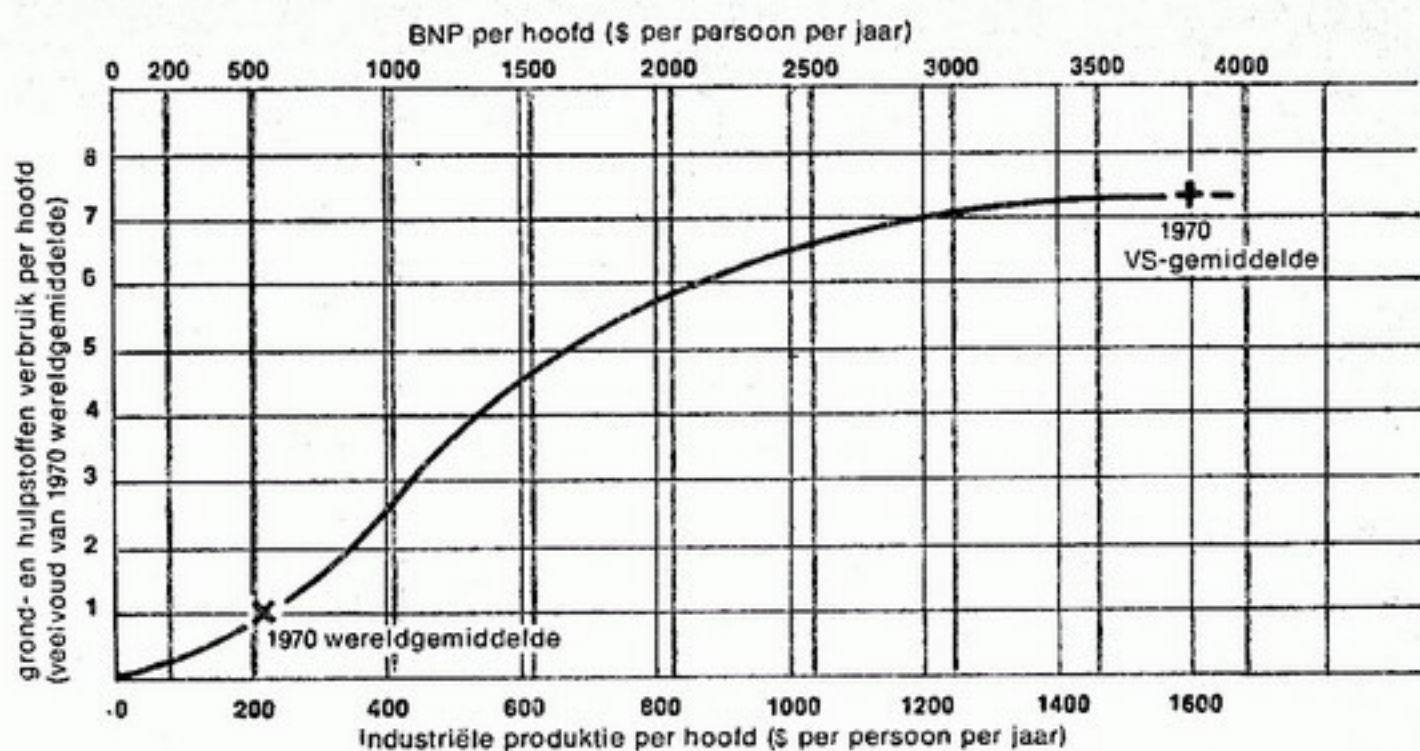


Fig. 28. Industriële produktie per hoofd en grond- en hulpstoffenverbruik. De in het model vooronderstelde betrekkingen tussen het grond- en hulpstoffenverbruik per persoon en de industriële produktie per persoon is S-vormig. In niet geïndustrialiseerde gemeenschappen is het grond- en hulpstoffenverbruik zeer laag, omdat het grootste deel van de produktie van de landbouw afkomstig is. Als de industrialisatie toeneemt, stijgt het verbruik van onvervangbare grond- en hulpstoffen sterk en wordt dan, bij een zeer hoog consumptiecijfer bijna horizontaal. Punt X geeft het wereldgemiddelde van het grond- en hulpstoffenverbruikcijfer in 1970 aan; punt + geeft het gemiddelde grondstofverbruikcijfer in de VS in 1970 aan. De twee horizontale schalen geven het grond- en hulpstoffenverbruik weer in relatie tot zowel de industriële opbrengst per hoofd als het BNP per hoofd.

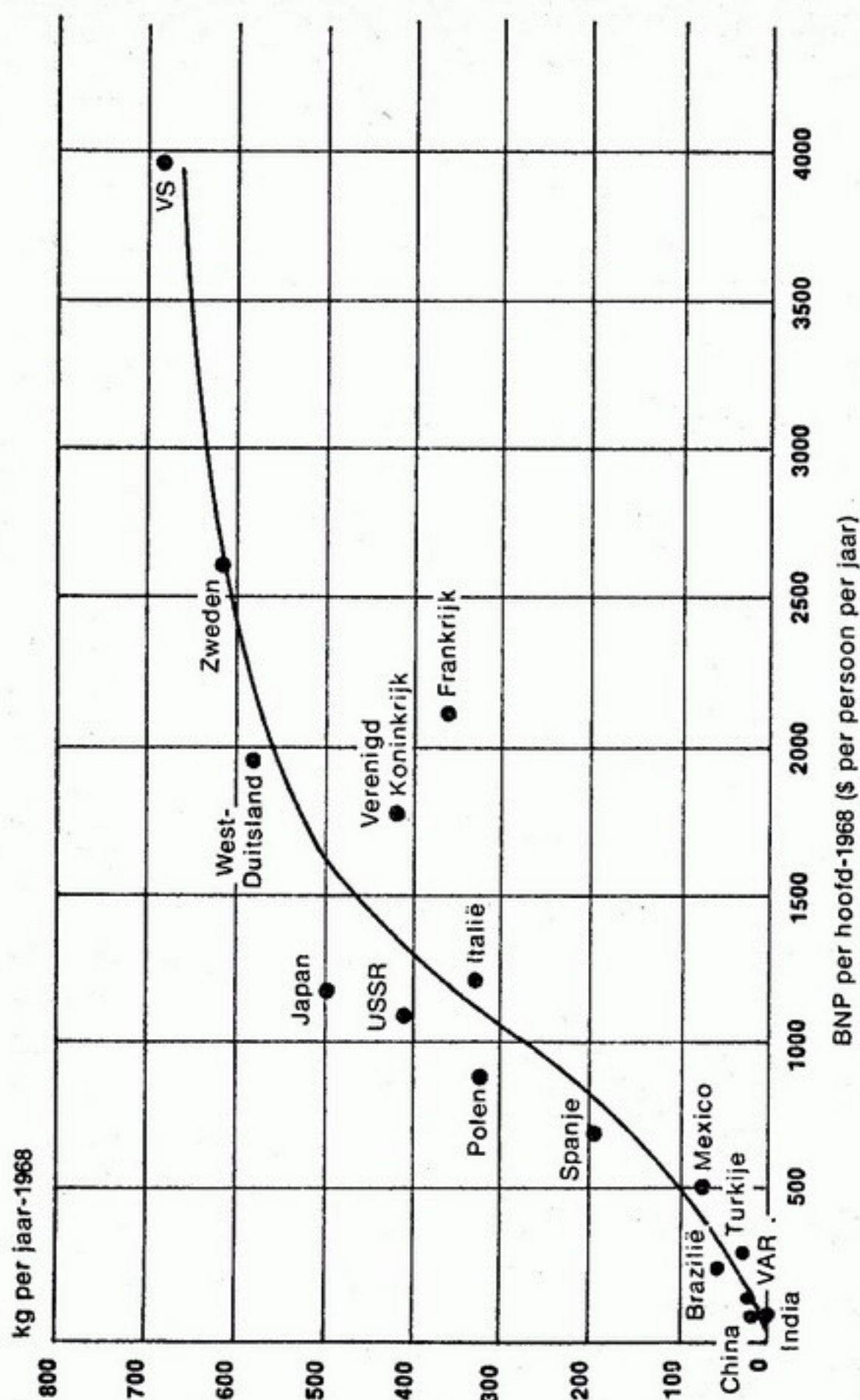


Fig. 29. Wereldstaalverbruik en BNP per hoofd. Het staalverbruik per persoon in de verschillende naties van de wereld volgt het algemene S-vormige patroon van fig. 28. (Bronnen: *Steel consumption from UN Department of Economic and Social Affairs, Statistical Yearbook 1969*, New York: United Nations, 1970. *GNP per capita from World Bank Atlas*, Washington, DC: International Bank for Reconstruction and Development, 1970.)

derstelling kan gevonden worden in het huidige wereldverbruikspatroon van staal (fig. 29). Hoewel de kromme van het staalverbruik wat afwijkt van de algemene kromme uit fig. 28, is het algemeen beeld redelijk gelijkmatig, zelfs gegeven de afwijkende economische en politieke structuren, die door de verschillende landen vertegenwoordigd worden.

Aanvullend bewijsmateriaal voor de algemene vorm van de grond- en hulpstoffenverbruikskromme toont de geschiedenis van het staal- en koperverbruik in de VS, uiteengezet in fig. 30. Naarmate het gemiddelde individuele inkomen is toegenomen, is het verbruik in beide gevallen gestegen; eerst sterk, later minder sterk. De uiteindelijke hoogte geeft een gemiddeld verzadigingsniveau van materieel bezit aan. Verdere verhogingen van het inkomen worden in de eerste plaats aan diensten besteed, die minder grond- en hulpstoffen verbruiken. De S-vormige kromme van het grond- en hulpstoffenverbruik, die in fig. 28 wordt getoond, is alleen als een weergave van duidelijk blijkende *huidige* beleidsvormen in het wereldmodel opgenomen. Om de gevolgen van veranderingen in het systeem (zoals recirculering van grondstoffen) die de gebruikte hoeveelheid onvervangbare grond- en hulpstoffen per persoon toe of af doen nemen, te onderzoeken, kan de kromme altijd in de modelsimulatie gewijzigd worden. Feitelijke modelsimulaties, die verder in dit boek worden getoond, zullen de gevolgen van dit beleid illustreren.

Gewenst geboortencijfer

Het aantal geboorten per jaar, in elke bevolking, is gelijk aan het aantal vrouwen van vruchtbare leeftijd maal de gemiddelde vruchtbaarheid (gemiddeld geboortencijfer per vrouw per jaar). Talrijke factoren kunnen de vruchtbaarheid van een bevolking beïnvloeden en in feite is de studie van de factoren die de vruchtbaarheid beslissend beïnvloeden een belangrijke bezigheid van vele demografen. In het wereldmodel hebben we drie hoofdcomponenten van de vruchtbaarheid onderscheiden: het biologisch maximale geboortencijfer, de doeltreffendheid van de geboortenbeperking en het gewenste geboorten-

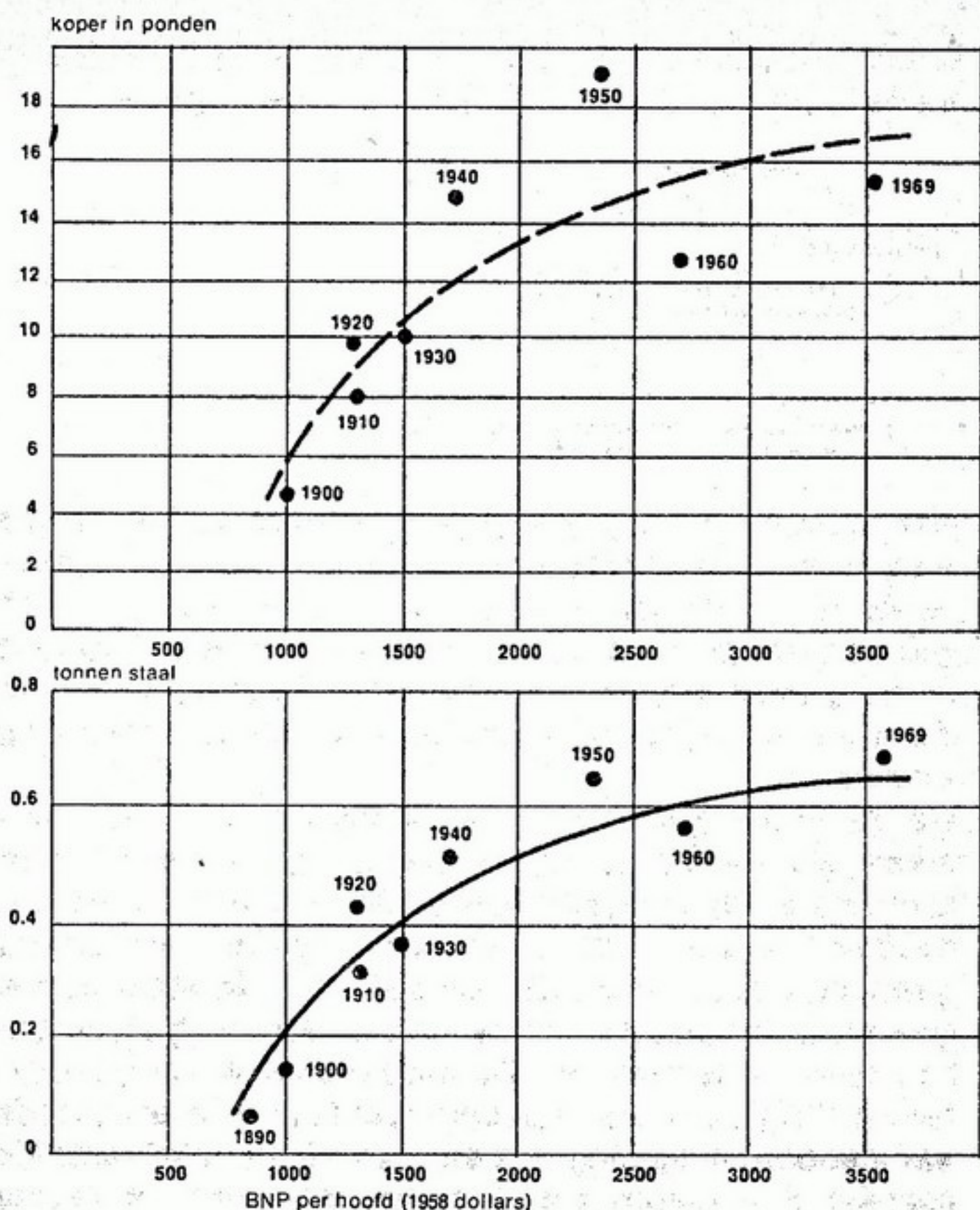
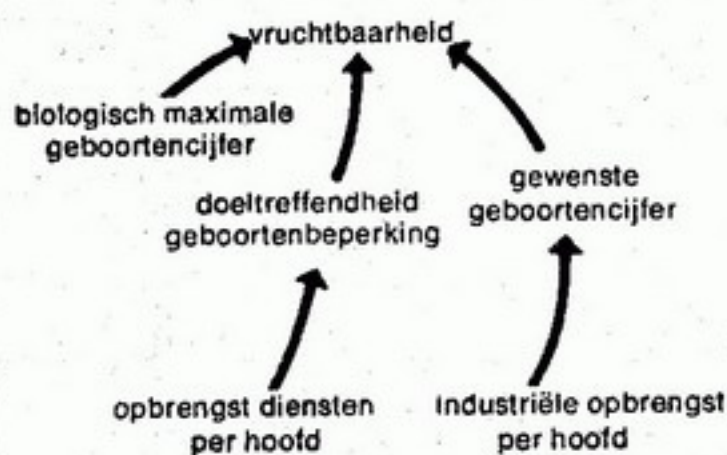


Fig. 30. Staal- en koperverbruik en BNP per hoofd in de VS.

Het koper- en staalverbruik per hoofd in de VS heeft een snelle toename ondergaan toen de totale produktiviteit steeg, gevolgd door een periode van veel langzamere toename, nadat het verbruik een relatief hoog niveau had bereikt. (Bronnen: *Copper and steel consumption from Metal Statistics*, Somerset, NJ: American Metal Market Company, 1970. *Historical population and GNP from US Department of Commerce*, US Economic Growth, Washington, DC: Government Printing Office, 1969.)

cijfer. Het onderlinge verband tussen deze vruchtbaarheidscomponenten, wordt hieronder weergegeven.



Het *biologisch-maximale geboortencijfer* is het tempo waarmee vrouwen kinderen zouden krijgen als zij gedurende hun hele vruchtbare leeftijd geen methode van geboortenbeperking zouden toepassen. Deze snelheid is biologisch bepaald, omdat deze hoofdzakelijk van de algemene gezondheidstoestand van de bevolking afhangt.

Het *gewenste geboortencijfer* is het tempo dat zou ontstaan als de bevolking 'perfecte' geboortencontrole toepaste en alleen geplande en gewenste kinderen zou hebben. De *doeltreffendheid van de geboortenregeling* geeft de mate aan waarin de bevolking in staat is, het gewenste in plaats van het biologisch mogelijke geboortencijfer te bereiken. Op deze manier wordt 'geboortenregeling' zeer breed gedefinieerd om iedere methode van geboortenregeling, die een bevolking *daadwerkelijk toepast* in te sluiten, anticonceptie, abortus en seksuele onthouding inbegrepen. Er moet nadruk op worden gelegd dat een volmaakt doeltreffende geboortenregeling *geen* lage vruchtbaarheid betekent. Als het gewenste geboortencijfer hoog ligt, zal ook de vruchtbaarheid hoog zijn.

Deze drie factoren die de vruchtbaarheid beïnvloeden, ondergaan op hun beurt de invloed van andere factoren in het wereldsysteem. Fig. 31 doet vermoeden dat de industrialisatie een van de meer belangrijke van deze factoren zou kunnen zijn.

Het verband tussen de globale geboortencijfers en het BNP (Bruto Nationale Produkt) per hoofd, van alle volken ter wereld, volgt een verrasend regelmatig patroon. In het

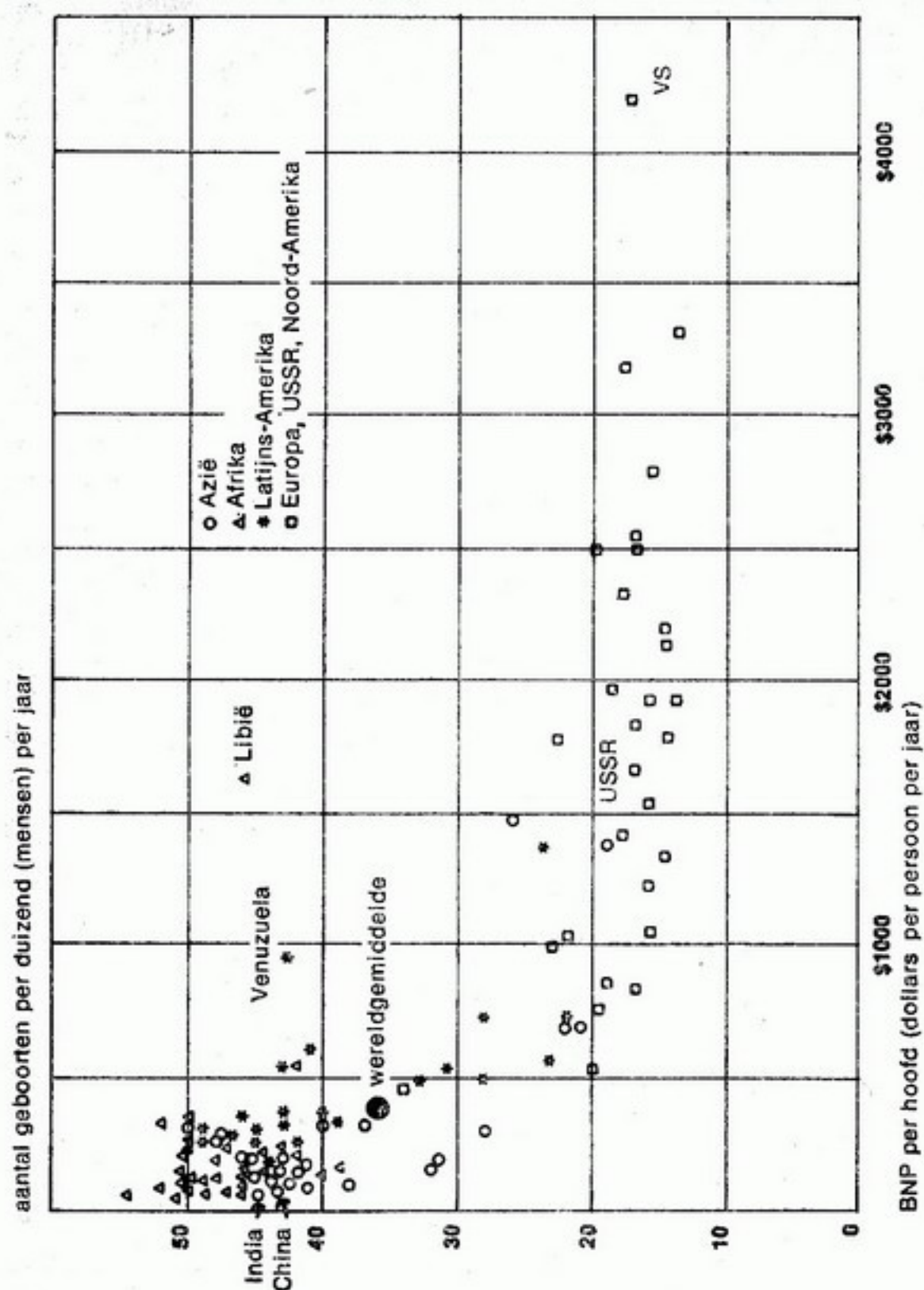


Fig. 31. Geboortencijfers en BNP per hoofd. De geboortencijfers van de volken van de wereld vertonen neiging om te dalen als het BNP toeneemt. Meer dan de helft van de wereldbevolking is in de linkerbovenhoek van deze grafiek vertegenwoordigd, waar het BNP minder dan 500 \$ per persoon per jaar bedraagt en het geboortecijfer uiteenloopt van 40 tot 50 per 1000 per jaar. De twee grote uitzonderingen, Venezuela en Libië, zijn olie-exporterende naties, waar de stijging van het inkomen heel recent en de inkomensverdeling zeer ongelijk is. (Bron: **US Agency for International Development**, *Population Program Assistance*, Washington, DC: Government Printing Office, 1970.)

algemeen daalt het geboortencijfer als het BNP stijgt. Dat schijnt geldig te zijn, ongeacht religieuze, culturele of politieke factoren. Natuurlijk kunnen we uit deze grafiek niet concluderen dat een stijgend BNP per hoofd *rechtstreeks* een lager geboortencijfer *veroorzaakt*. Maar blijkbaar hangen een aantal sociale en opvoedkundige veranderingen die uiteindelijk het geboortencijfer verlagen samen met de toenemende industrialisatie. Deze sociale veranderingen vinden, en dit is kenmerkend, pas na een vrij lange vertraging plaats.

Waar in de terugkoppelingskringloopstructuur oefent deze omgekeerde betrekking tussen het BNP per hoofd en het geboortencijfer zijn werking uit? Zeer waarschijnlijk niet via het maximale biologische geboortencijfer. In ieder geval is het duidelijk dat de stijging van de industrialisatie een betere gezondheidstoestand ten gevolge heeft; het aantal geboorten zouden kunnen toenemen als het BNP toeneemt. Anderzijds zou de doeltreffendheid van de geboortenregeling ook groter kunnen worden; dit gevolg draagt zeker bij tot de afname van het aantal geboorten, die in fig. 31 wordt getoond. Wij opperen echter de mogelijkheid dat het gewenste geboortencijfer het voornaamste gevolg is van een stijgend BNP. Een bewijs hiervoor wordt in fig. 32 gegeven. De kromme geeft het percentage van de ondervraagden (bij een onderzoek naar gezinsplanning), dat meer dan vier kinderen wenst als een functie van het BNP per hoofd. De algemene vorm van de kromme is die van fig. 31, uitgezonderd de lichte toename in de gewenste gezinsgrootte bij hoge inkomens. De econoom J.J. Spengler heeft het algemene verband tussen het gewenste geboortencijfer en het inkomen met behulp van economische en sociale veranderingen die gedurende het industrialisatieproces plaatsvinden, verklaard.³² Hij gelooft dat ieder gezin, bewust of onbewust, de waarde en de kosten van een extra kind afweegt tegen de middelen die het gezin beschikbaar heeft om aan dat kind te besteden. Dit proces leidt tot een algemene houding ten opzichte van de gezinsgrootte, die verandert als het inkomen toeneemt, zoals fig. 33 toont.

De 'waarde' van een kind sluit financiële overwegingen in, zoals de arbeidsbijdrage van het kind aan de boerde-

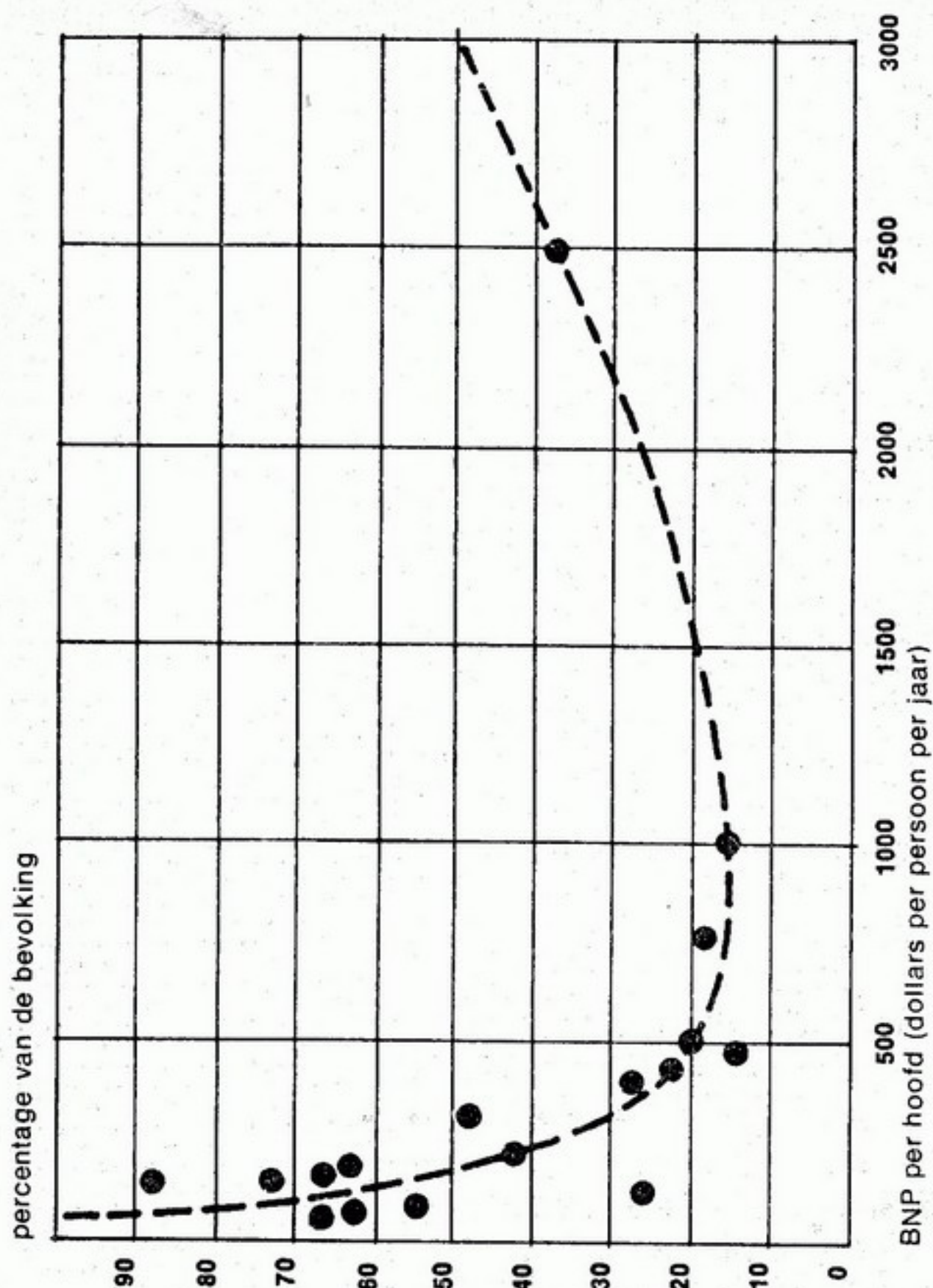


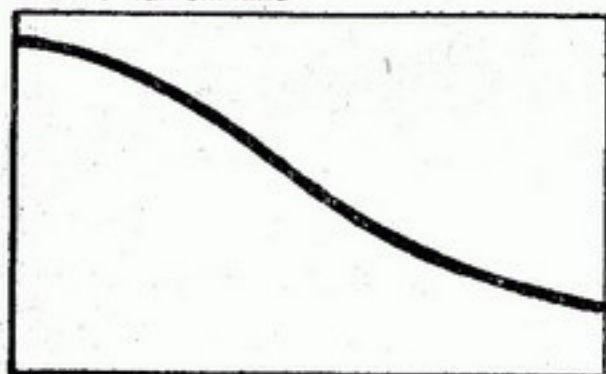
Fig. 32. Gezinnen die vier of meer kinderen wensen en het BNP per hoofd. De geënquêteerden bij onderzoeken naar de gezinsplanning in 17 verschillende landen gaven aan hoeveel kinderen zij zouden willen hebben. Het percentage van hen die grote gezinnen (vier of meer kinderen) wensten, vertoont een relatie tot het BNP per hoofd, die te vergelijken is met de trend die in fig. 31 wordt getoont. (Bron: **Bernard Berelson** et al., *Family Planning and Population Programs*, Chicago: University of Chicago Press, 1965.)

rij of de zaak van de familie en de daaruit voortvloeiende afhankelijkheid van de steun van het kind als de ouders op hoge leeftijd komen. Als een land wordt geïndustrialiseerd, verminderen wetten op de kinderarbeid, de leerplicht en de sociale voorzieningen alle de potentiële geldelijke waarde van een kind. 'Waarde' omvat ook de minder-tastbare waarden van een kind als voorwerp van liefde, drager van de familienaam, erfgenaam van het familievermogen en een bewijs van mannelijkheid. Deze waarden lijken in iedere maatschappij belangrijk; de beloningsfunctie heeft dus altijd een positieve waarde, zij is bijzonder belangrijk in arme gemeenschappen waar bijna geen andere vormen van persoonlijke bevrediging bestaan.

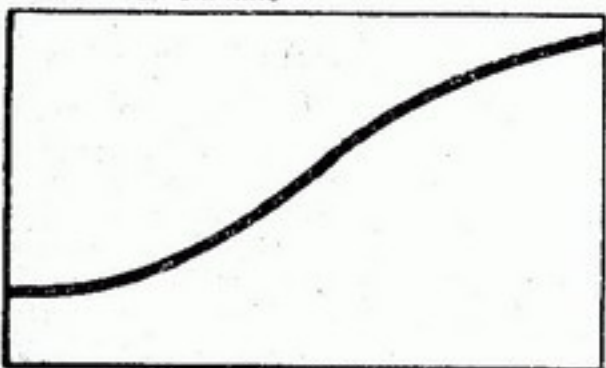
De 'kosten' van een kind omvatten de werkelijke financiële uitgaven die nodig zijn om in de behoeften van het kind te voorzien, de alternatieve kosten van de tijd die de moeder aan de verzorging van het kind besteedt en de toegenomen verantwoordelijkheid en verminderde vrijheid van het gezin als geheel. De kosten van kinderen zijn zeer laag in een traditionele maatschappij. Er wordt geen bijkomende leefruimte toegevoegd om het kind te huisvesten, er is maar weinig onderwijs en medische zorg beschikbaar en de eisen aan kleding en voedsel zijn minimaal. De moeder is gewoonlijk ongeschoold en kent geen waarde aan haar tijd toe. Het gezin heeft weinig mogelijkheden om iets te doen dat door een kind verhinderd zou worden en de uitgebreide familiestructuur neemt de zorg voor het kind over als het, bijvoorbeeld, voor één van de ouders nodig zou worden hem te verlaten om te gaan werken.

Maar als het gezinsinkomen toeneemt, wordt aan de kinderen meer dan het meest noodzakelijke aan voedsel en kleding gegeven. Zij krijgen betere huisvesting en medische verzorging en het onderwijs wordt nodig en brengt kosten met zich mee. Reizen, ontspanning en een werkring voor de moeder worden mogelijkheden die niet verenigbaar zijn met een groot gezin. De uitgebreide familiestructuur verdwijnt gewoonlijk met het toenemen van de industrialisatie; vervangende zorg voor het kind is kostbaar.

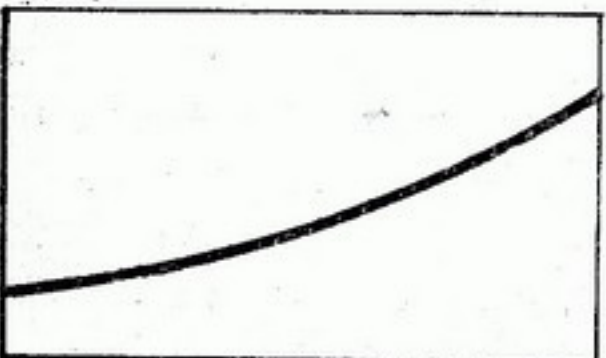
'waarde' van elk kind



'kosten' van elk kind

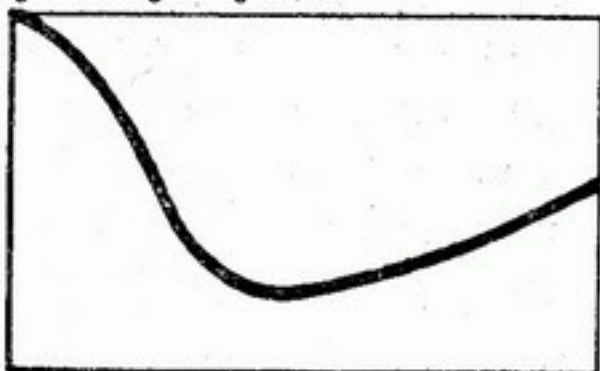


'bronnen'



industriële produktie per hoofd

gewenste gezinsgrootte



industriële produktie per hoofd

$$\text{gewenste gezinsgrootte} = \frac{\text{'waarde'}}{\text{'kosten'}} \times \text{'bronnen'}$$

Fig. 33. Gewenste gezinsgrootte. De schematische weer-gave van de economische factoren die de gezinsgrootte bepalen, volgt ruwweg, een kosten-batenanalyse. De resulterende kromme vat de verhouding tussen waarde en kosten (van kinderen) en de beschikbare hulpmiddelen voor het grootbrengen van kinderen samen, alle als een functie van de toenemende industrialisatie. Deze gecombineerde kromme lijkt op die in de fig. 31 en 32.

