NN 8201
no 1034

BIBLIOTHEEK L.H.
3 MEI 1985
ONTV. TIJDSCHR. ARM.

Th.M. Bakker

# Eten van eigen bodem
## Een modelstudie

NN08201.1034

NN08201,1034

# Stellingen

BIBLIOTHEEK
DER
LANDBOUWHOGESCHOOL
WAGENINGEN

I

Een eventuele inpoldering van de Markerwaard kan niet worden bepleit met het argument, dat aldus een substantiële bijdrage wordt geleverd aan het veiligstellen van de nationale voedselpositie in tijden van nood.

Dit proefschrift, "Horizonten etc.", blz. 53 e.v.

II

De stelling van Koppejan dat "het hongerprobleem onafhankelijk van de koopkrachtrelatie oplosbaar is door het behoud van voedsel dat men al heeft", is onjuist.

A.W.G. Koppejan - Het wereldvoedselvraagstuk, in: Economisch Statistische Berichten, 1984, blz. 518.

III

De in de landbouwwereld gebruikelijke beeldvorming van het belang van de agrarische sector voor de nationale economie aan de hand van de positieve bijdrage die het exportsaldo van agrarische produkten levert aan de lopende rekening van de betalingsbalans, is misplaatst.

o.a. A. Maris - De positie van de agrarische sector in de Nederlandse volkshuishouding, in: De economische ontwikkeling van de agrarische sector in Nederland en de Europese Gemeenschap, Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut, 1981, blz. 13.

IV

De opgelegde beperking van de omvang van de Nederlandse melkproduktie zal op termijn niet uitmonden in een structureel lagere krachtvoerverstrekking per koe, maar in een daling van de ruwvoederproduktie per hectare.

V

Het in de economie centrale begrip "nut" is ook na de introduktie van de welvaartsfunctie van het inkomen door van Praag, even problematisch gebleven als daarvóór.

A. Kapteijn - Utility and economics, in: De Economist, 133 (1985), no. 1, blz. 5.

VI

De waarschuwing van Kapteijn aan hen die een gelijkere verdeling van inkomen voorstaan, dat "although income differences may decrease, the corresponding change in perceived distributions may induce a stronger rather than a lesser perception of these differences", valt niet te rijmen met de door hem geïntroduceerde Theorie van de Preferentievorming.

A. Kapteijn - Utility and economics, in: De Economist, 133 (1985), no. 1, blz. 17.

VII

Zolang er geen zicht is op het werkelijk besteedbaar inkomen van naar belastbaar inkomen gegroepeerde belastingbetalers, levert een operationeel concept van het z.g. "ability-to-pay"-principe, zoals voorgesteld door van Herwaarden en de Kam, geen handvat voor een evaluatie van het in Nederland toegepaste systeem van inkomstenbelasting.

F.G. van Herwaarden en C.A. de Kam - An operational concept of the ability to pay principle (with an application for the Netherlands, 1973), in: De Economist, 131 (1983), nr. 1, blz. 55 e.v.

VIII

Als de zo genoemde "Geïntegreerde Landbouw" werkelijk zo modieus is als van den Noort beweert, wordt het tijd dat meer modellen zich er naar gaan kleden.

P.C. van den Noort - Nieuwe variant in de landbouwpolitiek, in: 19NU, 21 (1985), nr. 2, blz. 24.

Th. M. Bakker - Eten van eigen bodem
Wageningen, 10 mei 1985

CENTRALE LANDBOUWCATALOGUS
0000 0086 4757

Promotoren: dr.ir. J. de Hoogh, hoogleraar in de algemene agrarische economie, in het bijzonder de grondslagen, de doeleinden en instrumenten van het landbouwbeleid.

dr.ir. C.T. de Wit, buitengewoon hoogleraar in de theoretische teeltkunde.

NN08201, 1034

Th.M. Bakker

# ETEN VAN EIGEN BODEM

EEN MODELSTUDIE

Proefschrift
ter verkrijging van de graad van
doctor in de landbouwwetenschappen,
op gezag van de rector magnificus,
dr. C.C. Oosterlee,
in het openbaar te verdedigen
op vrijdag 10 mei 1985
des namiddags te vier uur in de aula
van de Landbouwhogeschool te Wageningen

Landbouw-Economisch Instituut, Den Haag

ISN = 223253-02

REFERAAT

ETEN VAN EIGEN BODEM - Een modelstudie
Bakker, Th.M.
Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut, 1985
225 p., tab., fig. en bijl.

Dit proefschrift bestaat uit twee artikelen die eerder door het LEI werden gepubliceerd.

In het eerste artikel, dat verscheen als Publikatie 1.17, worden de gevolgen geïnventariseerd van een eventuele langdurige verstoring in de aanvoer van buitenlandse voedselgrondstoffen naar Nederland. Als mogelijke knelpunten komen daaruit vooral naar voren het beperkte eigen areaal cultuurgrond en de schaarste aan energiedragers. Er is een model opgezet van een autarkisch voortbrengingssysteem waarmee, aan de hand van uiteenlopende eisen die aan zo'n systeem gesteld kunnen worden, een viertal varianten is doorgerekend op de gevolgen voor produktie, verwerking en consumptie van inlandse voedselprodukten.

De wiskundig-methodologische achtergronden en de voor het model gebruikte data komen aan de orde in het tweede artikel dat is verschenen als Onderzoekverslag 18. Daarin wordt nagegaan of de uitkomsten van de verschillende varianten anders zouden zijn geweest als enkele belangrijke data andere waarden zouden hebben dan in het model is verondersteld.

Voedselpositie/Autarkische voortbrenging/Energieverbruik/
Lineaire programmering/Regionalisering/Gevoeligheidsanalyse/
Nederland.

Overname van de inhoud toegestaan, mits met duidelijke bronvermelding.

# Inhoud van het proefschrift

VOORWOORD VAN DE AUTEUR

SUMMARY

HORIZONTEN VAN ZELFVOORZIENING
(met aparte inhoudsopgave)

ACHTERGRONDEN VAN HET AUTARKIE-MODEL
(met aparte inhoudsopgave)

CURRICULUM VITAE

# Voorwoord van de auteur

Het gebruik wil dat een dissertatie wordt voorzien van een naschrift - dat Voorwoord heet - waarin met de nodige regards diegenen worden bedankt zonder wie het proefschrift beslist niet, lang niet op tijd, of in een bij voorbaat weinig bevredigende vorm, zou zijn uitgekomen. Dat hoort ook! en ik sluit mij graag bij dit goede gebruik aan, hoewel ik er tegelijkertijd ook wel een beetje mee zit. Want wie moet als eerste bedankt worden en wie zal ik, door het aloude excuus van ruimtegebrek, niet kunnen noemen of moeten plaatsen in de groep van "al diegenen die mij etc."?

Er is één uitweg uit dat dilemma, hoewel die volgens de etiquette eigenlijk niet kàn: Door te beginnen mijzelf te bedanken, c.q. geluk te wensen, zo fortuinlijk te zijn geweest een baan te vinden bij een werkgever - het LEI - die mij genoeg tijd, middelen en ruimte gaf voor het doen van eigen onderzoek en het publiceren daarover.

Tot bijna aan het eind toe is het desbetreffende onderzoek ontsnapt aan de amenderingen van mijn beide promotors. Pas toen het laatste concept van "Horizonten etc". op het punt stond om voor publikatie te worden gereedgemaakt kreeg ik, ook weer vanuit het LEI, de wenk om er een dissertatie-onderdeel van te maken en er een promotor bij te zoeken. Dat werden er dus twee.

Vanzelfsprekend lieten die zich niet door een in mijn ogen al kant-en-klaar geschrift overrompelen. Er moest nog het nodige worden bijgeschaafd en de methodologische verantwoording mocht best wat uitgebreider zijn. Vooral door de vrije teugel die mij ook door hen gelaten werd, was het eerder een plezier dan een last om aan de voorgestelde verbeteringen en het methodologisch vervolg van "Horizonten etc." verder te werken.

Het onderzoek is vooral een eenmans-gebeuren geweest, dat echter nooit dit resultaat had afgeworpen als er geen collega's waren geweest die met hun adviezen en hulp klaarstonden wanneer ik problemen had. Niet alleen collega's van het LEI overigens, maar ook van de Landinrichtingsdienst waar ik - zonder enige tegenprestatie - lange tijd heb mogen aanzitten aan de goed voorziene elektronische dis.

Tenslotte wil ik ook mijn vrouw niet vergeten. Niet dat er huiselijke spanningen zijn geweest rond de dissertatie, maar domweg omdat zij mijn voedselvoorziening altijd met zorg heeft veiliggesteld.

# Summary


## Introduction and object of the study

Since the great agricultural crisis at the end of the 19th century, the traditional bond between animal husbandry and crop husbandry in Dutch agriculture has been gradually broken. The enduring availability of cheap cereals (and cereal-substitutes) since then, enabled the rise of a huge and highly specialised dairy- and meatsector, which nowadays is one of the predominant characteristics of agriculture in the Netherlands.

This specialisation-process has not been entirely without interruptions. During the last years of World War I, the years of the Great Depression and the following Occupancy by Germany, there were - inevitably - lapses. After 1945, however, the process of Dutch specialisation in animal husbandry-products regained its momentum, not in the least owing to the better perspectives of a growing Common Market after the Dutch joining of the European Community. Thanks to this Common Market, Dutch agriculture could play an important role in the welfare of the national economy - directly and indirectly: by its contribution to balance-of-payments surplusses. In terms of value, the Netherlands evolved to one of the world's leading net-exporters of food products.

This rather comforting position, however, leans heavily on the import of foreign feed-stuffs. Besides, it is also highly dependent on the availability of fossil energy: for the production of fertilizers, running the machinery, etc. To give an impression of these dependencies, the following figures are rather illustrative: In 1980 Dutch animal husbandry not only laid claim to the products of 75% of our own agricultural soils (2,000,000 ha), it also consumed the products of an equivalent of about 5,400,000 ha cereal-land in the USA. At the same time, our own land resources are exploited more and more intensily, by using large quantities of chemical fertilizers. For instance: nitrogen fertilization in 1950 amounted to just 156,000 tons (N-content), but that figure rose to 220,000 tons in 1960, 400,000 tons in 1970 and 490,000 tons in 1980 - notwithstanding the simultaneously increasing supply of animal manure, from the rapidly expanding herds of dairy cows, fattening calves, pigs, laying hens and broilers. In this same period, population in the Netherlands swelled from a mere 10 million people in 1950 up to more than 14 million souls in 1980: i.e. an increase of over 40%.

Seen from this angle, there certainly seems reason to doubt the capacity of the Dutch agricultural sector to keep up with national food-demands if - in the event of a grave and lasting

international crisis - it no longer can rely on its huge import-lifelines. It may seem a little bit farfetched to inquire into such a remote possibility since our national and international interests seem properly secured by the Dutch bonds with NATO and EC. Be it then only for the purposes of a closer insight in Dutch civil defence possibilities, it nevertheless is interesting to know what chances there are for the food-supply in such an autarchic situation. This, then, was the object of the study.

## Retrospect and prospect

Remote as it nowadays may seem, since the beginning of the 20th century the Netherlands had actually twice to face such an autarchic situation. Firstly in the last two years of our neutrality during the Great War, and later on during the entanglement of the German occupational forces in Holland in World War II. The Dutch experiences in both periods were rather bitter. Especially the hunger-winter of 1944/45 has made a deep impression - and still does, in the minds of its survivors.

To be fair: that winter of 1944/45 was not strictly the result of a national isolation. It was a complex of circumstances that led to famine in the cities in the West of Holland: a rather static military front-line blocked food transports from the South, transport in still occupated areas was hampered by a severe and lasting strike of railway-workers, occupational forces claimed priority for their food-supply, etc.

Such specific "internal" difficulties did not occur in the autarchic period of 1917-1918. Nevertheless - had there be no armistice in the autumn of 1918, a hunger-winter 1918/1919 would no doubt have occurred as a result of the lasting blockade of Dutch sea-routes: we escaped really on the verge of it.

Thanks to the technological and biological development agriculture has experienced during the last decades, it seems possible to cope with such threats in future. Even without the import of raw feed (and food) materials, we at present reap from our own soils enough edible calories to feed every member of the Dutch society: 2,400 calories per person per day. That is: if we are able to keep up with the energy-demands of the production-processes and if consumers do not mind the sweetness of this calorie-package for the time being, as almost 30% of the edible calories are sugar-calories!

## Modelling the autarchic food supply

This, of course, cannot really be a lasting perspective for an autarchic food-supply. First of all, the caloric availability should be more in line with nutritional standards. And secondly,

there is reason to believe that an autarchic situation will also lead to a severe internal scarcity of energy-intensive means of production: fuel-products, artificial fertilizers, etc. Anyway, energy-scarcity was a major problem in both 1917/18 and 1944/45.

How, then, can the national food-supply-system be so reorganized as to meet both the demand for a more balanced national diet as well as a (supposedly) emerging energy-scarcity, when there is only our own 2,000,000 ha land-resources to fall back upon? For answering this question, a linear programming model has been designed, that encompasses all land- and energy-using components of the autarchic food system: production of artificial fertilizers, tillage-activities, animal conversion, industrial processing of agricultural products, transport-activities and consumption of food products.

The model gives a detailed technical representation of the relationships between the activities that constitute these components of the system. By means of the linear programming technique, those activities can be steered in such a way that the system is optimized in regard to a specific objective as, for instance, the minimazation of the total energy-use generated by the food production, given dietary requirements. Furthermore, as those activities in the model are laid out not only to their physical form (growing of wheat, fattening of pigs, etc.) but also to the intensity in which they are performed (use of fertilizers, composition of feed-rations, etc.) and the location on which they are projected (agricultural areas, consumption-regions), the output of such an optimization procedure throws light on WHAT, HOW and WHERE the autarchic food system will be different from the system we know now.

We have run this model for four different scenario's, which will be described hereafter.

## Self-sufficiency and minimal nutritional demands

First of all, we tried to make a reconnaissance of the food-supply-system when it is organized to be as economical as possible with its energy-use and only faces minimal dietary requirements. Those requirements, by the way, were formulated by nutritional experts of the Dutch Ministry of Agriculture and were roughly based on the same recommendations as the well-known US Dietary Goals: per person per day a quantity of 2,350 edible Kcal has to be available, minimum 12% of them being protein calories, maximum 10% sugar-calories and maximum 30% fat-calories. Furthermore, the fat-package must contain enough poly-unsaturated fat-acids: 10 grammes per person per day.

Given these requirements, the model unveiled that there is ample room to survive, for only 52% of the agricultural area will have to be used (it is supposed that production-techniques will

be the same as they are now as falling back on the manual labour of man and horse is impossible). Cultivating more area or lower yields would induce more energy-use. The corresponding agricultural production is rather monotonous: only cereals, oilseeds and leguminous plants (clovers) are cropped - the latter only for the purpose of economizing the use of nitrogen fertilizers. Animal husbandry does not occur, with the exception of a minimal herd of fattening pigs, which is fed mainly with by-products of cereal- and oilseeds-processing industries.

Consumers are accordingly faced with a very sober diet: a kind of water-and-bread-ration, with a little vegetable fat and a minimal slice of meat - some "enrichment" could still come from products which are not envisaged by the model: fish, vegetables, because of their marginal caloric contribution.

The sunny side of such a national diet is its low "cost" in terms of energy-use: only 1 milliard natural-gas-equivalents (31,8 MJ per n.g.-equivalent). The energy input-output-ratio which compares the input of fossil calories with the output of edible ones, is highly positive: 61-100 for the whole food-supply-system and 26-100 for the primary production, i.e. agriculture and fabrication of fertilizers. At present, the primary production in the Netherlands shows a negative energy-input-output-ratio of 125-100; this is exclusive of that part of the production which is based on imported raw materials.

How sunny it may seem in regard to its "cost", such a monotonous agricultural production and food consumption are of course more an academic than a real perspective for an autarchic food-supply-system. Nevertheless, this model-scenario had it purposes, be it only for its quantitative advertisement of the possibilities to alternatively arrange our food-system.

## Self-sufficiency at maximum capacity

The next step, then, was to investigate how far nutritional demands can be expanded before the limited availability of arable land in the Netherlands becomes an absolute bottleneck. And, furthermore, how such an expansion of food production would affect the energy-demand of the food-system.

This new objective results, of course, in a 100% use of all agricultural areas, on which new crops as potatoes, sugarbeets and grass (for pasture) are grown next to (not instead of!) the cereal- and oil-seed-crops which were already present in the former scenario. All crops are fertilized as heavily as possible, to ensure the highest possible physical returns.

Animal husbandry, too, now comes clearly into the picture, not only as pig-husbandry but - predominantly - in the form of a considerable stock of dairy-cows: 1 million of these cows are presenting the Dutch consumers with roughly 5 million tons of

milk per year. Their feed-ration, by the way, consists not only of grass (85%), but also for a considerable part of home-made replacements of feed-concentrates: beets, turnips and by-products of processing industries.

If the corresponding food-package would be solely put at the disposal of the Dutch inhabitants, each of them could consume a varied calory-package of 5,100 edible Kcal per day. Now, of course, no real person - with a few exceptions - can cope with such an abundance of food-calories without harming his health or becoming extremely wasteful with foodstuffs. But we can place this result also in another context: if need be, the Netherlands can feed about 30 million people - twice the quantity of inhabitants it has now!

Meanwhile, there is a "cost" to such an extremely high food-production: it usurps an amount of fossil energy that is more than five-fold the amount that was calculated for minimal nutritional demands: 5,5 milliard natural-gas-equivalents.

Both the abundance and the high energy-"cost" make such a self-sufficiency-at-maximum-capacity highly unlikely: this concept is also a purely academic one, that only serves to throw light on the other end of the food-supply-elasticity.

## Keeping up with nutritionists: a proposed national diet

For nutritionists in the Netherlands, the present abundance with food-products has also a number of drawbacks. They oppose the high caloric content of the food package in general, and the overrepresentation of fat- and sugar-calories in particular. For our model-calculations, we asked some nutritionists to present us with a national food-package that would be more in line with their views. This resulted in their following proposal:

- a standard food-package contains no more than 2,350 edible Kcal per person per day, of which:
  - 43% stem from consumption of cereal-products;
  - 17% from milk-products (excl. butter) and cheese (3%);
  - 16% from edible fat-products: butter and margarine;
  - 15% from potatoes;
  - 4% from sugar-products;
  - 4% from meat-products;
  - 1% from eggs; and
  - 1% from peas and beans.

This food-package, then, had to be produced at a minimal cost of fossil energy-inputs.

The model-calculations showed, that even now not all the available agricultural area is exploited: still 24% of our land-resources are kept idle, i.e. lie fallow. As in the former scenario's, cereals and oil-seeds are fairly well represented: together they lay claim to 33% of the total land-availability.

Potatoes and sugarbeets - today's main crops in the Netherlands - are far less important in respect to their claim on arable land: 8% and 1% respectively. The rest of the land-resources - i.e. 36% - is reserved for the cropping of feed-products, mainly grass and fodder-beets. All crops are dunged mainly with animal manure. Furthermore, overall fertilization-levels are rather low, extremely low even in respect to nitrogen-fertilization.