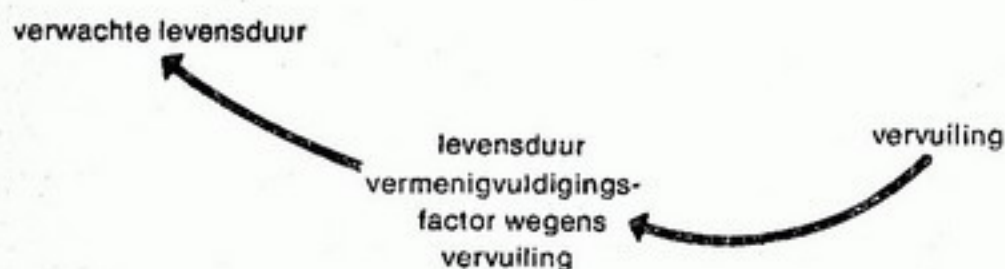
De 'middelen' die een gezin heeft om aan een kind te besteden nemen gewoonlijk met het inkomen toe. Bij een zeer hoog inkomen veranderen de waarde- en kostenkrommen vrijwel niet meer na een nieuwe stijging van het inkomen en de middelenkromme wordt de bepalende factor in het samengestelde gewenste geboortencijfer. Zo wordt, in rijke landen zoals de VS, de gewenste gezinsgrootte een directe functie van het inkomen. Opgemerkt moet worden dat de aanduiding 'middelen' gedeeltelijk een psychologisch begrip is, omdat bij planning van de gezinsgrootte naast het huidige inkomen ook het toekomstige inkomen van belang is.

Wij hebben al deze sociale factoren samengevat weergegeven door een schakel in een terugkoppelingskringloop tussen industriële produktie per hoofd en het gewenste geboortencijfer. De algemene vorm van deze relatie ziet men rechts in fig. 33. Het is niet onze bedoeling door deze relatie te kennen te geven dat het stijgend inkomen de enige bepalende factor voor de gewenste gezinsgrootte is of zelfs een direct bepalende. In feite houden we rekening met een vertraging tussen de industriële opbrengst per hoofd en de gewenste gezinsgrootte om aan te geven dat deze relatie een sociale aanpassing eist waarvan de voltooiing een generatie of twee kan vergen. Nogmaals, deze relatie kan door toekomstige beleidsvormen of sociale veranderingen gewijzigd worden. Nu weerspiegelt deze eenvoudig het historisch gedrag van de menselijke samenleving. Overal waar economische ontwikkeling heeft plaatsgevonden, zijn de geboortencijfers gedaald. Waar industrialisatie niet heeft plaatsgevonden, bleven deze cijfers zeer hoog.

Gevolgen van vervuiling voor de levensduur

We hebben in het wereldmodel rekening gehouden met de mogelijkheid dat de vervuiling de gemiddelde levensduur van de wereldbevolking zal beïnvloeden. Wij brengen deze relatie tot uitdrukking door een 'levensduurvermenigvuldigingsfactor wegens vervuiling'. Een functie die de verwachte levensduur op een andere manier afgeleid (uit de waarden van voedsel en gezondheidszorg) vermenigvuldigt, met de te verwachten in-

vloed van de vervuiling. Als de vervuiling ernstig genoeg zou zijn om de verwachte levensduur tot 90% van de waarde bij het ontbreken van vervuiling te verlagen, zou de vermenigvuldigingsfactor 0,9 zijn. Het verband tussen vervuiling en verwachte levensduur kan als volgt worden weergegeven.



Er zijn slechts magere algemene gegevens over de invloed van de vervuiling op de verwachte levensduur aanwezig. Langzamerhand komt er informatie beschikbaar omtrent de giftigheid voor de mens van bepaalde vervuilende stoffen zoals kwik en lood. Pogingen om een gegeven vervuilingsconcentratie statistisch met de sterfte onder de bevolking in verband te brengen, zijn alleen op het gebied van de luchtverontreiniging gedaan.³³ Hoewel kwantitatieve bewijzen nog niet beschikbaar zijn, is er weinig twijfel aan dat er inderdaad een verband tussen de vervuiling en de gezondheid van de mens bestaat. Volgens een recent rapport van The Council on Environmental Quality (Raad voor de Kwaliteit van het Milieu):

Perioden van ernstige luchtverontreiniging hebben aangetoond hoe luchtverontreiniging de gezondheid ernstig aan kan tasten. Verder onderzoek levert een groeiende hoeveelheid bewijsmateriaal dat aangeeft dat zelfs de gevolgen op lange termijn van blootstelling aan lage concentraties van verontreinigingen de gezondheid kan schaden en chronische ziekten en voortijdige dood kan veroorzaken, in het bijzonder bij de meest kwetsbaren, zoals bejaarden en lijders aan ziekten van de luchtwegen. Onder de belangrijke ziekten die in verband worden gebracht met luchtverontreiniging behoren emfyseem, bronchitis, astma en longkanker.³⁴

Wat zullen de gevolgen voor de levensduur van de mens

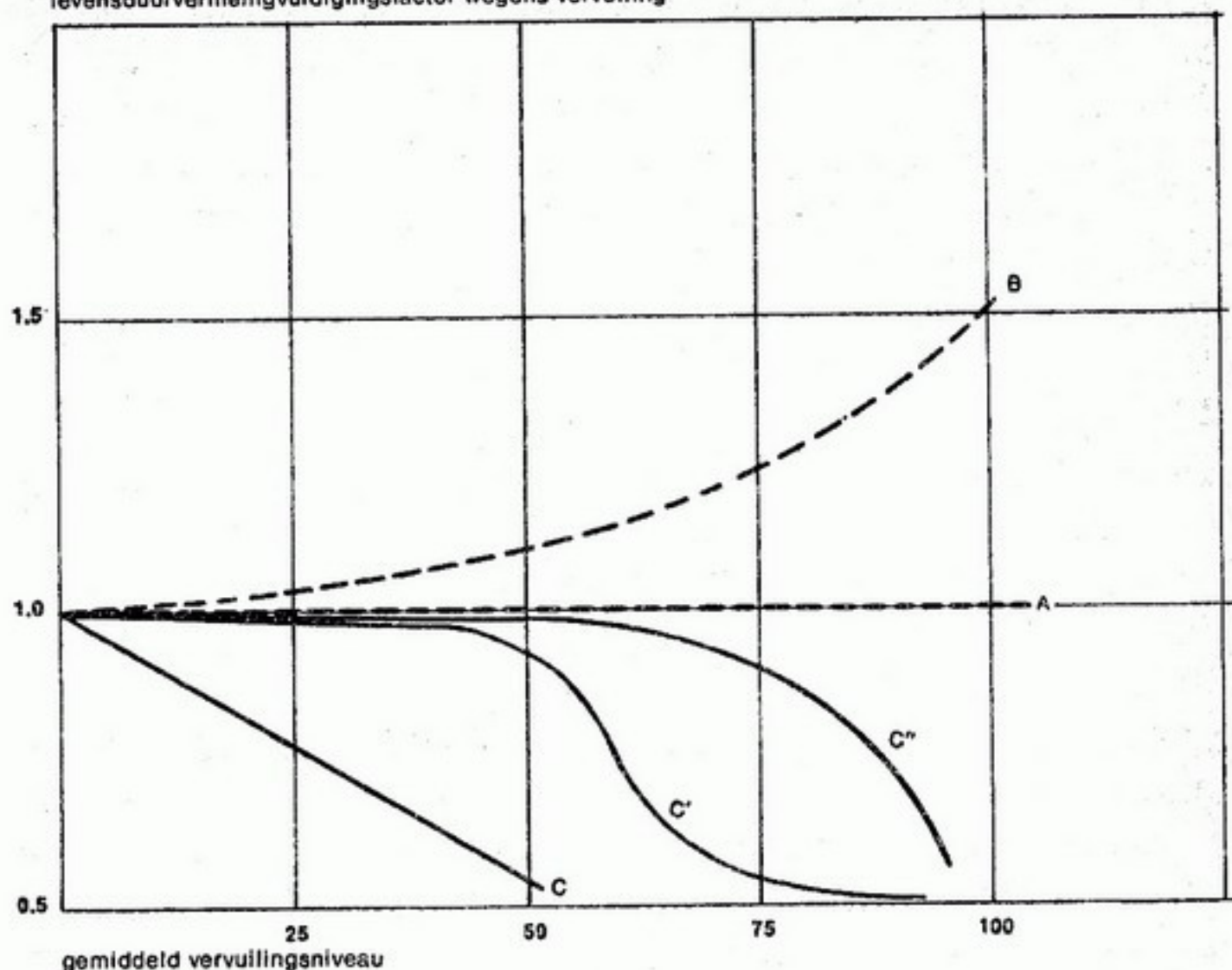


Fig. 34. Invloed van vervuiling op de verwachte levensduur. De betrekking tussen het vervuilingsniveau en de gemiddelde levensduur van de mens, zou verschillende krommen kunnen volgen. Kromme A geeft aan dat de vervuiling geen invloed op de levensduur heeft (de normale verwachte levensduur wordt met 1,0 vermenigvuldigd). Kromme B vertegenwoordigt een vergroting van de levensduur als de vervuiling toeneemt (de normale verwachte levensduur wordt met een getal groter dan 1,0 vermenigvuldigd). De kromme C, C' en C'' weerspiegelen verschillende aannamen omtrent de schadelijke effecten van de vervuiling op de verwachte levensduur. De in het model gebruikte relatie heeft een vorm zoals kromme C².

zijn als het huidige niveau van de vervuiling van de wereld toeneemt? We kunnen deze vraag niet nauwkeurig beantwoorden, maar we weten dat er een *bepaald* gevolg zal zijn. Door het niet opnemen van de invloed van de vervuiling op de levensduur zouden we een grotere fout maken dan wanneer we de invloed hiervan zo goed mogelijk trachten te schatten. Onze benadering van een 'zo goed mogelijke schatting' is toegelicht in fig. 34.

Als een toename in de verontreiniging met een factor van 100 maal het huidige wereldniveau totaal geen invloed op de levensduur zou hebben, zou de rechte lijn A in fig. 34 de correcte weergave zijn van het verband dat we zoeken. Er zou dan geen verband zijn tussen de gemiddelde levensduur en de vervuiling. Lijn A is heel onwaarschijnlijk, nu we weten dat vele vormen van verontreiniging schade aan het menselijk lichaam toebrengen. Kromme B, of een dergelijke kromme die boven lijn A stijgt, is zelfs onwaarschijnlijker, daar deze aangeeft dat toenemende vervuiling de gemiddelde levensduur zal vergroten. We kunnen verwachten dat het verband tussen vervuiling en levensduur negatief is, hoewel we de juiste vorm of helling van de grafische weergave niet kennen. Elk van de met C aangeduide krommen of iedere andere negatieve curve zou de juiste functie weer kunnen geven. Onze werkwijze in een geval als dit is een aantal verschillende schattingen van de waarschijnlijke onderlinge afhankelijkheid van de variabelen maken en dan elke schatting in het model onderzoeken. Als het gedrag van het model erg gevoelig voor kleine veranderingen in de kromme is, weten we dat we meer gegevens moeten verzamelen alvorens verder te rekenen. Als (zoals in dit geval) het gedragspatroon van het hele model niet wezenlijk door veranderingen in de kromme wordt gewijzigd, maken we een voorzichtige schatting van zijn vorm en nemen de overeenkomende waarden in onze berekeningen op. We geloven dat curve C in fig. 34 het nauwkeurigst het verband tussen de verwachte levensduur en de vervuiling laat zien. Bij deze curve is aangenomen dat een toename van de vervuiling in de wereld met een factor 10 bijna geen, maar een toename met factor 100 grote gevolgen zou kunnen hebben.

De bruikbaarheid van het wereldmodel

De hierboven besproken verbanden omvatten maar drie van de omstreeks honderd oorzakelijke verbanden die het wereldmodel bepalen. Zij werden gekozen om hier als voorbeeld te dienen van het soort van informatie die we hebben gebruikt en de wijze waarop we deze hebben toegepast. In veel gevallen is de beschikbare informatie niet volledig. Niettemin geloven we dat het model dat op deze informatie is gebaseerd, zelfs in dit inleidende stadium bruikbaar is en wel om verscheidene redenen.

Ten eerste hopen wij dat uit het stellen van ieder verband als hypothese en het leggen van de nadruk op het belang daarvan voor het totale wereldsysteem, discussie en onderzoek zullen voortvloeien die tenslotte de gegevens waarmee we moeten werken, zullen verbeteren. Deze nadruk is in het bijzonder belangrijk in die gebieden, waarin verschillende sectoren van het model elkaar beïnvloeden zoals vervuiling en levensduur van de mens, waarbij interdisciplinair onderzoek noodzakelijk zal zijn.

Ten tweede is, zelfs bij het ontbreken van betere gegevens, de nu beschikbare informatie voldoende om geldige fundamentele gedragspatronen voor het wereldsysteem op te stellen. Dit komt doordat de terugkoppelingsstructuur van het model een veel belangrijkere determinant voor het gedrag in zijn geheel is dan de nauwkeurigheid van de cijfers die voor de kwantificering van de terugkoppelingskringlopen zijn gebruikt. Zelfs tamelijk grote veranderingen in de invoergegevens veranderen in het algemeen het patroon van het gedrag niet, zoals we in de volgende pagina's zullen zien. Numerieke veranderingen zullen zeker op de *periode* van een schommeling van invloed zijn of op de *snelheid* van de groei of op het *tijdstip* van een ineenstorting, maar zij zullen niet het feit beïnvloeden dat het basisgedrag schommeling, groei of ineenstorting is.* Omdat we de bedoeling hebben

* Het belang van de structuur boven dat van de getallen is een zeer moeilijke zaak om uit te leggen zonder uitgebreide voorbeelden van de beschouwing en de bouw van methoden van dynamische systemen. Voor verdere bespreking over dit punt, zie hfdst. 6 van J.W. Forrester, *Urban Dynamics*, Cambridge, Mass. MIT Press 1969.

het wereldmodel alleen te gebruiken om vragen over gedragspatronen te beantwoorden en niet om nauwkeurige voorspellingen te doen, zijn wij voornamelijk geïnteresseerd in de juistheid van de terugkoppelingsstructuur en pas in de tweede plaats in de nauwkeurigheid van de gegevens. Natuurlijk zullen nauwkeurige cijfers veel belangrijker worden als we gaan streven naar meer gedetailleerde kennis op korte termijn.

Ten derde, als degenen die het beleid vormen op elke niveau toegang hadden tot nauwkeurige voorspellingen en wetenschappelijk juiste analyses van beleidsalternatieven, zouden we zeker geen moeite doen om een nabootsingsmodel, dat op gedeeltelijke kennis berust, te construeren of te publiceren. Helaas echter is er geen volmaakt model waaraan we de belangrijke politieke problemen kunnen toetsen, beschikbaar. De enige alternatieven, voor dit op gedeeltelijke kennis gebaseerde model, zijn op dit moment verstandelijke modellen, berustend op een mengeling van onvolledige informatie en intuïtie, die tegenwoordig de basis vormen voor de meeste politieke beslissingen. Een dynamisch model heeft te maken met dezelfde onvolledige informatie die voor een intuïtief model beschikbaar is, maar het maakt een opstelling en rangschikking van informatie uit zeer verschillende bronnen in een terugkoppelingskringloopstructuur mogelijk, die nauwkeurig kan worden geanalyseerd. Zodra alle veronderstellingen bijeengebracht en opgeschreven zijn, kunnen zij voor kritiek opengesteld worden en hun gevoeligheid voor alternatieve beleidslijnen kan worden onderzocht.

Het gedrag van het wereldmodel

Nu zijn we dan eindelijk in staat de vragen die we aan het begin van dit hoofdstuk stelden, serieus in beschouwing te nemen. Als het wereldsysteem naar zijn uiteindelijke grenzen toegroeit, wat zal dan het meest waarschijnlijke gedragspatroon zijn? Welk nu bestaand verband zal veranderen als de exponentiële groeikromme afvlakt? Hoe zal de wereld eruit zien als de groei tot een eind komt?

Natuurlijk zijn er vele mogelijke antwoorden op deze vragen. We zullen verschillende alternatieven onderzoeken, elk afhankelijk van een verschillend stelsel veronderstellingen over de wijze waarop de menselijke samenleving zal antwoorden op de vraagstukken die uit de verschillende groeigrenzen voortkomen.

Laten we beginnen met aan te nemen dat er in de toekomst geen grote veranderingen zullen zijn in de menselijke waarden noch in het functioneren van het wereldomvattende bevolking-kapitaalsysteem, zoals het de laatste honderd jaar heeft gewerkt. De gevolgen van deze veronderstellingen zien we in fig. 35. We zullen naar deze computeruitkomst verwijzen als de 'standaarduitkomst' en deze gebruiken om de uitkomsten onder andere veronderstellingen, die zullen volgen, te vergelijken. De horizontale schaal in fig. 35 geeft de tijd in jaren van 1900 tot 2100 aan. Met de computer zetten we het verloop in de tijd van acht grootheden uit:

- bevolking (totaal aantal personen).
- industriële produktie per hoofd (dollarsequivalent per persoon per jaar).
- voedsel per hoofd (kilogram-graan-equivalent per persoon per jaar).
- o--o--o vervuiling (veelvoud van het 1970 niveau).
- o-o-o-o- natuurlijke hulpbronnen (overblijvend deel van de reserve van 1900).
- B het globale geboortecijfer (geboorten per 1000 personen per jaar).
- D het globale sterftecijfer (sterfgevallen per 1000 personen per jaar).
- S de diensten per hoofd (dollarsequivalent per persoon per jaar).

Elk van deze variabelen is uitgezet op een verschillende verticale schaalverdeling. We hebben met opzet de verticale schaalverdelingen weggelaten en de horizontale tijdas geen indeling gegeven, omdat we de nadruk willen leggen op de algemene gedragspatronen van deze computeruitkomsten, niet op de numerieke waarden die slechts onnauwkeurig bekend zijn. Maar de schalen zijn

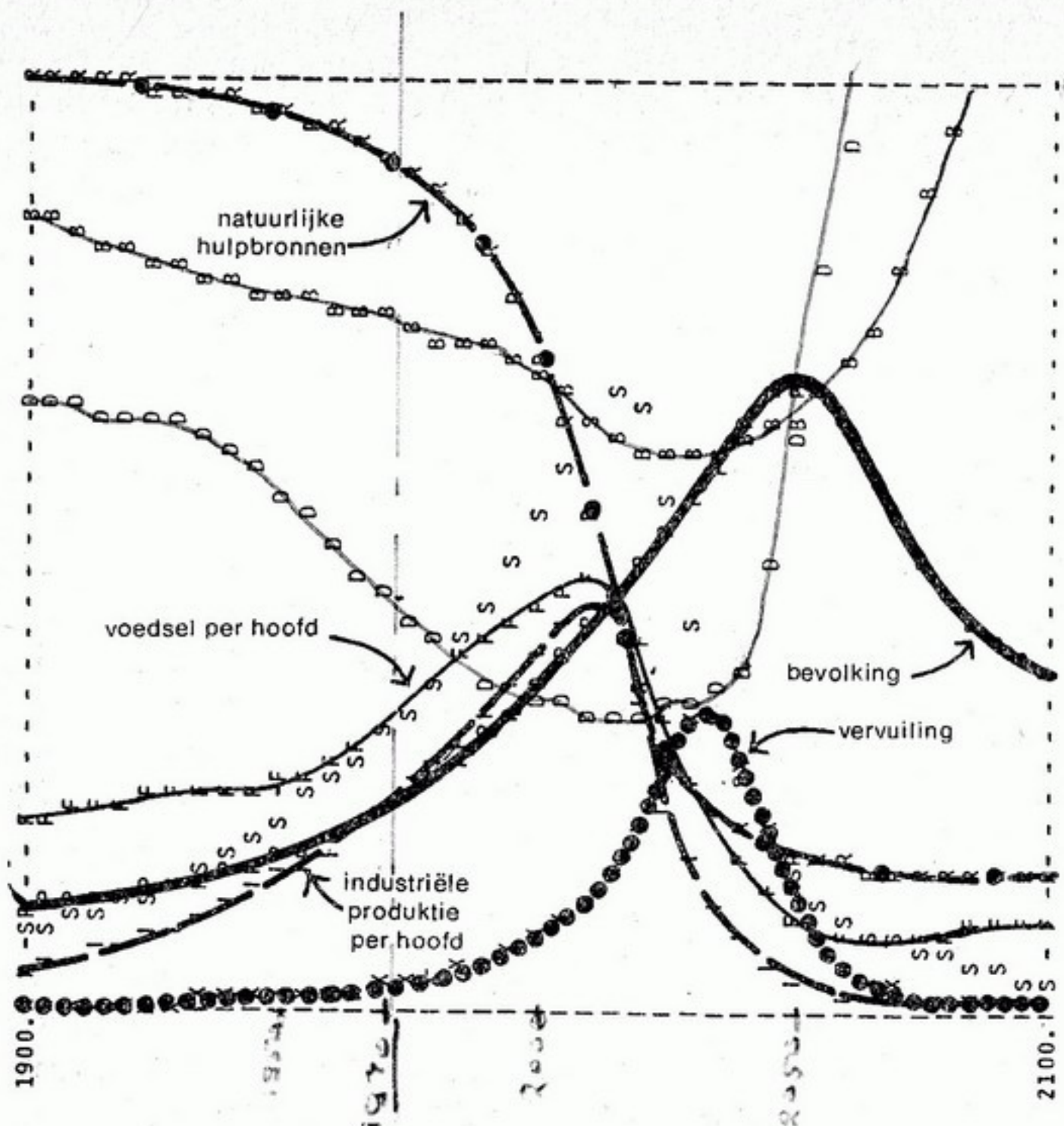


Fig. 35. Standaarduitkomst van het wereldmodel. De standaarduitkomst van het wereldmodel berust op de aanname dat er geen belangrijke veranderingen plaatsvinden in de fysieke, economische of sociale relaties die in de historie de ontwikkeling van het wereldsysteem hebben geregeld. Alle hier getekende variabelen volgen van 1900 tot 1970 historische waarden. Het voedsel, de industriële produktie en de bevolking groeien exponentieel totdat de snel afnemende natuurlijke hulpbronnenbasis tot een vertraging in de industriële groei dwingt. Tengevolge van de natuurlijke vertragingen in het systeem, blijven na de piek in de industrialisatie, zowel de bevolking als de vervuiling nog enige tijd stijgen. De bevolkingsgroei komt tenslotte tot stilstand door een stijging van het aantal sterfgevallen als gevolg van de verslechtering van de voedselvoorziening en de gezondheidszorg.

in elke van de hier gegeven uitkomsten van de computer nauwkeurig gelijk, dus de grafieken met verschillende uitkomsten kunnen gemakkelijk worden vergeleken.

Alle variabelen in het model (bevolking, kapitaal, landoppervlakten, enz.) hebben als uitgangswaarde het niveau van 1900. Van 1900 tot 1970 stemmen alle variabelen in fig. 35 (en talrijke andere die wel in het model opgenomen, maar hier niet weergegeven zijn) in het algemeen overeen met hun historisch-bepaalde waarden, in zoverre we deze kennen. De bevolking stijgt van 1,6 miljard in 1900 tot 3,5 miljard in 1970. Hoewel het geboortecijfer geleidelijk daalt, gaat het sterftecijfer sneller naar beneden, vooral na 1940 en de snelheid van de bevolkingsgroei neemt toe. De industriële produktie, het voedsel en de diensten per hoofd nemen exponentieel toe. De natuurlijke hulpbronnenbasis van 1970 heeft nog ongeveer 95% van de waarde van 1900, maar deze daalt daarna op indrukwekkende wijze, omdat de bevolking en de industriële produktie blijven groeien.

Het gedragspatroon van het systeem uit fig. 35 is duidelijk dat van grensoverschrijding en ineenstorting. In deze uitkomst is de ineenstorting het gevolg van uitputting van de onvervangbare natuurlijke hulpbronnen. De industriële kapitaalgoederenvoorraad groeit tot een niveau waarbij een enorm verbruik van goedkope hulpstoffen plaatsvindt. Dit groeiproces put een groot deel van de beschikbare natuurlijke hulpbronnen uit. Als de grond- en hulpstoffenprijzen stijgen en de mijnen uitgeput raken, moet steeds meer kapitaal gebruikt worden om deze stoffen te verkrijgen, terwijl er minder overblijft om ten behoeve van de toekomstige groei te investeren. Tenslotte kunnen de investeringen de afschrijvingen niet in evenwicht houden en de industriële basis stort ineen, daarbij de diensten- en landbouwsystemen, die afhankelijk zijn van de industriële produktie (zoals kunstmest, pesticiden, ziekenhuizen, laboratoria, computers en vooral energie voor mechanisatie), meesleurend. Enige tijd is dan de toestand bijzonder ernstig, omdat de bevolking, met de vertraging die inherent is aan de leeftijdsstructuur en het proces van sociale aanpassing, blijft groeien. Uiteindelijk neemt de bevolking af als het sterfte-

cijfer stijgt door gebrek aan voedsel en gezondheidsdiensten.

De juiste tijdsbepaling van deze gebeurtenissen is niet zinvol, gegeven de hoge aggregatiegraad en de vele onzekerheden in het model. Het is echter duidelijk dat de groei vóór het jaar 2100 tot staan komt. In ieder twijfelachtig geval hebben we geprobeerd de meest optimistische schattingen van onbekende hoeveelheden te maken, we hebben ook onderbrekende gebeurtenissen zoals oorlogen of epidemieën, die ertoe zouden kunnen bijdragen, dat de groei zelfs vroeger tot een eind komt dan ons model aan zou geven, buiten beschouwing gelaten. Met andere woorden, ons model heeft de neiging de groei sneller en langer voort te laten gaan dan deze waarschijnlijk in werkelijkheid zal kunnen duren. *We kunnen dus met enige vertrouwen zeggen dat, bij de veronderstelling dat er geen belangrijke wijziging in het huidige systeem komt, de bevolkings- en industriële groei zeker op zijn laatst in de loop van de volgende eeuw zal eindigen.*

Het systeem van fig. 35 stort ineen ten gevolge van een grond- en hulpstoffencrisis. Wat gebeurt er als onze schatting van de wereldvoorraad aan hulpstoffen onjuist is? In grafiek 35 namen we aan dat er in 1970 een voorraad van alle hulpstoffen voor 250 jaar was, bij de verbruikscijfers van 1970. De kolom voor de statische indexreserve van de hulpstoffentabel uit hfdst. II laat zien dat dit inderdaad een optimistische veronderstelling is. Maar laten we nog optimistischer zijn en aannemen dat nieuwe ontdekkingen en technologische vorderingen de economische beschikbare hoeveelheid grond- en hulpstoffen kan verdubbelen. Een computeruitkomst bij deze veronderstelling is in fig. 36 weergegeven.

Het totale gedragspatroon in fig. 36 - groei en ineenstorting - lijkt veel op dat van de standaarduitkomst. In dit geval is een plotselinge toename van het vervuilingsniveau, veroorzaakt door een overbelasting van de natuurlijke absorptiecapaciteit van het milieu, de voornaamste kracht die de groei stopt. Het sterftecijfer stijgt plotseling als gevolg van vervuiling en gebrek aan voedsel. Tegelijkertijd worden de grond- en hulpstoffen, on-

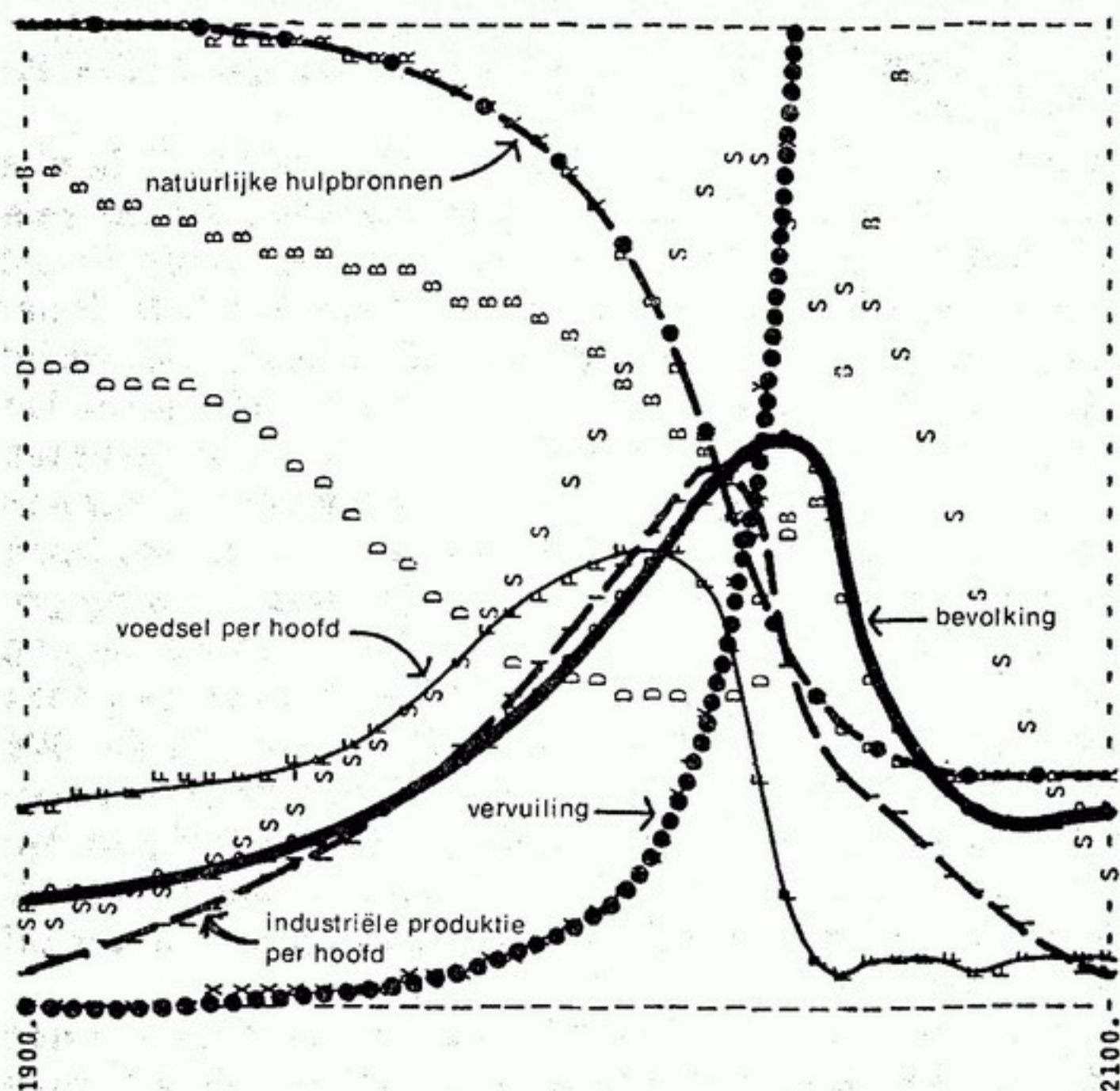


Fig. 36. Wereldmodel met verdubbelde natuurlijke hulpbronnen. Om de veronderstelling omtrent de beschikbare natuurlijke hulpbronnen te onderzoeken verdubbelden we de natuurlijke hulpbronnen in 1900, terwijl alle andere uitgangspunten gelijk gehouden werden aan die van de standaarduitkomst. Nu kan de industrialisatie een hoger niveau bereiken omdat de natuurlijke hulpbronnen niet zo snel uitgeput raken. Maar de grotere industriële uitrusting loost met een dergelijk grote snelheid vervuilende stoffen, dat de mechanismen in het milieu die de vervuiling absorberen, verzadigd raken. De vervuiling neemt zeer snel toe en veroorzaakt een onmiddellijke stijging van het sterftecijfer en een afname in de voedselproductie. Tenslotte zijn de natuurlijke hulpbronnen, ondanks de verdubbeling van de oorspronkelijke beschikbare hoeveelheid in ernstige mate uitgeput.

danks de verdubbelde beschikbare hoeveelheid, ernstig verminderd, eenvoudig omdat gedurende een gering aantal jaren verdere exponentiële groei in de industrie voldoende is om die extra grond- en hulpstoffen te verbruiken.

Zal de toekomst van het wereldsysteem bepaald worden door groei met een daaropvolgende ineenstorting die leidt tot een triest en leeg bestaan? Alleen indien we de aanvangsveronderstelling maken dat onze huidige aanpak niet zal veranderen. We hebben overvloedige bewijzen van de vindingrijkheid en de sociale flexibiliteit van de mensheid. Natuurlijk zijn er veel veranderingen in het systeem mogelijk waarvan sommige reeds plaatsvinden.

De 'Groene Revolutie' is er de oorzaak van dat de landbouwopbrengsten in de niet-geïndustrialiseerde landen stijgen. De kennis van moderne methoden van geboortebeperking verspreidt zich snel. Laten we het wereldmodel gebruiken als een hulpmiddel bij het onderzoek naar de mogelijke gevolgen van de nieuwe technologieën die de belofte inhouden de dreiging van het einde van de groei op te heffen.

IV. Technologie en de grenzen aan de groei

Naar welk eindpunt richt zich de maatschappij door zijn industriële vooruitgang? In welke toestand moeten we verwachten dat deze de mensheid zal laten, als de vooruitgang tot een eind komt?

John Stuart Mill, 1857

Hoewel de geschiedenis van het menselijk pogen om binnen de materiële grenzen te blijven, talrijke gevallen van mislukking kent, vormt het succes om die grenzen te overwinnen, de culturele traditie van veel toonaangevende volken in de hedendaagse wereld. In de laatste driehonderd jaar kreeg de mensheid een indrukwekkende staat van dienst in het terugdringen van de schijnbare grenzen voor de groei van bevolking en economie, door een reeks van spectaculaire technologische vorderingen. Daar de geschiedenis van een groot deel van de menselijke samenleving zo onafgebroken succesvol is geweest, is het heel menselijk dat velen verwachten dat technologische doorbraken voor onbepaalde tijd de natuurlijke plafonds zullen blijven verhogen. Deze mensen spreken over de toekomst met klinkend technologisch optimisme.

Er zijn geen wezenlijke begrenzingen in zicht noch wat betreft grondstoffen, noch wat betreft energie, waarvan niet verwacht kan worden dat zij door veranderingen in de prijsverhoudingen, vervangende producten, verwachte technologische vooruitgang en controle op de vervuiling kunnen worden opgelost.³⁵

Gezien het huidige vermogen tot voedselproductie van de aarde en de mogelijkheid tot uitbreiding daarvan als de moderne technologie meer zou worden benut, heeft het menselijk ras duidelijk de mogelijkheden binnen zijn bereik om de honger binnen twee decennia van de aarde te verjagen.³⁶

De heerschappij van de mensheid over omvangrijke levenloze, onuitputtelijke energiebronnen en de versnelde technologie van het meer-doen-met-minder zee, lucht en ruimte hebben bewezen dat Malthus ongelijk had. Een veelomvattend fysiek en economisch succes zou nu in een kwart eeuw kunnen worden bereikt.³⁷

Zijn uitspraken als bovenstaande te rijmen met het bewijs voor de grenzen van groei die we hier hebben besproken? Zullen nieuwe technologieën een wijziging brengen in de tendens van ons wereldsysteem om te groeien en in één te storten? Voordat we overgaan tot onderschrijving of verwerping van deze optimistische toekomstvisies (gebaseerd op technologische oplossingen voor de problemen van de mensheid) wil men graag meer weten over de invloed van nieuwe technologieën, op korte en lange termijn, en in alle vijf in elkaar grijpende sectoren van het bevolking-kapitaalsysteem.

Technologie in het wereldmodel

Er is geen speciale variabele in het wereldmodel voor 'technologie'. Het was onmogelijk om de dynamische gevolgen van de technologische ontwikkeling samen te stellen en (voor het systeem) te generaliseren, want verschillende technologieën ontstaan uit en beïnvloeden duidelijk verschillende sectoren van het model. Geboorteregelingsspillen, graansoorten met een hoge opbrengst, televisie en drijvende booreilanden kunnen allemaal worden beschouwd als technologische ontwikkelingen, maar ieder speelt een zeer duidelijke afzonderlijke rol bij het beïnvloeden van het wereldsysteem. Vandaar dat we elke technologie afzonderlijk in het model moeten opnemen en steeds diepgaand bekijken hoe deze eventueel elk van de vooronderstellingen over de

modelelementen beïnvloedt. In de volgende paragrafen bekijken we enkele voorbeelden van deze methode voor wereldwijde evaluatie van de technologie op lange termijn.

Energie en hulpstoffen

De technologie van de gecontroleerde kernsplitsing heeft ons behoed voor de dreigende uitputting van de fossiele brandstofvoorraden. Het is ook mogelijk dat de komst van snelle kweek- of misschien zelfs fusiekernreactoren de levensduur van de splijtbare brandstoffen, zoals uranium, sterk zal vergroten.

Betekent dit dat de mens nu kan beschikken over 'enorme onuitputtelijke bronnen van energie' die eens onbegrensde hoeveelheid grondstoffen voor de industrie kunnen leveren? Wat is de invloed van toenemend gebruik van energie op de aanwezigheid van hulpstoffen in het wereldsysteem?

Sommige deskundigen geloven dat overvloedige energiebronnen ons in staat zullen stellen anders ontoegankelijke materialen (bijv. in de zeebodem) te ontdekken en te benutten, minder rijke ertsen (tot zelfs gewone rots toe) te verwerken en vaste afvalstoffen opnieuw te gebruiken en de metalen die zij bevatten terug te winnen. Hoewel dit algemeen wordt aangenomen, is niet iedereen het daarmee eens, zoals het volgende citaat van de geoloog Thomas S. Lovering aangeeft:

Goedkope energie zou de totale kosten (hoofdzakelijk kapitaal en arbeid) die het delven en verwerken van rots eist, in werkelijkheid weinig beperken. De enorme hoeveelheden onbruikbaar afval die voor iedere eenheid van metaal in gewoon graniet (in een verhouding van minstens 200 op 1) worden geproduceerd, raakt men gemakkelijker op een blauwdruk dan in de natuur kwijt.

Om de gezochte mineralen te winnen moet de rots door explosieven worden verbrijzeld, doorboord worden voor toe- en afvoerputten en volgepompt met oplossingen die speciale onttrekkende chemicaliën bevatten. Dan moeten er voorzieningen worden gemaakt om het verloren gaan van de oplossingen en de daaruit volgende besmetting van het grond- en oppervlakte water te voorkomen. Deze werkzaamheden zullen niet door het gebruik van kernenergie vermeden worden.³⁸

Laten we eens aannemen dat de technologische optimisten gelijk hebben en de kernenergie de hulpstoffenproblemen van de wereld zal oplossen. Het resultaat van het opnemen van deze aanname in het model ziet men in fig. 37. Om de mogelijkheid van het gebruik van minder hoogwaardige ertsen en de exploitatie van de zeebodem tot uitdrukking te brengen, hebben we de totale hoeveelheid beschikbare hulpstoffen verdubbeld, zoals in grafiek 36.

We hebben ook aangenomen dat we, te beginnen in 1975, programma's voor terugwinning en hergebruik tot uitvoering kunnen brengen, zodat de toevoer van ongebruikte hulpstoffen, die per eenheid van industriële opbrengst nodig is, slechts een vierde bedraagt van de hoeveelheid die nu wordt gebruikt. Beide veronderstellingen zijn, uiteraard, meer optimistisch dan realistisch.

In fig. 37 komen geen hulpstoffentekorten voor, maar de groei wordt tot staan gebracht door de toenemende vervuiling, evenals in fig. 36. De afwezigheid van iedere beperking van de hulpstoffen laat een iets hogere stijging toe van de industriële opbrengst, het voedsel en de diensten, dan in fig. 36, daarna dalen zij weer. Het blijkt dus dat 'onbegrensde hulpbronnen' niet de essentiële factor voor het voortgaan van de groei zijn. Blijkbaar moet de economische stuwkracht die een dergelijke beschikbaarheid van hulpbronnen veroorzaakt, gepaard gaan met een beteugeling van de vervuiling, wil een ineenstorting van het wereldsysteem vermeden worden. De bevolking bereikt ongeveer hetzelfde piekniveau als in fig. 36, maar daalt abrupter en tot een lagere eindwaarde.

Beheersing van de vervuiling

Wij veronderstelden in fig. 37 dat door de komst van de kernenergie de gemiddelde hoeveelheid verontreiniging, per eenheid van industriële produktie, noch toe noch afnam. De invloed van kernenergie op het milieu is nog niet erg duidelijk. Terwijl bepaalde bijprodukten van het gebruik van fossiele brandstoffen zoals CO_2 en zwaveldioxyde, zullen verminderen, vermeederen weer de

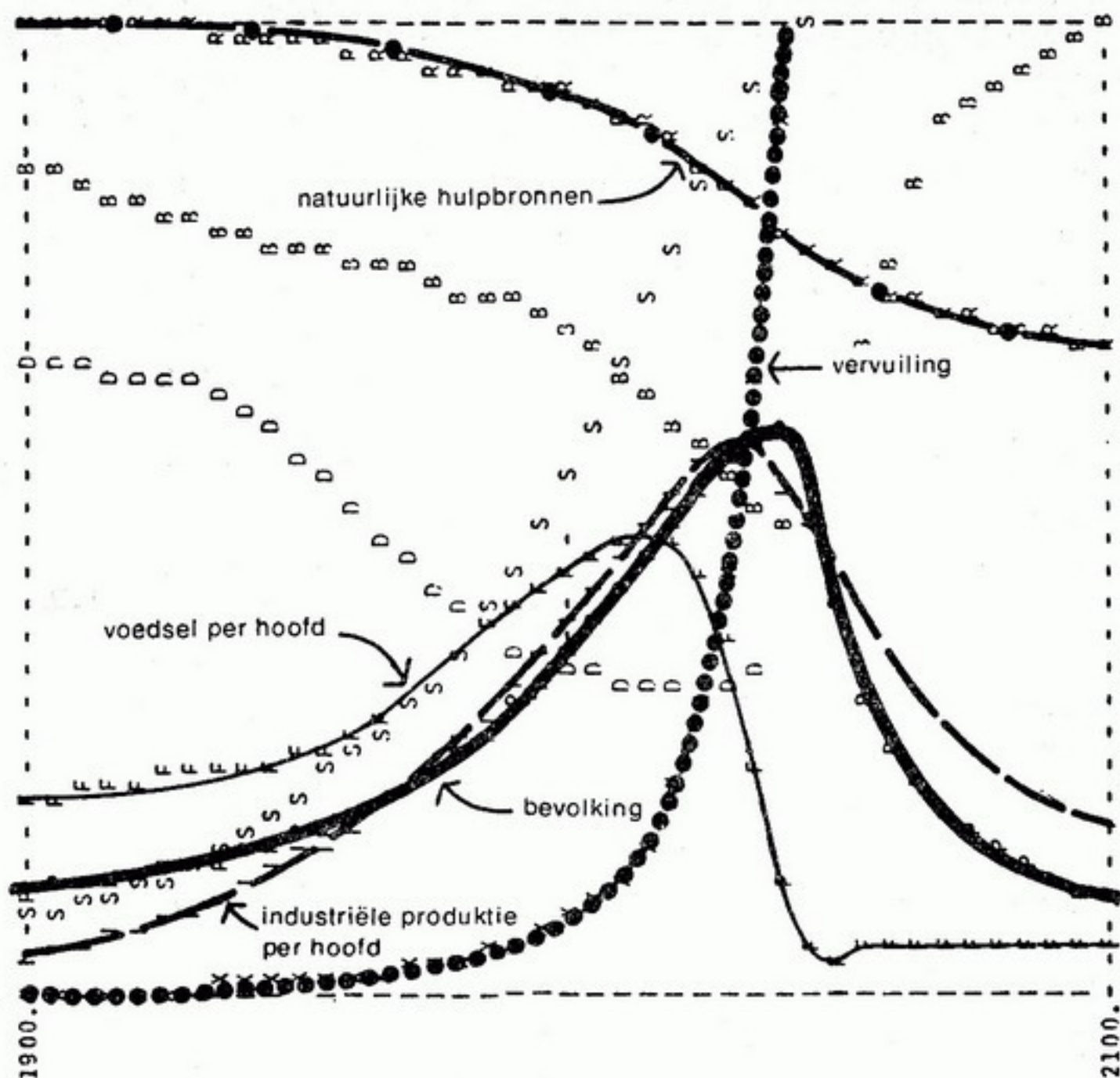


Fig. 37. Wereldmodel met 'onbeperkte' natuurlijke hulpbronnen. Het probleem van de uitputting van de natuurlijke hulpbronnen in het systeem van het wereldmodel wordt door twee aannamen geëlimineerd: ten eerste dat 'onbeperkte' kernenergie de exploitabele natuurlijke hulpbronnen zal verdubbelen en ten tweede, dat de kernenergie veelomvattende programma's voor recirculatie en vervanging mogelijk zal maken. Als deze verandering als enige in het systeem wordt aangebracht, wordt de groei door de stijgende vervuiling gestopt, evenals in fig. 36.

radioactieve bijprodukten. Hergebruik van grondstoffen zal zeker de vervuiling door vast afval en giftige metalen verminderen. Toch zal een overgang naar kernenergie weinig invloed hebben op vele soorten vervuiling, zoals bijprodukten van de meeste fabricatieprocessen, thermische verontreiniging en vervuiling als gevolg van landbouwactiviteiten.

Het is echter niet waarschijnlijk dat een wereldmaatschappij met gemakkelijk beschikbare kernenergie, in staat zou zijn het veroorzaken van industriële vervuiling door technologische methoden te beheersen. Apparatuur om de vervuiling te controleren is al ontwikkeld en op grote schaal in geïndustrialiseerde streken opgesteld. Hoe zou het gedrag van het model veranderd worden als een politiek van strenge beheersing van de vervuiling in 1975 zou worden ingesteld.

Strenge beheersing van de vervuiling betekent niet noodzakelijke *totale* beheersing van de vervuiling. Het is klaarblijkelijk onmogelijk om alle verontreiniging te elimineren, zowel wegens technologische als economische beperkingen. Vanuit de economie gezien: de kosten van vervuilingsbeheersing vliegen omhoog als de 'emissie' (uitworp-) maatstaven strenger worden. Fig. 38 toont de kosten van het terugbrengen van de watervervuiling door een suikerverwerkende fabriek als een functie van de verwijderde organische afvalstoffen. Als er *geen* organische afvalstoffen de fabriek zouden mogen verlaten, zouden de kosten 100 maal hoger zijn dan in het geval, dat 30% van de verontreinigingen zouden zijn verwijderd. Tabel 6 op p. 141 toont een dergelijk verloop van de geraamde kosten van het verminderen van de luchtverontreiniging in een Amerikaanse stad.³⁹

Fig. 39 toont de uitkomst van het wereldmodel, uitgaande van de veronderstelling dat *beide*, zowel de beperking van de uitputting van de hulpbronnen als de terugbrenging van de vervuiling door alle bronnen met een factor 4, in 1975 zullen beginnen. Reductie tot minder dan $\frac{1}{4}$ van het huidige vervuilingscijfer is waarschijnlijk niet reëel met het oog op de kosten en omdat sommige vormen van

Tabel 6. De kosten van het verminderen van de luchtverontreiniging van een Amerikaanse stad.

Afname in SO ₂ in percentages	Afname percentage in deeltjes	Geraamde kosten
5	22	\$ 50 000
42	66	\$ 7 500 000
48	69	\$ 26 000 000

verontreiniging (waaronder thermische verontreiniging en radio-isotopen afkomstig van de opwekking van kern-energie, kunstmestoverblijfselen, restanten van pesticiden, asbestdeeltjes van remvoeringen) buitengewoon moeilijk door technologische middelen zijn uit te schakelen. We nemen aan dat zo'n sterke reductie van de vervuiling snel en wereldomvattend plaats zou kunnen vinden om met het model te experimenteren, en niet omdat we geloven dat dit politiek uitvoerbaar is.

Fig. 39 laat zien dat het beleid van vervuilingsbeheersing inderdaad succesvol is in het voorkomen van de vervuilingscrisis, die optrad in de vorige simulatie. Beide, bevolking en industriële opbrengst per persoon, stijgen flink boven hun piekwaarden van fig. 37 en toch worden de uitputting van de hulpbronnen en de vervuiling nooit problemen. De overschrijding is evenwel nog steeds aanwezig en de ineensstorting is ditmaal een gevolg van voedseltekort.

Zolang de industriële opbrengst in fig. 39 stijgt, blijft de opbrengst (per hectare) stijgen (tot een maximum van zeven maal de gemiddelde opbrengst in 1900) en kan nieuwe grond in cultuur worden gebracht. Maar tegelijkertijd wordt landbouwgrond voor stedelijk industriegebruik bestemd en is er land geërodeerd, vooral door in hoge mate gemechaniseerde landbouwactiviteiten. Uiteindelijk wordt de grens van het bebouwbare land bereikt. Als daarna de bevolking blijft toenemen, daalt het voedsel per hoofd. Als het tekort aan voedsel duidelijk wordt, wordt de industriële produktie verlegd naar landbouwinvesteringen om de opbrengst van de grond te vergroten.

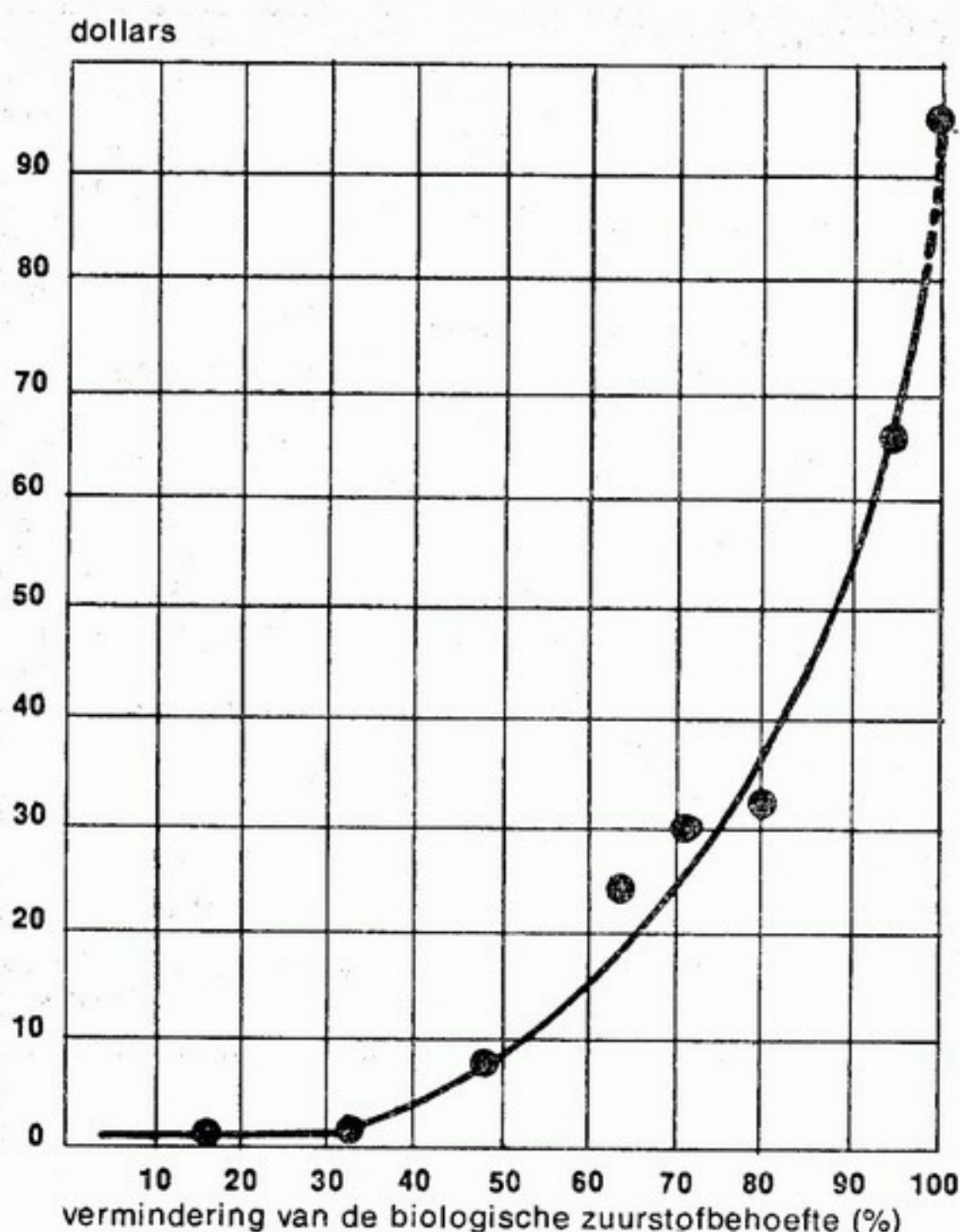


Fig. 38. Kosten van vervuilingbeperking. De extra kosten van het verminderen van de organische afval van een bietsuikerfabriek met een produktie van 2 700 ton per dag stijgen zeer snel, als de afvoereisen een volledig schoon zijn naderen. De vermindering van de biologische zuurstofbehoefte (een maatstaf voor de zuurstof die vereist is voor de ontleding van afvalstoffen) kost bij reducties tot 30% minder dan \$ 2 per kg. Een vermindering boven de 65% vergt meer dan \$ 20 voor iedere toegevoegde kg die wordt verwijderd en bij een reductie van 95% kost ieder verwijderde kg meer dan \$ 120. (Bron: **Council on Environmental Quality, Annual Report**, Washington, DC: Government Printing Office, 1971.)

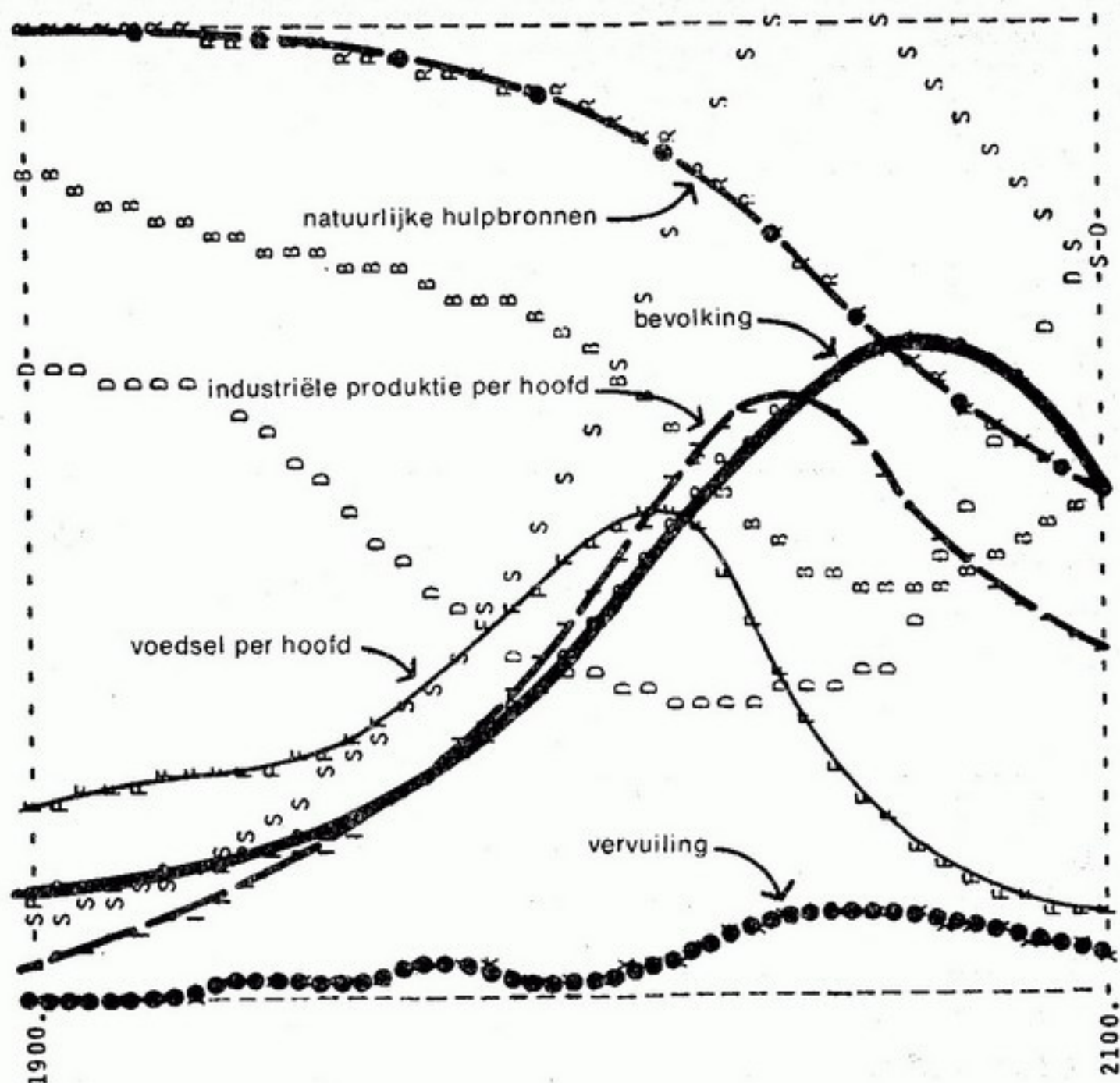


Fig. 39. Wereldmodel met 'onbepaalde' natuurlijke hulpbronnen en vervuilingenbeheersing. Om de uitputting van de natuurlijke hulpbronnen en de vervuilingproblemen van vorige modeluitkomsten te vermijden, is aan het wereldmodel met ingang van 1975 een nieuwe technologische verbetering toegevoegd. We nemen hier aan dat de veroorzaakte vervuiling per eenheid van industriële en landbouwproduktie tot een vierde van de waarde in 1970 kan worden teruggebracht. De natuurlijke hulpbronnen-maatregelen zijn dezelfde als die in fig. 37. Deze veranderingen laten groei van de bevolking en de industrie toe tot de grens van het bebouwbare land is bereikt. Het voedsel per hoofd neemt af en de industriële groei wordt ook geremd daar kapitaal naar de voedselproduktie overgedragen moet worden.

Er is minder kapitaal voor investering beschikbaar, zodat tenslotte de industriële produktie per hoofd eveneens begint te dalen. Als het voedsel per hoofd het bestaansminimum bereikt, begint het sterftecijfer te stijgen, waardoor de groei van de bevolking tot stilstand komt.

Toegenomen voedseloogsten en geboortenregeling

Het vraagstuk in fig. 39 zou gezien kunnen worden als óf te weinig voedsel óf te veel mensen. Het technologische antwoord op de eerste situatie zou het produceren van meer voedsel zijn, misschien door een verdere uitbreiding van het principe van de Groene Revolutie (de Groene Revolutie, de ontwikkeling van nieuwe graanvariëteiten die grote oogsten opleveren, is al in de eerste modelvergelijkingen opgenomen). De technologische oplossing voor het tweede probleem zou de distributie van betere methoden voor geboortenregeling inhouden (er zijn ook voorstellen die rekening houden met wijzigingen van het menselijk waardensysteem; die behandelen we in het volgende hoofdstuk). De gevolgen van deze twee veranderingen, tegelijk met de veranderingen in hulpstoffenverbruik en vervuiling, te beginnen in 1975, worden zowel afzonderlijk als gezamenlijk in de figuren 40, 41 en 42 getoond.

In fig. 40 nemen wij aan dat de normale opbrengst per hectare van alle grond op aarde verder verhoogd kan worden met een factor 2. Het resultaat is een enorme toename van het voedsel, de industriële opbrengst en de diensten per hoofd. De gemiddelde industriële opbrengst per persoon voor de hele wereldbevolking bereikt bijna het niveau van de VS in 1970, maar slechts kort. Want al geldt nog steeds het beleid van beheersing van de vervuiling, zodat de vervuiling per produktie-eenheid tot $\frac{1}{4}$ is teruggebracht, de industrie groeit nu zo snel dat de produktie 4 maal zo groot wordt. Dus het vervuilingsniveau gaat ook weer toenemen ondanks het duidelijke vervuilingsbeleid en een vervuilingscrisis stopt verdere groei, zoals in fig. 37.

Fig. 41 toont de alternatieve technologische aanpak - perfecte en vrijwillige geboortenregeling, te beginnen in 1975. Het resultaat is niet beëindiging van alle bevol-

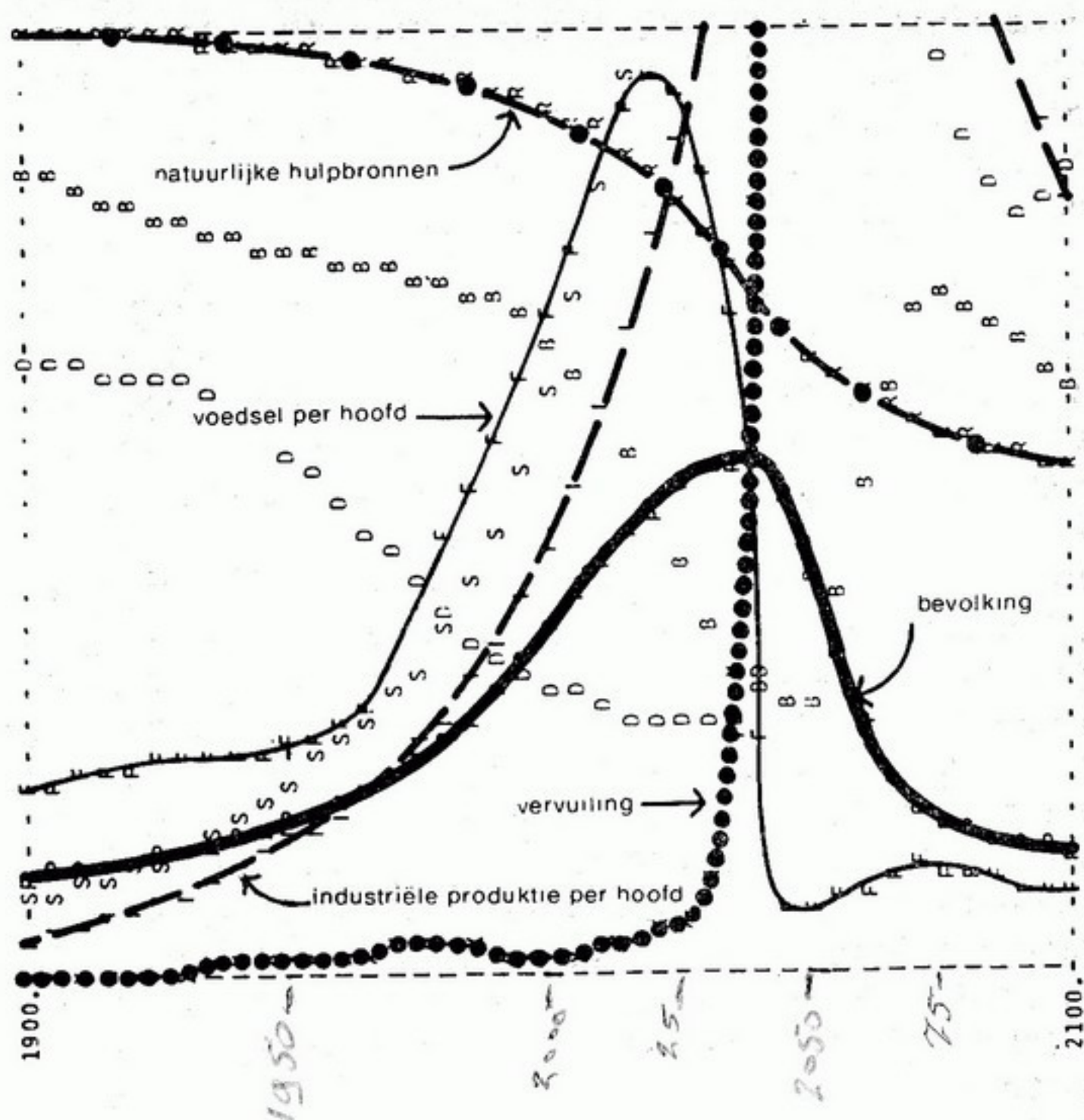


Fig. 40. Wereldmodel met 'onbeperkte' natuurlijke hulpbronnen, vervuilingsbeheersing en toegenomen landbouwproduktiviteit. Om de voedselcrisis van de vorige modeluitkomst te vermijden wordt, naast de vervuiling- en natuurlijke hulpbronnen maatregelen van de vorige figuren, de gemiddelde grondopbrengst in 1975 verdubbeld. De combinatie van deze drie maatregelen heft zoveel beperkingen op, dat de bevolking en de industrie zeer hoge niveaus kunnen bereiken.

Hoewel iedere eenheid van industriële produktie veel minder vervuiling veroorzaakt, stijgt de totale produktie voldoende om een vervuilingscrisis te doen ontstaan, die een einde aan de groei maakt.

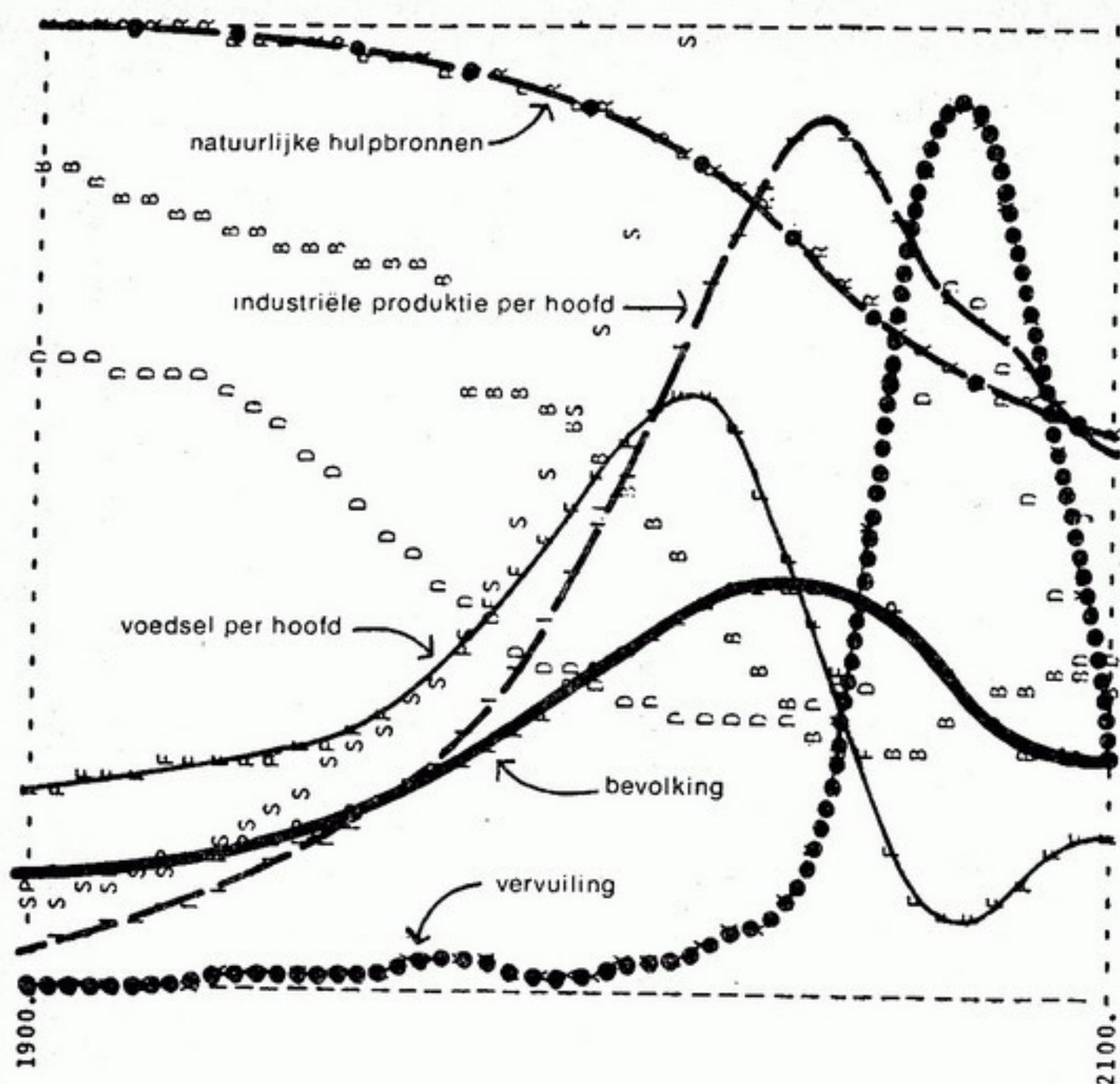


Fig. 41. Wereldmodel met 'onbeperkte' natuurlijke hulpbronnen, vervuilingsbeheersing en 'volmaakte' geboortenregeling. In plaats van een toename in de voedselproductie wordt een verbetering in de doeltreffendheid van de geboortenregeling onderzocht, als mogelijkheid om het voedselprobleem te vermijden. Omdat de geboortenregeling vrijwillig is en geen veranderingen van waarde-oordelen inhoudt, blijft de bevolking groeien, maar langzamer dan in fig. 39. Toch wordt de voedselcrisis maar ongeveer twee decennia uitgesteld.