Although, in the end, more than half of the agricultural area is exploited to sustain animal husbandry-activities: 0.9 million dairy cows, 0.5 million pigs (yearly delivered) and 5.6 million laying hens - the contribution of these activities to the overall production of edible calories is fairly modest: 24%. Furthermore, by stressing the need for luxurious products as milk, cheese, meat and eggs in the food-package, the energy-cost of its production increases from a mere 1 milliard natural gas-equivalents in the former minimal-demands-scenario to over 1.7 milliard n.g.-equivalents now. Alternatively, this increase in energy-input could also have been used to produce more, instead of more luxurious, food products: It has been estimated that with an extra 0.7 milliard n.g.-equivalents and all Dutch inhabitants fed at a minimal nutritioal-requirements level, an extra 2.8-4.1 million foreign people can be supplied with a similar food-package.

## Keeping up with our normal preferences: a bit over-eating

To make the picture complete, we finally confronted the model with the food-package we are consuming today: too fat, too sweet, too much stress on animal calories, but, all the same, quite in accordance to what we are actually used to. Can we produce such a package even in autarchic conditions? And, if so, what inputs of fossil energy-products would it, at the least, require?

The answer that evolved from the model-calculations was: yes, we are able to produce such a package, even in autarchic conditions, and even without exploiting all available land-resources. Compared to the former nutritionists' scenario, roughly the same pattern emerges in respect to the specific crops that have to be grown: cereals and oil-seeds are the predominant tillage-activities, accompanied - that is new - by pulses (peas and beans). Less important - in respect, that is, to the areas they claim - are sugarbeets and potatoes. Grass, fodder-beets and silo-maize are the main feed crops, and lay claim to about half of the available land-resources.

Animal husbandry-activities: 1 million dairy cows, 0.6 million fattening cattle (yearly delivered), 4.8 million pigs (idem), 80 million broilers (dito) and 9 million laying-hens, in fact claim more than that, as the main part of the cereals and pulses that are grown, disappear into animal bellies.

The costs of all this in terms of energy-inputs are rather high: 2.3 milliard natural gas equivalents yearly. With the same amount of energy-input we alternatively could, if Dutch consumers would be willing to put up with a minimal diet, produce food for another extra 4.9-6.7 million foreign people.

## Conclusions

If, in future, the Netherlands would be confronted with autarchic conditions, there is no need to fear mass-starvation. Our own soils, thanks to the intensive fertilization of the crops they grow now, produce enough edible calories to survive. Nevertheless, if such autarchic conditions last, it will be wise to reorganize our food-supply-system.

Our model-calculations showed that there are plenty of possibilities for such a reorganization, as the availability of land is, in fact, no major bottleneck. If need be, the Netherlands can produce 120% more food products than is necessary for their own subsistence, though that would doubtless induce a considerable (opportunity) cost in terms of fossil energy-input. It is shown that it is really the national willingness/preparedness to pay for those costs, that determines the actual form of an adapted food-supply-system.

Whatever the outcome, in advance it can be stated that such a reorganized system is different from the system we know now, in the following respects:

- cereals, oil-seeds and leguminous crops will push away potatoes and sugarbeets as major crops;
- food-crops are prevalent over feed-crops. This means that the pasture-area of 1.3 million hectares we know now, has to be diminished to the mere 0.6 million hectares which, because of their characteristic soils, cannot be used for tillage-activities;
- as a consequence, animal husbandry-activities will shrivel to the levels that are just necessary to supply the Dutch consumers with the animal calories they require. Those requirements - by the way - may well come under severe pressure of the authorities to economize the use of our national fossil energy reserves.
- in any event, dairy cow herds have the best credentials to be spared annihilation by feed-shortages. As cows graze pasturelands that cannot be exploited for food-crops and as they can be partially fed on non-edible by-products of the arable production, there is still room for about 1 million of them;
- herds of pigs, broilers and laying hens, on the other hand, had better be drastically diminished as soon as possible, as animal calories and proteins in dairy products are far cheaper produced.

- as to the intensity of agricultural production: fertilization-levels won't really have to be as high as at present and emphasis should be laid on the recycling of natural sources as animal deposits and leguminous plants (clovers). In animal husbandry, the use of concentrated feed products should be strongly diminished, though not quite abolished as these concentrates are - for dairy cows - necessary to maintain a reasonable milk-production per cow, or - for other husbandry-activities - indispensable for the production of (pig/chicken)meat and eggs at the minimum-levels required. Such concentrates are preferably not edible cereal-products, but by-products from milling industries, fodder-beets, beet-pulp and - if need be - pulses.

By running our model we were able to draft a sketch of the possibilities that avail for an autarchic food-supply-system in the Netherlands. When these possibilities are thus outlined, other questions may emerge as, for instance: how to realize one of those possibilities and what role is there for a dynamic government-attendance to the structural changes in production, processing and consumption that have to be pursued? Here we actually leave the boundaries of our own problem and enter the realms of the next one - which, in my opinion, would certainly be worth while a separate inquiry.

## Supplement: mathematical framework, database and methodological background of the model

Thus far, attention was given to the results of the model-calculations, more than to the model itself. Therefore, to give a complete picture of the research-activities we carried out, the mathematical structure of the model and the specific elements of its data-base are presented in a separate supplement. Furthermore, the methodological background of the linear programming technique, i.e. the Simplex Method, is more closely treated in this supplement, to perform a sensitivity-analysis on the results of the scenario-calculations.

We analysed these results for two main features: how sensitive are they for the specific values we attached to the coëfficiënts of objective function and how are these results influenced by changes in the availability of major inputs to the food-supply-system or by changes in the specific nutritional requirements that the system has to fulfill? The conclusion of this analysis was that, though the details of the model-results may be rather sensitive to such changes, their broader features are in fact quite robust.

Drs. Th. Bakker

Publ. no. 1.17

# HORIZONTEN VAN ZELFVOORZIENING

MOGELIJKHEDEN VOOR DE VOEDSELVOORZIENING
VAN NEDERLAND IN AUTARKISCHE OMSTANDIGHEDEN

Maart 1984

Landbouw-Economisch Instituut

Stafafdeling

# Inhoud


Blz.

WOORD VOORAF 5

1. INLEIDING, SAMENVATTING EN CONCLUSIES 7
   1.1 Inleiding 7
   1.2 Samenvatting 9
   1.3 Conclusies 14

2. TERUGBLIK OP AUTARKIE 16
   2.1 Gerichtheid op het buitenland 16
   2.2 De crisisjaren: geblokkeerde uitvoer 18
   2.3 De bezettingsjaren 1940-1945 19
   2.4 De zeeblokkade na februari 1917 23

3. AUTARKIE NU - INVENTARISATIE VAN KNELPUNTEN 26
   3.1 Het verleden: een les voor de toekomst? 26
   3.2 De voedselpositie in relatie tot de beschikbaarheid van eigen grond 27
   3.3 De voedselpositie in afhankelijkheid van andere produktiemiddelen dan grond 29

4. AUTARKIE IN MODEL 36
   4.1 De dimensies van aanpassing: wat, hoe en waar 36
   4.2 De voedselketen gemodelleerd 37
   4.3 De modelonderdelen nader bekeken 40
   4.4 Het voorwaardelijke karakter van modeluitspraken 51

5. ZELFVERZORGING OP DE ONDERGRENS 53
   5.1 Definitie van een ondergrens 53
   5.2 De paradox van de schaarse overvloed aan grond 54
   5.3 Landbouw aan de ondergrens 56
   5.4 Het laatste gaatje van de broekriem 59
   5.5 Zuinigheid en vlijt... de energierekening 62

6. ZELFVERZORGING OP DE BOVENGRENS 65
   6.1 Waar de bovengrens ligt 65
   6.2 De top van de bodemproduktie 66
   6.3 Landbouw aan de bovengrens 68
   6.4 Consumptie in (méér dan) duplo 70
   6.5 Een ruilvoet tussen voedsel en fossiele energie 73

7. ZELFVERZORGING OP EEN VERANTWOORD NIVEAU 78
   7.1 Een "model"-menu als uitgangspunt 78
   7.2 De mindere overvloed aan grond 79
   7.3 Landbouw bij een "verantwoorde" voeding 81
   7.4 Hoe "verantwoord" het "model"-pakket uitvalt 84
   7.5 De prijs van variatie 87

INHOUD (vervolg)

Blz.

8. ZELFVERZORGING OP EEN VERTROUWD NIVEAU 90
8.1 Het huidige menu als standaard 90
8.2 Grond als ècht schaars produktiemiddel 90
8.3 Gevolgen voor de landbouw 93
8.4 Hoe gezond is "vertrouwd"? 96
8.5 Hoe duur is "vertrouwd"? 99

9. AUTARKIE NU - HET GEZICHT VAN ZELFVERZORGING 102
9.1 Verschillen met nu 102
9.2 Overgangsproblematiek: een thema voor nader onderzoek 110

LITERATUUR 114

Bijlage 1: Wiskundige formulering van het autarkie-model 122
Bijlage 2: Enkele voorbeelden van de samenhang tussen modelonderzoeken 130

# Woord vooraf

In opdracht van de Coördinator Civiele Verdediging van het Ministerie van Landbouw en Visserij, drs. A. van Nes, is medio 1977 op het Landbouw Economisch Instituut een onderzoek gestart naar de mogelijkheden en grenzen van landbouw en voedselvoorziening in Nederland onder buitengewone, i.c. autarkische, omstandigheden. Dit onderzoek werd onder leiding van Prof.Dr.Ir. J. de Hoogh (tot september 1978), Dr.Ir. L.C. Zachariasse en Drs. J.H. Post op de Stafafdeling uitgevoerd door Drs. Th. Bakker. Doel was het verkrijgen van een algemeen inzicht in de gevolgen die onder de huidige omstandigheden van bevolkingsdruk, cultuuroppervlakte en produktie-specialisatie, een onverhoopte meerjarige verstoring van de externe aanvoer van voedsel en voedselgrondstoffen voor onze nationale voedselpositie zou kunnen hebben. Uitdrukkelijk dient daarbij te zijn aangetekend dat die vraag niet voortsproot uit een voorziene actualiteit van zo'n verstoring, maar "slechts" uit de wens om - in navolging van ook andere landen (w.o. Zwitserland, Zweden, Noorwegen, het VK en de BRD) - de publieke en beleidsmatige discussies over het thema "voedselpositie en civiele verdedigingsvoorbereiding" verder te onderbouwen en te stimuleren.

In overleg met de opdrachtgever is het totale probleemveld door de onderzoeker(s) in twee deelterreinen uiteengelegd. Het eerste heeft betrekking op de meer lange-termijn-problematiek van de uiteindelijke mogelijkheden van nationale zelfverzorging. Het tweede richt zich meer op de korte-termijn-vragen over hoe de "overgang" van nu naar (één van) zulke mogelijkheden kan worden overbrugd. Dit rapport - dat door het tussendoor-komen van een ander omvangrijk onderzoek overigens pas nu kon verschijnen - beschrijft vooral de resultaten van het onderzoek op het eerstgenoemde deelterrein. Op de "overgangsproblematiek" wordt daarbij, in het laatste hoofdstuk, slechts vluchtig ingegaan. Te zijner tijd zou aan die problematiek een apart onderzoek worden gewijd.

Getracht is de vraag naar de "uiteindelijke mogelijkheden ..." zoveel mogelijk kwantitatief te beantwoorden aan de hand van de uitkomsten van een voor dit doel opgezet model. Daarbij is - omwille van de hanteerbaarheid - gekozen voor een op de lineaire programmering geënte modelvorm, waarin het proces van de voedselvoorziening als een systeem van technische relaties is weergegeven, met behulp waarvan vervolgens verschillende opties voor een aan de voorziene dringende schaartes van grond en energie aangepast voorzieningsproces zijn doorgerekend. Of en hoe een daarop aansluitend beleid kan worden gevoerd om de technisch wenselijke veranderingen ook daadwerkelijk te realiseren blijft verder buiten beschouwing.

Bij de beoordeling van de resultaten moet wel bedacht worden dat er in de berekeningen van werd uitgegaan dat althans de infrastructuur van de voorziening - grondbeschikbaarheid, vervoerscapaciteit, de technische uitrusting van de voortbrenging, e.d. - intact blijft. Een vergelijking met de buitengewone situatie in West-Nederland tijdens de hongerwinter van 1944 - waar wellicht velen nu aan zullen denken - gaat dan ook niet op. Wel echter mogen de uitkomsten worden vergeleken met de situatie in de min of meer autarkische periode die Nederland tussen 1916 en 1918 gedwongen moest meemaken.

Tenslotte mag niet onvermeld blijven dat deze studie vooral ook kon worden uitgevoerd dankzij de welwillende medewerking van tal van informanten zowel uit het landbouwbedrijfsleven als uit het landbouwkundig onderzoek. Met name moet worden gewezen op de uitgebreide hulp en technische ondersteuning die van de kant van het Technisch Wetenschappelijk Rekencentrum van de Landinrichtingsdienst - in het bijzonder van mevr. B. van Rij - werd gegeven bij de computermatige verwerking van het model.

De directeur,

(J. de Veer)

Den Haag, maart 1984

# 1. Inleiding, samenvatting en conclusies

## 1.1 Inleiding

Eigenlijk al vanaf de grote graancrisis aan het einde van de vorige eeuw is het gemengde karakter van het Nederlandse landbouwbedrijf meer en meer gesleten en vervangen door dat van het vooral op voortbrenging van veehouderijprodukten gespecialiseerde bedrijf. Dankzij de goedkoop blijvende aanvoer van granen en graanvervangers van overzee was eigen akkerbouw als ondergrond voor die veehouderij steeds minder nodig. Ook andersom, trouwens, werd de tot dan toe onverbrekelijke band tussen deze twee produktierichtingen doorbroken: door steeds meer gebruik te maken van kunstmest waren veestapels voor de bemesting van akkerbouwgronden niet meer noodzakelijk. Zelfs was het zo dat gelijktijdig de meest mestbehoeftige gewassen - aardappelen, suikerbieten, e.d. - op de teruglopende bouwlandoppervlakte sterk naar voren kwamen, ten koste vooral van de (minder vragende) granen.

In de loop van deze eeuw is die overschakeling naar veehouderij - en binnen de veehouderij naar de minder grondgebonden vormen - wegens buitengewone omstandigheden wel enige keren een halt toegeroepen: ten tijde van de eerste wereldoorlog, gedurende de grote depressie van de jaren dertig en, tenslotte, tijdens de bezettingsjaren 1940-1945. Na 1945 werd de draad van de ontwikkeling naar meer veehouderij echter weer snel opgepakt toen - dankzij de Marshall-hulp - de wederopbouw van Nederland en West-Europa gaandeweg uitmondde in een langdurige welvaartsgroei en dus: stijgende vraag naar vooral (luxere) veehouderijprodukten. Onze toetreding tot de EG in het begin van de zestiger jaren zorgde daarbij nog voor een extra stroomversnelling in die wassende vraag.

Door de vrije entree op de grote EG-afzetmarkt was het goed boeren in Nederland en dat straalde - onder andere via de betalingsbalans - ook uit naar de andere sectoren van de economie. In waarde gemeten groeide Nederland zo uit tot 's werelds tweede exporteur van agrarische produkten.

Die comfortabele positie werd echter wel gedragen door een steeds massaler wordende invoer van grond- en hulpstoffen uit vooral het "overzeese areaal" en ook door een steeds sterkere afhankelijkheid van (energieintensieve!) kunstmeststoffen. Om een indruk te geven: rond 1980 vroeg de Nederlandse veehouderij behalve de oogst van circa driekwart van onze eigen 1.900.000 ha cultuurgrond (exclusief tuinbouw) ook nog eens de buitenlandse steun van - omgerekend - rond 5.400.000 ha-equivalenten amerikaanse gerst. Weliswaar wordt het graan in Amerika niet zo intensief geteeld als bij ons (de kg-opbrengsten per ha liggen onge-

veer op de helft) en voeren we behalve granen ook minder-grondvragende hakvruchten (tapioca) en bijprodukten (schroot) in, dat neemt niet weg dat we blijkbaar gigantische oppervlakten grond - althans de oogst daarvan - naar ons toezuigen. Gelijktijdig is de eigen grond door een steeds groter kunstmestgebruik tot zeer hoge kg-opbrengsten aangespoord. Was bijvoorbeeld het verbruik van N-kunstmest in 1950 nog slechts 156.000 ton, gaandeweg liep dat op tot 220.000 ton in 1960, 400.000 ton in 1970 en 490.000 ton in 1980. Dit terwijl toch ook als gevolg van de toegenomen veevoer-import de beschikbaarheid van organische meststoffen gedurig was gestegen.

Combineren we dit met het gegeven dat gelijktijdig de bevolkingsdruk in ons land na 1950 zeer sterk is toegenomen - van 10.100.000 personen in 1950 tot 14.200.000 personen in 1980: een stijging van ruim 40%! - dan lijkt er toch wel reden om bezorgd te zijn over onze voedselpositie. En reden ook voor twijfel of die positie nog wel veilig zal zijn als er eens - onverhoopt natuurlijk - langdurig een forse kink in de aanvoerlijn van overzee zou komen. Zou het specialisatieproces, met andere woorden, niet al zover zijn doorgevoerd dat we zonder die aanvoerlijn niet zouden kunnen overleven?

Tegen deze twijfel kan natuurlijk worden ingebracht dat de door de specialisatie vergrote technische kwetsbaarheid van onze nationale voedselvoorziening toch politiek en militair voldoende is omkapseld door de hechte externe betrekkingen die wij onder andere in EG- en NAVO-verband hebben opgebouwd. Waardoor het wel zeer onwaarschijnlijk is geworden dat we ooit langdurig met verbroken verbindingen komen te zitten en daarmee uitsluitend op onszelf zijn aangewezen.

De vraag naar de mogelijkheid van een autarkische voedselvoorziening is echter ook niet voortgesproten uit een bepaald toekomstscenario dat de opdrachtgever voor ogen stond, maar uit de opvatting dat toekomstige tegenspoed nooit met zekerheid is uit te sluiten. En dat het daarom - zeker voor een vitaal produkt als voedsel - past om een soort "rampenplan" achter de hand te hebben, voor het ergste geval waarop de voor de voedselvoorziening verantwoordelijke beleidsinstantie: het Ministerie van Landbouw, kan worden aangesproken. Dat plan hoeft dan, net als alle andere rampenplannen, waarschijnlijk nooit te worden geëffectueerd - maar het moet er tòch zijn.

Er is, tenslotte, natuurlijk een hele reeks van andere verschijningsvormen van ernstige tegenspoed voor de voedselvoorziening te bedenken. In feite lijkt het scala van mogelijkheden te variëren van een misoogst in een van de voorlanden tot het vallen van "de" bom. Toch zal ook de laatste, zo dachten wij, de voedselvoorziening voor minder problemen stellen dan de door ons als "meest ernstig" aangenomen situatie van gedwongen autarkie; in dat laatste geval blijven immers ook de behoeften nog volledig intact. Terzijde kan dan nog worden opgemerkt dat soortgelijke studies over de voedselvoorziening in noodtijden in andere landen

doorgaans ook van het concept van een volledige autarkie uitgaan 1).

## 1.2 Samenvatting

Blikken we - zie hoofdstuk 2 - terug in de historie, dan zijn er zeker twee momenten aan te wijzen waarop Nederland gedwongen op autarkie moest terugvallen: de laatste jaren van beide wereldoorlogen. En in beide perioden waren de ervaringen met de autarkie bepaald ongunstig.

Een korte inventarisatie - zie hoofdstuk 3 - van de huidige voorziening met zogenaamde basisvoedingsmiddelen (dit zijn voedingsmiddelen die relatief rijk zijn aan de macro-nutriënten: eiwitten, vetten en koolhydraten - tuinbouwprodukten vallen dan buiten deze definitie) geeft aan dat we ons nu wèl zonder het "flankerende" buitenlandse areaal zouden kunnen bedruipen. Vooropgesteld dan dat we ook geen exportverplichtingen meer zouden hebben. Bij wat er van het huidige bouw- en produktieplan zonder invoer nog overeind zou kunnen worden gehouden zou er van de 1,9 mln ha Nederlandse landbouwgrond (excl. tuinbouwareaal) een menu van netto 2433 kcal per persoon per dag te oogsten zijn - wat als voldoende kan worden aangemerkt. Dan moeten we wèl bereid zijn het tekort aan met name granen en spijsvetten (en vlees) te dekken uit verhoogde consumptie van vooral suiker, aardappelen en - in mindere mate - melk. Zelfs zou rond 28% van de calorieënintake uit suikerwerk bestaan.

Zo'n perspectief staat op gespannen voet met de huidige opvattingen over hoe een gezonde basisvoeding er uit ziet. Het doet tevens geen recht aan de bij autarkie te verwachten krapte - naast die van grond - van energiedragers en daaruit afgeleide produktiemiddelen, bijvoorbeeld: kunstmeststikstof. Als we ook daarmee rekening willen houden is behalve de vraag of er - bij scherpere voedingseisen - te overleven valt ook van belang hoe de voorziening dan, door onder andere een wijziging van het bouwplan, moet worden ingericht.

Voor deze vraagstelling is - zie hoofdstuk 4 - een lineair programmeringsmodel ontworpen. In dat model worden de verschillende van grond en/of energie gebruik makende onderdelen van de voorziening(sketen) met basisvoedingsmiddelen: kunstmestfabricage, plantenteelt, veehouderij, industriële verwerking, transport en huishoudelijke verwerking - gestyleerd weergegeven als een systeem van bloksgewijs geformuleerde technische relaties zoals die in het midden van de jaren zeventig golden. De aan die relaties ten grondslag liggende activiteiten kunnen worden geoptimaliseerd

1) Zie de literatuurlijst onder "Aanverwante (buitenlandse) literatuur over het onderwerp "autarkische voedselproduktie"".

aan de hand van een in de zogenaamde doelfunctie van het model gespecificeerd streven - bijvoorbeeld: een streven naar minimalisatie van het over de hele "voedselketen" opgeroepen energieverbruik.

De betreffende activiteiten zijn daarbij zodanig gedetailleerd dat de uitkomst van zo'n optimalisatieprocedure niet alleen licht werpt op het wat van een autarkische voedselproduktie en -consumptie, maar ook op het hoe en het waar. Het "wat" heeft dan betrekking op de soorten van gewassen, veehouderijvormen en verwerkingsalternatieven die moeten worden geactiveerd. Het "hoe" geeft aan welke inzetverhouding tussen grond en energie hierbij het meest opportuun is en hoe dat in bijvoorbeeld bemestingsniveaus en voederregimes tot uitdrukking kan komen. En het "waar" geeft gestalte aan de ruimtelijke lay-out van de (transport-) relaties tussen landbouw(gebieden), verwerking(slokaties) en consumptie(gebieden).

Vanuit een viertal invalshoeken of scenario's is gepoogd via modeldoorrekening 1) een antwoord te vinden op dat wat, hoe en waar van een autarkische voorziening in Nederland.

## Zelfverzorging op de ondergrens

Het eerste scenario - zie hoofdstuk 5 - verkent de ondergrens van de nationale zelfverzorging. Die grens ligt daar waar, gegeven de beperkte omvang en de kwaliteit van het cultuurgrondareaal, een minimaal maar nog wel gezond pakket aan basisvoedingsmiddelen wordt voortgebracht bij een zo zuinig mogelijk gebruik van schaarse energiedragers. Wat "minimaal maar nog wel gezond" is werd in overleg met voedingsdeskundigen 2) afgeleid uit de zogenaamde US Dietary Goals 3).

De meest saillante conclusie die uit dit scenario naar voren komt is deze: dat we om te overleven (en eigenlijk ook niet méér dan dat!) nog grond genoeg voorhanden hebben. Ruimschoots genoeg zelfs, want bijna de helft van het areaal - wèl de landbouwkundig "mindere" gronden - kan braak blijven. Het in produktie nemen van deze reserve zou weliswaar extra voedsel opleveren, maar dat is, gezien de lage eisen, niet ècht nodig. Ervan uitgaande dat de bewerkingstechnieken gelijkblijven en een terugkeer naar man- en paardekracht ongewenst is, zou dat bovendien meer verbruik van schaarse energiedragers oproepen.

1) Behalve van APEX-III software werd daarbij gebruik gemaakt van het SLPD-matrix-generator-programma van drs. J.H. Anthonisse van het Mathematisch Centrum te Amsterdam.
2) Ir. M.J. van Stigt Thans en Ir. A.F. Onneweer van de Directie Voedings- en Kwaliteitsaangelegenheden van het Ministerie van Landbouw en Visserij.
3) Zie hiervoor de literatuurlijst onder "Literatuur over voeding en bevolking".

Bij die ruime grondbeschikbaarheid wordt vanzelf gekozen voor een extensief teeltplan waarin granen, oliezaden (voor de vereiste voorziening met meervoudig onverzadigde vetzuren) en klavers (als groenbemesters, ter besparing op de energetisch dure aanmaak van stikstofkunstmest) de boventoon voeren. Veehouderij wordt daarbij geacht niet nodig te zijn, met uitzondering dan van - een overigens minieme - varkenshouderij die draait op de afvalprodukten van de graan- en oliezadenverwerkende industrieën.

Dit landbouwproduktieplan zou dan aan de consumptiezijde gaan uitmonden in een zeer eenzijdig - maar voedingstechnisch wèl "gezond" - opgebouwd dieet: een graandieet als in vele ontwikkelingslanden, aangevuld met een klein randje vet en een ragdun vliesje varkensvlees en goed voor in totaal 2350 kcal netto per persoon per dag. Enige aanvulling met "vrije" produkten, in casu produkten die niet in de modelberekeningen worden meegenomen - groenten, vis e.d. - komt daar wellicht nog bovenop.

Het blijft ondanks dat natuurlijk een uiterst schraal dieet, dat echter ook "slechts" 1 miljard aardgasequivalenten (1 a.e.= 31,8 MJ) aan energie kost. Wat betekent dat de input/-outputverhouding tussen inzet van fossiele energie en voortbrenging van consumabele energie zeer gunstig is: 61:100 voor de gehele voedselketen en 26:100 in de primaire fase (landbouw en kunstmestaanmaak). Die laatstgenoemde verhouding is nu, nog exclusief de bijdrage van de "voeder-energie" uit de importen en de daarop geënte produktie, te becijferen op 125:100.

Ondanks deze lage "kostprijs" biedt dit scenario natuurlijk geen ècht perspectief voor nationale zelfverzorging. Hoe rationeel wellicht ook, een schrale en monotone voorziening valt zeker emotioneel niet te rijmen met een groot areaal braakliggende cultuurgrond. Maar het betrof hier ook slechts een verkenning van de ondergrens.

## Zelfverzorging op de bovengrens

Daarop voortbordurend is in een tweede scenario - zie hoofdstuk 6 - een verkenning uitgevoerd naar de bovengrens van zelfverzorging. Met als vraagstelling: tot hoever kan op de beschikbare grond het voorzieningselastiek worden uitgerekt ten behoeve van een (qua samenstelling van de nutriënten) even gezond maar wel zo groot mogelijk voedingsmiddelenpakket en hoeveel extra energie is daarvoor nodig?

Als gevolg van dat streven naar maximale produktie stroomt de in het voorgaande scenario nog braakliggende ruimte nu geheel vol met consumptieaardappelen, suikerbieten en - voor zover voor akkerbouw beperkingen gelden - met zeer zwaar bemest gras. Zonder dat dit overigens gepaard gaat met een terugdringing van de eerder voor granen en oliezaden gereserveerde arealen. Bij dat bouwplan is er behalve voor meer varkens ook meer ruimte voor melkkoeien: in totaal 1 miljoen koeien (met aanhang) brengen - op basis van vooral ruw- en groenvoeders - gezamenlijk bijna 4,8 mil-

jard kg melk per jaar voort. De produktie van vlees staat daarbij op het tweede plan, want mesterij van de niet voor de regeneratie van de melkveestapel nodige kalveren vindt niet plaats.

Het uiteindelijke resultaat is dan een zowel volumineuser als een naar soorten van voedingsmiddelen ook veel rijker geschakeerd pakket dan het voorgaande. Zouden we, om welke reden dan ook, dit pakket met zoveel mogelijk mensen willen delen - dus: export van voedsel of immigratie toelaten - dan zou aldus (uitgaande van 2350 kcal per hoofd per dag) genoeg beschikbaar zijn voor de voeding van een kleine 30 miljoen zielen. Anders gezegd: Nederland moet technisch in staat worden geacht van eigen bodem 2,2 maal zoveel voedsel te winnen als voor zelfverzorging strikt noodzakelijk is 1).

Energetisch betekent dat intussen wèl dat de "kosten" meer dan vijfvoudig zijn opgelopen met die produktie van extra voedsel. Het totale beslag op fossiele energie is te becijferen op (minstens) 5,5 miljard aardgas-equivalenten. Voor de totale voedselketen is de energetische input-output-verhouding tussen ingezette fossiele- en gewonnen consumabele energie dan fors negatief geworden - 162:100,- hoewel die verhouding in de primaire fase toch nog batig is: 52:100.

Afgezien van de vraag of wij - in autarkie - deze extra "kosten" willen of kunnen dragen, is het in die omstandigheden niet erg waarschijnlijk dat ook onze export nog in die mate gevraagd zal worden. Met andere woorden: ook het bovengrensscenario is geen echt perspectief voor autarkische omstandigheden. Het voorzieningspakket is te overvloedig en dus: te duur.

## Zelfverzorging op een verantwoord niveau

In een derde scenario-opstelling - zie hoofdstuk 7 - wordt uitgegaan van een "model-menu" dat, in tegenstelling tot de voorgaande scenario's, niet in termen van macro-nutriënten maar in termen van voedingsmiddelengroepen is verwoord. Dat modelmenu werd opgesteld door voedingskundigen van de Directie Voedings- en Kwaliteitsaangelegenheden van het Ministerie van Landbouw en mag worden beschouwd als de neerslag van een - zij het losse - consensus in de voedingswereld over hoe de bekende "schijf van vijf/zes" met Nederlandse basisvoedingsmiddelen zou moeten zijn opgevuld.

Het lijkt duidelijk dat de voortbrenging van dit modelpakket een ruimere inzet van grond vergt dan die van het eenzijdige

1) Dit gegeven de in het midden van de jaren zeventig bekende en in de praktijk beproefde technieken. De potentiële mogelijkheden, zoals deze kunnen worden afgeleid uit onderzoekgegevens van o.a. H.D.J. van Heemst c.s. en C.T. de Wit (zie literatuurlijst onder "Literatuur over landbouw-plantenteelt in Nederland"), zijn nog aanmerkelijk hoger.

graanpakket aan de ondergrens van de voorziening. Toch blijft in deze opstelling - waarbij weer naar een minimaal energiebeslag wordt gestreefd - nog 24% van het totale areaal onbenut 1).

Ook het model-menu vraagt een nadrukkelijk bouwplan-aandeel voor de lichtere 2) aargewassen (granen); de zwaardere hakvruchten komen daarbij maar mondjesmaat aan bod. Afgezet tegen de ruime grondreserve is het groenvoederareaal - voor de teelt van gras èn klavers - eveneens aanzienlijk.

In totaal beslaat het uiteindelijk voor voederdoeleinden aangewende areaal meer dan de helft van de gebruikte oppervlakte. En dat omwille van de gewenste voortbrenging van melk, vlees en eieren, die samen nog geen kwart van de voedingscalorische inhoud van het model-pakket leveren. Conform de gestelde voedingseisen vindt die levering vooral plaats op basis van melkveehouderij-voortbrenging (krap 0,9 miljoen koeien); "intensieve" voortbrenging door mestvarkens (0,5 miljoen afleveringen per jaar) en leghennen (5,6 miljoen stuks) komt daarnaast ook voor, maar toch veel minder nadrukkelijk dan de melkveehouderij.

Een en ander mondt via de energierekening uit in een totaal verbruik van (minstens) 1,7 miljard aardgas-equivalenten. Dat is 76% méér dan het eveneens op maximale energiebesparing geënte ondergrens-scenario. Dat is niet omdat er nu meer voeding wordt voortgebracht, maar enkel-en-alleen omdat die voeding een meer verantwoord, of zo men wil: luxer karakter heeft door de grotere nadruk op dierlijke dragers van voedingscalorieën. In plaats van tot deze luxe had de extra inzet van energie ook kunnen leiden tot een extra produktie van volwaardig, maar minder luxe, voedsel van (minimaal) 21% tot (maximaal) 30%. Ofwel: voedsel voor een extra 2,8 - 4,1 miljoen consumenten.

## Zelfverzorging op een vertrouwd niveau

Als laatste scenario - zie hoofdstuk 8 - is een opstelling gekozen waarin de voedselketen bij een zo efficiënt mogelijk gebruik van energiedragers een pakket voedingsmiddelen levert waar we als consumenten min of meer mee vertrouwd zijn. Het pakket dat we nu (eigenlijk: in 1976) aan basisvoedingsmiddelen naar binnen werken en dat door voedingsdeskundigen vaak wordt afgeschilderd als "te kaal" en "te vet", terwijl anderen het ook wel "te rijk" vinden. Dat laatste dan zowel om de momentele calorische overscore als om de veel te nadrukkelijke vertegenwoordiging van dierlijke, met name "intensieve", produkten.

1) Zoals uit de navolgende behandeling in de hoofdstukken 5 en 7 zal blijken is deze formulering niet helemaal correct: ook braakblijvende grond kan nuttig zijn voor de voedselproduktie.
2) In de zin dat per voortgebrachte voedingscalorie minder energie-input wordt gevraagd.

Voortbrenging van zo'n pakket zou het gebruik van de beschikbare landbouwgrond wèl volledig maken. Niet zodanig echter dat er geen ruimte meer zou zijn voor de teelt van de lichtere gewassen. In feite zijn die in het bouwplan van de akkerbouw nog steeds dominant, niet alleen in de vorm van granen, maar zeer zeker ook als peulvruchten. Het hakvruchtenareaal blijft ten opzichte van het vorige scenario min of meer in omvang gelijk; maar binnen dat areaal is de nadruk nu wel meer komen te liggen op ("kale" calorieën leverende) bieten dan op consumptieaardappelen.

Door de sterke nadruk op dierlijke voortbrenging zijn de groen- en ruwvoedergewassen met 48% van het totaal-areaal goed vertegenwoordigd. Maar in feite is de voederbasis nog veel groter want ook het grootste deel van de granen en peulvruchten verdwijnt richting veehouderij. Die laatste bestaat dan uit ruim 1 miljoen melkkoeien, 0,6 miljoen stuks mestrundvee, 4,8 miljoen stuks afgeleverde mestvarkens, 80 miljoen stuks afgeleverde slachtkuikens en 9 miljoen stuks aanwezige leghennen.

Voor de energierekening zou dat produktieplan uitmonden in een jaarlijks verbruik van ruim 2,3 miljard aardgas-equivalenten: dat is nog bijna een kwart meer dan in de vorige opstelling.

## 1.3 Conclusies

Zouden we in de toekomst, om welke reden dan ook, onverhoopt worden geconfronteerd met een langdurige verstoring van de buitenlandse aanvoer van voedsel en voedselgrondstoffen, dan hoeven we niet direct op grond van ons ogenschijnlijk beperkte produktie-areaal een hongersnood te vrezen. Zelfs bij de huidige produktie-inrichting 1) valt zonder die aanvoer te overleven; vooropgesteld natuurlijk dat het produktie-apparaat in tact blijft en Nederland als één autarkisch systeem kan functioneren.

Toch zal het gewenst zijn, zij het alleen al uit het oogpunt van nieuwe schaarste-verhoudingen, bij een langere duur van de buitengewone omstandigheden op een ander systeem van voortbrenging aan te koersen. Met name op een voortbrenging waarbij ook een efficiënter - direct èn indirect - gebruik van de factor energie wordt nagestreefd. Door een andere nadruk op respectievelijk een verlegging van het activiteitenniveau binnen akkerbouw en veehouderij is het aantal mogelijkheden daartoe zeer groot - zonder dat dit direct gepaard hoeft te gaan met een terugval op de produktie-technieken van vroeger, waar het van paarde- en mankracht moest komen 2).

Afhankelijk van de bereidheid/mogelijkheid de inzet van fossiele energie boven een bij de huidige produktie-technieken noodzakelijke ondergrens van 1 miljard aardgas-equivalenten te verho-

1) En de daarbij behorende energie-input.
2) Paarden leggen trouwens zo'n groot beslag op areaal, dat we dan van de regen in de drop terecht zouden kunnen komen.

gen, is er - ook letterlijk - ruimte voor een uitbouw van de voortbrengingscapaciteit tot circa 220% van het minimaal vereiste niveau. De beschikbaarheid van grond is dus geen echt knelpunt.

Hoe die bereidheid of mogelijkheid ook uitvalt, voor de diverse onderdelen van het "park" aan landbouwactiviteiten zijn er toch wel enige - uit alle scenario's naar voren komende - gemeenschappelijke "ombuigingsrichtingen" ten opzichte van nu aan te geven.

Zo zal de autarkische voorziening - zie hoofdstuk 9 - zoveel mogelijk steunen op directe voortbrenging, dus op akkerbouw. Binnen die akkerbouw zal de nadruk moeten liggen op de teelt van granen, oliezaden en ook klavergewassen. Nu ligt die nadruk veel meer op de hakvruchten, waarbij de granen e.d. om reden van vruchtwisseling vooral dienen als "opvulling" in het bouwplan van bieten en aardappelen. Omdat conversieverliezen zoveel mogelijk vermeden dienen te worden zal gelijktijdig het grasareaal maximaal tot circa 600.000 ha mogen uitlopen. Dat wil zeggen dat bijna de helft van het huidige weide-areaal voor scheuren of braak in aanmerking komt.