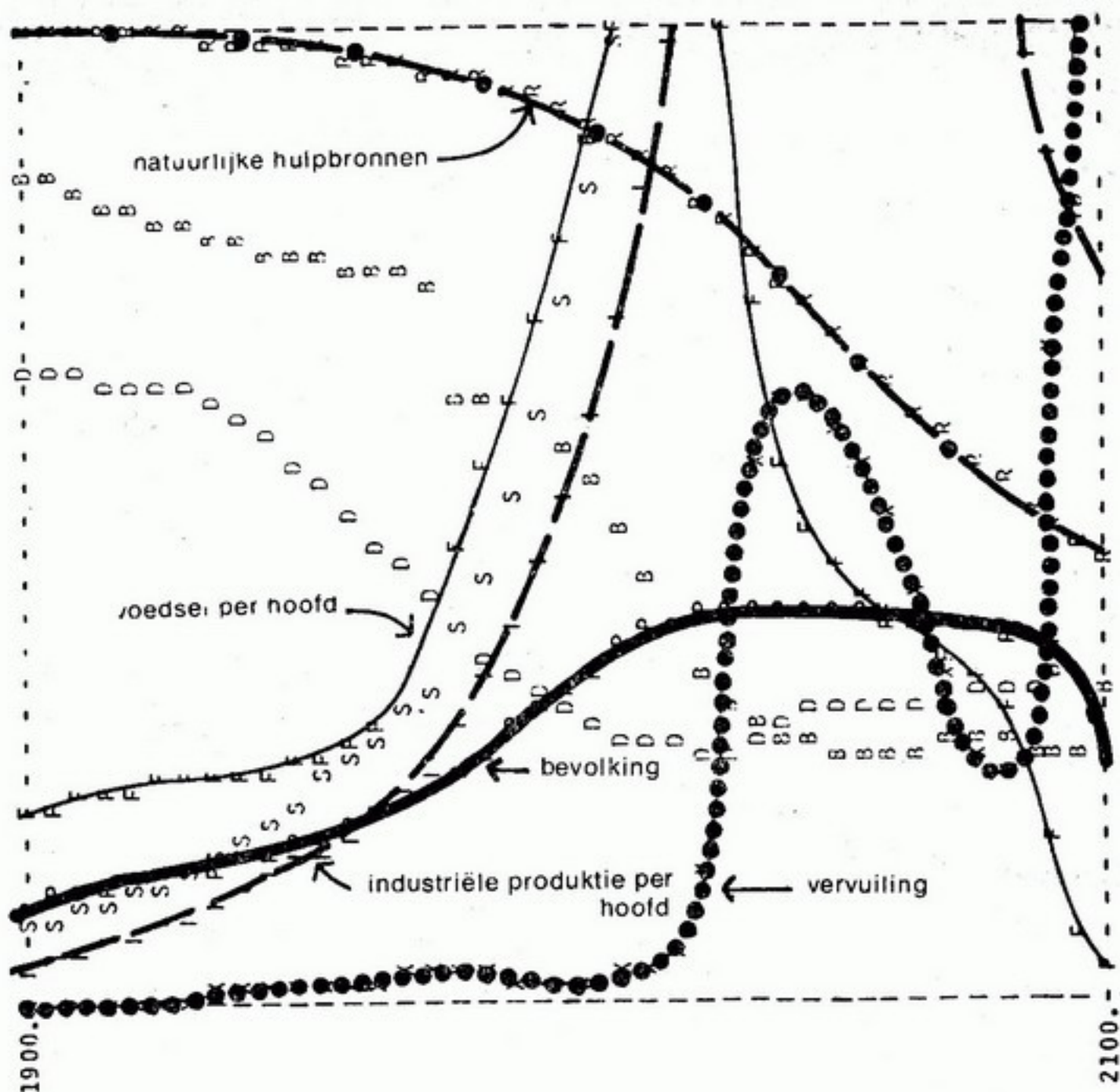


Fig. 42. Wereldmodel met 'onbeperkte' natuurlijke hulpbronnen, vervuilingsbeheersing, verhoogde landbouwproduktiviteit en 'volmaakte' geboortenregeling. Vier gelijktijdige technologische maatregelen worden in een poging om het groei- en ineenstortingsgedrag van vorige uitkomsten te vermijden in het wereldmodel geïntroduceerd. De natuurlijke hulpbronnen worden volledig geëxploiteerd en 75% van de gebruikte grondstoffen worden gerecicleerd. Het ontstaan van vervuiling is tot een kwart van de waarde in 1970 teruggebracht. De grondopbrengsten zijn verdubbeld en er zijn effectieve methoden voor geboortenregeling ter beschikking van de wereldbevolking gesteld. Het gevolg is het tijdelijk succes van een constante bevolking met een wereldgemiddeld inkomen per hoofd dat bijna het huidige niveau in de VS bereikt. Toch komt de industriële groei tot stilstand en het sterftecijfer stijgt naarmate de natuurlijke hulpbronnen uitgeput raken en de voedselproduktie afneemt.

kingsgroei, omdat zo'n beleid alleen de geboorten van *niet-gewenste* kinderen voorkomt. Maar het geboortencijfer loopt merkbaar terug en de bevolking groeit aanmerkelijk minder snel dan in fig. 39 of 40. In deze simulatie wordt de groei gestopt door een voedselcrisis ongeveer 70 jaar later dan in fig. 39.

In fig. 42 voeren we zowel de toegenomen grondopbrengst als de perfecte geboortenregeling tegelijkertijd in. We maken hier, in ieder deel van het wereldmodel, een nuttig gebruik van een technologisch beleid om op een of andere manier de verschillende groeigrenzen te omzeilen. Het model produceert kernenergie, 'recirculeert' hulpstoffen, en ontgint de meest afgelegen reserves, houdt zoveel mogelijk vervuilende stoffen tegen, drijft de grondopbrengsten op tot onvoorstelbare hoogten en brengt alleen kinderen voort die bewust door hun ouders gewenst worden. Het resultaat is nog steeds het einde van de groei vòór 2100. Nu wordt de groei gestopt door drie gelijktijdige crises: overmatig gebruik van land leidt tot erosie en de voedselproduktie daalt; de hulpstoffen worden door een welvarende wereldbevolking (maar niet zo welvarend als de huidige bevolking van de VS) ernstig uitgeput en de vervuiling stijgt, daalt en stijgt dan weer enorm, waardoor de voedselproduktie verder daalt en een plotselinge stijging in het sterftecijfer optreedt. De toepassing van technologische oplossingen alleen verlengt de periode van groei van bevolking en industrie, maar het heeft niet de uiteindelijke begrenzingen aan die groei verplaatst.

Het overschrijdingspatroon

Gegeven de vele benaderingen en beperkingen van het model heeft het geen zin om somber stil te blijven staan bij de reeks van catastrofes die het schijnt voort te brengen. We zullen er alleen nog eens de nadruk op leggen dat geen van deze computeruitkomsten voorspellingen zijn. We verwachten niet dat de werkelijkheid zich precies zo zal gedragen als een van de figuren die we hebben getoond, vooral niet in de ineenstortingspatronen. Het model bevat alleen dynamische uiteenzettingen over de fysieke aspecten van de activiteiten van de mens. Het

gaat ervan uit dat sociale variabelen - inkomensdistributie, houding t.a.v. gezinsgrootte, keuze uit goederen, diensten en voedsel - dezelfde patronen zullen blijven volgen die zij overal in de wereld gedurende de jongste geschiedenis hebben gevolgd. Deze patronen en de menselijke waarden die zij vertegenwoordigen, waren alle vastgelegd in het groeipatroon van onze beschaving. Zij zouden ongetwijfeld sterk worden gewijzigd als de bevolking en het inkomen zouden beginnen af te nemen. Omdat we ons moeilijk voor kunnen stellen welke nieuwe normen voor menselijk sociaal gedrag zouden ontstaan en hoe snel zij ontstaan onder ineens stortingscondities, hebben we niet geprobeerd deze sociale veranderingen in te bouwen.

Welke waarde het model ook heeft, deze blijft slechts geldig tot aan het punt waar in iedere figuur de groei eindigt en de ineensorting begint.

Ondanks alle voorbehoud dat wij hebben ten aanzien van de benaderingen en vereenvoudigingen van het huidige wereldmodel, het bracht ons tot de enige conclusie die gerechtvaardigd schijnt bij alle onderstellingen die wij tot nu toe onderzocht hebben: *Het basisgedragspatroon van het wereldsysteem is exponentiële groei van bevolking en kapitaalinvesteringen, gevolgd door ineensorting.*

Zoals we aangaven in de genoemde modelsimulaties treedt dit gedragspatroon op als we geen verandering in ons huidige systeem aannemen of als we slechts een willekeurig aantal technologische veranderingen in het systeem invoeren.

De onuitgesproken aanname achter al de simulaties van het model die we tot nu toe hebben besproken is, dat bevolkings- en kapitaalsgroei moeten kunnen doorgaan tot zij een 'natuurlijke' grens bereiken. Deze veronderstelling is nu juist een belangrijke hoeksteen van het menselijk waardensysteem dat nu de toon aangeeft. Steeds als we deze waarde in het model invoeren, is het resultaat dat het groeiende systeem boven zijn begrenzing uitkomt en dan ineensort.

Als we technologische ontwikkelingen invoeren die met succes een groeibeperking opheffen of een bepaalde

ineenstorting vermijden, groeit het systeem gewoon naar een ander limiet, overschrijdt deze tijdelijk en valt terug. Gegeven die eerste voorwaarde, dat bevolking en kapitaal niet opzettelijk worden beperkt, maar dat aan hen overgelaten zou moeten worden 'hun eigen niveau te zoeken', zijn wij niet in staat geweest een serie beslissingen te vinden die het ineenstortingsgedrag kan voorkomen.

Het is niet erg moeilijk om te begrijpen hoe het ineenstortingsgedrag tot stand komt. Overal in het web van in elkaarsluitende terugkoppelingskringlopen, dat het wereldmodel vormt, bleek het noodzakelijk tijdsvertragingen tussen oorzaken en hun uiteindelijke gevolgen in te voeren. Dit zijn natuurlijke vertragingen die we niet kunnen beheersen door technologische maatregelen. Zij omvatten bijvoorbeeld een vertraging van ongeveer 15 jaar tussen de geboorte van een baby en het tijdstip waarop deze zich kan voortplanten. De vertragingen die inherent zijn aan de veroudering van een bevolking, introduceren een zeker onvermijdelijke vertragende factor in het vermogen van de bevolking om (via het geboortecijfer) zich aan te passen aan veranderende omstandigheden.

Een andere vertraging ligt tussen het tijdstip waarop een verontreinigende stof in het milieu terecht komt en het moment waarop deze een meetbare invloed op de gezondheid van de mens heeft. Deze vertraging omvat de gang van de verontreiniging door de lucht, de rivieren of de grond naar de voedselketen, maar ook het tijdsverloop vanaf de opname in het menselijk lichaam, al of niet via de maag, tot er klinische symptomen optreden. Deze tweede vertraging kan bij sommige kankerverwekkende stoffen wel twintig jaar duren. Andere vertragingen ontstaan doordat kapitaal niet onmiddellijk van de ene sector naar de andere overgebracht kan worden om in veranderende behoeften te voorzien, aangezien nieuw kapitaal en grond alleen geleidelijk geproduceerd of ontwikkeld kunnen worden en omdat de verontreiniging slechts langzaam verstrooid of in onschadelijke vormen omgezet kan worden.

Vertragingen hebben in een dynamisch systeem alleen

ernstige gevolgen als het systeem zelf snelle wijzigingen ondergaat. Misschien is een eenvoudig voorbeeld de beste manier om die bewering te verduidelijken. Als je een auto bestuurt, is er een korte onvermijdelijke vertraging tussen de waarneming van de weg voor je en je reactie erop. Er is een grotere vertraging tussen je gebruik van het gaspedaal of de remmen en de reactie van de wagen op dit gebruik. Je hebt geleerd die vertragingen te verwerken. Je weet dat het, vanwege deze vertragingen, onveilig is te snel te rijden. Als je het toch doet, zal je zeker vroeg of laat, het overschrijdings- en ineenstortingspatroon meemaken. Als je geblinddoekt zou zijn en op aanwijzing van een voorin zittende passagier zou moeten rijden, zou de vertraging tussen waarneming en handeling aanmerkelijk worden verlengd. De enige veilige manier om de toegenomen vertraging te verwerken is snelheid verminderen. Als je zou proberen met je normale snelheid te rijden en vooral als je zou proberen deze aanhoudend op te voeren (zoals bij exponentiële groei) zouden de resultaten rampzalig zijn.

Op precies dezelfde manier zouden de vertragingen in de terugkoppelingskringlopen van het wereldsysteem geen problemen vormen, als het systeem heel langzaam of helemaal niet zou groeien. Onder die omstandigheden zou ieder nieuw proces of beleid geleidelijk ingevoerd kunnen worden en de wijzigingen zouden zich door de vertragingen heen een weg kunnen banen om volledig op elk deel van het systeem terug te werken, nog voordat enig andere proces of beleid zou moeten worden ingevoerd. Bij een situatie van snelle groei evenwel, wordt het systeem tot nieuwe processen en beleidsvormen gedwongen, voordat de resultaten van de oude beleidsvormen en processen op de juiste wijze kunnen worden vastgesteld. De situatie is nog slechter als de groei exponentieel is, hetgeen betekent dat het systeem steeds sneller en sneller verandert.

Zo kunnen bevolking en kapitaal, opgedreven door de exponentiële groei, niet alleen hun grenzen bereiken maar deze tijdelijk overschrijden, voordat de rest van het systeem, door de aanwezige vertragingen, reageert door de groei te stoppen. Vervuiling kan in exponentieel

toenemende hoeveelheden veroorzaakt worden tot voorbij het gevaarlijke punt, omdat dit punt pas jaren na de lozing van de vervuiling wordt bemerkt. Een snel groeiend industrieel systeem kan zijn kapitaalgoederenvoorraad afhankelijk van een bepaalde grondstof opbouwen en dan ontdekken dat de exponentieel slinkende grondstoffenvoorraad het systeem niet meer kan onderhouden. Vanwege de vertragingen in de leeftijdsstructuur zal een bevolking nog zeker 70 jaar door blijven groeien, zelfs nadat de gemiddelde vruchtbaarheid al lager ligt dan het vervangingspeil (nl. een gemiddelde van 2 kinderen per getrouwd echtpaar).

Technologie in de werkelijkheid

De verwachtingen van de technologische optimisten concentreren zich op de mogelijkheid dat de technologie de groeigrenzen aan kapitaal en bevolking kan opheffen of tenminste kan uitbreiden. Wij hebben aangetoond dat, althans in het wereldmodel, de toepassing van de technologie voor opkomende problemen ten aanzien van uitputting van hulpbronnen, vervuiling of voedseltekort, geen invloed heeft op het *kern*-probleem, dus op exponentiële groei in een gecompliceerd systeem met talrijke tijdsvertragingen en talrijke eindige grenzen. Onze pogingen om zelfs de meest optimistische schattingen van de voordelen van de technologie te gebruiken, verhinderen de uiteindelijke afname van de bevolking en de industrie niet en stellen zelfs de ineenstorting niet tot na het jaar 2100 uit. Laten we, voor we in het volgende hoofdstuk verder gaan om andere, niet technologische, beleidsvormen te toetsen, onze bespreking over technologische oplossingen uitbreiden met enige aspecten van de technologie, die we niet in het model konden invoeren.

Technologische neveneffecten

Dr. Garret Hardin definieerde neveneffecten als: 'effecten die ik niet had voorzien of waarover ik niet na wil denken'.⁴⁰ Hij heeft erop gewezen dat, omdat die effecten

feitelijk onafscheidelijk zijn van het hoofdeffect, zij nooit als *neven-effect* bestempeld hadden mogen worden. Natuurlijk heeft iedere nieuwe technologie 'neven'-effecten en één van de belangrijkste doeleinden van modelstudies is die effecten te voorspellen. De modelsimulatie uit dit hoofdstuk toonde enkele van de neven-effecten van verschillende technologieën op de fysieke en economische systemen van de wereld. Jammer genoeg geeft het model, in dit stadium, niet de sociale neveneffecten van de nieuwe technologieën aan. Deze effecten zijn vaak juist de belangrijkste met betrekking tot de werkelijke invloed van een technologie op het leven van de mensen.

Een recent voorbeeld van sociale neveneffecten bij een succesvolle nieuwe technologie werd duidelijk toen de Groene Revolutie bij de agrarische gemeenschappen van de wereld werd toegepast. De Groene Revolutie - het gebruik van nieuwe zaadvariëteiten samen met kunstmeststoffen en pesticiden - was ontworpen als een technologische oplossing van het voedselprobleem. Degenen die deze nieuwe landbouwtechnologie ontwikkelden, voorzagen wel enige sociale problemen, vooral in traditionele culturen. De Groene Revolutie was bedoeld om niet alleen meer voedsel, maar ook meer arbeidsplaatsen op te leveren - meer werk, zonder grote bedragen aan kapitaal te vergen.

In sommige streken van de wereld, zoals in de Indiase Punjab, heeft de Groene Revolutie inderdaad het aantal arbeidsplaatsen in de landbouw sneller doen toenemen dan de groeisnelheid van de totale bevolking, met als resultaat een reële loonstijging van 16% van 1963 tot 1968.⁴¹

Het belangrijkste en bedoelde effect van de Groene Revolutie - verhoogde voedselproductie - schijnt wel bereikt te zijn. Jammer genoeg zijn de sociale neven-effecten niet altijd even positief voor de meeste streken, waar de nieuwe zaadsoorten werden geïntroduceerd. In de Indiase Punjab bestond voor de Groene Revolutie een opvallend onpartijdig systeem van verdeling van de grond. Het meer-gebruikelijke patroon in de niet-industrialiseerde wereld is een groot verschil in grond-

bezit, waarbij de meest mensen werken op zeer kleine boerenbedrijfjes en enkelen in het bezit zijn van het grootste deel van de grond.

Waar deze toestand van economische ongelijkheid reeds bestaat, draagt het gevolg van de Groene Revolutie ertoe bij de ongelijkheid te vergroten. Grote boeren nemen als regel de nieuwe methoden het eerste over - zij hebben het kapitaal ervoor en zij kunnen het risico dragen. Hoewel de nieuwe zaadsoorten geen mechanisatie door middel van tractoren vergen, leveren zij een economische aansporing tot mechanisatie, vooral daar waar meer-voudige oogsten een snel binnenhalen en herplanten vragen. Op grote boerderijen leiden eenvoudige economische overwegingen bijna onvermijdelijk tot handarbeidvervangende machines en de aankoop van nog meer grond.⁴² De uiteindelijke gevolgen van dit positieve sociaaleconomische terugkoppelingsmechanisme zijn werkloosheid in de landbouw, toegenomen trek naar de stad en misschien zelfs meer ondervoeding, omdat de armen en werklozen geen middelen hebben om het nieuw-geproduceerde voedsel te kopen.

Een specifiek voorbeeld van de sociale nevengevolgen van de Groene Revolutie in streken waar de grond on-evenredig is verdeeld, is het volgende:

Het inkomen van een arbeider zonder (eigen) grond in West-Pakistan is nog maar net gelijk aan dat van vijf jaar geleden; minder dan \$ 100 per jaar. In tegenstelling daarmee vertelde een landeigenaar met een tarweboerderij van 600 hectare mij, toen ik deze winter in Pakistan was, dat hij op zijn laatste oogst een nettowinst van meer dan \$ 100 000 had gemaakt.⁴³

Statistieken uit Mexico waar de Groene Revolutie begon in de jaren veertig zijn een ander voorbeeld hiervan. Gedurende 1940 tot 1960 was het gemiddelde groeicijfer in de landbouwproductie 5% per jaar. Van 1950 tot 1960 viel het gemiddeld aantal gewerkte dagen per arbeider zonder land van 194 tot 100 terug en zijn reële inkomen nam van \$ 68 tot \$ 56 af. 80% van de toegenomen landbouwproductie kwam van slechts 3% van de boerderijen.⁴⁴

Deze onverwachte sociale neveneffecten betekenen niet dat de technologie van de Groene Revolutie een mislukking was. Maar ze betekenen wel dat zulke sociale neveneffecten voorzien en voorbereid moeten worden *vóór* men tot introductie op grote schaal van een nieuwe technologie overgaat.

Als de landbouw zijn traditionele eenvoudige niveau verlaat en meer overgaat op het moderne zakelijke boerenbedrijf... wordt het steeds belangrijker zich ervan te verzekeren dat op directe wijze aan de man die de grond bewerkt een adequate beloning ten goede komt. Het is inderdaad moeilijk zich voor te stellen hoe we in Latijns-Amerika en Afrika ten zuiden van de Sahara tot een nuttige modernisering van de voedselproductie kunnen komen zonder over te gaan tot registratie, overdracht en eerlijker verdeling van de bouwgrond.⁴⁵

Zo'n voorbereiding op een technologische wijziging vergt op zijn allerm minst veel tijd. Iedere wijziging in de normale manier van de dingen doen vraagt een periode van aanpassing, terwijl de bevolking, bewust of onbewust, het sociale systeem verandert om de verandering mogelijk te maken. Terwijl de technologie snel kan veranderen, veranderen politieke en sociale instellingen meestal zeer langzaam. Verder veranderen zij nooit in afwachting van een sociale behoefte, maar alleen als reactie erop.

We hebben al aandacht op het dynamisch effect van fysieke vertragingen in het wereldmodel gevestigd. We moeten ook de aanwezigheid van sociale vertragingen in gedachten houden - het uitstel dat nodig is om de gemeenschap in staat te stellen een verandering te verwerken of er zich op voor te bereiden. Alle vertragingen, fysieke of sociale, verminderen de stabiliteit van het wereldsysteem en verhogen de kans op een overschrijdingsgedrag. De sociale vertragingen worden, evenals de fysieke, steeds meer kritiek, omdat de processen van de exponentiële groei in steeds sneller tempo bijkomende spanningen scheppen. De wereldbevolking groeide in een periode van meer dan 100 jaar van 1 tot 2 miljard. Het derde miljard kwam er in 30 jaar bij. De wereldbevolking heeft minder dan 20 jaar gehad om zich op het vierde miljard voor te bereiden en het

vijfde, zesde en misschien zelfs wel het zevende miljard zou er kunnen komen voor het jaar 2000, slechts 30 jaar na vandaag. Hoewel het door de snelheid van technologische verandering tot dusver gelukt is dit versnelde tempo bij te houden, heeft de mensheid praktisch geen nieuwe ontdekkingen gedaan die de snelheid van de sociale (politieke, ethische en culturele) verandering vergroten.

Problemen zonder technische oplossingen

Toen de Amerikaanse steden nieuw waren, groeiden zij zeer snel. Grond was overvloedig aanwezig en goedkoop, er verrezen doorlopend nieuwe gebouwen, zowel de bevolking als de economische opbrengst van de streek nam toe. Maar tenslotte was alle grond in het centrum van de stad geheel in beslag genomen. Er was een fysieke grens bereikt, die dreigde de groei van de bevolking en economie in dat deel van de stad tot staan te brengen. Het technologische antwoord was de ontwikkeling van wolkenkrabbers en liften, die in wezen de beperking van het grondoppervlak als factor voor het onderdrukken van de groei ophieven. Het stadscentrum trok meer mensen en meer handel aan. Toen kwam een nieuwe beperking te voorschijn. Goederen en werkenden konden zich niet snel genoeg naar en van het dichtgebouwde centrum van de stad bewegen. Weer was de oplossing een technologische. De bouw van een netwerk van snelwegen, systemen voor massatransport, helikoptervelden boven op de hoogste gebouwen. De transportgrens werd overwonnen, de gebouwen werden zelfs groter, de bevolking nam toe.

Nu groeien de meeste van de grotere Amerikaanse steden niet meer (van de 10 grootste Amerikaanse steden, nam in vijf: New York, Chicago, Philadelphia, Detroit en Baltimore, de bevolking van 1960 tot 1970 af. Washington D.C. toonde geen verandering, Los Angeles, Houston, Dallas en Indianapolis bleven, althans gedeeltelijk, groeien, door extra grondoppervlak te annexeren.⁴⁶ De meer welgestelden, die uit economisch oogpunt gezien kunnen kiezen, verhuizen naar de zich steeds uitbreidende ring van randsteden om het centrum. Het centrum

zelf wordt gekenmerkt door lawaai, vervuiling, misdaad, verslaving aan drugs, armoede, stakingen en stagnatie in de sociale diensten. De kwaliteit van het bestaan in de stadscentra verslechterde. De groei werd uiteindelijk tot staan gebracht door problemen zonder technische oplossing.

Een technische oplossing zou gedefinieerd kunnen worden als één 'oplossing die alleen een verandering in de technieken van de natuurwetenschappen vergt, terwijl weinig of geen veranderingen nodig zijn in menselijke waarden of ideeën over moraal.'⁴⁷ Er zijn tegenwoordig talrijke problemen die in deze categorie vallen. Voorbeelden zijn de kernbewapeningswedloop, raciale spanningen en gebrek aan werkgelegenheid. Zelfs als de technologische vooruitgang alle verwachtingen in deze maatschappij vervult, dan nog kan een probleem zonder technische oplossingen of het samenspel van verscheidene hiervan het uiteindelijke einde betekenen van de bevolking- en kapitaalgroei.

Een keuze van grenzen

Het gebruik van de technologie tegen de natuurlijke weerstanden die het milieu aan ieder groeiproces biedt, is tot dusver zo succesvol geweest, dat zich een hele cultuur heeft ontwikkeld rondom het beginsel liever grenzen bestrijden dan ermee leren leven. Deze cultuur werd versterkt door de schijnbare oneindigheid van de aarde en zijn hulpbronnen en door de relatieve nietigheid van de mens en zijn activiteiten.

Maar de betrekking tussen de berggrenzingen van de aarde en de activiteiten van de mens is aan het veranderen. De exponentiële groeikrommen hebben het punt bereikt waar miljoenen mensen en miljarden tonnen verontreinigende stoffen per jaar aan het ecosysteem worden toegevoegd. Zelfs de oceaan, die eens wezenlijk onuitputtelijk scheen, verliest soort na soort van zijn uit commercieel oogpunt nuttige dieren. Recente statistieken van de FAO tonen aan dat de totale vangst van de wereldvisserij, in 1969, voor het eerst sinds 1950, afnam, ondanks meer gemechaniseerde en intensievere vistechnieken. (Onder de commercieel waardevolle soorten worden de

Scandinavische haring, menhaden en Atlantische kabeljauw steeds schaarser.⁴⁸

Toch schijnt de mens er niets van te leren als hij tegen de duidelijk merkbare begrenzingen van de aarde aanloopt. De geschiedenis van de walvisvaart (zie fig. 43) toont, voor één klein systeem, het uiteindelijk resultaat van de poging steeds door te groeien in een beperkt milieu. De walvisvaarders hebben regelmatig de ene grens na de andere bereikt en hebben geprobeerd elk daarvan door toename in kracht en technologie te overwinnen. Als resultaat hebben zij het ene soort na het andere uitgeroeid. Het gevolg van dit speciale steeds-maar-groeien-beleid kan alleen de ondergang van zowel de walvissen als de walvisvaarders zijn. De alternatieve beleidslijn zou zijn het opleggen van een *door de mens bepaalde grens* aan het aantal walvissen dat per jaar wordt gevangen, een grens die zó wordt vastgesteld dat de walvisbevolking op constant niveau wordt gehouden. De zelf opgelegde grens aan de walvisvangst zou een onprettige dwang vormen die de groei van deze bedrijfstak zou verhinderen. Maar misschien zou dit te verkiezen zijn boven een geleidelijk verdwijnen van zowel de walvissen als de bedrijfstak.

De principiële keuze waarvoor de walvisindustrie staat, is dezelfde die iedere gemeenschap heeft bij een poging een natuurlijke begrenzing met een nieuwe technologie te overwinnen. *Is het beter om te proberen binnen die grenzen te leven door een zelf ingestelde rem op de groei te accepteren? Of verdient het de voorkeur door te gaan tot een of andere natuurlijke grens ontstaat, met de hoop dat dan een nieuwe technologische sprong het ons wel mogelijk zal maken de groei voort te zetten?* De laatste eeuwen heeft de menselijke samenleving zo consequent en met zoveel succes de tweede weg gevolgd, dat we bijna zijn vergeten dat de eerste mogelijkheid bestaat. Velen zullen het oneens zijn met de bewering dat bevolkings- en kapitaalsgroei *spoedig* zullen eindigen. Maar feitelijk niemand zal beweren dat de groei op deze planeet altijd door kan gaan. Op dit tijdstip in de geschiedenis van de mens is de hierboven aangegeven keuze nog steeds aanwezig op bijna alle gebieden van onze

activiteit. De mens kan zijn grenzen nog kiezen en ophouden wanneer hij wil nl. door het verzwakken van de sterke druk die de groei van kapitaal en bevolking veroorzaakt of door tegendruk te veroorzaken, of door beide. Deze tegendruk zal waarschijnlijk niet erg prettig zijn. Zij zal leiden tot diepgaande veranderingen in de sociale en economische structuren, die door eeuwen van groei diep in onze cultuur verankerd zijn. Het alternatief is wachten tot de prijs van de technologie te hoog wordt voor de samenleving of tot de neveneffecten van de technologie zelf de groei onderdrukken, of tot we in problemen terecht komen waarvoor geen technische oplossingen bestaan. Bij elk van deze alternatieven zal het maken van een eigen keuze niet meer mogelijk zijn. De groei zal tot stilstand komen door spanningen die we niet zelf gekozen hebben en welke, zoals het wereldmodel doet vermoeden, wel eens veel erger kunnen zijn dan die welke we nu zouden kiezen.

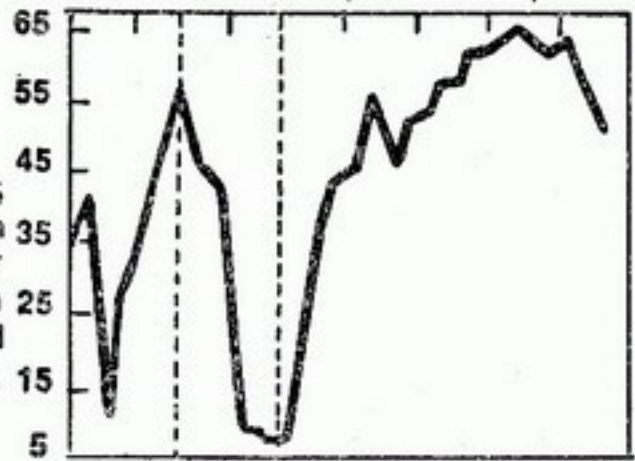
Wij dachten dat het nodig was hier zolang bij een analyse van de technologie stil te staan, omdat we technologisch optimisme de meest gebruikelijke en gevaarlijke reactie op onze resultaten met het wereldmodel vinden. De technologie kan symptomen van een probleem oplossen zonder de diepere oorzaak te raken. Het geloof in technologie als de uiteindelijke oplossing van alle problemen kan aldus onze aandacht afleiden van het

Op p. 160-161:

Fig. 43. Moderne walvisvangst. Doordat de 'wilde' scholen walvis vernietigd zijn, is het zoeken van de overlevenden moeilijker geworden en heeft dit meer inspanning gevergd. Daar de grotere walvissen afgeslacht zijn, worden de kleinere soorten geëxploiteerd om de industrie in leven te houden. Maar omdat er nooit beperkingen per soort zijn geweest, worden de grote walvissen, waar of wanneer men ze tegenkomt, altijd gevangen. Dus worden de kleine walvissen gebruikt om de uitroeiing van de grote te ondersteunen. (Bron: Roger Payne, *Among Wild Whales*, in 'The York Zoological Society Newsletter', November 1968.)

Wereldomvattend totaal aan gedode walvissen (duizenden)

Sinds 1945
werden
steeds meer
walvissen
gedood
om...



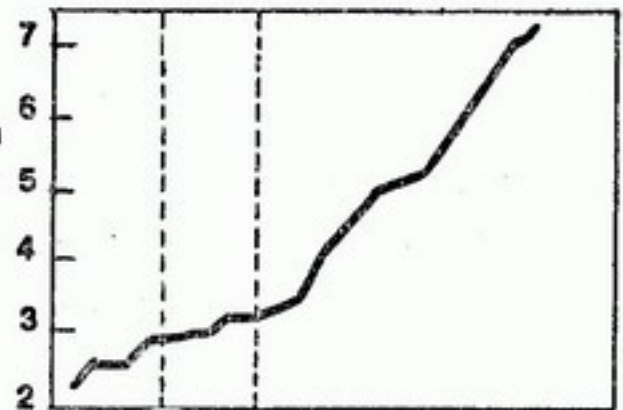
wereldomvattende totale productie van walvistraan (miljoenen vaten)

steeds
minder traan
te produceren.



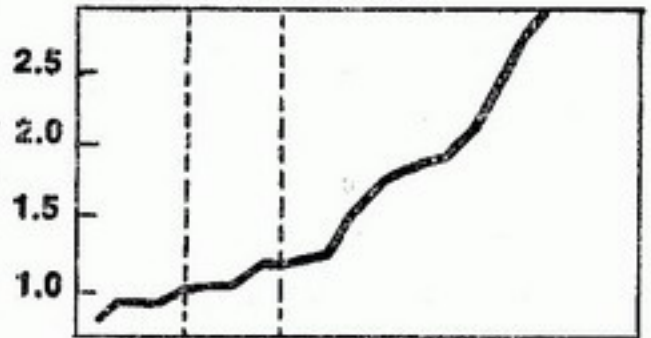
gemiddeld brutotonnage vangschepen (honderden tonnen)

De vangschepen
zijn groter...



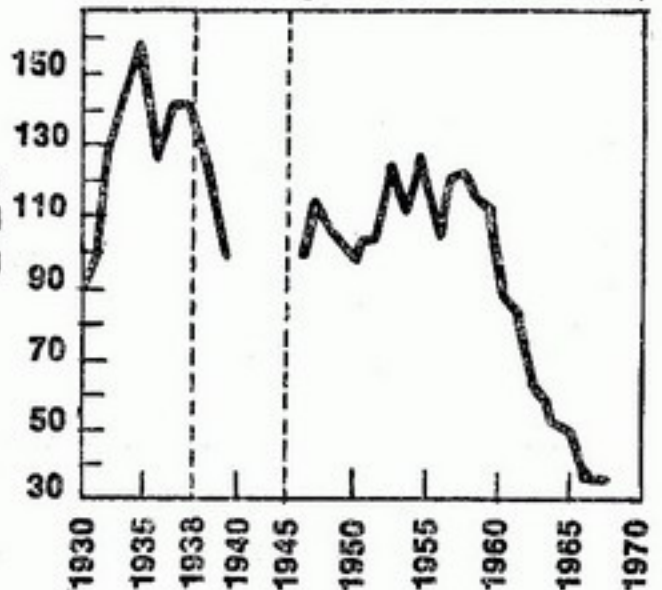
gemiddeld aantal P.K.'s vangschepen (duizenden)

en sterker
geworden...