De veehouderijproduktie loopt daarbij natuurlijk sterk terug. Het minst echter de melkveehouderij-produktie, omdat die gebruik kan maken van gronden die toch alleen maar voor weidedoeleinden geschikt zijn, dan wel van voedergewassen die ook voor de directe produktie nut afwerpen: klavers, die via natuurlijke stikstofbinding besparen op aanmaak van kunstmeststikstof. Van de intensieve sectoren houdt eigenlijk alleen de varkenshouderij nog stand. Maar die is - als we althans niet specifiek om varkensvlees in ons menu vragen - qua omvang slechts een schim van de huidige. Die schim waart rond in de buurt van de sterk geslonken afvalhopen van de voedselverwerkende industrie.

Als inderdaad de consument zijn eisen volledig of gedeeltelijk aan de nieuwe schaarste-verhoudingen moet aanpassen, zal hij calorisch niet eens heel veel minder op zijn bord hoeven te krijgen dan nu. Wel echter zullen de "omweg-" en "kale" voedingscalorieën in het menu zoveel mogelijk moeten worden omgeruild voor "directe"- en "volwaardige" alternatieven.

Met dat alles wordt het voedselvoorzieningssysteem in energetisch opzicht veel efficiënter dan het huidige systeem. Zelfs aan de bovengrens van de voorziening hoeft minder van de schaarse fossiele energie "verstookt" te worden dan bij wat we zouden kunnen noemen de zonder-invoer-overeind-te-houden huidige produktiestructuur van waaruit het nogal zoete menu uit hoofdstuk 2 zou kunnen worden verzorgd.

Al met al zijn deze in zeven-mijls-laarzen-termen geschetste veranderingen natuurlijk niet één-twee-drie verwezenlijkt. Het zijn zulke indringende veranderingen dat een stringente beleidsmatige sturing van de aanpassingsprocessen onvermijdelijk zal worden. De opties die voor deze aanpassingen of overgangen open staan zouden in een afzonderlijke studie onderzocht kunnen worden.

# 2. Terugblik op autarkie

## 2.1 Gerichtheid op het buitenland

Vooral dankzij de centrale geografische ligging van ons land met de havens als de poorten en de rivieren en kustzeeën als de wegen naar het Europese continentale achterland, is de Nederlandse economie vanouds door een zeer open structuur gekenmerkt. We maken bij onze economische activiteiten in hoge mate gebruik van grondstoffen die elders zijn gewonnen, terwijl anderzijds de afzet van de eindprodukten voor een groot deel buiten onze landsgrenzen moet worden waargemaakt.

Hoe open die structuur op dit moment wel is kan worden geïllustreerd aan de hand van de in tabel 2.1 voor de drie grote "klassieke" sectoren: landbouw, industrie en diensten, berekende afhankelijkheidspercentages. Zouden we onder 100% afhankelijkheid een systeem verstaan waarbij alle produktiemiddelen (ook de arbeid) vanuit het buitenland worden betrokken en de daarmee voortgebrachte finale produkten ook in hun geheel elders weer worden afgezet - eigenlijk is er dan sprake van pure dóórvoer - dan laat de totale particuliere bedrijvigheid op dit moment een afhankelijkheidsgraad zien van 31%.

Tabel 2.1 Afhankelijkheidsrelaties tussen economische sectoren en het buitenland in 1979

| sector | gecumuleerde invoer in mln.fl. | afzet via uitvoer in mln.fl. | totale finale afzet in mln.fl. | afhankelijkheidsgraad als percentage |
|---|---|---|---|---|
| landbouw en voedingsmiddelenindustrie | 16.016 | 25.891 | 42.323 | 50 |
| overige industrie exl. energie, chemie en delfstoffen | 36.856 | 46.104 | 103.974 | 40 |
| energie, chemie en delfstoffen | 24.681 | 44.176 | 48.002 | 72 |
| diensten, handel en verkeer | 21.091 | 32.784 | 208.936 | 13 |
| Totaal bedrijven | 98.644 | 148.955 | 403.235 | 31 |

De afhankelijkheidsgraad is berekend als de som van de gecumuleerde invoer en de uitvoer in verhouding tot twee maal de totale finale afzet van de betreffende sector.

Bron: J. Breedveld, LEI - analyse van de CBS input/output-tabel 1979 (niet gepubliceerd).

De sector landbouw inclusief aanverwante voedingsmiddelenindustrie scoort zelfs nog veel hoger (50%), zowel ten aanzien van de inkomensvorming via de uitvoer als bij de produktiemiddelenvoorziening via invoer.

Het spreekt welhaast vanzelf dat in aansluiting op deze grote mate van openheid, de Nederlandse handelspolitiek vanouds in het teken van de vrijhandelsidee heeft gestaan, juist ook voor landbouwprodukten en landbouwgrondstoffen. Toch is in Nederland in het verleden - we spreken dan wel over de eerste decennia van de vorige eeuw, de jaren na de officiële beëindiging van het z.g. continentale stelsel - het autarkiestreven nog een tijdlang onderdeel van het landbouwbeleid geweest. Enerzijds omwille van de wens de eigen landbouwsector - met name de akkerbouw - te bevoordelen boven invoer; anderzijds ook om zo een grotere zelfstandigheid van de nationale voedselpositie te bereiken. Op het moment echter dat van dat beleid ook echte daadkracht had kunnen worden gevraagd en het een dam had kunnen vormen tegen de vloedgolf van goedkope voedselgrondstoffen die rond 1880 vanuit de VS op West-Europa afkwam, was de politieke omslag voor Nederland al een feit. De beschermende graanwet van 1825 was in 1877 volledig opgeheven en zou dat blijven tot de crisisjaren van de 20e eeuw. Nederland koos, in navolging van het VK, voor de politiek van het laissez-faire; de gevolgen voor de landbouw en voedselpositie zouden worden afgewacht.

Achteraf gezien liep dat niet uit op de toen in landbouwkringen geprofeteerde decimering van de Nederlandse landbouwsector. Integendeel zelfs: de graancrisis van 1880 bleek een krachtige stimulans voor groei en uitbouw van de produktie. De goedkope granen maakten samen met de oplevende conjunctuur van de Belle Epoque veehouderijproduktie erg aantrekkelijk. Wat behalve aan een sterke intensivering in de melkveehouderij (krachtvoergebruik) gaandeweg ook ruimte gaf aan het van de (buitenlandse) grond komen van de varkens- en pluimveehouderij als nieuwe produktietakken. De akkerbouw moest daarbij onvermijdelijk terrein prijsgeven, doch niet in die mate als men wel gevreesd had. De gelijktijdige opkomst van de kunstmeststoffen maakte het mogelijk dat massaal werd omgeschakeld van aargewassen (granen) op bladgewassen (aardappelen, bieten). Door deze intensivering van het bouwplan en de gunstige ontwikkeling van de exportvraag bleef ook de Nederlandse akkerbouw van zijn bestaansrecht verzekerd.

Het Nederlandse landbouwbedrijf is zich sindsdien bij een toenemende nadruk op de voortbrenging van dierlijke produkten steeds duidelijker als veredelingsbedrijf gaan manifesteren. Invoer - vooral van veevoedergrondstoffen - werd zo een steeds belangrijker basis van de voortbrenging, waarvan de afzet zich gelijktijdig ook meer en meer op externe markten moest richten. Deze trend heeft zich in de nieuwe tijd: na de toetreding tot de EG in de jaren zestig, niet alleen voortgezet maar ook verdiept, zoals blijkt uit tabel 2.2.

Tabel 2.2 De invoer van krachtvoedergrondstoffen en de uitvoer van landbouwprodukten sinds 1950

| | 1950 | 1960 | 1970 | 1980 |
|---|---|---|---|---|
| invoer van krachtvoedergrondstoffen x 1000 ton | 755 | 3.476 | 7.030 | 12.770 |
| uitvoer van akkerbouwprodukten van Nederlandse herkomst, f.o.b., omgerekend in mln. guldens van 1980 | 2.084 | 2.297 | 3.109 | 4.525 |
| uitvoer van veehouderijprodukten van Nederlandse herkomst, f.o.b., omgerekend in mln. guldens van 1980 | 4.815 | 7.801 | 10.891 | 13.194 |

Bron: LEI-Landbouwcijfers.

De sinds 1880 effectieve keuze voor een naar buiten open landbouw - "open" wat betreft de invoer van de noodzakelijke produktiemiddelen, maar ook natuurlijk wat betreft de uitvoer van voortgebrachte eindprodukten - heeft ons overigens niet alleen maar gewin gebracht. Ook de schaduwkanten van de naar aanleiding van die keuze opgeroepen specialisatie zijn niet aan ons voorbij gaan.

## 2.2 De crisisjaren: geblokkeerde uitvoer

Zo maakte de landbouwsector een zwarte tijd mee tijdens de crisisjaren 1930-1940, toen de afzet van vooral veredelingsprodukten: melkprodukten, vlees en eieren, stuitte op een overal afnemende koopkracht en op een steeds strenger protectionisme in de afnemerslanden. Waar Nederland de vrije export sterk bleef bepleiten lag het in de rede dat het eigen beleid ten aanzien van de invoer van voedselgrondstoffen toch zoveel mogelijk op de eenmaal gekozen liberale leest geschoeid bleef. Het landbouwcrisisbeleid zocht dan ook vooral "naar binnen" naar speelruimte, hetgeen tot uiting kwam in een sterke nadruk op instrumenten als teeltbeperkingen voor overschotprodukten, heffingen op het binnenlands verbruik van ingevoerde produkten (spijsvetten), menggeboden ten behoeve van produkten die als substituut voor invoer konden fungeren (menggebod voor inlands tarwe bij broodbereiding). Toch viel ook niet te ontkomen aan een wat scherper beleid "naar buiten" ten aanzien van die invoerprodukten. Onder druk van de omstandigheden werd het beleid omgebogen in de richting van méér autarkie: garantieprijzen voor granen werden afgekondigd in combinatie met de introduktie van invoertarieven, in de hoop dat de voortbrenging naar juist die tekortprodukties zou afbuigen.

Dat dat laatste ook wel vruchten heeft afgeworpen moge blijken uit de volgens tabel 2.3 duidelijke toename van het graanareaal en de gelijktijdige afname van oppervlakten beteeld met suikerbieten en aardappelen tot rond 1936:

Tabel 2.3 De ontwikkeling van de oppervlakte akkerbouwgewassen tijdens de crisisjaren 1930-1940

| jaar | oppervlakte in 1000 ha | | | |
|---|---|---|---|---|
| | granen | consumptieaardappelen | fabrieksaardappelen | suikerbieten |
| 1930 | 431 | 129 | 32 | 58 |
| 1931 | 436 | 137 | 27 | 37 |
| 1932 | 448 | 148 | 28 | 40 |
| 1933 | 456 | 128 | 25 | 47 |
| 1934 | 498 | 118 | 25 | 42 |
| 1935 | 533 | 111 | 28 | 41 |
| 1936 | 562 | 91 | 21 | 44 |
| 1937 | 552 | 93 | 30 | 43 |
| 1938 | 562 | 99 | 31 | 44 |
| 1939 | 553 | 105 | 29 | 46 |
| 1940 | 544 | 100 | 37 | 50 |

Bron: CBS - zeventig jaren statistiek in tijdreeksen.

## 2.3 De bezettingsjaren 1940-1945

De daarop volgende bezettingsjaren 1940-1945 waren vooral zwart voor de consumenten van voedingsmiddelen. Ook de landbouw werd natuurlijk ernstig gehinderd door de verbroken verbindingen naar "overzee", maar in de sfeer van de opbrengstprijzen was er althans een zekere compensatie. Bovendien was door de hiervoor geschetste ontwikkeling tijdens de crisisjaren de afhankelijkheid van overzee al voor een deel verminderd.

Niet zoveel echter dat daarmee ook in de nieuwe situatie de voedselvoorziening gewaarborgd was. Gebruik makend van het in de voorgaande crisisjaren opgebouwde juridische instrumentarium (de Landbouwcrisiswet 1933) en uitgebreide ambtelijke apparaat, werd via drastische ingrepen in zowel consumptie als produktie van voedingsmiddelen een nog grotere zelfstandigheid van de voedselvoorziening nagestreefd. In de sfeer van de consumptie kwam dat neer op een steeds scherper wordende distributie van basisvoedingsmiddelen. Voor de produktie betekende dat: regulering van het verbruik van produktiemiddelen (meststoffen, energie o.a.), verbods- (voedergewassen) en gebodsbepalingen (bijvoorbeeld: oliezadenteelt) met betrekking tot het grondgebruik, centrale prijszetting en opkoop van eindprodukten door de Overheid, etc.

Onder invloed van dit - opgelegde - beleid heeft de landbouwsector zich inderdaad nòg verder "terug-ontwikkeld" in de richting van de voortbrenging van juist plantaardige voedingsmiddelen voor eigen èn, zo mogelijk, ook andere consumenten - zij het niet in die mate als het beleid wel gewild had:

Tabel 2.4 De ontwikkeling van de landbouwsector tijdens de bezettingsjaren 1940-1945

| jaar | oppervlakte in 1000 ha | | | | veestapels in 1000 stuks | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | granen | oliezaden | aardappelen | suikerbieten | melkkoeien | varkens | kippen |
| 1940 | 544 | 8 | 137 | 50 | 1.520 | 1.288 | 34.908 |
| 1941 | 534 | 4 | 169 | 45 | 1.373 | 948 | 7.740 |
| 1942 | 580 | 12 | 222 | 41 | 1.274 | 491 | 3.683 |
| 1943 | 626 | 58 | 226 | 44 | 1.201 | 545 | 3.868 |
| 1944 | 602 | ? | 207 | 40 | 1.162 | ? | ? |
| 1945 | 531 | ? | 181 | 18 | 1.188 | ? | ? |

Bron: CBS - zeventig jaren statistiek in tijdreeksen.

Doordat echter ook de voorziening met kunstmeststoffen - vooral stikstof- en fosfaatmeststoffen - gaandeweg steeds schraler werd, werden de positieve gevolgen van deze grotere nadruk op plantaardige voortbrenging weldra overschaduwd door een sterke vermindering van de kg-opbrengsten per ha, zoals blijkt uit tabel 2.5.

Vooral in het laatste bezettingsjaar - toen naast het steeds nijpender gebrek aan essentiële voedingsmiddelen ook nog eens de interne verbindingen verbroken raakten (door een frontlinie die dwars door het land liep; door de spoorwegstaking sinds september 1944), grote oppervlakten landbouwgebied om strategische redenen werden geïnundeerd, een uitgebreid bezettingsleger een extra beroep op voedsel deed en een groot deel van de eigen produktie voor Duitsland werd gerequireerd - bleek de toch al krap geworden voedselpositie voor althans West-Nederland helemaal niet meer te houden. Duidelijk komt dit tot uitdrukking in tabel 2.6.

Deze laatste opsomming van zóveel negatieve krachten die en masse een mogelijk welwillend beleid ten aanzien van de voedselvoorziening totaal hadden geblokkeerd, geeft dan tevens aan dat de situatie van de hongerwinter van 1944 niet echt model mag staan voor wat een terugval op autarkie voor Nederland nu zou behelzen. Die situatie was, gegeven onze wens uiteindelijk alleen inzicht te krijgen in wat afsluiting kan betekenen, tè bijzonder: West-Nederland, waar alleen in sommige polders behalve gras ook

Tabel 2.5 Ontwikkeling van de beschikbaarheid van kunstmeststoffen en de hl-opbrengsten van de gewassen tussen 1940-1945

| jaar | 1939/0 | 1940/1 | 1941/2 | 1942/3 | 1943/4 | 1944/5 | 1945/6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| voor binnenlands verbruik beschikbaar | | | | | | | |
| in ton pure -N | 92.600 | 92.000 | 69.400 | 61.600 | 50.260 | 22.800 | 73.600 |
| $-P_2O_5$ | 90.300 | 54.500 | 10.500 | 6.100 | 5.210 | 1.500 | 49.100 |
| $-K_2O$ | 104.300 | 154.000 | 137.900 | 145.000 | 127.500 | 75.700 | 56.500 |
| opbrengst per ha in hl | | | | | | | |
| tarwe | 34 | 29 | 28 | 20 | 23 | ? | 18 |
| haver | 28 | 28 | 20 | 22 | 22 | ? | 17 |
| gerst | 36 | 33 | 30 | 28 | 24 | ? | 19 |
| rogge | 27 | 19 | 18 | 21 | 19 | ? | 10 |
| consumptieaardappelen | 235 | 210 | 190 | 200 | 190 | ? | 150 |
| fabrieksaardappelen | 285 | 240 | 275 | 255 | 225 | ? | 150 |
| suikerbieten | 375 | 380 | 365 | 325 | 355 | ? | 250 |

Bronnen: Verslag Gedenkboek Rijksbureau voor de Voeselvoorziening in Oorlogstijd - "De kunstmestvoorziening van Nederland in de jaren 1939-1945"; CBS - Zeventig jaren statistiek in tijdreeksen.

Tabel 2.6 Beschikbaarheid van basisvoedingsmiddelen in kg per hoofd per jaar en de ontwikkeling van de calorische waarde van officiële rantsoenen voor volwassenen per hoofd per dag

| jaar | kg beschikbaar per jaar en per hoofd | | | | | | Peil-maand | Cal-rantsoen per dag |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | brood | aard-appelen | suiker | melk | spijs-vetten | vlees | primo | en per volwassene |
| 1941 | 110 | ? | 14 | 182 | 11 | 31 | augustus | 1.600 |
| 1942 | 99 | ? | 13 | 177 | 10 | 28 | februari | 1.590 |
| 1943 | 99 | ? | 13 | 164 | 8 | 18 | februari | 1.650 |
| 1944 | 77 | ? | 10 | 160 | 7 | 16 | februari | 1.610 |
| | | | | | | | november | 1.120 Westen |
| | | | | | | | november | 1.300 Noord-Oosten |
| | | | | | | | november | 690 Zuiden |
| 1945 | ? | ? | ? | 164 | 8 | 13 | februari | 560 Westen |
| | | | | | | | februari | 1.320 Noord-Oosten |
| | | | | | | | mei | 620 Westen |
| | | | | | | | mei | 1.370 Noord-Oosten |

Bronnen: Ministerie van Landbouw - STADOC.
CBS - Economische en sociale kroniek der oorlogsjaren 1940-1945.

voedselgewassen kunnen groeien, was met zijn omvangrijke bevolking geheel op zichzelf aangewezen - en dat liep, natuurlijk, volkomen mis.

## 2.4 De zeeblokkade na februari 1917

Representatiever is in dat opzicht de autarkische periode die (het toen wèl intakte) Nederland meemaakte nadat Engeland - in reactie op de Duitse afkondiging van de totale duikbotenoorlog in februari 1917 - de zeewegen volledig afgrendelde voor alle vervoer dat direct of indirect de Centrale economieën ook maar van nut zou kunnen zijn. Ook voedsel en voedselgrondstoffen die voor eigen gebruik bestemd waren werden behandeld als contrabande, juist omdat - zoals uit tabel 2.7 naar voren komt - vóór de afgrendeling een relatief groot deel van die grondstoffen uiteindelijk in de vorm van veredelingsprodukten naar Duitsland was doorgestroomd.

Tabel 2.7 De Nederlandse netto-uitvoer van enkele categorieën veredelingsprodukten tussen 1913 en 1918 in tonnen

| | 1913 | 1914 | 1915 | 1916 | 1917 | 1918 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| varkensvlees en spek (incl. levende uitvoer) | 48.093 | 80.029 | 58.841 | 40.462 | 15.565 | 53 |
| eieren | 6.760 | 12.955 | 33.165 | 31.342 | 22.392 | 1.204 |
| kaas | 65.642 | 67.608 | 86.181 | 90.315 | 56.075 | 14.920 |

Bron: Departement van Landbouw, Nijverheid en Handel.
Verslag over den landbouw in Nederland, 1913/1914-1919/1920

Vóór 1917 verliep de aanvoer van voedselgrondstoffen van overzee door de voortdurende oorlogshandelingen weliswaar ook erg stroef, doch gevaar voor de voedselpositie had dat nog niet echt opgeleverd. Het meest dringende tekort deed zich voor bij de broodgranen, maar door instelling van een exportverbod voor die grondstof, gecentraliseerde aankoop in het buitenland via de Nederlandsche Overzee Trustmaatschappij (NOT) en interne ruil van inlands voortgebrachte rogge tegen ingevoerde mais, bleven de gevolgen daarvan aanvankelijk toch zeer beperkt.

Het grootste gevaar kwam voorlopig uit de hoek van de gaandeweg steeds hogere prijzen die in Duitsland voor onze landbouwprodukten werden geboden. Door de als gevolg daarvan aangezwollen export dreigde de binnenlandse beschikbaarheid te worden uitgehold. Het antwoord van de regering was de z.g. consentenpolitiek: uitvoer van voedselprodukten werd alleen dàn toegestaan als gelijktijdig ook een zekere hoeveelheid voor het binnenlands ver-

bruik - tegen uiteraard lagere prijzen - werd aangeboden. Maatregelen in de sfeer van produktie- en teeltvoorschriften bleven verder nog uit.

De consentenpolitiek leidde er uiteindelijk toe dat de produktie vooral gericht bleef op de buitenlandse behoeften. In combinatie met de goedkope graanaanvoer via de N.O.T. was daarvan het gevolg dat de landbouw zich in de eerste jaren van de neutraliteitsperiode zelfs nog iets verder in de richting van het indirecte grondgebruik bleef evolueren. Het grasareaal breidde zich, zoals blijkt uit tabel 2.8, nog steeds uit, terwijl de akkerbouw (met name de graanteelt) terugliep.

Tabel 2.8 De ontwikkeling van het grondgebruik tijdens de periode 1914-1918

| jaar | oppervlakte in 1000 ha | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | granen | aardappelen | suikerbieten | akkerbouw | blijvend gras |
| 1914 | 465 | 172 | 63 | 883 | 1.228 |
| 1915 | 466 | 177 | 57 | 882 | 1.236 |
| 1916 | 425 | 172 | 65 | 869 | 1.252 |
| 1917 | 422 | 174 | 46 | 868 | 1.249 |
| 1918 | 443 | 180 | 38 | 886 | 1.227 |

Bron: Departement van Landbouw, Handel en Nijverheid.
Verslag over den landbouw in Nederland, 1913/1914-1919/1920

Het spreekt voor zich dat de consentenpolitiek na de plotselinge en drastische wijziging van de omstandigheden in het voorjaar van 1917, geen stand meer kon houden. De uitvoer van praktisch alle voedselprodukten werd verboden om de voedselpositie van de binnenlandse consumenten veilig te stellen. Tekorten traden nu niet alleen op bij de broodgraanvoorziening, maar ook - vanwege de hogere prioriteit die de directe humane voortbrenging genoot - bij de voedergraanvoorziening. In allerijl werd het beleid gericht op een stimulering van de produktie van plantaardige voedingsmiddelen. Naast de afkondiging van hoge garantieprijzen voor granen en peulvruchten ging men over tot het vaststellen van teeltregelingen, volgens welke de verbouw van bepaalde produkten (o.a. suikerbieten) werd afgeremd ten behoeve van de teelt van de meer gewenste gewassen. Zelfs werd er in juli 1918 een scheurplicht voor bepaalde delen van het graslandareaal bij wet geïntroduceerd.

De maatregelen voor de veehouderij waren meer "volgend". Zo werd er een slachtregeling van kracht die ervoor moest zorgen dat de acute krapte aan veevoedergrondstoffen - met name bij de varkenshouderij -niet zou uitmonden in een tè overtrokken aantal

noodslachtingen. Niettemin moest de varkensstapel toch in snel tempo worden verkleind, zoals blijkt uit tabel 2.9:

Tabel 2.9 Ontwikkeling van de varkensstapel in Nederland tussen 1917 en 1919

| peilmaand | jaar | aantal stuks getelde varkens |
|---|---|---|
| maart | 1917 | 1.185.400 |
| augustus | 1918 | 600.100 |
| maart | 1919 | 449.800 |

Bron: Departement van Landbouw, Nijverheid en Handel. Verslag over den landbouw in Nederland, 1917/1918.

Voor de vleesvoorziening betekende dat laatste dat de distributie van varkensvlees uiteindelijk zelfs moest worden opgegeven. Alle vlees dat nog kon worden voortgebracht werd verwerkt tot "eenheidsworst" en ook aldus gedistribueerd.

Ondanks deze maatregelen, die - zoals we zagen - in de sfeer van de akkerbouw overigens nog nauwelijks waren doorgewerkt, dreigde aan het eind van 1918 de hongersnood. Ware het niet dat juist toen, onverwacht, een einde kwam aan het wapengeweld - en dus ook aan de nationale isolatie - dan zou dit ongewilde experiment met de "geïsoleerde staat" zeer zeker slecht zijn afgelopen. Hoe benard de voorziening met vooral broodgranen wel was en hoe dit moest worden opgevangen door een verhoogde consumptie van vooral aardappelen en suiker, komt treffend tot uitdrukking in de onderstaande tabel 2.10:

Tabel 2.10 Enkele kengetallen van de voedselbeschikbaarheid tussen 1914 en 1918 1)

| jaar | gemiddelde consumptie per hoofd per jaar van | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | tarwe hl | gerst hl | rijst kg | aardappelen hl | suiker kg |
| 1914 | 1,36 | 0,49 | 6,48 | 3,67 | 16,6 |
| 1915 | 1,84 | 0,33 | 6,36 | 4,16 | 17,2 |
| 1916 | 1,80 | 0,22 | 7,27 | 3,64 | 19,4 |
| 1917 | 0,84 | 0,22 | 7,70 | 5,81 | 21,2 |
| 1918 | 0,43 | 0,12 | ... | 6,34 | 26,4 |

1) Consumptiecijfers m.b.t. andere voedingsmiddelen zijn onvoldoende bewaard gebleven. Zie ook C. den Hartog e.a. - "Nieuwe Voedingsleer", p. 78.

# 3. Autarkie nu – inventarisatie van knelpunten

## 3.1 Het verleden: een les voor de toekomst?

De hiervoor gegeven terugblik op de voor consument en landbouw drastische gevolgen van een gedwongen terugkeer naar een autarkische positie kan voor het beleid ten aanzien van landbouw en voedselvoorziening een zekere les inhouden. En wel deze, dat een nationale specialisatie op de voortbrenging van uit ingevoerde grondstoffen afgeleide produkten nooit zover mag worden opgevoerd dat de binnenlandse voedselpositie alleen nog veiliggesteld is bij de gratie van het uitblijven van verstoringen in het externe verkeer en de externe relaties.

Opgemerkt werd ook dat die specialisatietendens de laatste decennia niet alleen weer werd opgepakt, maar tevens fors werd verdiept. Een en ander onder invloed van onze toetreding tot de EG. Gelijktijdig maakte - zo valt uit tabel 3.1 te lezen - ook het verbruik van voedingsmiddelen een expansieve ontwikkeling door. Zowel in de hoogte: als gevolg van de snelle bevolkingsgroei, als in de breedte: van het smalle assortiment gerantsoeneerde produkten aan het begin van de jaren vijftig tot het uitgebreide en rijkere (aan dierlijke produkten) pakket dat we nu kennen.

Tabel 3.1 Ontwikkeling van de binnenlandse consumptie van voedingscalorieën uit basisvoedingsmiddelen (exclusief vis, tuinbouwprodukten en alcohol)

| | 1950 | 1960 | 1970 | 1980 |
|---|---|---|---|---|
| Totaal binnenlands verbruik | | | | |
| in Tcal | 9.966 | 11.688 | 12.910 | 14.174 |
| in kcal per hoofd per dag | 2.677 | 2.771 | 2.696 | 2.733 |
| waarvan: % plantaardig | 76 | 72 | 71 | 67 |
| % dierlijk | 24 | 28 | 29 | 33 |

Bron: LEI - Consumptie van voedingsmiddelen.

De vraag dringt zich dan op in hoeverre de voedselpositie nú nog op eigen (bodem)voortbrengselen is geënt en wat autarkie dan nu zou kunnen betekenen. We zullen proberen deze vraag op verschillende niveaus te beantwoorden. Eerst door kwantitatief na te gaan of er bij de huidige produktiestructuur zonder invoer nog wel genoeg voedsel van onze eigen bodem kan worden gewonnen. En vervolgens door kwalitatief te inventariseren welke knelpunten zich naast die van de beperkte beschikbaarheid van eigen grond nog kunnen gaan voordoen.

## 3.2 De voedselpositie in relatie tot de beschikbaarheid van eigen grond

De massale invoer van veevoedergrondstoffen betekent vanuit de optiek van de voedselpositie dat de vaak voorgehouden hoge zelfvoorzieningsgraad bij de voortbrenging van dierlijke produkten eerst nog moet worden "gecorrigeerd" voor de uit de Veevoederstatistiek af te leiden buitenlandse voederaandelen. Als we deze "correctie" toepassen dan ontstaat inderdaad een heel ander beeld van onze zelfvoorzieningspositie met dierlijke voedingsmiddelen:

Tabel 3.2 De zelfvoorziening met dierlijke voedingsmiddelen nu 1), gecorrigeerd voor het buitenlandse voederaandeel

| produktiesoort | zelfvoorzieningsgraad |
|---|---|
| melk(produkten) | 162 |
| rundvlees | 85 |
| varkensvlees | 28 |
| pluimveevlees | 27 |
| eieren | 23 |
| veehouderij-calorieën totaal | 106 |

1) Als referentiejaar voor "nu" wordt - ook in het vervolg van deze studie - gekeken naar de toestand rond 1976.

Bronnen: LEI-voorzieningsbalansen.
Min.v. Landbouw - Jaarstatistiek van de veevoeders.
Min.v. Landbouw - STADOC: Consumptie van voedingsmiddelen

Ten aanzien van vlees en eieren blijkt de draagkracht van het eigen voederareaal flink tekort te schieten. De melkproduktie laat daarentegen nog steeds een aanzienlijke overschotpositie zien. Uiteindelijk blijft de draagkracht van de eigen grond voor de verzorging met dierlijke voedingscalorieën daardoor toch nog ruim voldoende: 106%.

Behalve voor de voorziening met veevoeders voeren we - vooral van overzee - op grote schaal landbouwprodukten in voor de min of meer directe consumptie. In de sfeer van de basisvoedingsmiddelen betreft dat dan vooral de broodgraan- en vetgrondstoffen. De zelfvoorziening met de daaruit afgeleide voedingsmiddelen is daardoor behoorlijk laag. Anderzijds is de produktie van aardappelen en suikerbieten weer aanmerkelijk groter dan het eigen consumptief verbruik. Het zelfvoorzieningsplaatje voor het totale voor voedingsdoeleinden beschikbare pakket plantaardige produkten ziet er dan uit zoals in tabel 3.3 is beschreven.

Tabel 3.3 De zelfvoorziening met plantaardige voedingsmiddelen nu

| produktsoort | zelfvoorzieningsgraad |
|---|---|
| graanprodukten ( ) | 52 |
| suiker(produkten) | 152 |
| plantaardige oliën/vetten (produkten) | 4 |
| aardappelen(produkten) ( ) | 228 |
| peulvruchten | 100 |
| plantaardige-calorieën totaal | 130 |

( ) Exclusief de voortbrenging en het verbruik van brouwgerst en fabrieksaardappelen.
Bronnen: LEI-voorzieningsbalansen.
Min. v. Landbouw - STADOC: Cons. van voedingsmiddelen

Al met al kunnen we dan concluderen dat we ook zonder de vruchten van buitenlandse bodems in staat moeten zijn een calorisch voldoende voorziening met basisvoedingsmiddelen overeind te houden. Het daarbij behorende rantsoen zou er dan ongeveer uit kunnen zien als in tabel 3.4 is weergegeven.

Tabel 3.4 Berekende netto-beschikbaarheid van op eigen grond voortgebrachte basisvoedingsmiddelen 1)

| produktsoort | per hoofd per dag netto beschikbaar in | | |
|---|---|---|---|
| | grammen produkt | kcal | grammen eiwit |
| graanprod.- broodequiv.( ) | 119 | 269 | 9,4 |
| suiker(produkten) | 172 | 688 | - |
| spijsvetten (excl. slacht vet incl. boter) | 31 | 229 | - |
| aardappelen | 403 | 339 | 8,1 |
| peulvruchten | 5 | 15 | 1,1 |
| melkequiv. (excl.boter) | 1.290 | 673 | 43,5 |
| rundvlees (incl. slachtvet) | 46 | 127 | 8,2 |
| varkensvl. (incl. slachtvet) | 21 | 77 | 2,9 |
| pluimveevlees | 4 | 7 | 0,8 |
| eieren | 6 | 9 | 0,8 |
| totaal | | 2.433 | 74,8 |

1) "Netto" moet hier en in het vervolg worden opgevat in de zin van "eetbaar gedeelte", inclusief consumabele slachtafvallen. Het gedeelte van de diverse voedingsmiddelen dat als "eetbaar" mag worden beschouwd is afgeleid uit de Nederlandse Voedingsmiddelentabel van het Voorlichtingsbureau voor de Voeding.
( ) Berekend bij het nu gangbare uitmalingspercentage.
Bronnen: Zie voorgaande tabellen.

Voedingstechnisch kan als belangrijkste bezwaar tegen dit rantsoen worden aangevoerd dat het wel erg zoet is: van de totale calorische beschikbaarheid wordt liefst 28% verzorgd uit suiker.

Zwaarwegender echter dan dit voedingstechnische bezwaar is de impliciet in de bovenstaande berekeningen gemaakte veronderstelling dat autarkie niet méér is dan alleen de ontzegde toegang tot buitenlandse bodemvruchtbaarheid. De voortbrenging van nu maakt immers behalve van veel overzees areaal ook in hoge mate gebruik van moderne produktiemiddelen als machines/werktuigen, fossiele energiedragers en kunstmeststoffen. De vraag dringt zich op of zelfvoorziening ook nog mogelijk is als de invoer van deze middelen - of van de voor de vervaardiging ervan nodige grondstoffen - eveneens zou wegvallen.

## 3.3 De voedselpositie in afhankelijkheid van andere produktiemiddelen dan grond

Aangezien het totale areaal aan bouw- en grasland in de loop van deze eeuw eerst nog toe- maar later afnam, moet de ten opzichte van bijvoorbeeld 1917/1918 verrassend ruim gebleken voedselpositie van nu inderdaad vooral worden toegeschreven aan de hoge inzet van moderne produktiemiddelen. Met name de massale inzet van kunstmeststoffen - het moderne antwoord op de van nature in vele gebieden nogal schrale bodemvruchtbaarheid - heeft ten zeerste aan die verruiming bijgedragen. In combinatie overigens met de algehele verbetering van wat we de landbouwinfrastructuur zouden kunnen noemen: verbetering van de waterbeheersing, vergroting van het vakmanschap van de boer, genetische verbetering van de gebruikte gewassen, verbreding van het assortiment aan biociden, etc.

Behalve meer inzet van kunstmeststoffen, met name de stikstofhoudende kunstmeststoffen, is de landbouw van nu ook uitdrukkelijk gekenmerkt door de hoge graad van mechanisatie. Rond 1917/1918 was die mechanisatie nog nauwelijks van de grond gekomen en werd alle werk nog verricht met behulp van mankracht en paardekracht, zoals blijkt uit tabel 3.5.

De vraag is dan of - en in hoeverre - autarkie, naast het hiervoor gesignaleerde knelpunt ten aanzien van de beperkte eigen oppervlakte cultuurgrond, ook nog knelpunten zou kunnen oproepen in de sfeer van de mechanisatie en de intensivering van het landbouwproduktieproces. Een korte inventarisatie levert het volgende beeld op.

### Mechanisatie en energievoorziening

Per jaar voeren we in Nederland ten behoeve van de landbouw voor circa f 500 mln. aan machines en werktuigen uit het buitenland aan. Daar tegenover staat een ongeveer even groot bedrag

Tabel 3.5 Enkele kengetallen van intensivering en mechanisatie tussen 19-toen en 19-nu

| onderwerp jaar | 1920 | 1930 | 1940 2) | 1950 | 1960 | 1970 | 1980 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| landbouwareaal x 1000 ha | 2.125 | 2.180 | 2.270 | 2.247 | 2.218 | 2.020 | 1.902 |
| kunstmestverbruik: | | | | | | | |
| x 1000 ton pure N | 25 1) | 43 | 102 | 156 | 224 | 405 | 483 |
| x 1000 ton pure $P_2O_5$ | 74 1) | 106 | 108 | 120 | 112 | 110 | 82 |
| x 1000 ton pure $K_2O$ | 94 1) | 43 | 104 | 155 | 138 | 135 | 112 |
| fysieke opbrengsten per ha: | | | | | | | |
| x 100 kg tarwe | 26 | 28 | 34 | 32 | 47 | 46 | 62 |
| x 100 kg consumptieaardappelen | 160 | 170 | 235 | 235 | 270 | 355 | 380 |
| x 100 kg suikerbieten | 285 | 370 | 375 | 435 | 505 | 455 | 490 |
| x 100 kg ZW gras | ? | ? | 25 | 29 | 31 | 37 | 50 |
| beroepsbevolking in landbouw x 1000 | 623 | 640 | ? | 715 3) | 438 | 287 | 243 4) |
| landbouwpaarden x 1000 | 258 | 254 | 240 | 210 | 154 | 46 | ? |
| landbouwtrekkers x 1000 | ? | ? | 2 5) | 24 | 82 | 156 | 187 |

1) Cijfers hebben betrekking op bemestingsseizoen 1922/23.
2) Cijfers hebben betrekking op de toestand vóór de oorlog.
3) Cijfers van de telling van 1947.
4) Geëxtrapoleerd via cijfers van de Nationale Rekeningen (incl. tuinbouw).
5) Cijfers van de telling van 1945.