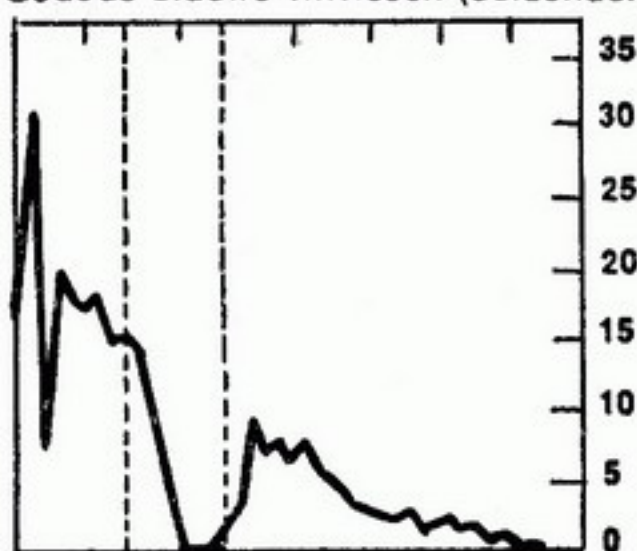


gemiddelde productie per vangschip per dag (vaten walvistraan)

maar hun
doeltreffendheid
schoot omlaag

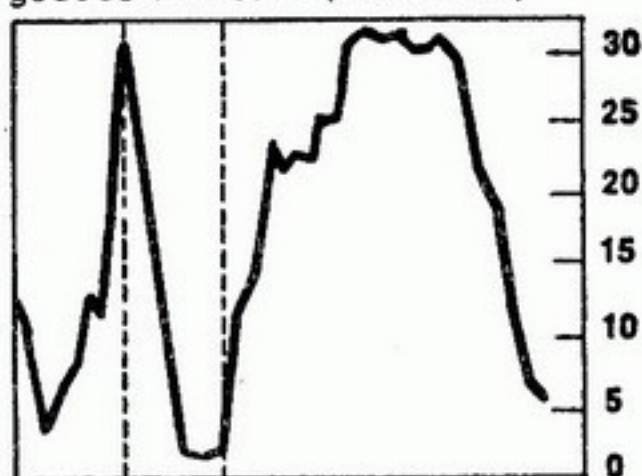


Gedode blauwe vinvissen (duizenden)



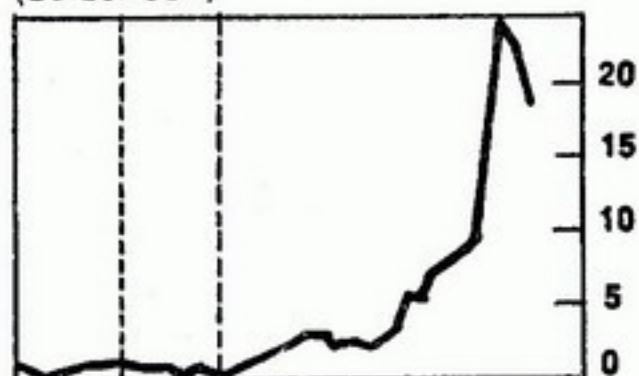
Eerst maakte de industrie de grootste walvissen af - de blauwe. In de jaren '40 toen de voorraad opraaakte...

gedode vinvissen (duizenden)



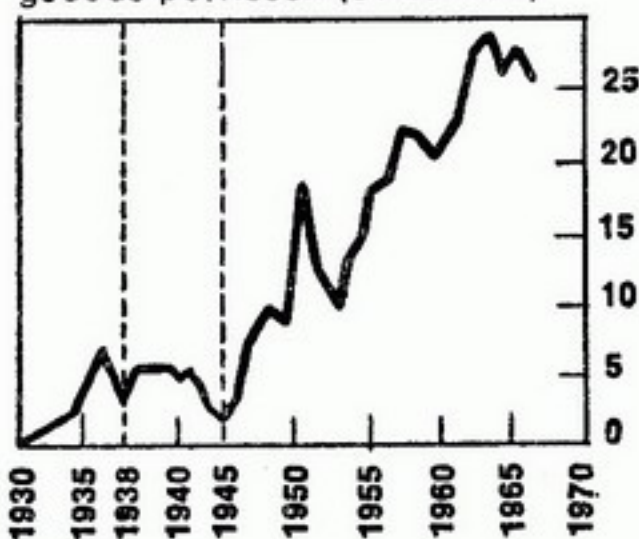
schakelde men over op het doden van gewone vinvissen. Toen deze voorraad opraaakte

gedode Noorse vinvissen (duizenden)



wendde men zich tot de Noorse vinvis.,

gedode potvissen (duizenden)



En nu wordt zonder dat het aantal begrensd is, op potvissen gejaagd - het toppunt van dwaasheid.

* Tijdens de Tweede Wereldoorlog werd de walvisvangst gestaakt. Die tijd van beroering was een tijd van rust voor de walvissen.

meest fundamentele probleem - het probleem van groei in een eindig systeem - en ons daarmee verhinderen afdoende actie te nemen om het op te lossen.

Aan de andere kant is het zeker niet onze bedoeling de technologie te brandmerken als slecht, onnuttig of hulpeloos. We zijn zelf technologen die werken in een technologisch instituut. Wij geloven zeker, zoals we zullen laten zien in het volgende hoofdstuk, dat vele van de technologische ontwikkelingen hier genoemd, zoals hergebruik, installaties voor vervuilingsbeheersing, geboortenregeling, van het allergrootste belang zijn voor de toekomst van de menselijke samenleving *als ze maar worden gecombineerd met een opzettelijke beheersing van de groei*. Wij zouden een niet-gemotiveerde afwijzing van de voordelen van de technologie even sterk betreuren als we hier een nietgemotiveerd geloof erin afwijzen. Misschien is ons standpunt het best samengevat door het motto van de Sierra Club: 'Geen blinde oppositie tegen vooruitgang, maar oppositie tegen blinde vooruitgang.'

Wij zouden willen wensen dat de maatschappij elke nieuwe technologische vooruitgang zal ontvangen door de antwoorden op drie vragen te geven, voordat de technologie uitgebreid wordt toegepast.

De vragen zijn:

1. Wat zullen de neveneffecten zijn, zowel fysiek als sociaal, indien deze ontwikkeling op grote schaal wordt ingevoerd?
2. Welke sociale veranderingen zullen noodzakelijk zijn, voordat deze ontwikkeling goed kan worden toegepast, en hoe lang zal het duren voor we die veranderingen hebben bereikt.
3. Indien de ontwikkeling een volledig succes is en de een of andere natuurlijke groeigrens opheft, wat zal dan de volgende grens zijn die het groeiende systeem tegenkomt? Geeft de maatschappij de voorkeur aan de spanningen die deze ontwikkeling oplevert boven de spanningen die deze moet gaan opheffen?

Laten we verder gaan, nu met het onderzoek van de *niet-technische oplossingen* van het probleem van de bevolkings- en kapitaalsgroei.

V. De toestand van wereldomvattend evenwicht

De meeste mensen denken dat een staat, om gelukkig te zijn, groot moet zijn; maar zelfs als zij gelijk hebben, hebben zij geen idee wat een grote en wat een kleine staat is... Er is een grens aan de grootte van staten, zoals er een is aan andere dingen, planten, dieren, werktuigen; want geen van deze behouden hun natuurlijke kracht als ze te groot of te klein zijn; óf zij verliezen te enen male hun natuurlijke eigenschappen óf zij worden bedorven.

Aristoteles (322 v. Chr.)

We hebben gezien dat positieve terugkoppelingsmechanismen, als zij zonder enige beperking in werking zijn, exponentiële groei veroorzaken. Wij ontdekten dat twee dominerende positieve terugkoppelingskringlopen nu in het wereldsysteem werkzaam zijn, met als gevolg exponentiële groei van de bevolking en van het industriële kapitaal.

In ieder eindig systeem moeten er beperkingen zijn die de exponentiële groei tot staan brengen. Deze beperkingen worden gevormd door negatieve terugkoppelingskringlopen. De negatieve kringlopen worden steeds sterker als de groei de uiterste grenzen of de draagkracht van het systeem nadert. Tenslotte houden de negatieve kringlopen de positieve in evenwicht en de groei komt tot een eind. In het wereldsysteem omvatten de negatieve terugkoppelingsmechanismen processen als milieuvervuiling, uitputting van natuurlijke hulpbronnen en hongersnood.

De vertragingen die aan de werking van deze negatieve

mechanismen inherent zijn, hebben de neiging bevolking en kapitaal het uiterste niveau waarop deze zich staande kunnen houden, te laten overschrijden. In deze periode van overschrijding worden veel hulpstoffen verspild en neemt de opnamecapaciteit van het milieu af, waarbij de daaruit voortvloeiende afname van bevolking en kapitaal wordt versterkt.

De groeiremmende druk, die van de negatieve terugkoppelingsmechanismen uitgaat, wordt reeds in de meeste sectoren van de menselijke samenleving gevoeld. De voornaamste reactie van de maatschappij op deze druk werd slechts op de *negatieve* terugkoppelingskringlopen zelf gericht. Men bedacht technologische oplossingen (zoals die welke we in hfdst. IV bespraken) om de kringlopen te verzwakken of om de druk die zij veroorzaken te maskeren, zodat de groei zich kon voortzetten. Zulke middelen mogen dan de door de groei veroorzaakte druk op korte termijn wel enigszins verlichten, maar op de lange duur doen zij niets om de overschrijding en de daaruitvolgende ineenstorting van het systeem te voorkomen.

Een ander antwoord op de groeiproblemen zou de verzwakking van de *positieve* terugkoppelingskringlopen, die de groei veroorzaken, kunnen zijn. Een dergelijke oplossing is bijna nooit door een moderne samenleving als gerechtvaardigd erkend en is zeker nooit doeltreffend toegepast. Welk beleid zou zo'n oplossing inhouden? Wat voor een wereld zou het resultaat zijn? Omdat er bijna geen historisch precedent is voor zo'n benadering, kunnen we dit slechts bespreken in de vorm van modellen - verstandelijk óf formeel uitgeschreven modellen. Hoe zal het wereldmodel zich gedragen als we er één of andere beleidslijn in opnemen om de groei weloverwogen te beheersen? Zal zo'n verandering een 'beter' gedragspatroon opleveren?

Telkens wanneer we woorden gebruiken zoals 'beter' en uit alternatieve modeluitkomsten gaan kiezen, brengen wij als onderzoekers onze eigen waarden en voorkeuren in het opstellen van het model. De waarden die in ieder noodzakelijk verband van het model zijn ingebouwd, zijn de reële, in de wereld werkzame waaren, zover als wij

die kunnen vaststellen. De waarden die ons aanleiding geven een of andere computeruitkomst als 'goed' of 'slechter' te bestempelen, zijn de persoonlijke waarden van de opsteller van het model of zijn gehoor. Wij hebben ons eigen waardensysteem al laten gelden in het afwijzen van het overschrijdings- en ineenstortingspatroon. Nu we een 'beter' resultaat zoeken, moeten we het doel van het systeem zo duidelijk mogelijk maken. We zoeken naar een modeluitkomst die een wereld aangeeft, die:

1. blijvend is zonder plotselinge en onbeheersbare ineenstorting.

2. in staat is om aan de primaire materiële levensbehoeften van alle mensen te voldoen.

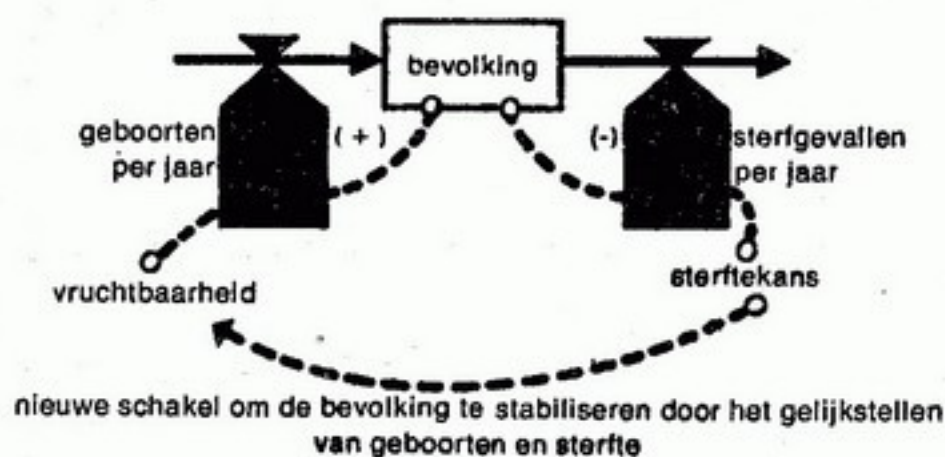
Laten we nu eens zien welk beleid een dergelijk gedrag van het wereldmodel oplevert.

Weloverwogen beperkingen van de groei

U zult zich herinneren dat de positieve terugkoppelingskringloop die de bevolkingsgroei veroorzaakt, het geboortecijfer omvat en ook alle sociaal-economische factoren welke het geboortecijfer beïnvloeden. Deze wordt tegengewerkt door de negatieve kringloop van het sterftecijfer.

De overweldigende groei van de wereldbevolking ontstaan uit de positieve kringloop van het geboortecijfer, is een recent verschijnsel en is het gevolg van de zeer succesvolle vermindering van de sterftekans in de wereld. De regulerende negatieve terugkoppelingskringloop werd verzwakt, waardoor de positieve kringloop ongeremd zijn werking kon uitoefenen. Er zijn maar twee methoden om het ontstane gebrek aan evenwicht te herstellen. Of het geboortecijfer moet worden verlaagd om in evenwicht te komen met het gedaalde sterftecijfer, óf het sterftecijfer moet weer omhoog. Alle 'natuurlijke' remmen op de bevolkingsgroei werken op de tweede manier - zij verhogen het sterftecijfer. Een samenleving die dit gevolg wil vermijden, moet weloverwogen maatregelen nemen om de positieve terugkoppelingskringloop te beheersen, dus om het geboortecijfer te verlagen.

In een dynamisch model is het een eenvoudige zaak om op hol geslagen positieve terugkoppelingskringlopen te neutraliseren. Laten we voorlopig de eis van politieke realiseerbaarheid buiten de beschouwing houden en het model gebruiken om de fysieke, zo niet de sociale, gevolgen van de beperking van de bevolkingsgroei te onderzoeken. We hoeven alleen maar één kringloop extra in te voegen, die het geboortecijfer en het sterftecijfer met elkaar in verband brengt. Met andere woorden, we moeten het aantal baby's dat ieder jaar geboren wordt, gelijk stellen aan het in dat jaar verwachte aantal sterfgevallen onder de bevolking. Dan zijn de positieve en negatieve kringlopen in evenwicht. Als het sterftecijfer daalt dankzij betere voeding en betere medische verzorging, dan zal tegelijkertijd het geboortecijfer dalen.



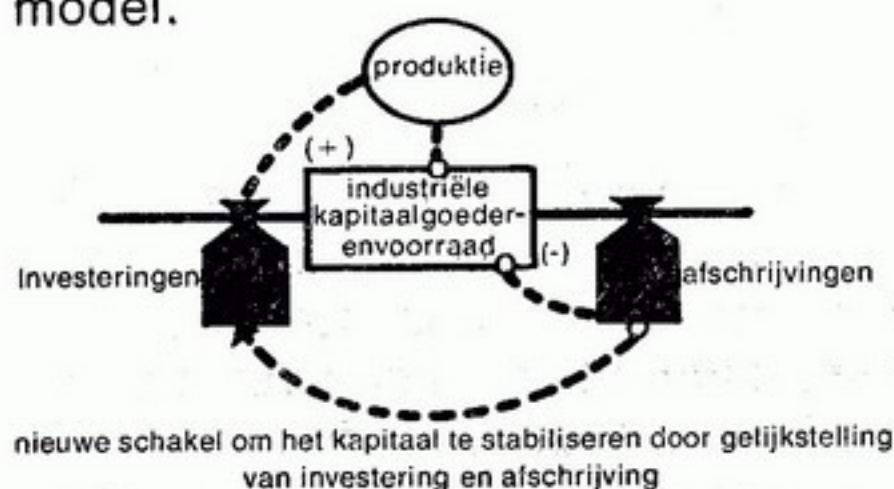
Een dergelijke vereiste, mathematisch even eenvoudig als sociaal ingewikkeld, is voor ons doel een experimenteel gegeven en niet noodzakelijkerwijs een politieke aanbeveling.* Het resultaat van de invoering van dit beleid in het model in 1975 is weergegeven in fig. 44.

In deze figuur wordt de positieve terugkoppelingskringloop met succes in evenwicht gehouden en blijft de bevolking constant. Eerst zijn de geboorten- en sterftecijfers laag. Er is echter nog één ongecontroleerde positieve terugkoppelingskringloop in het model werkzaam, nl. die kringloop die de groei van het industriële kapitaal beheerst. De versterking in deze kringloop neemt zelfs toe als de bevolking gelijk blijft, met als resultaat een zeer snelle groei van het inkomen, de voedselproductie en de diensten per hoofd. Maar die groei komt spoedig tot

* Dit voorstel betreffende het stabiliseren van de bevolking werd oorspronkelijk gedaan door **Kenneth E. Boulding** in *The Meaning of the 20th Century*, New York: Harper and Row, 1964.

stilstand door de uitputting van de natuurlijke hulpbronnen. Het sterftecijfer gaat omhoog, maar de totale bevolking blijft gelijk ten gevolge van onze eis dat het geboorteten- en het sterftecijfer gelijk aan elkaar moeten zijn (hier duidelijk onrealistisch).

Als we een evenwichtig systeem willen, is het blijkbaar niet gewenst ook maar één van de twee kritieke positieve terugkoppelingsmechanismen een onbeheerste groei te laten veroorzaken. Stabilisatie van de bevolking alleen is niet voldoende om overschrijding en ineenstorting te voorkomen; een soortgelijke simulatie met constant gehouden kapitaal en een stijgende bevolking toont dat stabilisatie van het kapitaal alleen ook niet voldoende is. Wat gebeurt er als we *beide* positieve terugkoppelingskringlopen gelijktijdig onder controle brengen? We kunnen de kapitaalgoederenvoorraad stabiliseren door de eis te stellen dat investeringen en afschrijvingen elkaar in evenwicht moeten houden, precies zoals we dat bij de stabilisatie van de bevolking hebben gedaan. We krijgen dan een extra schakel in het model.



Het resultaat van de beëindiging van de bevolkingsgroei in 1975 en die van de groei van het industriële kapitaal in 1985 zonder andere wijzigingen is te zien in fig. 45 (kapitaalsgroei tot 1985 werd toegestaan om de gemiddelde (materiële) levensstandaard iets te verhogen). In deze simulatie is de ernstige overschrijding en ineenstorting van fig. 44 voorkomen. Bevolking en kapitaal bereiken constante waarden met een relatief hoog niveau van industriële produktie, voedselproduktie en diensten per hoofd. Uiteindelijk verminderen grondstoffentekorten echter de industriële opbrengst en de tijdelijk stabiele situatie verslechtert.

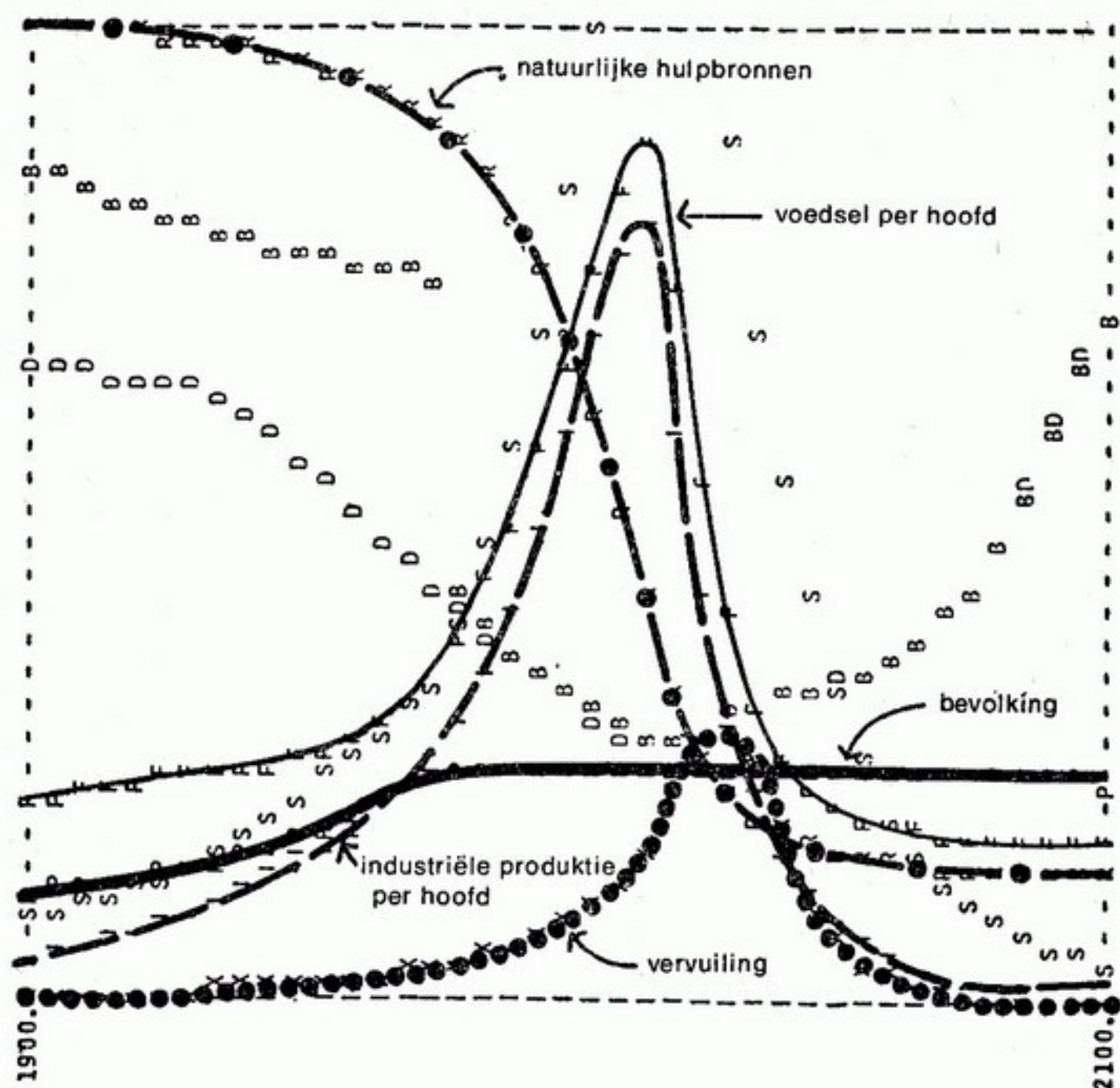


Fig. 44. Wereldmodel met een constante bevolking. In deze computeruitkomst zijn de basisgegevens in het modelsysteem gelijk aan die in de standaarduitkomst (fig. 36), behalve dat de bevolking na 1975 constant wordt gehouden door de geboorten- en sterftecijfers gelijk te stellen. De overblijvende ongeremde positieve terugkoppelingskringloop in het systeem, die op het industriële kapitaal betrekking heeft, blijft de exponentiële groei van de industriële opbrengst, het voedsel en de diensten per hoofd veroorzaken. De uiteindelijke uitputting van onvervangbare natuurlijke hulpbronnen leidt tot een plotselinge ineenstorting van het industriële systeem.

Welke veronderstellingen in het model zouden ons een combinatie van een behoorlijke levensstandaard met een wat grotere stabiliteit dan die in fig. 45 opleveren? We kunnen het gedragspatroon van het model sterk verbeteren door technologische veranderingen en waardeveranderingen te combineren die de neiging tot groei van het systeem verminderen. Verschillende van zulke combinaties geven ons een serie computeruitkomsten die een systeem bieden met redelijk hoge waarden voor de industriële produktie per hoofd en stabiliteit op lange termijn. Een voorbeeld van een dergelijke uitkomst wordt in fig. 46 getoond.

De beleidslijnen die het verloop, zoals in fig. 46, veroorzaken zijn de volgende:

1. De bevolking wordt gestabiliseerd door de geboorten- en sterftcijfers in 1975 gelijk te stellen. Het industrieel kapitaal mag op natuurlijke wijze tot 1990 toenemen, waarna het, door investeringen en afschrijvingen gelijk te stellen, ook wordt gestabiliseerd.
2. Om een tekort aan onvervangbare grondstoffen, zoals dat in fig. 45, te vermijden, wordt het grondstoffenverbruik per eenheid van industriële produktie tot $\frac{1}{4}$ van de waarde van 1970 teruggebracht. (Deze en de volgende beleidslijnen treden in 1975 in werking.)
3. Om de uitputting van de hulpbronnen en de vervuiling verder te beperken, wordt de economische voorkeur van de gemeenschap meer gericht op diensten zoals onderwijs en gezondheidszorg en minder op industriële materiële goederen. (Deze verandering wordt aangebracht door een betrekking die de 'gewenste' diensten per hoofd geeft als functie van het stijgende inkomen.)
4. De vervuiling per eenheid industriële- en landbouwproduktie, wordt tot $\frac{1}{4}$ van de waarde van 1970 teruggebracht.
5. Omdat bovenstaande beleidslijnen afzonderlijk een tamelijk lage waarde van de voedselproduktie per hoofd tot gevolg zouden hebben, zullen een aantal mensen nog steeds ondervoed blijven als de traditionele ongelijkheden in de verdeling blijven bestaan. Om deze situatie te vermijden, wordt een hoge waarde aan de produktie van voldoende voedsel voor *alle* mensen toegekend.

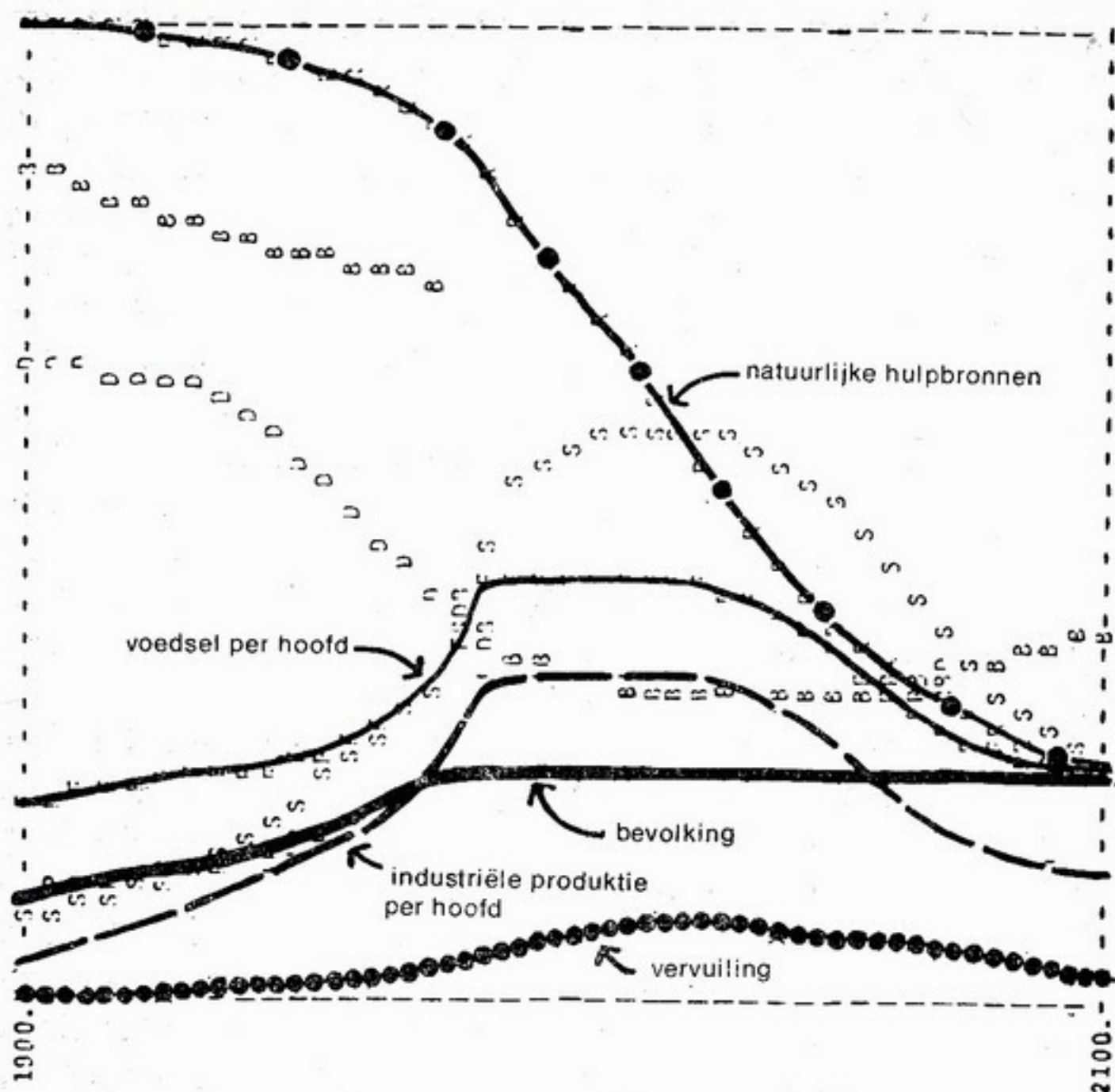


Fig. 45. Wereldmodel met een gestabiliseerde bevolking en een gestabiliseerd kapitaal. Beperking van de kapitaalgroei, door de eis dat de investeringen gelijk moeten zijn aan de afschrijvingen, wordt aan de maatregelen tot stabilisering van de bevolking van fig. 44 toegevoegd. Nu deze exponentiële groei wordt tegengehouden, wordt een tijdelijk stabiele toestand verkregen. Maar in deze situatie zijn de niveaus van bevolking en kapitaal hoog genoeg om de natuurlijke hulpbronnen snel uit te putten, omdat geen rekening wordt gehouden met grondstofbesparende technologieën. Als de natuurlijke hulpbronnenbasis afneemt, daalt de industriële produktie. Hoewel de kapitaalbasis op hetzelfde niveau wordt gehouden, daalt de kapitaallopbrengst omdat er meer kapitaal aan de verkrijging van grondstoffen dan aan de produktie van bruikbare goederen moet worden besteed.

Daarom moeten kapitaalgoederen voor de voedselproductie gebruikt worden, zelfs als dit 'oneconomisch' wordt geacht. (Deze verandering wordt uitgevoerd in de 'gewenste' voedselproductie per hoofd verhouding.)

6. De nadruk op een sterk gemechaniseerde landbouw, die nodig is om genoeg voedsel te produceren, zou tot snelle bodemerosie leiden, waardoor de stabiliteit-op lange termijn in de landbouw teniet zou worden gedaan. Daarom werd het gebruik van kapitaalgoederen in de landbouw gewijzigd door aan de verrijking en de bescherming van de bodem een hoge prioriteit toe te kennen. Dit beleid betekent, bijvoorbeeld, het gebruik van kapitaalgoederen om het organische stadsvuil tot compost te verwerken en weer aan de grond toe te voegen (een methode die ook de vervuiling vermindert).

7. De onttrekkingen aan het industriële kapitaal ten behoeve van betere diensten, grotere voedselproductie, recirculatie van hulpstoffen en vervuilingsbeheersing zouden onder bovenstaande zes voorwaarden, tot een lage industriële kapitaalgoederenvoorraad leiden. Om dit effect te neutraliseren, wordt de gemiddelde levensduur van de industriële kapitaalgoederen vergroot door betere ontwerpen die gericht zijn op duurzaamheid en mogelijkheid van reparatie, waardoor de afschrijvingen lager zijn door minder snelle veroudering. Deze beleidslijn leidt bovendien tot vermindering van de uitputting van de hulpbronnen en van de vervuiling.

In fig. 46 is de uiteindelijke wereldbevolking maar weinig groter dan nu. Er is meer dan tweemaal zoveel voedsel per persoon als gemiddeld in 1970 en het wereldgemiddelde van de levensduur is bijna 70 jaar. De gemiddelde industriële produktie per hoofd ligt ruim boven het hedendaagse niveau en de diensten per hoofd zijn verdriedvoudigd. Het totale gemiddelde inkomen per hoofd (d.w.z. industriële produktie, voedselproductie en diensten tezamen) heeft een waarde van ongeveer \$ 1 800. Deze waarde is ongeveer de helft van het huidige gemiddelde Amerikaanse inkomen, het is gelijk aan het tegenwoordige gemiddelde Europese inkomen en driemaal het huidige gemiddelde wereldinkomen. De hulpstoffen raken inderdaad geleidelijk op, zoals bij iedere realistische

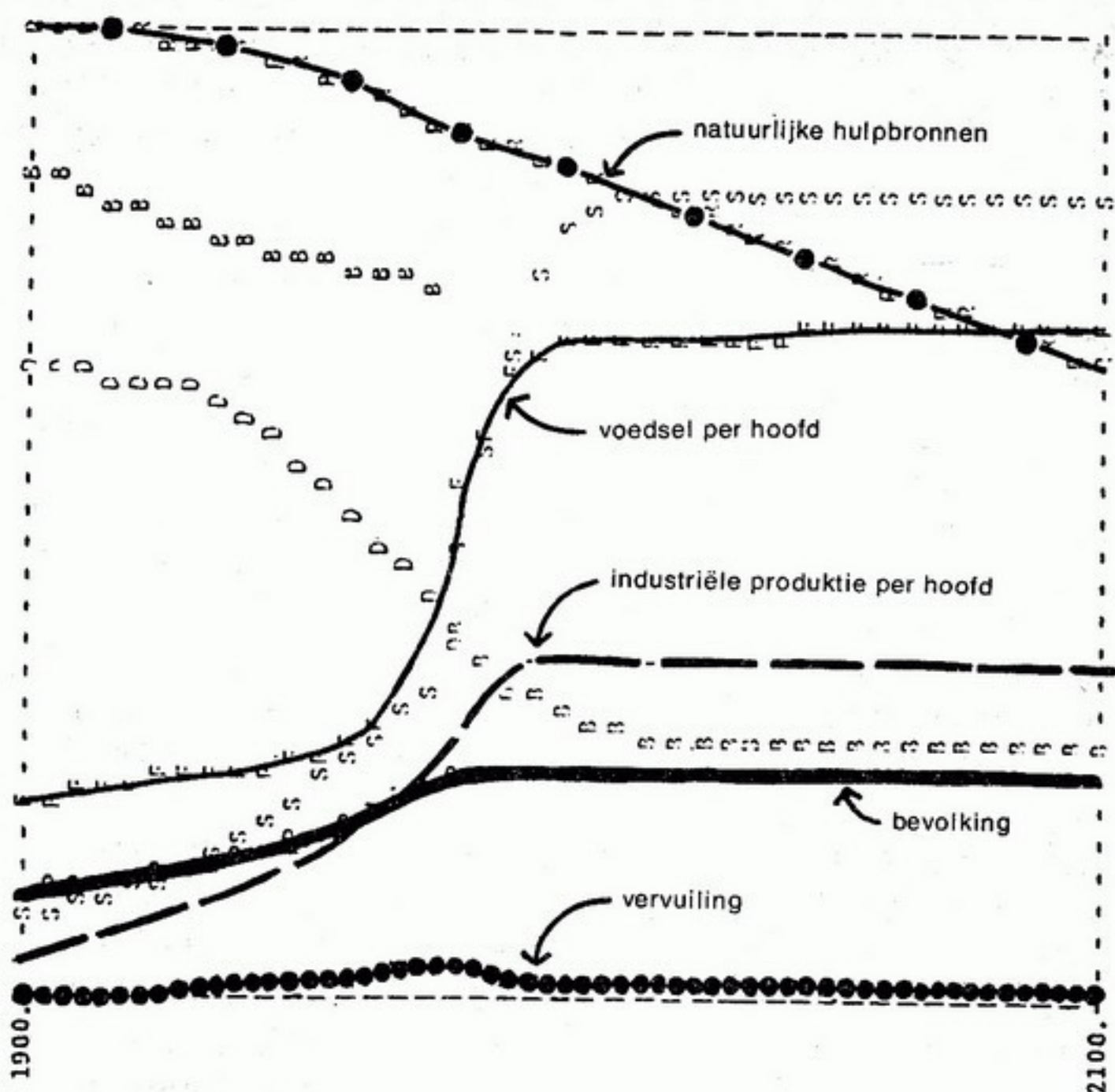


Fig. 46. Stabiel wereldmodel I. Technologische maatregelen worden aan de groei regulerende maatregelen van de vorige uitkomsten toegevoegd om een toestand van evenwicht, die tot ver in de toekomst volgehouden kan worden, tot stand te brengen.