Bronnen: LEI-Landbouwcijfers/Zakboekje.
Min. v. Landbouw - STADOC: Verbruik van kustmest in Nederland.
Min. v. Landbouw - STADOC: Jaarstatistiek van de veevoeders/documentatie-cahier.
CBS - Zeventig jaar statistiek in tijdreeksen.

voor de uitvoer van landbouwmachines en werktuigen. Kijken we naar de verschillende categorieën machines en werktuigen die in- en uitgevoerd worden, dan blijken we per saldo alleen nog maar landbouwtrekkers (in 1980 ruim 10.000 stuks), maaidorsers/aardappeloogst-/bietenoogstmachines (213, 167 en 239 stuks resp.) en melkmachines (circa 1.400 stuks) uit het buitenland te betrekken. Voor de overige werktuigsoorten zijn we netto-exporteur 1).

Hoewel deze cijfers op zich natuurlijk weinig zeggen over hoe onze werkelijke werktuigvoorziening er in autarkische tijden voor zal staan, zijn ze wèl indicatief voor de know-how die we voor constructie en onderhoud van deze moderne produktiemiddelen klaarblijkelijk in huis hebben.

Tellen we daarbij op dat werktuigen en machines technisch, zij het natuurlijk wèl tegen hogere onderhoudskosten, zeer lang in bedrijf kunnen blijven - voorbeelden van sterk verouderde maar nog draaiende wagenparken worden in veel z.g. ontwikkelingslanden wel aangetroffen - en dat we op dit moment op veel terreinen (trekkers, combines, etc.) zijn over-gemechaniseerd 2), dan zal de werktuigvoorziening-sèc voorlopig weinig problemen hoeven op te leveren. Vooropgesteld, natuurlijk, dat zonodig een distributiesysteem voor werktuigen wordt ingesteld.

We zouden echter weinig plezier aan een compleet werktuigenpark beleven als de brandstof om dat park draaiende te houden ons zou ontbreken. Wat dat betreft mogen we ons gelukkig prijzen met de beschikbaarheid van aanzienlijke - zij het natuurlijke wèl eindige - reserves aan aardgas (aangetoond winbaar tot nu -1983- toe 1.540 mrd. m3) en aardolie (rond 170 mln. barrel) 3). Op die reserves zullen we in geval van autarkie moeten terugvallen, omdat immers ook de import van aardolie zal zijn gestagneerd. Die terugval zal echter niet zonder problemen zijn. Niet eens zozeer vanwege de wellicht noodzakelijke ombouw van het landbouwdieselpark op aardgas, maar vooral omdat ook de andere sectoren van de economie en masse op deze "spaarpot" zullen afkomen. Energie wordt dan waarschijnlijk een uiterst schaars goed, waar zo zuinig mogelijk mee zal moeten worden omgesprongen.

## Kunstmest, bestrijdingsmiddelen en energievoorziening

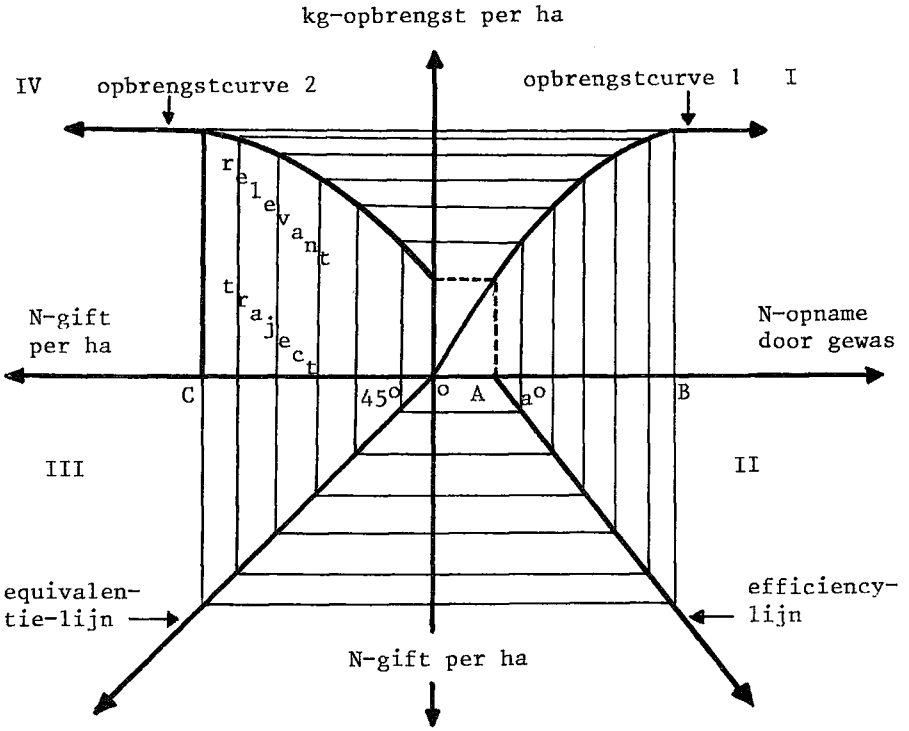
Behalve via de werktuigen verbruikt de landbouw ook - overwegend zelfs - energie via de aanwending van kunstmeststoffen. Dat geldt in het bijzonder voor de aanmaak van N-kunstmeststoffen, die geheel worden gesynthetiseerd uit stikstofelementen van de buitenlucht en waterstofelementen van aardgas (/-olie). Inclu-

1) De bovenstaande cijfers zijn afgeleid uit de CBS-Statistiek van de buitenlandse handel.
2) Zeker bij de graanteelt is dat het geval, zoals o.a. blijkt uit IMAG-publikatie 143: "Overmechanisatie of slagvaardigheid bij de graanoogst in Nederland".
3) Ministerie van Economische Zaken, Persber. 197, april 1983.

sief emballage en transport kost de aanmaak van 1 kg zuivere N-meststof rond 80 MJ - wat gelijk staat aan de energieinhoud van circa 2,2 liter dieselolie 1).

Zoals uit de voorgaande tabel reeds naar voren komt, kan de sterke stijging van de kg-opbrengsten van de gewassen in verband worden gebracht met het steeds intensiever wordende gebruik van N-kunstmeststoffen. Die relatie tussen grondinzet en stikstofinzet, die voor de meeste gewassen op diverse grondsoorten aan de

Grafiek 3.1 Schematische weergave van de relatie tussen N-gift, N-opname en kg-opbrengsten van gewassen ( )




( ) Deze relatie geldt onder de veronderstelling dat alle andere groeifactoren - zoals ziektebestrijding, waterbeheersing, raskeuze, e.d. - op een gegeven en vast niveau aanwezig zijn.

Bron: vrij naar H.D.J. van Heemst, H. van Keulen en H. Stolwijk - Potentiële produktie, bruto- en nettoproduktie van de Nederlandse landbouw.

1) Zie o.a. G. Leach, "Energy and Food Production", London, IPC Science and Technology Press.

hand van meerjarige proeven gedurig wordt getraceerd 1), is schematische weergegeven in figuur 3.1.

Enige verduidelijking van figuur 3.1 lijkt hier op zijn plaats. De figuur is opgedeeld in vier z.g. kwadranten. Binnen elk kwadrant wordt een relatie gelegd tussen een verklarende en een te verklaren grootheid.

In kwadrant I is dat de relatie die geldt tussen de opname van stikstof door het gewas en de kg-opbrengsten die per ha worden gerealiseerd: de opbrengstcurve 1. Het opname-traject tussen 0 en A op de rechterzijde van de horizontale as verbeeldt de opname die uit natuurlijke levering (uit bodem en lucht) wordt verzorgd. Wil het gewas méér stikstof opnemen, dan moet de grond worden bemest. Op valt, dat naarmate de opname hoger is de totale opbrengsten wel toenemen, maar in steeds mindere mate. Voorbij punt B stijgen ze zelfs helemaal niet meer.

In kwadrant II wordt aangegeven dat er vanaf het begin van de bemesting een proportioneel verband is tussen N-gift en N-opname door het gewas. Dat verband is voor het betreffende gewas op de betreffende grondsoort afgebeeld als een rechte lijn, met een hellingshoek a, welke aangeeft hoe efficiënt de N-gift wordt benut.

In het derde kwadrant wordt een hulpfiguur geschetst: de 45°-equivalentielijn, om de eerder gespecificeerde relaties door te geven naar kwadrant IV, waarin het uiteindelijk gezochte verband tussen N-gift en kg-opbrengsten per ha zijn neerslag vindt in de opbrengstcurve 2. Die curve geeft dan aan dat bij een oplopende bemesting tot punt C nog meer opbrengsten zijn te verwachten, maar daarna niet meer. Vandaar dat het bemestingstraject 0-C als relevant traject wordt aangemerkt.

Wat betreft de andere kunstmeststoffen: fosfaat en kali, is de relatie tussen gift en gewasopbrengst minder nadrukkelijk. Dat komt omdat de tekorten tegenwoordig klein zijn en de betreffende gift slechts langzaam wordt verbruikt, dus voor opname door meerdere - opvolgende - gewassen beschikbaar blijft. Fosfaat en kali worden dan ook beschouwd als z.g. "voorraad"-meststoffen, die niet zozeer worden toegediend voor het specifieke gewas, maar meer voor het op peil houden van de fosfaat - resp. kali-toestand van de bodem.

De volgens tabel 3.5 in de laatste decennia regelmatig teruglopende P- en K-giften hangen samen met de verzadiging van de bodem met deze mineralen door de nu zo bovenmatig ruime beschikbaarheid van dierlijke mest. Het lijkt wellicht wat ironisch, maar vanuit de optiek van een autarkische voedselvoorziening kan de huidige bodem"vervuiling" met fosfaat en kali zeer zeker als

1) O.a. door het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid te Haren. Veel gegevens van dit instituut liggen aan de basis van het data-bestand van het hierna te bespreken model, voor zover daarin relaties tussen N-gift en gewasopbrengst zijn opgenomen.

een pluspunt worden opgevat: in de eerte jaren van een eventuele autarkie zal daardoor ons gebrek aan winbare voorraden van fosfaat- en kalihoudende delfstoffen nauwelijks problemen hoeven op te leveren. Op den duur zijn zulke problemen echter wel te voorzien, waarbij zich als enige oplossing een lichter bouwplan en een efficiëntere recyling van dierlijke meststoffen - net als vroeger - aandient. Waar dat laatste transport van dierlijke mest zou uitlokken, zou dat dan - indirect - weer neerkomen op een verscherping van het hiervoor gesignaleerde energievraagstuk.

Eerder werd opgemerkt dat het niet alleen het verbruik van (vooral N-) kunstmest is geweest dat de kg-opbrengsten in de loop der jaren sterk heeft doen stijgen. Mede van invloed was de landbouw-infrastructuur, waaronder waterbeheersing, rassenverbetering en de versteviging van de grip op ziekten en plagen door de verbreding van het assortiment en de effectiviteit van bestrijdingsmiddelen.

Voor deze laatste produkten zijn wij per saldo in zeer ruime mate netto-exporteur, wat ook hier kan worden uitgelegd als indicatie, dat we op het vlak van de chemische know-how zelfverzorgend zijn. Naast die know-how is de belangrijkste grondstof voor de vervaardiging van bestrijdingsmiddelen aardolie(produkten). Dat betekent dat autarkie ook hier vooral weer terug zal voeren tot het eerder genoemde energievraagstuk. Overigens moet daar wel bij worden aangetekend dat het via de bestrijdingsmiddelen opgeroepen energieverbruik van de landbouw in verhouding tot het directe en indirecte verbruik voor mechanisatie en kunstmestfabricage zeer weinig voorstelt.

Tenslotte kost ook de waterbeheersing (polderbemaling) energie. De vraag is echter of dat energieverbruik alleen omwille van de landbouw plaatsvindt. Ook andere doelen, met name de handhaving van bebouwingen, verkeersinfrastructuur, etc. worden er immers mee gediend. In het vervolg van deze studie is er daarom van afgezien deze post als mogelijk knelpunt voor juist de landbouwproduktie aan te merken.

Beschikbaarheid van arbeid

Binnen het bestek van deze knelpunten-"analyse" hoort ook iets gezegd te worden over de arbeidsvoorziening bij autarkische verhoudingen, mede omdat de ervaringen die wij - en ook andere landen - op dat vlak hebben opgedaan nogal negatief waren. Omdat voor oorlogs- of mobilisatie-doeleinden veel arbeid nodig was, ging dat vaak ten koste van de arbeidsvoorziening in de landbouw 1).

1) In de bezettingsjaren 1940-1945 werd dit overigens weer ten dele goedgemaakt door de toestroom van gewezen agrariërs uit de stad, die hun diensten aanboden in ruil voor voedsel.

Nu echter - zoals blijkt uit tabel 3.5 - het machine- en werktuigenpark de rol van de handenarbeid goeddeels heeft overgenomen, lijkt het niet waarschijnlijk dat we ook in het moderne concept van de autarkie nog met het probleem van een arbeidstekort zullen worden geconfronteerd. Tenzij we, bijvoorbeeld omwille van een nagestreefde besparing op fossiele brandstoffen, bereid zouden zijn de vruchten van nu weer in te ruilen tegen de krenten van vroeger: de combine voor de sikkel, de trekker voor het paard en de hoofdpijn voor de rugpijn. Maar als we dat zouden willen dan zouden we wèl met weer nieuwe problemen komen te zitten: het werktuigenpark is niet meer op hand- en spankracht berekend; de handvaardigheid van vroeger zal veelal zijn weggezakt; door de langere oogsttijden zou de oogstzekerheid drastisch teruglopen; èn er zal meer voedsel en voer moeten worden voortgebracht om het vele zware werk te kunnen uitvoeren.

Op grond van deze overwegingen lijkt het vooralsnog meer plausibel om te veronderstellen dat de autarkie ons niet op zulke verouderde produktietechnieken en werkwijzen zal terugwerpen. Als dat inderdaad zo is zal de arbeidsvoorziening verder ook geen problemen hoeven op te leveren.

# 4. Autarkie in model

## 4.1 De dimensies van aanpassing: wat, hoe en waar

Aan de horizon van een eventuele nationale zelfverzorging zullen - zo mag op grond van het voorgaande betoog worden aangenomen - uiteindelijk twee soorten van schaarste opdoemen die de nationale voedselvoorziening problematisch kunnen doen worden: schaarste aan grond en schaarste aan energiedragers, welke direct of indirect voor de voortbrenging worden verbruikt.

In onze probleemstelling is de schaarste aan grond duidelijk een absoluut gegeven. We beschikken slechts over een klein areaal van rond 1,9 mln. ha, waarvan een groot deel bovendien alleen nog indirect - via de grasproduktie - aan de voorziening kan bijdragen. Dat areaal kan niet, althans niet binnen afzienbare tijd, worden uitgebreid.

Pro forma is ook de nationale voorraad aan energiedragers schaars in absolute zin: die voorraad is immers eindig. Maar tegen de achtergrond van de voorlopig nog grote omvang ervan lijkt het voor onze probleemstelling toch eerder de aanvoer vanuit die voorraad te zijn welke een knelpunt zal kunnen gaan vormen. Enerzijds doordat ook alle andere binnenlandse bedrijvigheid voor de energievoorziening op de nationale reserves zal zijn aangewezen. Anderzijds omdat verwacht mag worden dat er vanuit de optiek van "het nationale behoud" sterk op zal worden aangedrongen toch zo zuinig mogelijk met deze reserves om te springen. De facto is de schaarste aan energie dus eigenlijk meer een relatief gegeven.

Energie en grond zijn binnen het voedselsysteem tot op zekere hoogte uitwisselbaar. Niet alleen kan die uitwisseling vorm krijgen in de keuze van de produktiesamenstelling - bijvoorbeeld een bouwplan met per voortgebrachte voedingscalorie meer of minder energievragende maar grondsparende hakvruchten - maar ook in de keuze van de intensiteit waarmee de diverse onderdelen van het produktieproces kunnen worden uitgevoerd, bijvoorbeeld meer of minder (N-)bemesting van de gekozen gewassen.

Waar we hier het hele systeem van voortbrenging van basisvoedingsmiddelen 1) op het oog hebben zullen die keuzen zich overigens niet alleen afspelen op het vlak van de bodemproduktie. Ook de andere onderdelen van dat systeem genereren - direct of indirect - beslag op schaarse energie en grond en ook dat beslag

1) Tuinbouw en tuinbouwvoortbrengselen worden, zoals eerder vermeld, niet als zodanig aangemerkt en blijven hier dus buiten beschouwing.

moet bij de bepaling van de onder de gestelde voedingseisen meest gunstige trade-off tussen deze twee schaarse middelen, worden verdisconteerd. In concreto betekent dat, dat we voor alle energie- en/of grond-gebruikende schakels van de voedselketen (van kunstmestproduktie via plantenteelt via veehouderij via processing tot consumptie) een uitspraak zouden moeten doen over WAT en HOE -onder de aangenomen autarkische schaarsteverhoudingen - er op de langere termijn aan voedingsprodukten zou moeten worden voortgebracht.

Omdat de genoemde schakels ruimtelijk verspreid voorkomen, genereert de functionele doorstroom (soms ook: terugstroom) van produkten van de ene schakel naar de andere doorgaans ook vervoer. Dat vervoer verbruikt noodzakelijkerwijs energie en het is daarom dat naast een uitspraak over het WAT en het HOE van de autarkische voortbrenging ook het WAAR van die voortbrenging van belang is. Bovendien is de natuurlijke vruchtbaarheid en de gesteldheid van de grond niet overal dezelfde, zodat het WAAR voor althans de directe bodemproduktie op zijn beurt weer gevolgen kan hebben voor het WAT (gewaskeuze) en het HOE (bemestingsniveau).

## 4.2 De voedselketen gemodelleerd

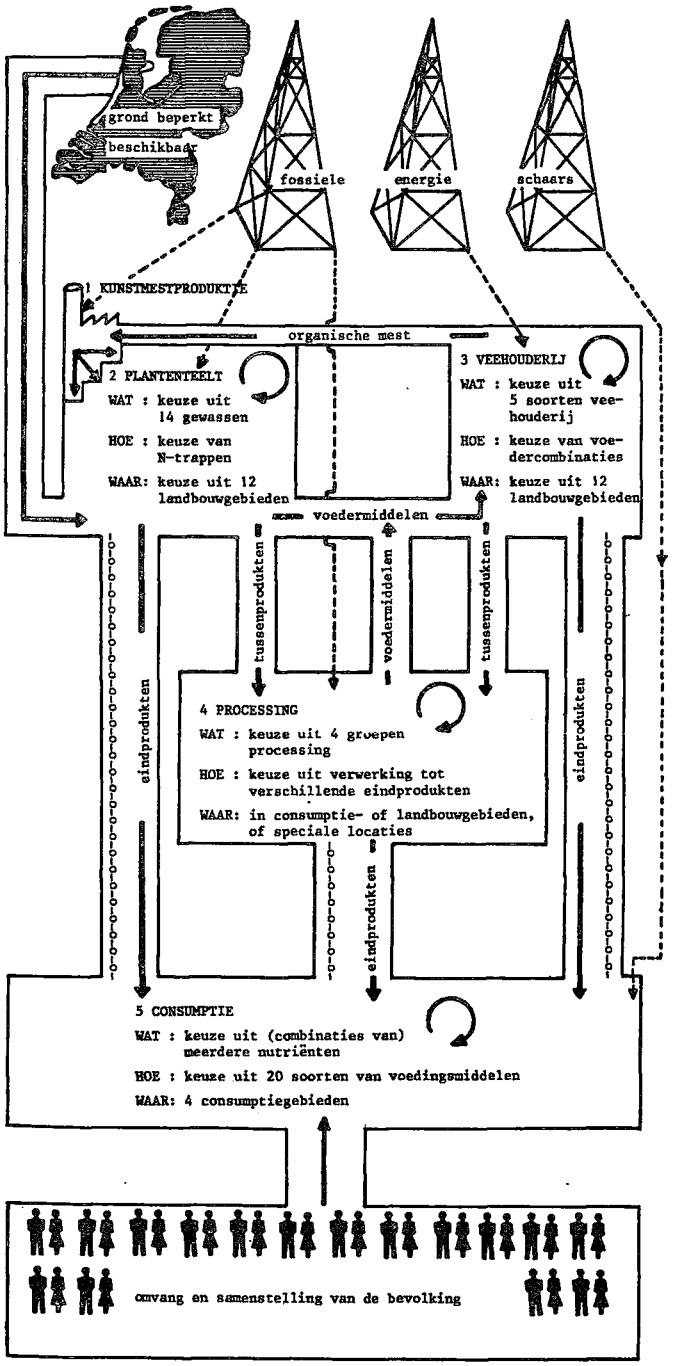
Een antwoord op de vraag hoe de genoemde drie dimensies van de voedselproduktie het best kunnen worden afgestemd op de in autarkische condities optredende schaarste aan grond en energiedragers is niet zonder meer te geven. Behalve de veelheid aan technische mogelijkheden die op zich al aan verschillende aanpassingsvormen ruimte kan bieden, kunnen ook de voedseleisen die wij een autarkisch systeem menen te moeten opleggen op verschillende niveaus worden gesteld. En bij elk niveau kan weer een andere inhoud van het wat-hoe-en-waar van de voortbrenging horen.

Tegen deze achtergrond is daarom geprobeerd het voedselproduktiesysteem binnen een gedefinieerd kader van (op de huidige produktietechnieken geënte) technische mogelijkheden te modelleren. Met als doel: aan de hand van zo'n model meerdere relevante pakketten van voedseleisen kwantitatief op hun consequenties door te rekenen - waarmee we een indruk zouden kunnen krijgen van de ruimte die ons in principe voor zelfvoorziening op voedselgebied ter beschikking staat.

Het betreffende model (waarvan de wiskundige contouren in bijlage 1 nader zijn gepreciseerd en waarvan in bijlage 2 de samenhang tussen de diverse onderdelen aan de hand van enkele uitgewerkte voorbeelden wordt toegelicht 1)) is opgezet conform het eerder aangehaalde concept van een uit een vijftal grotere schakels: kunstmestproduktie, plantenteelt, veehouderij, processing

1) In het op deze Publikatie volgend Onderzoekverslag zal het model en het databestand in zijn geheel worden gespecificeerd.

Figuur 4.1 Schematische voorstelling van het autarkie-model



en consumptie - aaneengeregen voedselketen. Binnen elk van deze schakels zijn variabele "activiteiten" gedefinieerd die - voor zover relevant en mogelijk op grond van het bijeengegaarde cijfermateriaal - zijn verbijzonderd naar de wat-hoe-waar-dimensies.

De verbijzondering gaat daarbij zover, dat de diverse technische relaties tussen de activiteiten - die samen het hiervoor genoemde "kader van technische mogelijkheden" vormen - als lineaire vergelijkingen konden worden geformuleerd. Het totale stelsel van vergelijkingen - d.i. het model - werd daardoor geschikt voor doorrekening via de methode van de lineaire programmering. Volgens die methode wordt in een convergerende rekengang zodanig met de in het model meespelende activiteiten gemanipuleerd, dat er uiteindelijk een optimale oplossing uit de bus rolt. Wat er op neerkomt dat de vergelijking die als zogenaamde "doelfunctie" binnen het model een sturende rol is toegewezen, binnen de ruimte die de andere vergelijkingen als zogenaamde "randvoorwaarden" toelaten, een maximum- of minimumwaarde (al naar gelang de richting van de doelfunctie) bereikt 1).

Hoe de toewijzing van de in vergelijkingen vertaalde relaties over de doelfunctie en de randvoorwaarden in concreto in het model werd uitgewerkt, kan wellicht het best worden geïllustreerd aan de hand van het in figuur 4.1 gegeven schema. De daarin via pijlsymbolen aangeduide relaties staan dan voor de randvoorwaarden van het model. Daarbij valt op, dat er in feite slechts twee randvoorwaarden exogeen, d.w.z. van buiten het systeem, worden ingebracht: de beperkte beschikbaarheid van cultuurgrond en de omvang en samenstelling van de bevolking. De rest van de randvoorwaarden (c.q. beschikbaarheden en beperkingen) is endogeen, d.w.z. afhankelijk van de feitelijke invulling van de activiteiten in het eigen blok (wat wordt aangegeven met een cirkel-pijl) of in andere blokken. In principe kwamen twee soorten van relaties in aanmerking om als doelfunctie aan dit model sturing te geven:

- Aan de inputzijde de relatie tussen activiteiten en het totale door voedselproduktie opgeroepen verbruik van schaarse fossiele energie - in het schema aangegeven door de serie gestippelde lijnen. Deze doelfunctie zou dan, in woorden, luiden: minimaliseer het totale energieverbruik onder de gegeven randvoorwaarden.
- Aan de outputzijde de relatie tussen activiteiten en de voortbrenging van in bepaalde verhoudingen benodigde voedingselementen (macro-nutriënten). In het schema: de o-o-o-o-o-lijnen in plaats van de pijlsymbolen bij "eindprodukten". De doelfunctie zou hier kunnen luiden: maximaliseer de output aan voedingswaarden onder de gegeven randvoorwaarden.

1) Zie hiervoor de literatuurlijst onder "Literatuur over Lineaire Programmering, optimaliseringstechnieken, e.a.".

Voor we - in de volgende hoofdstukken - de consequenties van van deze twee richtingen van de doelfunctie en die van relevante tussenposities verder uitwerken, lijkt hier eerst een nadere verduidelijking op zijn plaats over welke variabele activiteiten er feitelijk in het model meespelen en binnen welke feitelijke randvoorwaarden deze activiteiten speelruimte hebben.

## 4.3 De modelonderdelen nader bekeken

### Kunstmestproduktie

De activiteiten in het blok Kunstmestproduktie zijn alleen gedefinieerd in de WAT-dimensie: als aanmaak van respectievelijk 1000 kg pure N-, $P_2O_5$- en $K_2O$ - meststoffen, inclusief transport franco boerderij. De lokatie van deze activiteiten en daarmee de vervoerskosten van kunstmest, spelen dus geen rol. Samen met de gerecyclede mineralen in natuurlijke meststoffen vormen zij inputs voor de activiteiten in het volgende blok: Plantenteelt.

Als "kosten" van de aanmaak van kunstmeststoffen worden die offers ingerekend die direct of indirect zijn te herleiden tot verbruikte fossiele energie. Conform de voorgaande knelpuntenanalyse kan de beschikbaarheid van juist dat produktiemiddel - naast die van grond - een bottleneck voor de produktie worden. Zoals eerder werd opgemerkt mag deze aanname zeker in de sfeer van de N-kunstmeststoffen plausibel worden genoemd: aanmaak van deze meststoffen is immers ook niets anders dan energie-conversie. Minder plausibel is die veronderstelling echter ten aanzien van de andere hoofdmeststoffen. Kali en fosfaat worden immers niet gesynthetiseerd uit energiedragers, maar gedolven uit natuurlijke minerale bodemlagen. In Nederland zijn die minerale lagen zeer bescheiden. Niettemin is ook voor kali en fosfaat als werkhypothese aangenomen, dat als "kosten" van aanmaak het bij exploitatie van die lagen te verwachten energieverbruik 1) mag worden ingerekend 2).

### Plantenteelt

Binnen het blok Plantenteelt zijn als activiteiten in de WAT-dimensie een 14-tal gewassen opgenomen - representanten van die teelten die in autarkische verhoudingen direct of indirect aan de voorziening met voedsel of voedselgrondstoffen kunnen bijdragen: (winter/zomer-)tarwe, haver, (zomer-)gerst, rogge, groene

1) Uitgegaan is daarbij van het energieverbruik dat voor exploitatie van Engelse voorkomens door G. Leach in "Energy and Food Production" is berekend.
2) Wat boven de eigen exploitatie-mogelijkheden aan P- en K-kunstmeststoffen nodig zou blijken te zijn zal in werkelijkheid uit (strategische) voorraad moeten worden aangevuld.

erwten, bruine bonen, consumptie-aardappelen, suikerbieten, koolzaad, gras, snijmais, voederbieten, (rode/witte)klaver en stoppelknollen. Als eenheid van activiteit fungeert in het model de hectare.

Het bovengenoemde scala bevat ook teelten die nu niet of slechts in geringe mate in het bouwplan voorkomen. Dat geldt o.a. voor gewassen als erwten en bonen, klavers en stoppelknollen. In de geschetste buitengewone verhoudingen kunnen die gewassen echter van wezenlijk belang worden. De peulvruchten door hun relatief hoge eiwit-score, in combinatie met hun bescheiden mestbehoeften. De klavers vanwege hun eigenschap in symbiose te leven met z.g. wortelknolletjesbacterieën die het land op natuurlijke wijze - dus zonder energiekosten voor synthetische aanmaak - met N-meststoffen verrijken; dit naast hun functie als voedergewas. En de stoppelknollen omdat via zulke nagewassen de beperkte beschikbaarheid van cultuurgrond als het ware endogeen kan worden vergroot.

In de HOE-dimensie zijn deze activiteiten verder gedetailleerd naar het energieverbruik dat ze oproepen. Het betreft dan niet zozeer het directe energieverbruik - in de vorm van dieselolie en electra. Dàt verbruik wordt, conform het uitgangspunt dat het huidige mechanisatieniveau niet weer wordt omgeruild voor de vroegere mankracht en paardekracht, verondersteld per gewas vast te staan en als zodanig als "kosten" al via de WAT-dimensie (dus onafhankelijk van het opbrengstniveau) mee te lopen. De detaillering op het niveau van de HOE-dimensie verloopt daarentegen via het indirecte energieverbruik. Meer specifiek: over het verbruik van N-meststoffen die - zoals we eerder zagen uitgewerkt in figuur 3.1 - binnen bepaalde trajecten de opbrengsten van de grond kunnen vergroten.

Elk gewas kan volgens het model binnen zijn relevant traject in trapsgewijs oplopende mate worden bemest met N-meststoffen, die uit produktie van het voorgaande blok (Kunstmestindustrie) dan wel uit recycling van natuurlijke meststoffen beschikbaar komen. Een en ander natuurlijk met consequenties voor het niveau van de output van de teeltactiviteit. Hoe zwaarder de N-bemesting, des te eerder zal, gegeven de stand van de techniek, een maximum aan output worden bereikt. En - omgekeerd - hoe geringer de N-gift, des te lager zullen de kg-opbrengsten zijn - met als bodem dàt niveau, dat volgens de gebruikte (proefveld)gegevens bij 0-bemesting voor dat gewas op de betreffende grond nog haalbaar is 1).

Dit brengt ons als vanzelf op het WAAR van de teelt. In het model wordt daarvoor aangesloten bij de gebiedsindeling van het CBS in een aantal groepen van zoveel mogelijk bijeengelegen landbouwgebieden, welke qua grondsoort sterk overeenkomen.

Afgezien van de oppervlakten welke binnen die groepen om landbouwtechnische redenen alleen voor grasteelt geschikt zijn

1) Zie voetnoot 1 op blz.

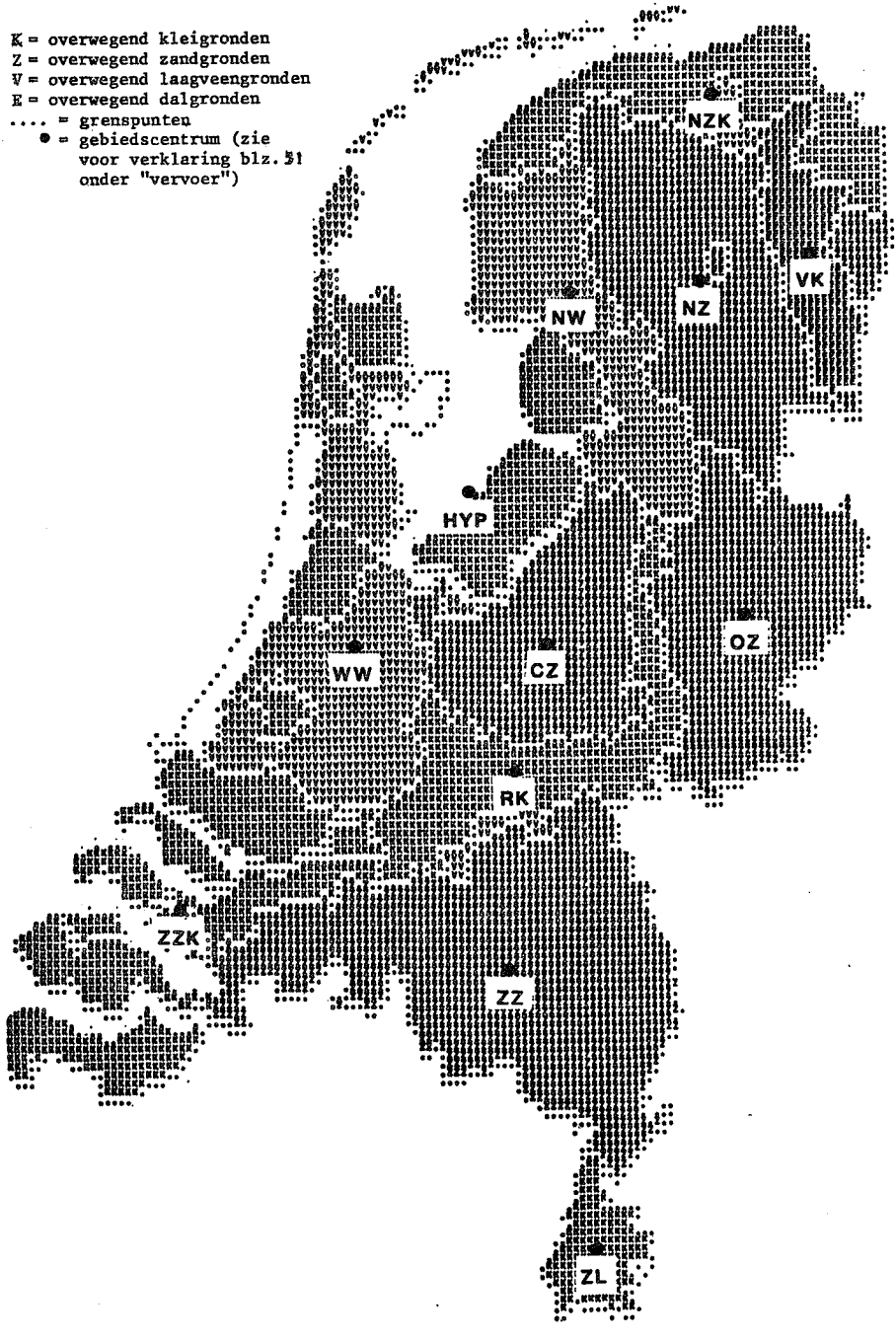
Tabel 4.1 Kenschets van de in het model gedefinieerde landbouwgebieden

| Naam gebied (afgekort) | Grondsoort | Oppervlakte 1) in ha | Waarvan % ongeschikt voor akkerbouw | Overige teeltbeperkingen | Opbrengsten bij lage N-giften |
|---|---|---|---|---|---|
| Hollandse- en Ysselmeerpolders (HYP) | zeeklei | 132.000 | 0 | geen | hoog/ vrij hoog |
| Zuidwestelijk zeekleigebied (ZZK) | zeeklei | 202.000 | 10 | geen | vrij hoog/ redelijk |
| Noordelijk zeekleigebied (NZK) | zeeklei | 147.000 | 0 | geen | vrij hoog/ redelijk |
| Rivierkleigebied (RK) | rivierklei | 125.000 | 20 | geen | vrij hoog/ redelijk |
| Zuid-Limburgs lössgebied (ZL) | löss | 34.000 | 0 | geen | redelijk |
| Noordelijk zandgebied (NZ) | zand/ esgond | 260.000 | 20 | koolzaad, erwten, wintergranen | zeer laag |
| Oostelijk zandgebied (OZ) | zand/ esgond | 206.000 | 20 | koolzaad, erwten, wintergranen | zeer laag |
| Centraal zandgebied (CZ) | zand/ esgond | 81.000 | 20 | koolzaad, erwten, wintergranen | zeer laag |
| Zuidelijk zandgebied (ZZ) | zand/ esgond | 287.000 | 20 | koolzaad, erwten, wintergranen | zeer laag |
| Veenkoloniale gebied (VK) | dalgrond | 87.000 | 0 | koolzaad, erwten | laag |
| Noordelijk weidegebied (NW) | laagveen | 174.000 | 100 | niet van toepassing | grasopbr. redelijk |
| Westelijk weidegebied (WW) | laagveen | 197.000 | 100 | niet van toepassing | grasopbr. redelijk |
| NEDERLAND TOTAAL | | 1.932.000 | 30 | | |

1) Omdat - om eerder vermelde redenen - tuinbouwprodukties hier buiten beschouwing blijven, zijn de min of meer pure tuinbouwgebieden en -oppervlakten binnen deze groepsindeling weggelaten, respectievelijk niet als beschikbaar areaal meegerekend.

Bronnen: - Ministerie van Landbouw: Landbouwatlas van Nederland.
- STIBOKA: De bodem van Nederland.
- CBS: Meitelling 1976.
- Zie voetnoot 1) op blz.33.

Figuur 4.2 Cartografie van de landbouwgebieden in het model



- voor Nederland als geheel betreft dat rond één derdedeel van het totale landbouwareaal - zijn de voor akkerbouw geschikte ruimten per gebiedsgroep niet alleen gekenmerkt door een op die groep afgestemd scala van teeltmogelijkheden, maar tevens door een gebiedsspecifiek niveau van de kg-opbrengsten in de voor de diverse gewassen relevante bemestingstrajecten. Door deze gebiedsindeling krijgt zo ook de kwaliteit van de grond in de WAAR-dimensie dus zijn invulling.