Deze technologische maatregelen omvatten recirculatie van grondstoffen, apparatuur voor vervuilingsbeheersing, vergrote levensduur van alle vormen van kapitaal en methoden voor het herstel van geërodeerde en onvruchtbare grond. Veranderingen in het waardensysteem leggen een grotere nadruk op voedsel en diensten dan op industriële produktie. Evenals in fig. 45 is het aantal geboorten gelijk aan het aantal sterftegevallen en zijn de industriële kapitaalinvesteringen gelijk aan de kapitaalafschrijvingen gesteld. De waarde van de industriële produktie per hoofd is, bij dit evenwicht, drie maal het wereldgemiddelde van 1970.

aanname het geval moet zijn, maar de uitputting verloopt zo langzaam dat er voor de technologie en de industrie tijd is om zich aan de wijzigingen in de beschikbaarheid van de hulpstoffen aan te passen.

De numerieke constanten die deze modelsimulatie karakteriseren zijn niet de enige die een stabiel systeem opleveren. Andere mensen of gemeenschappen zouden de keuzeproblemen verschillend oplossen en meer of minder nadruk op de stabiliteit van óf voedselproduktie óf vervuiling óf materiële inkomens leggen. Dit voorbeeld is hier alleen opgenomen als een illustratie van de niveaus die voor bevolking en kapitaal fysiek op aarde te handhaven zijn bij de meest optimistische aannamen. Het model kan ons niet zeggen hoe deze niveaus bereikt kunnen worden; het kan ons alleen een aanwijzing geven voor een aantal onderling consistente doelen, die bereikbaar zijn.

Laten we nu enigszins terugkeren in de richting van de werkelijkheid en onze uiterste onrealistische veronderstellingen - dat we bevolking en kapitaal plotseling en volledig kunnen stabiliseren - matigen. Stel we handhaven de laatste 6 van de 7 beleidslijnen die in fig. 46 resulteerden, maar vervangen de eerste beleidslijn, beginnend in 1975, door de volgende:

1. De bevolking heeft de mogelijkheid tot 100% effectieve geboortenbeperking.
2. De gemiddelde gewenste gezinsgrootte is twee kinderen.
3. Het economische systeem slaagt erin de gemiddelde industriële opbrengst per hoofd op ongeveer het niveau van 1975 te handhaven. Overmaat aan industrieel vermogen wordt voor de produktie van verbruiksgoederen benut, in plaats van het te gebruiken om de investeringen sneller te laten stijgen dan de afschrijvingen.

Het gedragspatroon dat het model nu vertoont, is te zien in fig. 47. Nu veroorzaken de vertragingen in het systeem dat de bevolking veel groter wordt dan in fig. 46. Daardoor liggen de materiële goederen, het voedsel en de diensten per hoofd lager (maar nog steeds hoger dan het wereldgemiddelde van vandaag).

Wij denken niet dat ook maar één van de beleidslijnen,

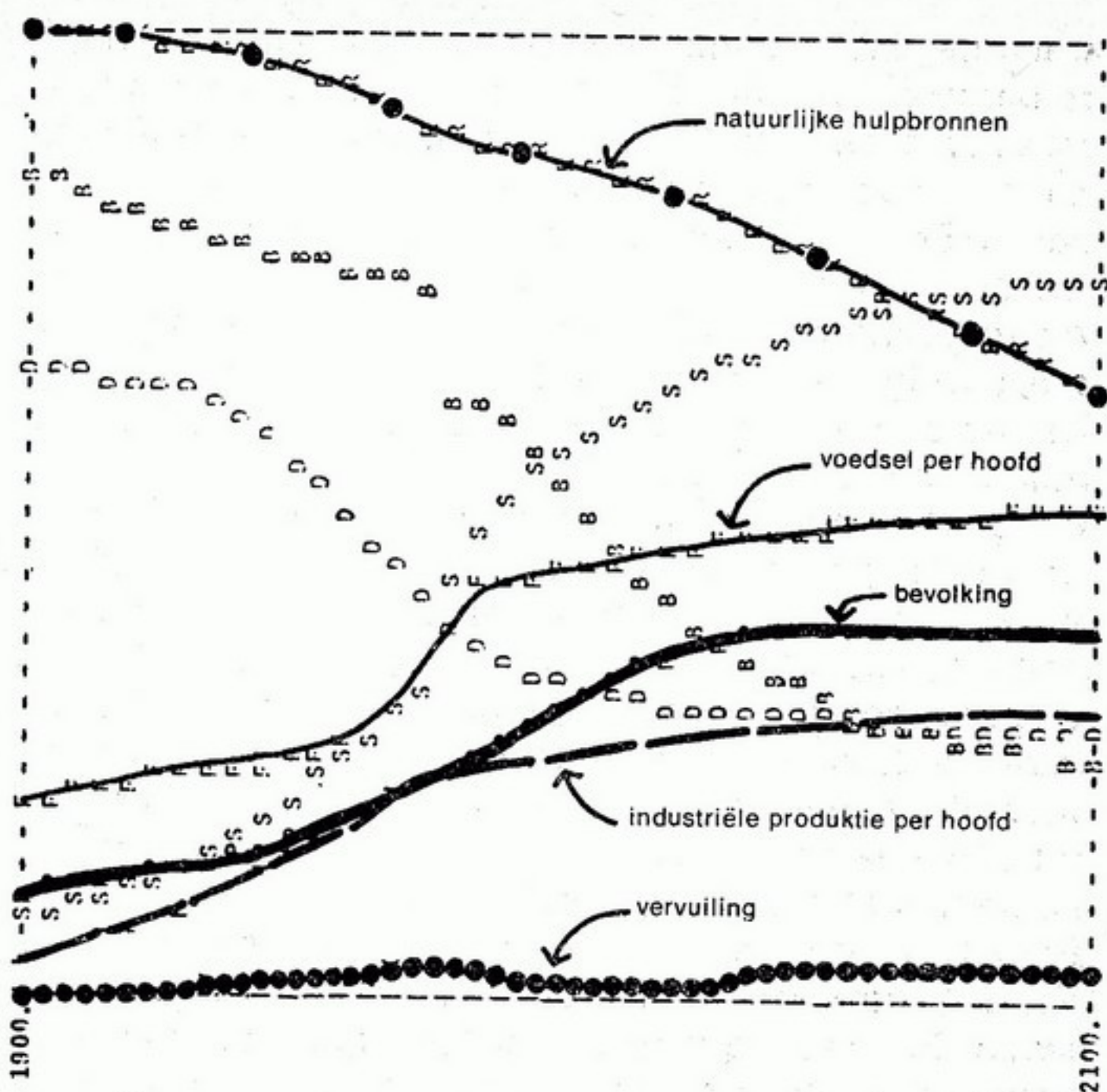


Fig. 47. Stabiel wereldmodel II. Als de strikte beperkingen van de groei in de vorige uitkomst opgeheven worden en bevolking en kapitaal binnen de natuurlijke vertragen van het systeem gereguleerd worden, ligt het evenwichtsniveau van de bevolking hoger en dat van de industriële opbrengst per hoofd lager dan in fig. 46. Hier is aangenomen dat volkomen doeltreffende geboortenregeling en een gemiddelde gewenste gezinsgrootte van 2 kinderen in 1975 worden bereikt. Het geboortecijfer nadert slechts langzaam het sterftecijfer als gevolg van de vertragingen die inherent zijn aan de leeftijdsopbouw van de bevolking.

die nodig zijn om stabiliteit van het systeem in het model te bereiken, plotseling in de wereld kan of moet worden ingevoerd per 1975. Een gemeenschap die stabiliteit als doel kiest, moet dat doel geleidelijk benaderen. Maar het is belangrijk om ons te realiseren dat hoe langer we de exponentiële groei laten doorgaan, hoe minder mogelijkheden voor de uiteindelijk stabiele toestand overblijven. Fig. 48 toont het resultaat als we met het invoeren van hetzelfde beleid dat in fig. 47 in 1975 werd begonnen, tot het jaar 2000 wachten.

In fig. 48 bereiken zowel de bevolking als de industriële opbrengst per hoofd veel hogere waarden dan in fig. 47. Als gevolg daarvan stijgt de vervuiling tot een veel hoger niveau en de hulpbronnen raken, ondanks de hulpstoffenbesparende maatregelen die tenslotte werden ingevoerd, in ernstige mate uitgeput. Het hulpstoffenverbruik is, gedurende die 25 jaar vertraging (van 1975 tot 2000), ten behoeve van de invoering van de stabiliserende maatregelen, ongeveer gelijk aan het totale verbruik in de 125 jaar (van 1975 tot 2100) van fig. 47.

Velen zullen denken dat de wijzigingen, die we in het model hebben ingebracht om het groei- en ineensstoringsgedrag te vermijden, niet alleen onmogelijk, maar onprettig, gevaarlijk en misschien op zich desastreus zijn. Maatregelen zoals het terugdringen van het geboortecijfer en het onttrekken van kapitaal aan de productie van materiële goederen - hoe dit ook zou worden uitgevoerd - lijken onnatuurlijk en ondenkbaar, omdat zij in de ervaring van de meeste mensen niet beproefd of zelfs maar serieus overwogen zijn. Het zou inderdaad weinig zinvol zijn om zelfs maar over zulke fundamentele veranderingen in de werking van de moderne maatschappij te spreken, als wij meenden dat het huidige patroon van onbeperkte groei in de toekomst kan worden volgehouden. Alle aan ons bekende tekenen wijzen erop dat van de drie alternatieven - onbelemmerde groei, zelf opgelegde beperking aan de groei of een door de natuur opgelegde groeigrens - alleen de laatste twee werkelijk mogelijk zijn.

Het accepteren van de door de natuur opgelegde groeigrenzen vraagt niet meer inspanning dan de zaken op

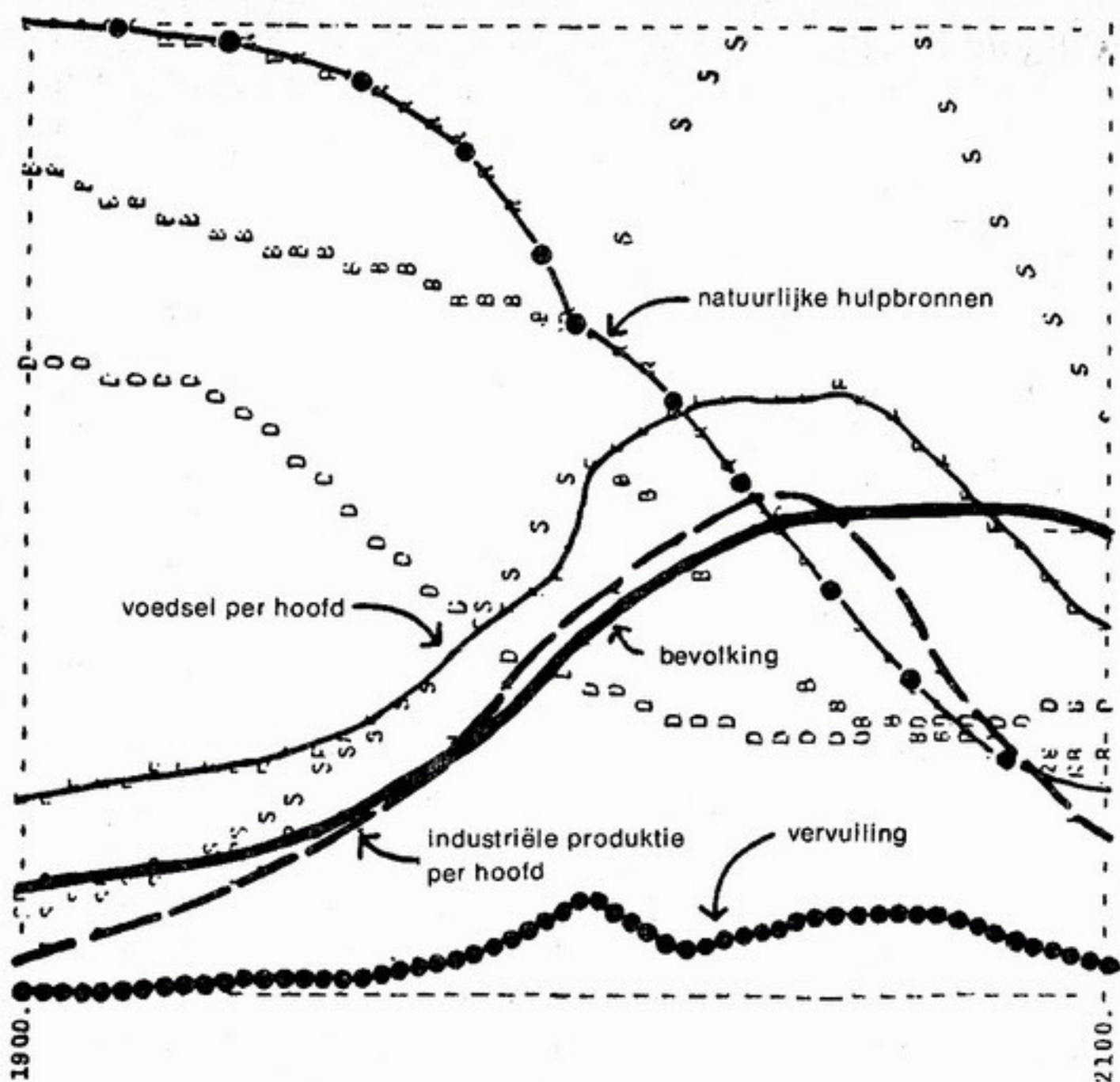


Fig. 48. Wereldmodel als de stabiliserende maatregelen in het jaar 2000 worden genomen. Indien alle maatregelen die in figuur 47 in 1975 werden genomen, worden uitgesteld tot het jaar 2000, is de evenwichtstoestand niet meer in stand te houden. De bevolking en het industriële kapitaal bereiken niveaus die hoog genoeg liggen om voedsel- en grondstoffentekorten voor het jaar 2100 te veroorzaken.

hun beloop laten en afwachten om te zien wat er gebeurt. Zoals we hier hebben geprobeerd aan te tonen, is een oncontroleerbare afname van bevolking en kapitaal het meest waarschijnlijke resultaat van dat besluit. Het is moeilijk zich een voorstelling van een dergelijk ineensstorten te maken, omdat dit zo veel verschillende vormen aan kan nemen. Het kan op verschillende tijdstippen in verschillende delen van de wereld optreden of het kan wereldomvattend zijn. Daarnaast kan het plotseling of geleidelijk gebeuren. Als de grens die het eerst wordt bereikt die van de voedselproductie is, zullen de niet-geïndustrialiseerde landen misschien de grootste bevolkingsafname ondergaan. Als de eerste grens die bereikt wordt, bepaald wordt door de uitputting van onvervangbare hulpbronnen, zullen de geïndustrialiseerde landen het meest te lijden hebben. Misschien dat na de ineensstorting de aarde een onverminderde mogelijkheid voor plantaardig- en dierlijk leven zal houden, misschien zullen deze levensmogelijkheden verminderd of vernietigd worden. Welk deel van de menselijke bevolking aan het einde van het proces ook is overgebleven, er zal zeker weinig over zijn om daarmee een nieuwe gemeenschap op te bouwen, in welke nu-te-voorziene vorm dan ook. Het werkelijk waarmaken van een zelf-opgelegde beperking van de groei zal zeer veel inspanning vereisen. Het betekent veel dingen op een nieuwe manier leren doen. Het stelt al het vernuft, het aanpassingsvermogen en de zelfdiscipline van de menselijke soort op de proef. Het tot een bewust en geregeld einde brengen van de groei is een enorme uitdaging, die we niet gemakkelijk aan kunnen. Zou het eindresultaat de poging waard zijn? Wat zou de mensheid bij een dergelijke overgang kunnen winnen en wat zou hij kunnen verliezen? Laten we eens nader bekijken hoe een wereld zonder groei zou zijn.

De evenwichtstoestand

Wij zijn geenszins de eersten in de geschiedenis van de mensheid die een of andere niet-groeiende toestand voor de menselijke samenleving voorstellen. Een aantal filo-

sofen, economen en biologen hebben een dergelijke toestand besproken en er allerlei namen aan gegeven met evenveel verschillende betekenissen.*

Wij hebben, na uitvoerige discussie, besloten de toestand waarin de bevolking constant blijft, zoals die in fig. 46 en 47 weergegeven is met de term 'evenwicht' aan te geven. Evenwicht betekent 'een toestand van balans of gelijkheid tussen elkaar werkende krachten'. In de dynamische termen van het wereldmodel zijn de elkaar tegenwerkende krachten die, welke er de oorzaak van zijn dat bevolking en kapitaalvoorraad stijgen (wens tot vorming van grote gezinnen, geringe doeltreffendheid van de geboortenbeperking, hoge voet van de kapitaalsinvesteringen) en die, welke bevolking en kapitaalvoorraad af doen nemen (gebrek aan voedsel, vervuiling, hoog tempo van afschrijving en veroudering). Onder het woord 'kapitaal' moet hier worden verstaan een combinatie van diensten, industrieel- en landbouwkapitaal. *Dus de meest fundamentele definitie van de toestand van wereldomvattend evenwicht is dat bevolking en kapitaal wezenlijk constant zijn waarbij de krachten die tot hun toe- of afname zouden kunnen leiden in een zorgvuldig beheerst evenwicht zijn.* Binnen deze definitie van evenwicht is er veel ruimte voor variatie. We hebben alleen gesteld dat de voorraad kapitaalgoederen en de omvang van de bevolking gelijk

* Zie bijvoorbeeld, **Plato**, *Wetten*, 350 v. Chr.

Aristoteles *Politika* 322 v. Chr.

Thomas Robert Malthus, *An Essay on the Principle of Population*, 1798.

John Stuart Mill, *Principles of Political Economy*, 1857.

Harrison Brown, *The Challenge of Man's Future*, New York: Viking Press, 1954.

Kenneth E. Boulding, *The Economics of the Coming Spaceship Earth*, in *Environmental Quality in a Growing Economy*, ed. **H. Jarret**, Baltimore, Md Hopkins Press, 1966.

E.J. Mishan, *The Costs of Economic Growth*, New York: Frederick A. Praeger, 1967. In Ned. vert. uitgegeven als *Aula 461, De welvaart wordt duur betaald*, Het Spectrum, Utrecht/Antwerpen 1971.

Herman E. Daly, *Toward a Stationary-State Economy*, in *The Patient Earth*, ed. **J. Harbe** en **Robert Socolow**, New York: Holt, Rinehard and Winston, 1971.

blijven. Zij zouden echter (theoretisch gezien) op een hoog of een laag niveau constant kunnen zijn, of de ene kan hoog zijn en de andere laag. Een tank vol water kan op een bepaald niveau worden gehouden door een snelle of een druppelsgewijze in- en uitstroming van water. Als de stroming snel is, zal de gemiddelde druppel water korter in de tank blijven dan bij langzame stroming. Op dezelfde manier kan een stabiele bevolking, van welke omvang dan ook, met óf hoge, gelijke geboorten- en sterftcijfers (korte gemiddelde levensduur) óf lage gelijke geboorten- en sterftcijfers (lange gemiddelde levensduur), worden bereikt. Een voorraad kapitaal kan door hoge of door lage investeringen en afschrijvingen worden gehandhaafd. Elke combinatie van deze mogelijkheden zou in onze uitgangsdefinitie van wereldomvattend evenwicht passen.

Welke criteria kunnen gebruikt worden bij het kiezen uit deze veelheid van beschikbare mogelijkheden binnen de evenwichtstoestand? De dynamische wisselwerkingen binnen het wereldsysteem geven aan dat de eerste beslissing die we moeten nemen betrekking heeft op de tijd. *Hoe lang zou de evenwichtstoestand moeten blijven bestaan?* Als de samenleving alleen belangstelling voor een tijdsperiode van zes maanden of een jaar heeft, blijkt uit het wereldmodel dat bijna ieder niveau van bevolking en kapitaal voor zo'n korte tijd gehandhaafd zou kunnen worden. Als de periode tot twintig of vijftig jaar uitgebreid wordt, nemen de keuzemogelijkheden zeer sterk af, omdat de snelheden en niveaus moeten worden aangepast om er zeker van te zijn dat het tempo van de kapitaalsinvesteringen in die periode niet door de beschikbaarheid van grondstoffen beperkt zal worden of dat het sterftcijfer niet ongecontroleerd door vervuiling of voedseltekorten wordt beïnvloed. Hoe langer de samenleving er de voorkeur aan geeft het wereldomvattend evenwicht te bewaren, hoe lager de snelheden en niveaus moeten zijn.

Uiteindelijk kan natuurlijk geen enkel bevolkings- of kapitaalsniveau oneindig lang gehandhaafd blijven, maar het einde ligt wel heel ver weg, als de hulpbronnen tenminste verstandig beheerd worden, en men op vol-

doend lange termijn vooruit kijkt. Laten we als de lengte van deze termijn de verwachte levensduur nemen van een kind dat morgen geboren wordt, dus 70 jaar, onder de voorwaarde dat er behoorlijk voedsel en behoorlijke medische zorg worden verschaft. Omdat de meeste mensen een groot deel van hun tijd en energie aan het opvoeden van hun kinderen besteden, zouden zij als minimumdoel kunnen kiezen dat de samenleving die aan die kinderen wordt nagelaten, gedurende hun gehele leven gehandhaafd kan worden.

Als deze planningstermijn voor de samenleving zeventig jaar is, mogen de toelaatbare bevolkings- en kapitaalsniveaus niet te veel van de huidige verschillen, zoals door de evenwichtssimulatie in fig. 47 (die slechts één van de vele mogelijkheden is) wordt aangegeven. De cijfers zullen echter aanmerkelijk afwijken van die, welke nu gangbaar zijn. Iedere gemeenschap geeft zonder twijfel de voorkeur aan een sterftecijfer dat eerder laag dan hoog is, aangezien een lang, gezond leven een universeel menselijk verlangen schijnt te zijn. Om een evenwicht met een lange verwachte levensduur te handhaven, moet het geboortecijfer eveneens laag liggen. Het zou ook het beste zijn de investerings- en de afschrijvingsvoet laag te houden, omdat hoe lager deze zijn, des te minder dan de bijbehorende uitputting van de grondstoffen en de vervuiling zal bedragen. Uitputting en vervuiling op een minimum houden zou óf de maximale bevolkings- en kapitaalsniveaus doen toenemen, óf de tijdsduur waarin we de evenwichtstoestand kunnen handhaven verlengen, afhankelijk van het doel waaraan de samenleving als geheel de voorkeur zou geven.

Door een tamelijk lange periode voor het evenwicht en een lange gemiddelde levensduur als wenselijke doelen te kiezen, zijn we nu tot een minimumpakket van eisen voor de toestand van wereldomvattend evenwicht gekomen. Deze zijn:

1. *De kapitaalgoederenvoorraad en de bevolking zijn constant in grootte.* Het geboortecijfer is gelijk aan het sterftecijfer en het cijfer van de kapitaalinvesteringen is gelijk aan dat van de afschrijvingen.

2. *Alle niveaus (dus van sterfte, geboorten, investeringen*

en afschrijving) worden op een minimum gehouden.

3. *De niveaus van kapitaal en bevolking en de verhouding van die twee worden vastgesteld in overeenstemming met de waarden van de samenleving.* Zij kunnen weloverwogen herzien en langzaam aangepast worden als de vooruitgang van de technologie nieuwe keuzemogelijkheden schept.

Een op deze wijze gedefinieerd evenwicht betekent geen stilstand. Binnen de eerste twee bovenstaande richtlijnen kan men bedrijven uitbreiden of failliet laten gaan, kunnen lokale bevolkingsgroepen toe- of afnemen, en het inkomen meer of minder gelijkmatig verdeeld worden. Technologische vooruitgang zal de diensten door een constante voorraad kapitaal voortgebracht, langzaam doen stijgen. Binnen de derde richtlijn zal ieder land zijn gemiddelde levensstandaard kunnen wijzigen door verandering van de verhouding tussen zijn bevolking en zijn kapitaal. Verder zou een gemeenschap zich - door het langzaam en op beheerste wijze, met een vooraf bepaald doel in gedachten, vergroten of verkleinen van de bevolking of de kapitaalvoorraden, of beide - aan veranderende interne of externe factoren aan kunnen passen. De drie bovenstaande uitgangspunten bepalen een dynamisch evenwicht, dat de wereld niet moet en waarschijnlijk niet zal 'bevriezen' in de bevolkingkapitaalverhouding, die nu toevallig bestaat. Het oogmerk bij het aanvaarden van de drie bovenstaande uitgangspunten is vrijheid en niet een dwangbuis, voor de samenleving te scheppen. Hoe zou het leven in een dergelijke evenwichtstoestand eruit zien? Zou vernieuwing verstikt worden? Zou de samenleving in de patronen van ongelijkheid en onrechtvaardigheid, die we in de wereld van vandaag zien, opgesloten worden? Bespreking van deze vragen moet op basis van verstandelijke modellen verder gaan, omdat er geen formeel model van de sociale omstandigheden in de evenwichtstoestand bestaat. Niemand kan voorspellen welk soort vaste gewoonten de mensheid onder deze nieuwe voorwaarden zal kunnen ontwikkelen. Er bestaat natuurlijk geen garantie dat de nieuwe maatschappij veel beter dan, of zelfs sterk verschillend van, de nu bestaande zal zijn. Maar het lijkt mogelijk dat een

samenleving, die bevrijd is van de strijd met de vele problemen die door de groei worden veroorzaakt, méér energie en vernuft voor de oplossing van andere problemen beschikbaar zal hebben. Zoals we hierna uiteen zullen zetten, geloven wij zelfs dat het ontstaan van een samenleving die vernieuwing en technologische ontwikkeling bevordert, een maatschappij die gebaseerd is op gelijkheid en rechtvaardigheid, veel waarschijnlijker is in een toestand van wereldomvattend evenwicht dan in de toestand van groei die wij nu meemaken.

Groei in de toestand van evenwicht

In 1857 schreef John Stuart Mill:

Het is nauwelijks nodig op te merken dat een stationaire toestand van bevolking en kapitaal niet een stationair stadium van menselijke vooruitgang inhoudt. Er zou zeker zo veel uitzicht voor alle vormen van geestelijke cultuur, morele en sociale vooruitgang als ooit zijn; zeker zoveel ruimte om de kunst om te leven te veredelen en een veel grotere kans dat deze veredeld zal worden.⁴⁹

Bevolking en kapitaal zijn de enige grootheden die in de evenwichtstoestand constant moeten zijn. Elke menselijke activiteit die geen grote stroom van onvervangbare hulpstoffen vergt of ernstige milieuverslechtering veroorzaakt, kan onbeperkt blijven groeien. In het bijzonder die bezigheden die velen als de meest begeerlijke en voldoening gevende activiteiten van de mens omschrijven, zoals onderwijs, kunst en muziek, godsdienst, fundamenteel wetenschappelijk onderzoek, sport en sociaal verkeer zouden kunnen bloeien.

Alle bovengenoemde activiteiten hangen in sterke mate van twee factoren af. Ten eerste hangen zij van de beschikbaarheid van goederen en diensten, boven die welke voor de voornaamste menselijke behoeften aan voedsel en beschutting nodig zijn, af. Ten tweede vereisen zij vrije tijd. In iedere evenwichtstoestand zouden de betrokken niveaus van kapitaal en bevolking aangepast kunnen worden, om zeker te stellen dat in de menselijke mate-

riële behoeften op ieder gewenst niveau wordt voorzien. Aangezien de hoeveelheid materiële produktie in wezen constant zal zijn, zal iedere verbetering in de produktie-methoden kunnen leiden tot toeneming van de vrije tijd voor de bevolking; vrije tijd die besteed zou kunnen worden aan iedere activiteit die relatief niet-verbruikend is, zoals de hierboven vermelde. Zo zou deze ongelukkige, door Bertrand Russel beschreven, situatie vermeden kunnen worden:

Veronderstel dat op een bepaald moment een zeker aantal mensen met de fabricage van spelden bezig is. Zij maken evenveel spelden als de wereld nodig heeft en werken, stel, acht uur per dag. Iemand doet een uitvinding waarbij hetzelfde aantal mensen nu twee maal zoveel spelden kan maken. Maar de wereld heeft niet twee maal zoveel spelden nodig. Spelden zijn al zo goedkoop dat er tegen een lagere prijs nauwelijks méér gekocht zullen worden. In een weldenkende wereld zou iedereen die met de fabricage van spelden te maken heeft, ertoe overgaan vier in plaats van acht uur te werken en alles zou verder gaan als tevoren. Maar in de bestaande wereld vindt men dit demoraliserend. De mensen werken nog steeds acht uur, er zijn te veel spelden, sommige werkgevers gaan failliet en de helft van de mensen die zich met het maken van spelden bezig hielden, wordt ontslagen. Er is tenslotte precies evenveel vrije tijd als in de vorige geschetste situatie, maar de helft van de mensen is nu volledig werkloos, terwijl de andere helft nog steeds te hard werkt. Op deze manier is men zeker dat de onvermijdelijke vrije tijd overal ellende zal veroorzaken in plaats van een universele bron van geluk te zijn. Kan men zich iets krankzinnigers voorstellen?⁵⁰

Maar zouden de technologische verbeteringen die een meer efficiënte produktie van spelden of iets anders mogelijk maken, in een wereld waarin alle primaire materiële behoeften zijn vervuld en extra-produktie niet is geoorloofd, tot stand komen? Wordt de mens door ontbering en de prikkel van de materiële groei aangezet tot het ontwerpen van betere methoden?

Historisch feitenmateriaal zou erop wijzen dat er heel weinig belangrijke uitvindingen zijn gedaan door mensen die al hun energie aan het dagelijks bestaan moesten besteden. De atoomenergie werd door enkelingen die

onbewust waren van enig dreigend tekort aan fossiele brandstoffen, in de fundamenteel-wetenschappelijke laboratoria ontdekt. De eerste genetische experimenten die honderd jaar later tot landbouwgewassen met hoge opbrengsten zouden leiden, vond in de rust van een Europees klooster plaats. Hoge menselijke noden mogen tot de toepassing van deze fundamentele ontdekkingen op praktische problemen hebben gedwongen, maar pas de afwezigheid van een behoefte leverde de noodzakelijke kennis op, die voor de praktische toepassing nodig is. Technologische vooruitgang zal in de evenwichtstoestand zowel noodzakelijk als gewenst zijn. Een paar duidelijke voorbeelden van de verschillende praktische ontdekkingen die het functioneren van een gestabiliseerde maatschappij kunnen verbeteren, zijn:

- nieuwe methoden van afvalverzameling, om de vervuiling te beperken en het afgedankte materiaal voor recirculatie beschikbaar te maken;

- efficiëntere methoden voor recirculatie om de snelheid waarmee de hulpbronnen uitgeput raken te beperken;

- verbetering van de produktontwerpen gericht op vergroting van de levensduur en gemakkelijke reparatie, zodat de kapitaalafschrijving tot een minimum zou kunnen worden teruggebracht;

- bruikbaar maken van zonne-energie, de meest vervuilingsvrije krachtbron;

- methoden voor natuurlijke ongediertebestrijding die berusten op vollediger begrip van ecologische betrekkingen;

- medische vooruitgang die het sterftecijfer zou kunnen verlagen;

- verbeterde methoden voor geboortenbeperking die het makkelijker zouden kunnen maken geboorten- en sterftecijfers aan elkaar aan te passen.

Wat de prikkel betreft die de mens aan zou moedigen om een dergelijke technologische opmars tot stand te brengen: welke prikkel kan beter zijn dan de wetenschap dat een nieuw idee omgezet zou kunnen worden in een zichtbare verbetering van de kwaliteit van het bestaan? De geschiedenis leert dat de uitvindingen van de mensheid geleid hebben tot opeenhopingen van mensen, ver-

slechtering van het milieu en grotere sociale ongelijkheid omdat grotere produktiviteit teniet gedaan wordt door groei van bevolking en kapitaalgoederen. Er is geen enkele reden waarom hogere produktiviteit niet zou kunnen leiden tot een hogere levensstandaard of meer vrije tijd of een prettiger omgeving, indien deze als doelstellingen in plaats van groei de hoogste maatschappelijke waarde krijgen.

Gelijke verdeling in de toestand van evenwicht

Een van de meest ingeburgerde mythes van onze huidige samenleving is de belofte dat de voortzetting van onze tegenwoordige groeipatronen tot gelijkwaardigheid van de mensen zal leiden. Op verschillende plaatsen in dit boek hebben we aangetoond dat het huidige patroon van bevolkings- en kapitaalgroei in werkelijkheid de kloof tussen rijk en arm in de wereld vergroot en dat het uiteindelijk resultaat van een voortgezette poging tot groei volgens het huidige patroon een rampzalige ineenstorting zal zijn.

Het grootst mogelijke beletsel voor een meer gelijke verdeling van de rijkdommen van de wereld is de groei van de bevolking. Het schijnt een betreuenswaardige maar begrijpelijke algemene ervaring te zijn, dat bij toename van het aantal mensen waarover een zekere beperkte rijkdom verdeeld moet worden, de eerlijkheid van de verdeling minder wordt. Eerlijke verdeling wordt sociale zelfmoord als de gemiddelde beschikbare hoeveelheid per persoon niet genoeg is om het leven in stand te houden. Studies van de Voedsel- en Landbouworganisatie van de Verenigde Naties (FAO) betreffende de voedselverdeling hebben deze algemene waarneming met bewijzen gestaafd.

Analyse van de verdelingskromme wijst uit dat wanneer de voedselvoorziening van een groep afneemt, ongelijkheden in de ontvangst geaccentueerd worden, terwijl het aantal ondervoede gezinnen meer dan proportioneel toeneemt met de afwijking van het gemiddelde. Bovendien groeit het tekort

aan voedsel met de omvang van de gezinnen, zodat grote gezinnen en, in het bijzonder hun kinderen, statistisch gezien de meeste kans hebben om ondervoed te worden.⁵¹

In een evenwichtstoestand op lange termijn zouden de respectievelijke niveaus van bevolking en kapitaal en hun betrekking tot vaststaande beperkingen, zoals grond, drinkwater en minerale grondstoffen, zo vastgesteld moeten worden, dat er genoeg voedsel en materiële produktie is voor ieder om (tenminste) een minimum-bestaansniveau te handhaven. Zo zou een hinderpaal voor een gelijke verdeling uit de weg geruimd kunnen worden. Bovendien zou de tweede werkelijke belemmering voor gelijke verdeling, nl. de groeibelofte, niet langer gehandhaafd kunnen worden, zoals dr. Herman Daly heeft opgemerkt.

Om verschillende redenen zal het belangrijke vraagstuk van de stationaire toestand niet de produktie, maar de distributie zijn. Het vraagstuk van het relatieve aandeel kan niet langer door een beroep op de groei omzeild worden. Het argument dat iedereen gelukkig moet zijn, zolang zijn absolute aandeel in de welvaart toeneemt, ongeacht zijn relatieve deel, zal niet langer aanwezig zijn. De stationaire toestand zal veel minder eisen aan de natuurlijke hulpbronnen stellen, maar een veel sterker beroep op onze morele hulpbronnen doen.⁵²

Er bestaat natuurlijk geen zekerheid dat, zelfs in een toestand van evenwicht, de morele hulpbronnen van de mensheid voldoende zullen zijn om het probleem van de inkomensverdeling op te lossen. Er bestaat echter nog minder zekerheid dat zulke sociale problemen zullen worden opgelost in de huidige toestand van groei, die het uiterste van zowel de morele als de fysieke hulpbronnen van de wereldbevolking vraagt.

Het beeld van de evenwichtstoestand dat we hier hebben getekend is zeker geïdealiseerd. Deze zou weleens in de hier omschreven vorm onbereikbaar kunnen zijn en misschien is het ook niet de vorm die de meeste mensen op aarde zouden kiezen. De enige reden om deze toestand zo te beschrijven is duidelijk te maken dat een wereldomvattend evenwicht niet het einde van de vooruitgang

of de menselijke ontwikkeling behoeft te betekenen. De mogelijkheden zijn in een evenwichtstoestand bijna onbeperkt.

Een toestand van evenwicht zou niet zonder spanningen zijn, aangezien geen enkele samenleving vrij van spanningen kan zijn. Evenwicht zou betekenen het inruilen van bepaalde menselijke vrijheden, zoals het voortbrengen van een onbeperkt aantal kinderen of het onbeperkt verbruik van hulpstoffen tegen andere vrijheden, zoals opheffing van de vervuiling, opeenhopingen van mensen en de dreiging van de ineenstorting van het wereldsysteem. Ook zouden nieuwe vrijheden kunnen ontstaan, zoals algemeen en onbeperkt onderwijs, vrije tijd voor creativiteit en inventiviteit en bovenal bevrijding van honger en armoede, waarvan zo'n klein deel van de bevolking maar kan genieten.

De overgang van groei naar wereldomvattend evenwicht

We kunnen op dit moment maar heel weinig zeggen over de praktische stappen die, van dag tot dag, genomen zouden kunnen worden om ons naar een gewenste, continueerbare toestand van wereldomvattend evenwicht te voeren. Noch ons wereldmodel, noch onze eigen gedachten zijn voldoende in detail ontwikkeld om alle gevolgen van de overgang van groei naar evenwicht te begrijpen. Voordat een willekeurig deel van de wereldsamenleving zich weloverwogen toelegt op zo'n overgang, zijn veel besprekingen, uitgebreide analyses en veel nieuwe ideeën van veel verschillende mensen nodig. Als we iedere lezer van dit boek ertoe hebben aangezet zich af te vragen hoe een dergelijke overgang uitgevoerd zou kunnen worden, hebben we ons hoofddoel bereikt.

Nog veel meer informatie is nodig om de overgang naar het wereldomvattend evenwicht te begeleiden. Tijdens het proces van nauwkeurig onderzoek van de wereldgegevens en hun opname in een georganiseerd model, zijn we ons bewust geworden van de grote behoefte aan meer gegevens die wetenschappelijk gezien meetbaar zijn, maar die nog niet zijn gemeten. De meest in het oog

lopende hiaten in de huidige kennis blijken in de vervuilingssector van het model. Welk tijdsverloop ligt er tussen het tijdstip van lozing van een bepaalde verontreinigende stof en het tijdstip van opname in het menselijk lichaam van deze stof? Hangt de tijd die voor het omzetten van een vervuילend element in een onschadelijke vorm nodig is van de groei van vervuiling af. Heeft de samenwerking van een aantal verschillende verontreinigende stoffen een versterkend effect op de menselijke gezondheid? Wat zijn de lange-termijneffecten van kleine hoeveelheden van deze stoffen op mensen en andere organismen? Er is ook behoefte aan meer kennis over de mate van bodemerosie en landverspilling bij het gebruik van geïntensiveerde moderne landbouwmethoden.

Vanuit onze gunstige positie als systeemanalisten zouden we natuurlijk willen aanbevelen dat het zoeken naar feiten niet willekeurig gebeurt, maar dat dit wordt beheerst vanuit een sterke wil om een *systeemstructuur* op te bouwen. Het gedrag van alle gecompliceerde sociale systemen wordt in de eerste plaats bepaald door de onderlinge verwevenheid van fysieke, biologische, psychische en economische betrekkingen, die iedere menselijke bevolking, zijn natuurlijk milieu en zijn economische activiteiten samenbinden. Zolang niet de basisstructuren van onze socio-economische systemen zorgvuldig zijn onderzocht, kunnen we ze niet in de hand houden, net zoals we een auto niet rijdende kunnen houden als we niet weten hoe de vele delen elkaar beïnvloeden. Onderzoek van de systemenstructuren kan opleveren dat het invoeren van een eenvoudig terugkoppelingsmechanisme vele problemen helpt oplossen. Een aantal interessante suggesties zijn al in die richting gedaan - bij voorbeeld dat de totale kosten van de vervuiling en de grondstofuitputting in de prijs van een produkt moet worden opgenomen of dat we van iedere gebruiker van rivierwater eisen dat hij zijn toevoerkanaal *stroomafwaarts* van zijn afvoerkanaal plaatst.

Tenslotte heeft het moeilijkste en belangrijkste stuk informatie dat we nodig hebben te maken met menselijke waarden. Zo gauw de samenleving inziet dat we niet alles

voor iedereen kunnen blijven verhogen, moet men beginnen met het maken van keuzen. Wil men meer mensen of meer welvaart, meer bossen of meer auto's, meer voedsel voor de armen of meer diensten voor de rijken? Het vaststellen van de antwoorden van de gemeenschap op dit soort vragen en deze antwoorden in beleidsvormen vertalen, is de essentie van het politieke proces. Toch realiseren maar weinig mensen in elke samenleving zich dat zulke keuzen iedere dag worden gemaakt en nog minder vragen zij zich af wat hun eigen keuze zou zijn. De maatschappij die zich in evenwicht bevindt, zal de door de begrensde aarde veroorzaakte keuzeproblemen moeten afwegen, niet alleen met inachtneming van menselijke waarden maar ook rekening houdend met toekomstige generaties. Daarom zal die maatschappij moeten beschikken over betere middelen dan we nu bezitten om de aanwezig reële alternatieven te verduidelijken, om vast te stellen wat de stellingen van de gemeenschap zijn en naar voren te komen met die alternatieven die het meest met zulke doelstellingen overeenkomen. Maar het belangrijkste van alles is dat de doelstellingen op lange termijn moeten worden omschreven en dat de korte-termijndoelinden daarin moeten passen.

Terwijl we de behoefte aan meer studie en discussie van deze moeilijke vraagstukken onderstrepen, eindigen we met een oproep tot urgentie. Het is onze hoop dat intensieve studie en discussie tegelijkertijd met een lopend werkprogramma voortgang zullen vinden. De details zijn nog niet uitgewerkt, maar de algemene richting voor een dergelijke actie is duidelijk. Er is al genoeg kennis beschikbaar om van vele voorgestelde beleidslijnen te onderzoeken in hoeverre zij groei bevorderen of beïnvloeden. Vele landen zijn begonnen of bestuderen plannen om de bevolkingsgroei af te remmen. Bepaalde gebieden proberen zelfs hun economische groei terug te brengen.⁵³

Deze pogingen zijn tot dusver nog zwak, maar ze zouden zeer snel versterkt kunnen worden als evenwicht als nuttig en belangrijk doel erkend zou worden door een redelijk groot deel van de mensheid. We hebben her-

haaldelijk de nadruk gelegd op de betekenis van de natuurlijke vertragingen in het bevolking-kapitaal-systeem van de wereld. Deze vertragingen betekenen, bijvoorbeeld, dat als het geboortecijfer van Mexico tot het jaar 2000 geleidelijk van de huidige waarde tot de nauwkeurig vervangingswaarde (een gemiddelde van 2 kinderen per gezin) af zou nemen, dat de bevolking tot het jaar 2060 zou blijven groeien. In die tijd zou de bevolking van 50 miljoen tot 130 miljoen toenemen. Als de Verenigde Staten vanaf vandaag maar 2 kinderen per gezin zou hebben en er zou geen immigratie zijn, dan zou nog de bevolking blijven groeien tot 2037 en wel van 200 miljoen tot 266 miljoen.⁵⁴

Als de gehele wereldbevolking tegen het jaar 2000 een gezin van vervangingsgrootte zou hebben (waardoor de bevolking 5,8 miljard zou zijn) zou een afvlakking, dankzij de door de leeftijdsstructuur veroorzaakte vertragingen, pas optreden bij 8,2 miljard⁵⁵ (aannemende dat het sterftecijfer niet daarvoor zal stijgen - een onwaarschijnlijke veronderstelling volgens de uitkomsten van ons model). Bij deze problemen is het nemen van geen actie hetzelfde als het overgaan tot sterke actie. Iedere dag van doorgaande exponentiële groei brengt het wereldsysteem dichterbij de laatste grenzen aan die groei. Een besluit om niets te doen is een besluit om het risico van de ineenstorting te vergroten. We kunnen niet met zekerheid zeggen hoeveel langer de mensheid het begin van een weloverwogen beheersing van haar groei kan uitstellen, voordat zij de kans op beheersing heeft verloren. Op basis van onze huidige kennis van de *natuurlijke* beperkingen van onze planeet verwachten we dat de groeifase niet nog eens honderd jaar kan doorgaan. Want als de wereldsamenleving wacht tot deze beperkingen onmiskenbaar duidelijk zijn, zal zij, alweer als gevolg van de vertragingen in het systeem, te lang hebben gewacht. Zo is er reden tot diepe zorg, maar ook reden tot hoop. Het opzettelijk beperken van de groei zal moeilijk zijn maar niet onmogelijk. De aanpak is duidelijk en de noodzakelijke stappen, al zijn ze nieuw voor de menselijke samenleving, liggen zeker binnen de menselijke mogelijkheden. De mens bezit, op dit korte moment in onze

geschiedenis, de sterkste combinatie van kennis, gereedschappen en hulpbronnen die de wereld ooit heeft gekend. Hij heeft alles wat fysiek noodzakelijk is om een totaal nieuwe vorm van menselijke samenleving te scheppen; een vorm geschapen om generaties lang te blijven bestaan. De twee ontbrekende bestanddelen zijn een realistisch doel op lange termijn, dat de mensheid naar de samenleving-in-evenwicht kan leiden en de wil om dat doel te bereiken.

Zonder dat doel en die wil zullen onze op korte termijn gerichte zorgen de exponentiële groei veroorzaken, die ons in de richting van de begrenzingen van de aarde en de uiteindelijke ineenstorting drijft. Met dat doel en die wil het te bereiken zou de mensheid nu gereed zijn om te beginnen aan een beheerste, ordelijke overgang van de groei naar het wereldomvattend evenwicht.

Nawoord van het Uitvoerend Comité van de Club van Rome

Met de uitnodiging aan de MIT-groep dit onderzoek uit te voeren, hadden wij twee directe doelstellingen voor ogen. Eén was inzicht te verwerven in de begrenzingen van ons wereldsysteem en de beperkingen, die het oplegt aan het aantal mensen en de menselijke activiteit. De mens streeft heden ten dage meer dan ooit tevoren naar voortdurende, vaak versnelde groei - van bevolking, van het in bezit nemen van land, van produktie, van consumptie, van de hoeveelheid afval, etc. - daarbij blindelings aannemend dat zijn omgeving zo'n expansie toelaat, dat andere groepen zullen wijken of dat wetenschap en technologie de belemmeringen zullen wegnemen. Wij wilden onderzoeken in hoeverre deze houding ten opzichte van groei verenigbaar is met de dimensies van onze eindige planeet en met de fundamentele behoeften van onze wereldmaatschappij in wording - van de vermindering van sociale en politieke spanningen tot de verbetering in de kwaliteit van het bestaan voor allen.

Een tweede doelstelling was het helpen identificeren en bestuderen van de dominerende elementen (en hun interacties) die het gedrag op de lange duur van wereldsystemen beïnvloeden. Kennis hierover kan, naar onze mening, niet worden vergaard door zich te concentreren op nationale systemen en korte-termijnanalyses, zoals algemeen wordt gedaan. Het project was niet bedoeld als een stuk futurologie. Het was en is bedoeld als een ana-

lyse van heersende trends, van hun onderlinge beïnvloeding en van hun mogelijke resultaten. Ons doel was om te kunnen waarschuwen voor mogelijke wereldcrises als wordt toegelaten, dat deze trends doorgaan, en daarmee de gelegenheid te geven om veranderingen aan te brengen in onze politieke, economische en sociale systemen ten einde zeker te stellen dat deze crises niet zullen plaatsvinden.

Het rapport beantwoordt goed aan deze doelstellingen. Het betekent een forse stap op weg naar een veelomvattende en geïntegreerde analyse van de wereldsituatie, een benadering, waarvoor jaren nodig zullen zijn om deze te verfijnen, te verdiepen en uit te breiden. Dit rapport evenwel is slechts een eerste aanzet. De onderzochte grenzen aan de groei zijn slechts de bekende uiterste natuurlijke grenzen opgelegd door de eindigheid van het wereldsysteem. In werkelijkheid worden deze grenzen nog verder ingeperkt door politieke, sociale en institutionele beperkingen, door een ongelijkmatige verdeling van bevolking en hulpbronnen, en door ons onvermogen om zeer grote ingewikkelde systemen te beheersen.

Maar het rapport dient nog andere doelen. Het geeft voorlopige suggesties voor de toekomstige toestand van de wereld en opent nieuwe perspectieven voor een voortdurend verstandelijk en praktisch pogen om vorm te geven aan die toekomst.

Wij hebben de uitkomsten van dit rapport op twee internationale bijeenkomsten gepresenteerd. Beide werden in de zomer van 1971 gehouden, één in Moskou en de andere in Rio de Janeiro. Hoewel er vele vragen en kritiek loskwamen, was er geen werkelijk verschil van mening over de in dit rapport beschreven perspectieven. Een voorlopig concept van dit rapport werd eveneens voor commentaar voorgelegd aan een veertigtal personen, voor het merendeel leden van de Club van Rome. Het is interessant om enige van de voornaamste punten van kritiek hier te vermelden:

1. Aangezien modellen slechts een beperkt aantal variabelen kunnen bevatten, zijn de bestudeerde interacties slechts partieel. Voorts werd erop gewezen, dat in een wereldmodel, zoals in deze studie is gebruikt, de aggre-

gatiegraad bovendien noodzakelijkerwijze hoog is. Niettemin werd algemeen erkend dat het mogelijk is met een eenvoudig wereldmodel het effect van een verandering in de basisveronderstellingen te onderzoeken en het effect van een beleidsverandering te simuleren om te zien hoe zulke veranderingen het gedrag van het systeem in de tijd beïnvloeden. Soortgelijke experimenten in de werkelijke wereld zouden langdurig, kostbaar en in vele gevallen onmogelijk zijn.

2. Er werd op gewezen dat onvoldoende waarde werd gehecht aan de mogelijkheden van wetenschappelijke en technologische vorderingen in het oplossen van bepaalde problemen, zoals de ontwikkeling van geheel zekere contraceptieve methoden, de produktie van eiwitten uit fossiele brandstoffen, het opwekken of bruikbaar maken van praktisch onbeperkte hoeveelheden energie (inclusief 'schone' zonne-energie), en het daarop volgend gebruik van zonne-energie voor de synthese van voedsel uit lucht en water en voor het onttrekken van mineralen uit gesteentes. Men was het er evenwel over eens, dat zulke ontwikkelingen waarschijnlijk te laat zouden komen om desastreuze bevolkingsexplosies of milieurampen te voorkomen. Vermoedelijk zouden ze slechts crises uitstellen in plaats van vermijden, want de problematiek bestaat uit vraagstukken die méér dan technische oplossingen vereisen.

3. Anderen waren van mening dat de mogelijkheid van het ontdekken van grondstoffenvoorraden in gebieden die tot dusver nog onvoldoende zijn geëxploreerd, veel groter was dan het model aannam. Maar wederom zouden dergelijke ontdekkingen het zich voordoen van tekorten eerder uitstellen dan elimineren. Het moet echter erkend worden dat verlenging van de beschikbaarheid van hulpbronnen met enige tientallen jaren de mens weer tijd kan geven om oplossingen te vinden.

4. Sommige vonden het model te 'technocratisch' en merkten op dat het geen kritieke sociale factoren bevatte, zoals de effecten van het aannemen van verschillende

waardesystemen. De voorzitter van de bijeenkomst in Moskou vatte dit punt samen, toen hij zei: 'De mens is niet louter een biocybernetisch apparaat.' Deze kritiek is terecht. Het huidige model beschouwt de mens slechts in zijn materieel systeem omdat geldige sociale elementen gewoonweg niet konden worden bedacht en ingebracht in deze eerste poging. Maar ondanks de materiële gerichtheid van het model wijzen de conclusies van de studie toch op de noodzaak van fundamentele verandering in de waarden van de samenleving.

In het algemeen staat de meerderheid van degenen die het conceptrapport lazen achter de conclusies. Daarnaast is het duidelijk dat als de argumenten van het rapport (zelfs nadat rekening is gehouden met gerechtvaardigde kritiek) in principe worden geaccepteerd, hun betekenis nauwelijks kan worden overschat.

Vele lezers deelden ons geloof dat de wezenlijke betekenis van het project ligt in haar wereldconceptie, want het is door de kennis van een geheel, dat we de componenten leren begrijpen en niet andersom. Het rapport geeft duidelijk de alternatieven aan waartegenover niet één natie of volk, maar alle naties en volkeren zich geplaatst zien en het dwingt daardoor de lezer zich bezig te houden met de dimensies van de wereldproblematiek. Een bezwaar van deze benadering is natuurlijk dat, - gegeven de heterogeniteit van de werldsamenleving, van nationale politieke structuren, en van ontwikkelingsniveaus -, de conclusies van deze studie, alhoewel geldig voor onze planeet als geheel, niet in detail van toepassing zijn voor enig land of regio afzonderlijk.

Het is zo, dat in de praktijk de dingen gebeuren op punten van spanning, verspreid over de wereld en niet overal of tegelijkertijd op de gehele planeet. Maar, als door menselijke inertie en politieke moeilijkheden datgene zou gebeuren wat het model aangeeft, dan zou dit ongetwijfeld eerst optreden in een serie lokale crises en rampen. Maar het is waarschijnlijk ook zo, dat deze crises wereldwijd hun weerslag zouden vinden. Vele naties en mensen zouden overhaast verbeterende maatregelen treffen, zich in isolationisme terugtrekken en een eigen economisch beheer nastreven. Juist daardoor zou de situatie

in het systeem als geheel verslechteren, want de onderlinge afhankelijkheid van de verschillende componenten van het wereldsysteem maken juist zulke noodmaatregelen uiteindelijk doelloos. Oorlog, epidemieën, een steeds toenemend grondstoffengebrek van industriële economieën of een algeheel economisch verval leiden dan tot een zich uitbreidende sociale disintegratie.

Tenslotte werd het rapport bijzonder waardevol gevonden omdat het wijst op het exponentiële karakter van de bevolkingstoename binnen een gesloten systeem. Deze conceptie wordt nauwelijks vermeld of beseft in de praktische politiek, ondanks haar enorme implicaties voor de toekomst van onze eindige planeet. Het MIT-project geeft een beredeneerde en systematische verklaring van trends, die de mens maar amper aanvoelt.

De pessimistische conclusies van het rapport zijn stof voor discussies geweest en zullen dit ongetwijfeld blijven. Velen zullen geloven dat bijvoorbeeld ten aanzien van bevolkingstoename de natuur tegenmaatregelen zal nemen en geboortencijfers zullen dalen voordat een catastrofe dreigt. Anderen zullen gewoon van mening zijn, dat de in de studie geïdentificeerde trends, buiten het bereik van de menselijke controle liggen; deze mensen zullen wachten tot 'er iets op wordt gevonden'. En weer vele anderen zijn geneigd vertrouwen te stellen in de technologie met zijn zogenaamde hoorn, overvloeiende van wondermiddelen.

Wij juichen deze discussie toe en moedigen haar aan. Het is naar onze mening belangrijk om vast te stellen hoe groot de crisis werkelijk is waarmee de mensheid wordt geconfronteerd en welke mate van hevigheid zij vermoedelijk de komende tientallen jaren zal bereiken.

Afgaande op de reacties op het conceptrapport, geloven wij dat dit boek steeds meer mensen over de gehele wereld ertoe zal brengen zichzelf in ernst af te vragen of de stuwkracht van de tegenwoordige groei haar niet aan de draagcapaciteit van deze planeet voorbij zal doen schieten. En daarmee overdenken ook steeds meer mensen de angstaanjagende alternatieven die dat voorbijschieten als gevolg heeft voor onszelf, onze kinderen en onze kleinkinderen.

Hoe beoordelen wij als sponsors van dit project het rapport? We kunnen ons niet definitief uitspreken namens al onze collega's van de Club van Rome, want er bestaan tussen hen verschillen in interesse, nadruk en oordeel. Maar ondanks het voorlopig karakter van het rapport, de beperktheid van de vermelde gegevens en de inherente complexiteit van het wereldsysteem, dat het tracht te beschrijven, zijn we doordrongen van het belang van de hoofdconclusies. Wij geloven dat het een boodschap bevat met een veel diepere betekenis dan een gewone vergelijking van grootheden, namelijk een boodschap ter zake van alle aspecten van de kritieke situatie waarin de mensheid verkeert.

Ofschoon we hier slechts ons voorlopige oordeel kunnen geven, inziende dat hier nog veel denkwerk en ordening nodig zal zijn, zijn we het eens ten aanzien van de volgende punten:

1. We zijn ervan overtuigd dat het bewust worden van de kwantitatieve grenzen van het milieu over de hele wereld en van de tragische gevolgen van een chaos essentieel is voor het initiëren van nieuwe manieren van denken. Dit andere denken zal leiden tot een fundamentele herziening van het menselijk gedrag en, daardoor, van de gehele structuur van de hedendaagse samenleving.

Pas, nu de mens iets begint te begrijpen van de interacties tussen demografische en economische groei en nu beide ongekennde hoogten hebben bereikt, wordt hij gedwongen rekening te houden met de beperkte dimensies van zijn planeet en de begrenzingen van zijn aanwezigheid en activiteit aldaar. Voor het eerst is het van levensbelang geworden om de kosten van onbeperkte materiële groei na te gaan en alternatieven voor het continueren hiervan te overwegen.

2. We zijn er verder van overtuigd dat de demografische druk in de wereld reeds zo hoog is opgelopen en bovendien zo ongelijk is verdeeld, dat dit alleen al het mensdom moet dwingen naar een toestand van evenwicht op onze planeet te zoeken.

Onderbevolkte gebieden bestaan nog; maar als we de

wereld als geheel beschouwen, naderen we het kritieke punt in bevolkingstoename, als we dit al niet bereikt hebben. Er is natuurlijk geen enig, optimaal, lange-termijnbevolkingspeil; eerder is er een serie van evenwichten tussen bevolkingspeil, sociale en materiële normen, persoonlijke vrijheid en andere elementen, die tezamen de kwaliteit van het bestaan bepalen. Gegeven de eindige en afnemende voorraad van onvervangbare grondstoffen en de eindige ruimte van onze aarde, zal de stelregel algemeen aanvaard moeten worden, dat grotere aantallen mensen uiteindelijk een lagere levensstandaard zal inhouden - en ook een meer complexe problematiek. Daartegenover staat dat geen enkele fundamentele menselijke waarde in gevaar gebracht wordt door een geleidelijk afnemen van demografische groei.

3. We zien in dat wereldevenwicht alleen een realiteit kan worden als het lot van de zogenaamde ontwikkelingslanden in belangrijke mate mate wordt verbeterd, zowel absoluut als in vergelijking met de ontwikkelde landen en wij onderschrijven de uitspraak, dat deze verbetering slechts bereikt kan worden door een mondiale strategie. Zonder een wereldinspanning zullen de heden ten dage reeds explosieve kloven en ongelijkheden nog groter worden. Het resultaat kan slechts een ramp zijn of het nu is door zelfzucht van afzonderlijke landen, die in eigen belang blijven handelen, of door een machtsstrijd tussen ontwikkelings- en ontwikkelde landen. Het wereldsysteem heeft gewoonweg niet de ruimte en de overvloed om nog veel langer een dergelijk egocentrisch en tot botsingen-leidend gedrag van zijn bewoners toe te laten. Hoe dichter we komen bij de materiële grenzen die de planeet stelt, hoe moeilijker de aanpak van dit vraagstuk zal zijn.

4. Wij onderschrijven de uitspraak dat het mondiale ontwikkelingsvraagstuk evenwel zo nauw verweven is met andere mondiale vraagstukken, dat een alles omvattende strategie moet worden ontwikkeld voor alle belangrijke problemen, inclusief vooral die met betrekking op de verhouding van de mens met zijn leefmilieu.

Met een wereldbevolking, die in iets meer dan dertig jaar verdubbelt (een verdubbelingstijd, die bovendien nog afneemt), zal de samenleving het steeds moeilijker krijgen om te voorzien in de behoeften en verwachtingen van zo veel meer mensen in zo'n kort tijdsbestek. We zullen waarschijnlijk trachten aan deze vraag te voldoen door ons natuurlijke milieu te overexploiteren en door het vermogen van de aarde om het leven te onderhouden verder aan te tasten. Daarom zal aan beide zijden van de mens-milieuvergelijking de situatie de neiging hebben om gevaarlijk te verslechteren. We kunnen niet verwachten dat uitsluitend technologische oplossingen ons uit deze vicieuze cirkel zullen halen. De strategie om deze beide sleutelvraagstukken van ontwikkeling en milieu aan te pakken, moet worden gezien als een gezamenlijke strategie.

5. Wij zien in dat de complexe wereldproblematiek voor een groot gedeelte is samengesteld uit elementen, die niet kunnen worden uitgedrukt in meetbare termen. Niettemin geloven wij dat de overwegend kwantitatieve benadering gebruikt in dit rapport, een onmisbare methode is om de werking van de problematiek te begrijpen. En we hopen, dat een dergelijke kennis zal kunnen leiden tot een beheersing van deze elementen.

Hoewel alle grotere wereldvraagstukken fundamenteel samenhangen, is er nog geen methode gevonden om het geheel op doelmatige wijze aan te pakken. De benadering die wij hebben gevolgd, kan uiterst nuttig zijn voor het herformuleren van ons denken over het totaal van de kritieke situatie van de mensheid. Hierdoor komen we tot het definiëren van evenwichten die moeten bestaan binnen de menselijke samenleving en tussen de menselijke samenleving en haar omgeving en ook tot het waarnemen van de gevolgen die uit een verbreken van zulke evenwichten kunnen voortvloeien.

6. Wij zijn er unaniem van overtuigd dat een snel, radicaal herstel van de tegenwoordige uit het evenwicht gebrachte en gevaarlijk verslechterende toestand van de wereld de primaire taak is, waar de mensheid voor staat.

Onze huidige toestand is evenwel zo ingewikkeld en zozeer een afspiegeling van de veelsoortige activiteiten van de mens, dat geen combinatie van puur technische, economische of wettelijke maatregelen en vindingen een wezenlijke verbetering kan brengen. Totaal nieuwe benaderingen worden vereist om de samenleving om te buigen naar een streven naar evenwicht in plaats van naar groei. Zo'n reorganisatie vraagt een uiterste inspanning om begrip, verbeeldingskracht en politieke en morele moed op te brengen. Wij geloven dat een dergelijke inspanning mogelijk is en wij hopen dat deze publikatie zal helpen om krachten in beweging te brengen die dit mogelijk maken.

7. Deze uiterste inspanning is een uitdaging aan onze generatie. Ze kan niet worden doorgegeven aan de volgende. De poging moet zonder uitstel worden ondernomen en een duidelijke ombuiging (naar evenwicht) moet gedurende de jaren zeventig worden bereikt.

Ofschoon de inspanning zich aanvankelijk zal richten op de gevolgen van groei, in het bijzonder van bevolkingstoename, zal spoedig de totaliteit van de 'problematiek' van de wereld moeten worden aangepakt. Wij geloven dat snel noodzaak wordt om sociale innovatie (vernieuwingen) op te laten wegen tegen technische veranderingen. Ook geloven wij in de noodzaak van een radicale hervorming van instellingen en politieke processen op alle niveaus, het hoogste, dat van de wereldpolitiek, inbegrepen. Wij hebben vertrouwen dat onze generatie deze uitdaging zal aanvaarden doordat we de tragische gevolgen inzien die inactiviteit met zich meebrengt.

8. Wij twijfelen er niet aan dat, wil de mensheid een nieuwe koers gaan varen, gezamenlijke internationale maatregelen en gemeenschappelijke lange-termijnplanning nodig zullen zijn op een schaal en in een omvang zoals nooit tevoren.

Zulk een inspanning vraagt om een gezamenlijke inzet van alle volken, wat hun cultuur, economisch systeem of ontwikkelingsniveau ook mogen zijn. Maar de grootste verantwoordelijkheid moet liggen bij de meer ontwikkelde

aties, niet omdat zij meer visie en meer menselijkheid bezitten, maar omdat zij, door het groei-ideaal verbreid te hebben, nog staan aan de bron van de vooruitgang, die het onderhoudt. Naarmate beter inzicht in de toestand en de werking van het wereldsysteem wordt verkregen, zullen deze naties zich bewust gaan worden, dat in een wereld die in de eerste plaats stabiliteit nodig heeft, hun hoge ontwikkelingsniveaus alleen maar gerechtvaardigd of geduld kunnen worden, als deze niet als springplank dienen voor het bereiken van nog hogere niveaus, maar als een bevoorradingsgebied, van waaruit een meer billijke verdeling van rijkdom en inkomen over de gehele wereld georganiseerd kan worden.

9. Wij onderschrijven ondubbelzinnig dat een afremmen van de demografische en economische groeispiralen van de wereld niet moeten leiden tot een bevrozing van de *status quo* van de economische ontwikkeling van de naties op deze wereld.

Als zo'n voorstel zou worden gebracht door de rijke naties, zou het opgevat worden als het laatste bedrijf van neo-kolonialisme. Het bereiken van een harmonische toestand van een mondiaal economisch, sociaal en ecologisch evenwicht moet een gezamenlijke onderneming zijn, gebaseerd op een gemeenschappelijke overtuiging, met voordelen voor iedereen. Het grootste leiderschap zal worden gevraagd van de economisch ontwikkelde landen, want de eerste stap naar dat doel zou voor hen moeten zijn het aanmoedigen van een vermindering van de groei van hun eigen materiële produktie en terzelfder tijd de ontwikkelingslanden te helpen in hun pogingen om hun economie sneller vooruit te brengen.

10. Wij onderschrijven tenslotte de uitspraak dat iedere weloverwogen poging om een rationale en duurzame evenwichtstoestand te bereiken via duidelijke planning van maatregelen (en niet door toeval of catastrofe) uiteindelijk gegrondvest moet zijn op een fundamentele verandering in waarden en doelstellingen op individueel, nationaal en mondiaal niveau.

Deze verandering zit misschien al in de lucht, hoe vaag

ook. Maar onze traditie, opvoeding, huidige activiteiten en belangen zullen de overgang moeizaam en langzaam plaats doen vinden. Alleen een werkelijk begrijpen van de toestand van de mens op dit keerpunt in de geschiedenis kan de mens positief doen staan tegenover de vereiste individuele offers en veranderingen in politieke en economische machtsstructuren en in individueel gedrag, die een toestand van evenwicht bereikbaar maken.

De vraag blijft natuurlijk of de toestand van de wereld werkelijk zo ernstig is als dit rapport en ons commentaar aangeven. Wij geloven dat de waarschuwingen in dit boek ruimschoots gerechtvaardigd zijn en dat de doelstellingen en acties van onze huidige beschaving slechts de problemen van morgen kunnen vergroten. Doch wij zouden maar al te gelukkig zijn als onze voorlopige schattingen te somber zouden blijken.

Hoe dan ook, wij zijn met zeer grote zorg vervuld, maar niet wanhopig. Het rapport beschrijft een alternatief voor ongebreidelde en rampspoedige groei en brengt enige gedachten naar voren over de beleidsveranderingen, die een stabiel evenwicht voor het mensdom zouden kunnen bewerkstelligen. Het rapport geeft aan dat het binnen ons bereik ligt om te zorgen dat redelijk grote bevolkingen materieel een goed leven alsmede voldoende gelegenheid voor onbeperkte individuele en sociale ontwikkeling krijgen. Wij onderschrijven dit standpunt, ofschoon we realistisch genoeg zijn om niet meegesleept te worden door zuiver wetenschappelijke of ethische speculaties.

Het concept van een maatschappij in een bestendige toestand van economisch en ecologisch evenwicht lijkt wellicht makkelijk te begrijpen, maar de realiteit hiervan staat zóver buiten onze ervaring, dat er een copernicaanse omwenteling van de geest voor nodig is. Dit idee in daden om zetten is een taak met overstelpende moeilijkheden en complicaties. We kunnen slechts in ernst praten over wáar te beginnen, wanneer de boodschap van *De Grenzen aan de Groei* en van het gevoel van grote urgentie, wordt overgenomen door een groot gedeelte van de wetenschappelijke, politieke en publieke

opinie in vele landen. In ieder geval zal de overgang waarschijnlijk pijnlijk zijn en zij zal een uiterst beroep doen op de menselijke vindingrijkheid en vastberadenheid. Zoals we al gezegd hebben, kan slechts de overtuiging dat er geen andere weg naar overleving is, de morele, intellectuele en creatieve krachten vrij maken om deze weergaloze menselijke onderneming op gang te brengen.

Maar liever dan het aangeven van de moeilijkheden om een weg uit te zetten naar een evenwichtsmaatschappij, onderstrepen wij de uitdaging hiervan. Wij geloven dat een onverwacht groot aantal mannen en vrouwen van alle leeftijden en uit alle lagen van de bevolking de uitdaging graag zullen aannemen en vooral gemotiveerd zullen zijn om te bespreken niet *of* maar *hoe* we deze nieuwe toekomst kunnen creëren.

De Club van Rome is voornemens op vele manieren dergelijke activiteit te steunen. Het essentieële, bij het MIT begonnen, onderzoek op het gebied van 'world dynamics' zal worden voortgezet, zowel bij het MIT als door studies, uit te voeren in Europa, Canada, Zuid-Amerika, de Sowjet-Unie en Japan. Een aangezien verstandelijk duidelijk maken geen uitwerking heeft als het niet ook politiek geschiedt, zal de Club van Rome ook het oprichten van een wereldforum aanmoedigen. Een forum waarin staatslieden, beleidsvormers en wetenschapsmensen de gevaren en de verwachtingen voor het toekomstige mondiale systeem kunnen bespreken zonder de beperkingen van het formeel intergouvernementeel onderhandelen. De laatste gedachte die wij naar voren willen brengen, is dat de mens zich zelf moet onderzoeken - zijn eigen doelstellingen en waarden - evenzeer als de wereld die hij wil veranderen. De toewijding aan beide taken moet blijvend zijn. De kern van de zaak is niet alleen of het mensdom zal blijven voortbestaan, maar meer nog of het kan blijven leven zonder te vervallen tot een bestaan zonder waarde.

Het Uitvoerend Comité van de Club van Rome
Alexander King, Saburo Okita, Aurelio Peccei,
Eduard Pestel, Hugo Thiemann, Carrol Wilson

Aanhangsel

De publikaties van de System Dynamics Group, die verband houden met het MIT-Club van Romeproject over de kritieke situatie van de mensheid, zijn hieronder vermeld.

Anderson, Alison and **Anderson, Jay M.**, *System Simulation to Test Environmental Policy III: The Flow of Mercury through the Environment*, mimeographed, Cambridge, Mass.: Massachusetts Institute of Technology 1971.

Anderson, Jay M., *System Simulation to Test Environmental Policy II: The Eutrophication of Lakes*, mimeographed, Cambridge, Mass.: Massachusetts Institute of Technology 1971.

Behrend, William W. III, *The Dynamics of Natural Resource Utilization*. Paper presented at the 1971 Summer Computer Simulation Conference sponsored by the Board of Simulation Conferences, July 1971, Denver, Colorado.

Behrens, William W. III and **Meadows, Dennis L.**, *The Determinations of Long-Term Resource Availability*, Paper presented at the annual meeting of the American Association for the Advancement of Science, January 1971, Philadelphia, Pa.

Chourci, Nazli, Laird, Michael, and Meadows, Dennis L.,

Resource Scarcity and Scarcity and Foreign Policy: A Simulation Model of International Conflict, Paper presented at the annual meeting of the American Association for the Advancement of Science, January 1971, Philadelphia, Pa.

Forrester, Jay W., *Counterintuitive Nature of Social Systems*, 'Technology Review 73 (1971): 53.

Forrester, Jay W., *World Dynamics*, Cambridge, Mass.: Wright-Allen Press, 1971.

Harbordt, Steffan C., *Linking Socio-Political Factors to the World Model*, Mimeographed, Cambridge, Mass.: Massachusetts Institute of Technology, 1971.

Meadows, Donella H., *The Dynamics of Population Growth in the Traditional Agricultural Village*, mimeographed, Cambridge, Mass.: Massachusetts Institute of Technology, 1971.

Meadows, Donella H., *Testimony Before the Education Committee of the Massachusetts Great and General Court on Behalf of the House Bill 3787*, Republished as *Reckoning with Recklessness*, 'Ecology Today', January 1972, p.11.

Meadows, Dennis L., *The Dynamics of Commodity Production Cycles*, Cambridge, Mass.: Wright-Allen Press, 1970.

Meadows, Dennis L., *MIT-Club of Rome Project on the Predicament of Mankind*, mimeographed, Cambridge, Mass.: Massachusetts Institute of Technology, 1971.

Meadows, Dennis L., *Some Requirements of a Successful Environmental Program*, Hearings of the Subcommittee on Air and Water pollution of the Senate Committee on Public Works, Part 1, May 3, 1971. Washington, D.C. Government Printing Office 1971.

Milling, Peter, *A Simple Analysis of Labor Displacement and Absorption in a Two Sector Economy*, mimeographed, Cambridge, Mass.: Massachusetts Institute of Technology, 1971.

Naill, Roger F., *The Discovery Life Cycle of a Finite Resource: A Case Study of US Natural Gas*, mimeographed, Cambridge, Mass.: Massachusetts Institute of Technology, 1971.

Randers, Jorgen, *The Dynamics of Solid Waste Generation*, mimeographed, Cambridge Mass.: Massachusetts Institute of Technology, 1971.

Randers, Jorgen and Meadows, Donella H., *The Carrying Capacity of our Global Environment: A Look at the Ethical Alternatives*, in 'Western Man and Environmental Ethics', ed. **Ian Barbour**, Reading, Mass.: Addison-Wesley, 1972.

Randers, Jorgen and Meadows, Dennis L., *System Simulation to Test Environmental Policy I: A Sample Study of DDT Movement in the Environment*, mimeographed, Cambridge, Mass.: Massachusetts Institute of Technology, 1971.

Schantzis, Stephen B. and Behrens, William W. III, *Population Control Mechanisms in a Primitive Agricultural Society*, mimeographed, Cambridge, Mass.: Massachusetts Institute of Technology, 1971.

1. **A.M. Carr-Saunders**, *World Population: Past Growth and Present Trends*, Oxford: Clarendon Press, 1936, p. 42.
2. **US Agency for International Development**, *Population Program Assistance*, Washington, DC: Government Printing Office, 1970, p. 172.
3. *World Population Data Sheet 1968* Washington, DC: population Reference Bureau, 1968.
4. **Lester R. Brown**, *Seeds of Change*, New York: Praeger Publishers, 1970, p. 135.
5. **President's Science Advisory Panel on the World Food Supply**, *The World Food Problem*, Washington, DC: Government Printing Office, 1967, 2:5.
6. **President's Science Advisory Panel on the World Food Supply**, *The World Food Problem*, 2:423.
7. **President's Science Advisory Panel on the World Food Supply**, *The World Food Problem*, 2:460-69.
8. **UN Food and Agriculture Organization**, *Provisional Indicative World Plan for Agricultural Development*, Rome: UN Food and Agriculture Organization, 1970, 1:41.
9. Gegevens uit een overzicht van Economic Research Service, vermeld door Rodney J. Arkley in *Urbanization of Agricultural Land in California*, Berkely, Calif.: University of California, 1970.
10. **Paul R. Ehrlich** en **Anne H. Ehrlich**, *Population, Resources, Environment*, San Francisco, Calif.: W.H. Freeman and Company, 1970, p. 72

11. *Man's Impact on the Global Environment*, Report of the Study of the Study of Critical Environmental Problems, Cambridge, Mass.: MIT Press, 1970, p. 118.
12. *First Annual Report of the Council on Environmental Quality*, Washington, DC: Government Printing Office, 1970, p. 158.
13. **US Bureau of Mines**, *Mineral Facts and Problems*, 1970, Washington, D.C.: Government Printing Office, 1970, p. 247.
14. Gegevens over kwik van het **US Bureau of Mines**, *Minerals Yearbook*, Washington, DC: Government Printing Office, 1967, 1(2):724 en **US Bureau of Mines**, *Commodity Data Summary*, Washington, DC: Government Printing Office, January 1971, p. 90. Gegevens over lood uit *Metal Statistics*, Somerset, NJ: American Metal Market Company, 1970, p. 215.
15. **G. Evelyn Hutchinson**, *The Biosphere*, 'Scientific American', September 1970, p. 53.
16. **Chauncey Starr**, *Energy and Power*, 'Scientific American', September 1971, p. 42.
17. **UN Department of Economic and Social Affairs**, *Statistical Yearbook 1969*, New York: United Nations, 1970, p. 40.
18. **Bert Bolin**, *The Carbon Cycle*, 'Scientific American', September 1970, p. 131.
19. *Inadvertent Climate Modification*, Report of the Study of Man's Impact on Climate Cambridge, Mass.: MIT Press, 1971, p. 234.
20. **John R. Clark**, *Thermal Pollution and Aquatic Life*, 'Scientific American', March 1969, p. 18.
21. *Inadvertent Climate Modification*, pp. 151-54.
22. **John P. Holdren**, *Global Thermal Pollution*, in *Global Ecology*, ed. **John P. Holdren** and **Paul R. Ehrlich**, New York: Harcourt Brace Jovanovich, 1971, p. 85.
23. **Baltimore Gas and Electric Company**, *Preliminary Safety Analysis Report*, geciteerd in **E.P. Ranford** e.a., *Statement of Concern*, 'Environment', September 1969, p. 22.
24. **R.A. Wallace**, **W. Fulkerson**, **W.D. Shults**, and **W.S. Lyons**, *Mercury in the Environment*, Oak Ridge, Tenn.: Oak Ridge Laboratory, 1971.

25. *Man's Impact on the Global Environment*, p. 131.
26. **C.C. Patterson** and **J.D. Salvia**, *Lead in the Modern Environment*, 'Scientist and Citizen', April 1968, p. 66.
27. *Second Annual Report on Environmental Quality*, Washington DC: Government Printing Office, 1971, pp. 110-11.
28. **Edward J. Kormandy**, *Concepts of Ecology*, Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1969, pp. 95-97.
29. *Second Annual Report of the Council on Environmental Quality*, p. 105.
30. Berekend uit het gemiddelde BNP per hoofd door middel van de relaties die zijn vermeld in **H.B. Chenery** en **L. Taylor**, *Development Patterns: Among Countries and Over Time*, *Review of Economics and Statistics* 50, 1969; 391.
31. Berekend uit gegevens over het metaal- en energieverbruik in UN Department of Economic and Social Affairs, *Statistical Yearbook 1969*.
32. **J.J. Spengler**, 'Demography' 3, 1966: 109.
33. **Lester B. Lave** and **Eugene P. Seskin**, *Air Pollution and Human Health*, 'Science' 169, 1970: 723.
34. *Second Annual Report of the Council on Environmental Quality*, pp. 105-6.
35. **Frank W. Notestein**, *Zero Population Growth; what Is It?* *Family Planning Perspectives* 2, June 1970:20.
36. **Donald J. Bogue**, *Principles of Demography*, New York: John Wiley and Sons.
37. **R. Buckminster Fuller**, *Comprehensive Design Strategy*, *World Resources Inventory*, Phase II, Carbondale, Ill.: University of Illinois, 1967, p. 48.
38. **Thomas S. Lovering**, *Mineral Resources from the Land*, in *Committee on Resources and Man, Resources and Man*, San Francisco, Calif.: W.H. Freeman and Company, 1969, p. 122-23.
39. *Second Annual Report of the Council on Environmental Quality*, p. 118.
40. **Garrett Hardin**, *The Cybernetics of Competition: A Biologist's View of Society*, *Perspectives in Biology and Medicine* 7, Autumn 1963: 58, herdrukt in **Paul Shepard** and **Daniel McKinley**, ed., *The Subversive Science*, Boston: Houghton Mifflin, 1969, p. 275.

41. **S.R. Sen**, *Modernizing Indian Agriculture* vol 1 Expert Committee on Assessment and Evaluation, New Delhi: Ministry of Food, Agriculture, Community Development, and Cooperatives, 1969.
42. Voor een uitstekende samenvatting van dit vraagstuk, zie **Robert d'A. Shaw**, *Jobs and Agricultural Development*, Washington, DC: Overseas Development Council, 1970.
43. **Richard Critchfield**, *It's a Revolution All Right*, Alicia Patterson Fund paper, New York: Alicia Patterson Fund, 1971.
44. **Robert d'A. Shaw**, *Jobs and Agricultural Development*, p. 44.
45. **Lester R. Brown**, *Seeds of Change*, p. 112.
46. **US Bureau of the Census**, *1970 Census of Population and Housing, General Demographic Trends of Metropolitan Areas, 1960-70*, Washington, DC: Government Printing Office, 1971.
47. **Garrett Hardin**, *The Tragedy of the Commons*, 'Science' 162 (1968): 1243.
48. **UN Food and Agriculture Organization**, *The State of Food and Agriculture*, Rome: UN Food and Agriculture Organization, 1970, p. 6.
49. **John Stuart Mill**, *Principles of Political Economy*, in *The Collected Works of John Stuart Mill*, ed. **V.W. Bladen** en **J.M. Robson**, Toronto: University of Toronto Press, 1965, p. 754.
50. **Bertrand Russell**, *In Praise of Idleness and Other Essays*, London: Allen and Unwin, 1935, pp. 16-17.
51. **UN Food and Agriculture Organization**, *Provisional Indicative World Plan for Agricultural Development* 2:490.
52. **Herman E. Daly**, *Toward a Stationary-State Economy*, in *The Patient Earth*, ed. **John Harte** and **Robert Socolow**, New York: Holt, Rinehart, and Winston, 1971, p. 236-37.
53. Zie, bijvoorbeeld, *Fellow Americans Keep Out!*, 'Forbes', 15 juni 1971, p. 22 en 'The Ecologist', januari 1972.
54. **Commission on Population Growth and the American Future**, *An Interim Report to the President and the Congress*, Washington, DC: Government Printing Office, 1971.
55. **Bernard Berelson**, *The Population Council Annual Report, 1970*, New York: The Population Council, 1970, p. 19.

Lijst van figuren

- Fig. 1. Gezichtsveld van de mens 23
- Fig. 2. Wereldverbruik van kunstmest 30
- Fig. 3. Stedelijke bevolking van de wereld 31
- Fig. 4. Groei van de besparingen 33
- Fig. 5. Wereldbevolking 37
- Fig. 6. Industriële wereldproduktie 43
- Fig. 7. Economische groeicijfers 45
- Fig. 8. Eiwitten- en calorieënconsumptie 52
- Fig. 9. Voedselproduktie 54
- Fig. 10. Bebouwbaar land 55
- Fig. 11. Chroomreserves 64
- Fig. 12. Beschikbaarheid van chroom 67
- Fig. 13. Beschikbaarheid van chroom bij een verdubbeling van de bekende reserves 69
- Fig. 14. Energieverbruik en BNP per hoofd 74
- Fig. 15. Concentratie van kooldioxyde in de atmosfeer 76
- Fig. 16. Ontstaan van afvalwarmte in het bekken van Los Angeles 78
- Fig. 17. Radioactief afval 79
- Fig. 18. Veranderingen in de chemische karakteristieken en de commerciële visproduktie in het meer van Ontario 80-81
- Fig. 19. Zuurstofgehalte in de Baltische Zee 82
- Fig. 20. Kwikgebruik in de VS 83
- Fig. 21. Lood in de Groenlandse ijskap 84

- Fig. 22. DDT-bewegingen in het milieu 88
- Fig. 23. Terugkoppelingskringlopen van bevolkings- en kapitaalgroei 100
- Fig. 24. Terugkoppelingskringlopen van de bevolking, het kapitaal, de landbouw en de vervuiling 102
- Fig. 25. Terugkoppelingskringlopen van de bevolking, het kapitaal, de diensten en de grondstoffen-reserves 106
- Fig. 26. Wereldmodel 108-109
- Fig. 27. Voeding en verwachte levensduur 110
- Fig. 28. Industriële produktie per hoofd en grond- en hulpstoffenverbruik 113
- Fig. 29. Wereldstaalverbruik en BNP per hoofd 114
- Fig. 30. Staal- en koperverbruik en BNP per hoofd in de VS 116
- Fig. 31. Geboortecijfers en BNP per hoofd 118
- Fig. 32. Gezinnen die vier of meer kinderen wensen en het BNP per hoofd 120
- Fig. 33. Gewenste gezinsgrootte 122
- Fig. 34. Invloed en vervuiling op de verwachte levensduur 125
- Fig. 35. Standaarduitkomst van het wereldmodel 130
- Fig. 36. Wereldmodel met verdubbelde natuurlijke hulpbronnen 133
- Fig. 37. Wereldmodel met 'onbepaalde' natuurlijke hulpbronnen 139
- Fig. 38. Kosten van vervuilingbeperking 142
- Fig. 39. Wereldmodel met 'onbepaalde' natuurlijke hulpbronnen en vervuilingbeheersing 143
- Fig. 40. Wereldmodel met 'onbepaalde' natuurlijke hulpbronnen, vervuilingbeheersing en toegenomen landbouwproduktiviteit 145
- Fig. 41. Wereldmodel met 'onbepaalde' natuurlijke hulpbronnen, vervuilingbeheersing en 'volmaakte' geboortenregeling 146
- Fig. 42. Wereldmodel met 'onbepaalde' natuurlijke hulpbronnen, vervuilingbeheersing, verhoogde landbouwproduktiviteit en volmaakte geboortenregeling 147
- Fig. 43. Moderne walvisvangst 160-161
- Fig. 44. Wereldmodel met een constante bevolking 168

- Fig. 45. Wereldmodel met een gestabiliseerde bevolking
en een gestabiliseerd kapitaal 170
- Fig. 46. Stabiël wereldmodel I 172
- Fig. 47. Stabiël wereldmodel II 174
- Fig. 48. Wereldmodel als de stabiliserende maatregelen
in het jaar 2000 worden genomen 176

Lijst van tabellen

- Tabel 1. Verdubbelingstijd 34
- Tabel 2. Groeicijfers van economie en bevolking 46
- Tabel 3. Geëxtrapoleerd BNP in het jaar 2000 47
- Tabel 4. Grondstoftabel 60-61
- Tabel 5. DDT in lichaamsvet 89
- Tabel 6. De kosten van het verminderen van de luchtver-
ontreiniging van een Amerikaanse stad 141

Aula, Het wetenschappelijke pocketboek

- A 4 Prof. dr. S. T. Bok, Cybernetica, 9e druk
- A 6 Dr. J. de Vries, Etymologisch woordenboek, 9e druk
- A 7 Dr. G. J. M. Bartelink, Grieks-Nederlands woordenboek, 9e druk
- A 9 J. Eysenck, Gebruik en misbruik van de psychologie, 10e druk
- A 11 Dr. J. H. Walgrave, De wijsbegeerte van Ortega y Gasset, 4e druk
- A 12 Prof. dr. F. J. J. Buytendijk, De Vrouw, 17e druk
- A 13 Prof. dr. I. J. Brugmans, De arbeidende klasse in Nederland, 8e druk
- A 14 Prof. dr. J. Pen, Moderne economie, 16e druk
- A 24 Drs. H. H. Mallinckrodt, Latijns-Nederlands woordenboek, 10e druk
- A 29 C. J. Lammers/J. A. A. v. Doorn, Moderne sociologie, 11e druk
- A 35 P. Teilhard de Chardin, Het verschijnsel mens, 13e druk
- A 39 M. L. Wijvekate, Verklarende statistiek, 12e druk
- A 45 Prof. dr. W. Banning, Karl Marx, 11e druk
- A 47 Dr. S. A. Vosters, Spaans-Nederlands woordenboek, 7e druk
- A 48 Dr. S. A. Vosters, Nederlands-Spaans woordenboek, 7e druk
- A 52 J. A. A. van Leent, Sociale psychologie, 6e druk
- A 54 Dr. ir. H. de Boer e.a., Schriftelijk rapporteren, 9e druk
- A 64 Alfred Kühn, Algemene zoölogie, 3e druk
- A 73 E. R. Emmet, Logisch denken, 8e druk
- A 75 Robert Fruin, Het Noorden op weg naar zelfstandigheid, 11e druk
- A 86 M. Mead, Seksualiteit en temperament, 6e druk
- A 92 P. Helwig, Karakterologie, 5e druk
- A 112 Dr. F. H. Schmidt, Inleiding tot de meteorologie, 3e druk
- A 122 Fr. Heinemann, Filosofie op nieuwe wegen
- A 123 Prof. dr. C. den Hartog, Nieuwe voedingsleer, 5e druk
- A 132 Gustave Bally, De psychoanalyse van Freud, 8e druk
- A 135 C. H. Waddington, Evolutie en ethiek
- A 144 H. Nolthenius, Duecento, 5e druk
- A 146 Lionel Casson, Scheepvaart in de oudheid
- A 151 Stephen Neill, Christendom in de 20e eeuw
- A 161 M. Rostovtzeff, De oude wereld, Griekenland, 4e druk
- A 162 M. Rostovtzeff, De oude wereld, Rome, 4e druk
- A 174 Dr. H. Bakker, Het fenomenologisch denken, 3e druk
- A 175 Prof. dr. F. J. J. Buytendijk, Algemene theorie der menselijke houding en beweging, 6e druk
- A 176 Dr. J. van der Schaar, Woordenboek van voornamen, 5e druk

- A 180 Stephen Neill, Wereldreligies, 3e druk
- A 181 E. H. Erikson, Het kind en de samenleving, 5e druk
- A 186 A. Birnie, Economische geschiedenis van Europa
- A 189 Dr. H. A. van Gelder, Cultuurgeschiedenis van Nederland
- A 200 H. Plessner, Lachen en wenen
- A 204 Prof. dr. F. J. J. Buytendijk, Prolegomena van een antropologische fysiologie
- A 207 Dr. A. F. J. Klijn, De wordingsgeschiedenis van het Nieuwe Testament, 3e druk
- A 209 M. Mead, Groei naar volwassenheid, 4e druk
- A 210 Drs. A. H. v. d. Baar, Russisch-Nederlands woordenboek, 2e druk
- A 212 W. Barrett, Existentialisme, 3e druk
- A 213 Dr. H. Enno van Gelder, De Nederlandse munten, 4e druk
- A 225 Hannah Arendt, De revolutie
- A 228 Prof. dr. F. van der Ven, Geschiedenis van de arbeid I
- A 233 Leslie Reid, Ecologie
- A 239 A. de Sélincourt, De wereld van Herodotus
- A 240 R. L. Heilbroner, Economische ontwikkeling
- A 241 Howard Jones, Alcoholisme
- A 242 K. H. Wörner, Hedendaagse muziek
- A 249 Dr. H. Goddijn/Dr. W. Goddijn, Sociologie van kerk en godsdienst
- A 252 M. D. Vernon, De psychologie van het zien
- A 254 Lionel Kochan, Het ontstaan van het moderne Rusland
- A 255 R. L. Heilbroner, De wording van de economische samenleving
- A 256 Ph. Lersch, Algemene psychologie, 5e druk
- A 260 G. P. Gooch, Frederik de Grote
- A 261 Karl Jaspers, Leonardo en Nietzsche
- A 262 J. P. C. Risler, Geschiedenis van de arabische cultuur
- A 264 P. T. Raju, Oosterse en westerse wijsbegeerte
- A 269 G. D. H. Cole, Economische geschiedenis 1750-1950
- A 272 A. Sauvy, Het probleem van de overbevolking
- A 274 A. J. Ayer, Over de persoonlijkheid
- A 276 H. Waddell, Vaganten in de Middeleeuwen
- A 280 C. U. M. Smith, Moleculaire biologie
- A 282 Dan Pedoe, De speelse wiskunde
- A 286 Prof. dr. E. A. D. E. Carp, Angst en vrees
- A 292 F. L. Mueller, De hedendaagse psychologie
- A 295 Irving Adler, Waarschijnlijkheidsrekening en statistiek, 3e druk
- A 296 H. Charles Lea, De inquisitie in de Middeleeuwen
- A 300 M. Landmann, Filosofische antropologie, 2e druk
- A 301 John Boardman, Kooplieden, soldaten, geleerden

- A 302 C. A. N. King, Oceanografie
- A 309 C. v. Peursen, Fenomenologie en werkelijkheid
- A 311 Ernest Baldwin, Vergelijkende biochemie
- A 312 Gordon Leff, Middeleeuwse wijsbegeerte
- A 314 H. Read, De kunst in haar educatieve functie
- A 315 F. F. Bruce, Geschiedenis van het oude Israël
- A 318 G. Katona, Massaconsumptie
- A 320 Prof. dr. J. Peters, Metaphysica, 2e druk
- A 322 Anton van Duinkerken, Gorter, Marsman, Ter Braak
- A 324 Karl Jaspers, Kant
- A 326 Dr. J. F. Schadé, De functie van het zenuwstelsel, 4e druk
- A 328 James R. McCord e.a., Inleiding tot de waarschijnlijkheids-
leer
- A 329 W. Eichhorn, Cultuurgeschiedenis van China
- A 332 L. Lipson, De grondslagen van de politieke wetenschap
- A 334 Prof. dr. J. Pen, Economische actualiteiten
- A 335 Louis Gardet, De islam
- A 336 Fr. Heinemann, Existentiefilosofie: levend of dood?
- A 337 R. Furon, Watervoorziening als wereldprobleem
- A 339 A. Stermerding, Vorming, voorlichting, beïnvloeding in de
moderne maatschappij, 2e druk
- A 340 Prof. dr. F. v. der Ven, Geschiedenis van de arbeid II
- A 342 A. C. Bouquet, Grote religies, vergelijking en waardering
- A 343 Karl Menninger, Het leven in balans
- A 345 Dr. M. Albinski, Survey-research, 2e druk
- A 346 Jacques Chailley, 40.000 Jaar muziek
- A 347 A. de Froe e.a., Filosofische oriëntering in de natuurweten-
schappen
- A 349 P. v. Daalen, Wij Nederlanders, 2e druk
- A 350—351 P. A. Samuelson, Handboek van de Economie I—II,
2e druk
- A 352 H. L. Booy e.a., Ruimtevaart en wetenschap
- A 353 Stephen Neill, De interpretatie van Het Nieuwe Testament
- A 355 Otto Hamburg, Muziekgeschiedenis in voorbeelden
- A 356 C. v. Peursen, Informatie
- A 357 L. Newbigin, Godsdienst in een geseclariseerde wereld
- A 358 C. G. Simpson, Het wereldbeeld van een evolutionist
- A 359 Prof. dr. Z. B. Sneller, Bijdragen tot de economische ge-
schiedenis
- A 361—364 Georges Gurvitch, Handboek van de sociologie
I—II—III—IV
- A 365 E. J. W. Barrington, Hormonen en evolutie
- A 366 W. Nultsch, Algemene botanie
- A 368 A. Kompanejec, Wat is quantummechanica?
- A 369 Prof. dr. R. C. Kwant, De wijsbegeerte van Merleau-Ponty,
2e druk

- A 370—371 Anne Anastasi, Toegepaste psychologie I—II
- A 372 Paul R. Halmos, Intuïtieve verzamelingenleer
- A 373 Dr. A. J. Kleinpenning, Geografie van de landbouw
- A 374 Hannah Arendt, De mens, bestaan en bestemming
- A 375 Th. Oegema v.d. Wal, Toegepaste kleurenpsychologie
- A 376 C. I. Sandström, Psychologie van het opgroeiende kind, 3e druk
- A 377 Prof. dr. R. C. Kwant, Mens en expressie
- A 378 Prof. dr. N. Tinbergen, Sociaal gedrag bij dieren
- A 379 Howard Jones, Jeugd in verzet
- A 380 P. Chauchard, Psychosomatische therapie
- A 381 G. M. Trevelyan, Sociale geschiedenis van Engeland
- A 382 J. Beaujeu-Garnier, Mensen in miljarden
- A 383 Prof. dr. F. v.d. Ven, Geschiedenis van de arbeid III
- A 384 Raymond Aron e.a., Het pluralistische marxisme
- A 385 Th. Willemze, Het muzikaal gehoor
- A 386 Dr. M. A. Lathouwers, De Sovjet-literatuur
- A 388 E. J. Anthony e.a., Groepstherapie
- A 389 H. L. Childs, De publieke opinie
- A 390 Prof. dr. J. Kloek, Dialoog met de criminele psychopaat
- A 391—396 B. Reicke e.a., Bijbels-historisch woordenboek I—VI
- A 397 William Boyd, Geschiedenis van onderwijs en opvoeding, 2e druk
- A 398 Prof. dr. A. J. Keuning, De denkwijze van de sociaal-geograaf
- A 399 M. L. Wijvekate, Methoden van onderzoek, 2e druk
- A 400 Dr. H. A. Visscher, De landschappen van het Beneluxgebied
- A 401 Marcel Eck, Homoseksualiteit
- A 402 H. Reiner, Wijsgerige ethiek
- A 403 John T. Anderson, Getallentheorie
- A 404 René König, Sociologische verkenning
- A 405 G. Nuchelmans, Overzicht van de analytische wijsbegeerte, 2e druk
- A 406 Siegfried Lauffer, De klassieke geschiedenis in jaartallen
- A 407 Prof. dr. J. J. Seidel, Computerwiskunde, 3e druk
- A 408 Dr. W. Luijpen, Fenomenologie van het natuurrecht
- A 409 H. Schiefele, Geprogrammeerde instructie
- A 410 G. Magnane, Sociologie van de sport
- A 411 L. H. Matthews e.a., De zintuigen van de dieren
- A 412 H. M. Ruitenbeek, De mythe van de mannelijkheid
- A 413 Prof. dr. A. v. Melsen, Wetenschap en verantwoordelijkheid
- A 414 W. Zelinsky, Inleiding tot de bevolkingsgeografie
- A 415 Dr. W. Luijpen, Nieuwe inleiding tot de existentiële fenomenologie, 2e druk
- A 417 Maurice Aubert, Voedselwinning uit de zee
- A 418 R. Heiss, Hegel-Kierkegaard-Marx, 2e druk

- A 419 Curt Sachs, De geschiedenis van de dans
- A 420 D. B. Bromley, De psychologie van het ouder worden
- A 421 J. W. Reeves, Gedachten over het denken
- A 422-423 Ralph Buchsbaum, De ongewervelde dieren I-II.
2e druk
- A 424 O. Pöggeler, Martin Heidegger, de weg van zijn denken
- A 425 M. en Eric de Leeuw, Lees beter, lees sneller, 3e druk
- A 426 Prof. dr. E. A. D. E. Carp, Teilhard, Jung en Sartre, 2e druk
- A 427 Drs. H. H. Behrens, Ontwikkeling in het economisch denken
- A 428 R. H. Robins, Algemene linguïstiek
- A 429 Hans Jonas, Het gnosticisme
- A 430 B. M. Voss e.a., Nieuwe perspectieven in de psychologie
- A 431 Allison e.a., Biologie van de seksualiteit
- A 432 Curt Sachs, Geschiedenis van de muziekinstrumenten
- A 433 J. A. Hadfield, Psychotherapie
- A 434 H. M. Schmeck jr., De artificiële mens
- A 435-436 F. A. Geldard, Handboek van de psychologie I-II
- A 437 E. Panofsky, Iconologie
- A 438 M. Stewart, Keynes en de moderne economie
- A 439 Dr. W. Meuwese, Onderwijsresearch, 2e druk
- A 440 Robin Fox, Verwantschap en huwelijk
- A 441 Dr. A. J. J. de Witte, De functie van de taal in het denken,
2e druk
- A 442 Stephen Neill, Het Anglicanisme
- A 443-444 Kenneth Harrison, Biologie van de mens I-II
- A 445 A. Toynbee, Blokkerende gewoonten
- A 446 Prof. dr. W. J. v.d. Woestijne, Inleiding in het economisch
denken, 2e druk
- A 447 Prof. dr. P. M. van der Ploeg, Vondsten in de woestijn van
Juda, 4e druk
- A 448 J. G. Kooy, Beginselen van de algemene taalwetenschap,
2e druk
- A 449 Prof. J. P. Windmuller, Arbeidsverhoudingen in Nederland
- A 450 Merleau-Ponty, Essays
- A 451 Susanne Millar, Psychologie van het spelen
- A 452 E. Conze, Boeddhisme
- A 453 Carl G. Hempel, Filosofie van de natuurwetenschap
- A 454 E. H. Erikson, Identiteit, 2e druk
- A 455-457 K. Vorländer, Geschiedenis van de wijsbegeerte
I-II-III
- A 458 H. R. Beech, Gedragstherapie
- A 459 H. Richter, Het gezin als patiënt
- A 460 P. R. Odell, Olie en macht
- A 461 E. J. Mishan, De welvaart wordt duur betaald
- A 462 Prof. dr. Norbert Elias, Wat is sociologie?

- A 463 M. D. Vernon, De menselijke motivatie
- A 464 Prof. dr. K. Rijdsdorp, Gymnologie
- A 465 Dr. G. J. M. Bartelink, Geschiedenis van de klassieke letterkunde
- A 466-467 A. S. Römer, De gewervelde dieren I-II
- A 468 Maurice Corvez, Structuralisme
- A 469 Agnus Maddison, Twee modellen van economische groei
- A 470 Th. W. Adorno, Minima Moralia
- A 471 E. Evans, Psychologie van Rousseau tot heden
- A 472 André Nicolas, Herbert Marcuse
- A 473 Dr. N. J. M. Nelissen, Sociale ecologie
- A 474 Prof. dr. F. J. J. Buytendijk, Mens en dier
- A 475 Nigel Grant, Onderwijs en opvoeding in Rusland
- A 476 A. M. Malingrey, De oudchristelijke literatuur
- A 477 Dr. H. A. Visscher, Lexicon voor fysische geografie
- A 478 A. Montagu, Het tasten als taal
- A 479 C. Pichois/A. M. Rousseau, Vergelijkende literatuurwetenschap
- A 480 G. L. Squires, Fysisch experimenteren
- A 481 Prof. dr. B. Th. M. Tervoort e.a., Psycholinguïstiek
- A 482 F. von Kutschera/A. Breitkopf, Inleiding tot de moderne logica
- A 483 J. Wilczinsky, Socialistische economie