In grote lijnen komt de in het model gehanteerde gebiedsindeling dan neer op de in tabel 4.1 en figuur 4.2 weergegeven kenschets.

De aldus naar soort, intensiteit en lokatie onderscheiden plantenteeltactiviteiten worden in het model vervolgens geconfronteerd met een aantal als randvoorwaarden vertaalde beschikbaarheden. Naast de reeds genoemde "externe" beschikbaarheden van oppervlakten, grondkwaliteit en meststoffen, zijn dat ook beschikbaarheden die op hun beurt weer afhangen van het activiteitenniveau binnen het Plantenteelt-blok zelf: vruchtwisselingsruimten, ruimten voor de teelt van nagewassen en last but not least de (voor de activiteiten in de opvolgende blokken) beschikbaar komende fysieke opbrengsten - hoofd- en bijprodukten -van de diverse gewassen.

Voor de wijze waarop e.e.a. in het model naar voren komt wordt verwezen naar het voorbeeld van de suikerbieten in het Zuidwestelijk Zeekleigebied in bijlage 2.

Veehouderij

Die opbrengsten uit het blok Plantenteelt kunnen vervolgens direct worden doorgestuurd naar de Consumptie-fase of - iets minder direct - naar de Processing-fase. Ook is het mogelijk ze binnen de landbouw verder te "veredelen" via een 5-tal dierlijke media: melk(rund)vee, mestrundvee, varkens, slachtpluimvee en legpluimvee. Elk van deze media is in het model gedefinieerd in eenheden "aangeklede dieren": een gegeven aantal stuks produktievee met regeneratie-aanhang (100 koeien + jongvee, 1000 leghennen

1) De betreffende bemestingstrajecten voor de diverse gewassen op de verschillende grondsoorten zijn berekend aan de hand van proefveldgegevens van het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, uit het "Handboek voor de Rundveehouderij 1974" van het Proefstation voor de Rundveehouderij, en uit A.S. Nauta c.s. "Landbouwkundige produktie in Nederland bij natuurlijke stikstofvoorziening". De eerstgenoemde gegevens zijn vertaald van proefveldbasis naar "werkelijkheidsbasis" door ze te koppelen met opbrengstcijfers van akkerbouwgewassen volgens "Kwantitatieve Informatie voor Akkerbouw en Groenteteelt in de Volle Grond 1977" van het Proefstation voor de Akkerbouw en de Groenteteelt in de Volle Grond.

+ moederdieren) of, alternatief, een bepaald aantal stuks regeneratiedieren met vermeerderingsaanhang (100 fokzeugen + mestvarkens, 1000 slachtkuikenmoederdieren + slachtkuikens).

De 5 media verschillen niet alleen wat betreft de voedingswaarde van het (belangrijkste) eindprodukt dat door inschakeling van de betreffende diersoort kan worden verkregen, maar ook wat betreft hun - als "kosten" in rekening te brengen - directe energieverbruik. En - veel belangrijker nog - wat betreft het indirecte energieverbruik dat via he voederrantsoen zijn beslag krijgt. Omdat dat rantsoen uiteindelijk weer berust op de inzetverhouding van grond en energie in het blok Plantenteelt, kan de keuze van het medium èn het rantsoen 1) eigenlijk worden beschouwd als een simultaan antwoord op de vragen naar het WAT en HOE van de veehouderij.

Daarbij zij nog opgemerkt, dat in verband met het vooral bij de rundveehouderij zeer wijde scala aan variatiemogelijkheden binnen het voederrantsoen: van pure ruwvoeders als gras en stro tot min of meer pure krachtvoedersubstituten als granen en aardappelen - e.e.a. met gevolgen voor ook het niveau van de voortbrenging - er in het model met meer vormen van rundveehouderij rekening wordt gehouden. Zo staat bij de melkveehouderij een op drie niveaus van voortbrenging (4,3-4,5-4,7 ton melk per koe per jaar netto) aansluitend voederrantsoen ter keuze. Terwijl bij de rundveemesterij - welke voor zijn uitgangsmateriaal geheel is aangewezen op "teveel"-kalveren van de melkveehouderij - gekozen kan worden tussen nuchter slachten, mesten tot 300 kg levend gewicht (rond 1 jaar) dan wel mesten tot circa 600 kg levend gewicht (rond 2 jaar).

Voor het WAAR zijn de diverse vormen van veehouderij in het model gebonden aan een lokatie in één of meer van de vorengenoemde landbouwgebieden. Vooruitlopende op datgene wat daarover onder "vervoer" gezegd zal worden, kan worden gesteld dat meerdere lokaties aantrekkelijk kunnen zijn: waar de voedermiddelen worden geteeld; waar bijprodukten van de Processing-fase beschikbaar komen; of waar de voortgebrachte mest kan worden gebruikt voor de plantenteelt.

De zo naar WAT, HOE en WAAR gedetailleerde veehouderij-activiteiten zijn in het model ingebed tussen de in randvoorwaar-

1) Uitgaande van de per diersoort specifieke voederwaarde van de diverse voedermiddelen volgens de "veevoedertabel" van het Centraal Veevoeder Bureau in Nederland, kan dat rantsoen binnen een aantal voor die diersoort geldende beperkingen en eisen - afgeleid uit gegevens in o.a. het "Handboek voor de Rundveehouderij", het "Handboek voor de Varkenshouderij" en het "Vademecum voor de Pluimveehouderij" (zie de literatuurlijst) - worden ingevuld.

den vastgelegde toevoerstroom van voedermiddelen en de uitvoerstroom van voortgebrachte produkten.

Die voedermiddelen kunnen direct komen uit het Plantenteeltblok: granen, gras, snijmais, etc., maar ook worden betrokken uit de - hierna te behandelen - Processing-fase. In dat laatste geval betreft het uitsluitend bij- en afvalprodukten als bietenpulp, schrootresten van de graan/oliezadenverwerkende industrie, e.d. De eigenlijke conversie van plantaardige grondstof naar dierlijk produkt wordt blok-intern gereguleerd door aparte series van randvoorwaarden met betrekking tot de per diersoort nodige voederbestanddelen, maximum- en minimum-niveaus van vervoedering, etc.

De dierlijke eindprodukten worden grotendeels doorgevoerd naar de volgende fasen van de voedselketen: melk, vlees, eieren. Deels worden zij echter ook in het eigen blok weer gebruikt: kalveren als uitgangsmateriaal voor de rundveemesterij, of gerecycled naar de voorafgaande fase van de Plantenteelt: dierlijke meststoffen.

Ter illustratie van het bovenstaande kan worden verwezen naar het voorbeeld van de melk in het Zuidwestelijk Zeekleigebied in bijlage 2.

Processing

De in de hiervoor besproken blokken Plantenteelt en Veehouderij voortgebrachte voedingsmiddelen zullen vaak eerst nog een of andere vorm van bewerking moeten ondergaan, voordat ze consumptief kunnen worden verbruikt. De aard van die bewerking kan eenvoudig zijn - en wordt dan geacht plaats te vinden in de Consumptie-fase - maar ook tamelijk ingewikkeld. In dat laatste geval moet noodzakelijk de Processing-fase worden doorlopen.

Voor het WAT en HOE van de Processing geeft het model ruimte aan de volgende vormen van industriële verwerkingsactiviteiten:

- graanverwerking, gerepresenteerd door produktie van brood, roggebrood, mout- en gortprodukten, met maalderijafvallen als bijprodukt;
- verwerking van suikerbieten, gerepresenteerd door produktie van witsuiker, met bietenpulp als belangrijkste nevenprodukt;
- verwerking van oliezaden, gerepresenteerd door produktie van margarine en - als afvalprodukt - schrootresten;
- zuivelbereiding, gerepresenteerd door produktie van consumptiemelk, kaas, melkpoeder - op "volle" dan wel "magere" basis - en boter, met als bijprodukt van de kaasfabricage: wei.

De verwerkende industrie is in het model dus specifiek op de consumptie gericht, waarbij natuurlijk wèl rekening wordt gehouden met de recyclings-mogelijkheden van de voor dierlijke conversie geschikte bijprodukten. Een apart onderdeel als representant voor de huidige mengvoederindustrie komt in het model niet voor; evenmin als een onderdeel voor de vleesverwerkende industrie. De

eerste niet, omdat bij voorbaat de diversiteit in het aanbod van grondstoffen en de lengte van de transportafstanden in autarkische omstandigheden zoveel overzichtelijker zullen zijn dan nu, dat de mengvoederschakel hooguit nog als "doorgeefluik" zal fungeren. En de laatste niet, omdat de produktie van vlees in de Veehouderij-fase al is uitgedrukt in termen van geslacht gewicht: de vleesverwerkende industrie wordt dus impliciet beschouwd als een verlengstuk van die fase 1).

De processing-activiteiten worden binnen het kader van het model geacht te zijn gelokaliseerd in of nabij de (centra van de hierna onderscheiden) consumptiegebieden. Met uitzondering echter van de suiker- en zuivelbereiding: de laatstgenoemde is geprojecteerd in (de centra van de) landbouwgebieden, terwijl de eerste op één of meer van de volgende (feitelijke) lokaties kan plaatsvinden: Stad Groningen, Halfweg, Standdaarbuiten, Sas van Gent, Puttershoek.

Binnen de als randvoorwaarden verwoorde instroom van grondstoffen en uitstroom van eindprodukten wordt de processing "intern" gehouden aan een ook in randvoorwaarden vertaalde technologie-matrix. In die matrix wordt aangegeven hoe de grondstof technisch in onderdelen kan worden uiteengelegd en hoe die onderdelen - bij per procesgang gegeven "kosten" in termen van direct energieverbruik - kunnen worden "geassembleerd" tot consumabele eindprodukten.

Consumptie

Het uiteindelijke doel van alle hiervoor geschetste modelactiviteiten is een zodanige voortbrenging van consumabele produkten, dat daaruit toch minstens de basis-behoeften aan voedsel kunnen worden bevredigd.

Het ligt voor de hand die behoeften - die (of als randvoorwaarden waaraan voldaan moet zijn, of als - te maximeren - doelobject) feitelijk voor dè trekkracht zorgen waarmee produkten van de voorste naar de achterste schakel van het modelsysteem worden gesleept - in eerste aanleg uit te drukken in termen van macronutriënten: WAT is er nodig aan voedingscalorieën en in welke samenstelling van koolhydraten, eiwitten en vetten; de laatste eventueel nog verder gedetailleerd naar essentiële amino- en vetzuren.

Als alternatief voor een fysiologisch basisniveau zou ook een basispakket van groepen voedingsmiddelen kunnen worden gede-

1) Waarbij het energieverbruik dat door die verwerking wordt opgeroepen verder niet is ingerekend in verband met het relatief bescheiden aandeel in de totale procesgang en de mogelijkheid dat bij een (voorzien) veel kleiner vee-aanbod op weinig energiekostende "huis"-slachtmethoden wordt overgegaan.

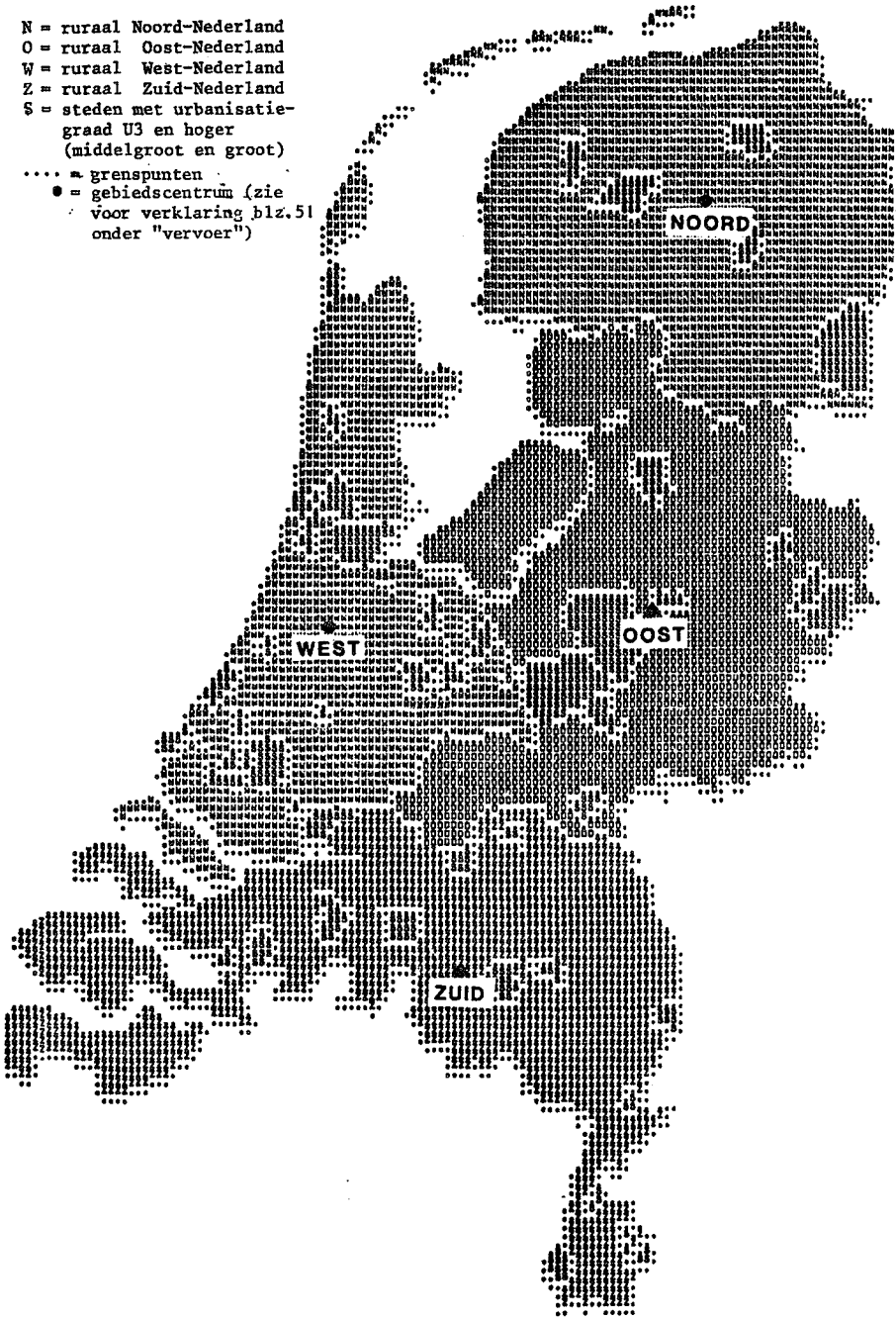
Tabel 4.2 Kenschets van de in het model gedefinieerde consumptiegebieden

| Naam gebied | Provincies | Inwonerdruk | Urbane gemeenten 1) | Agglomeraties 2) |
|---|---|---|---|---|
| Noord-Nederland | Groningen, Friesland, Drenthe | 1.527.000 inwoners | Leeuwarden, Smallingerland, Groningen, Assen, Emmen | geen |
| Oost-Nederland | Gelderland Overijssel, IJsselmeerpolders | 2.601.000 inwoners | Zwolle, Almelo, Hengelo, Enschede, Deventer, Apeldoorn, Ede, Arnhem, Nijmegen | Hengelo-Enschede |
| West-Nederland | Utrecht Noord- en Zuid-Holland | 6.212.000 inwoners | Den Helder, Alkmaar, Haarlem, Velsen, Zaanstad, Amsterdam, Hilversum, Utrecht, Zeist, Amersfoort, Leiden, Gouda, Den Haag, Delft, Rotterdam, Schiedam, Vlaardingen, Zwijndrecht, Dordrecht | Haarlem-Velsen, Zaanstad-Amsterdam, Utrecht-Zeist-Amersfoort, Den Haag-Delft-Rotterdam e.o. |
| Zuid-Nederland | Zeeland, Brabant, Limburg | 3.351.000 inwoners | Bergen op Zoom, Roosendaal, Breda, Tilburg, Den Bosch, Oss, Eindhoven, Helmond, Venlo, Roermond, Sittard, Geleen, Heerlen, Kerkrade, Maastricht | Breda-Tilburg, Eindhoven-Helmond, |

1) Verstedelijkte gemeenten met een urbanisatiegraad van $U_3$ en hoger (50.000 inwoners en meer).
2) Onder een agglomeratie wordt hier verstaan: een serie van aaneengelegen grote stedelijke gemeenten.

Figuur 4.3 Cartografie van de consumptiegebieden in het model

N = ruraal Noord-Nederland
O = ruraal Oost-Nederland
W = ruraal West-Nederland
Z = ruraal Zuid-Nederland
$ = steden met urbanisatiegraad U3 en hoger (middelgroot en groot)
···· = grenspunten
● = gebiedscentrum (zie voor verklaring blz.51 onder "vervoer")



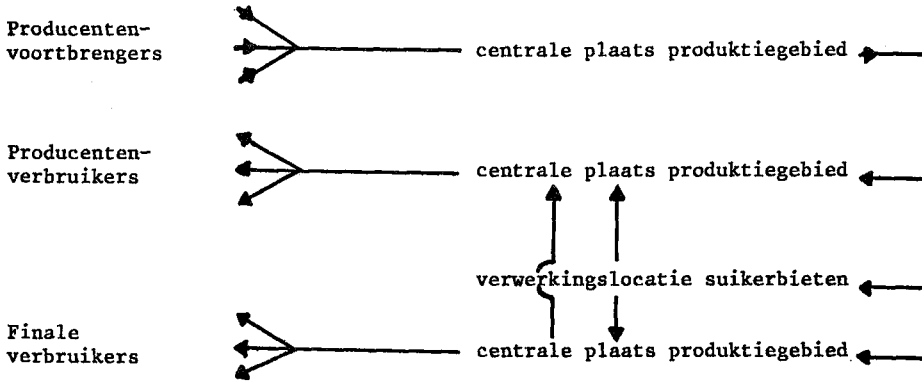
finieerd. Centraal staat dan niet meer de directe voedingswaarde maar juist de HOE-danigheid van de dragers van die waarde. Het model laat op grond van het bovengenoemde scala aan toeleverings-activiteiten ruimte voor in totaal 20 dragers die - al dan niet tegen enige "kosten" in termen van (huishoudelijk) energieverbruik - voedingswaarde opleveren: (volkoren)brood, roggebrood, havermout, gort, witsuiker, margarine, volle consumptiemelk, volle-melk-poeder, magere consumptiemelk, magere-melkpoeder, volvette kaas, magere kaas, boter, rundvlees, varkensvlees, pluimveevlees, eieren, consumptie-aardappelen, groene erwten en bruine bonen. Dit scala van produkten staat dan model voor alle in autarkische omstandigheden mogelijke en relevante basisvoedingsmiddelen.

Behalve een WAT- en HOE-dimensie kent het model ook een WAAR-dimensie aan consumptie-activiteiten toe. Omdat ruimtelijk gezien de consumptieve vraag vooral door verschillen in verstedelijking en - daarmee samenhangend - inwonerdruk nogal nodaal is gespreid, wordt in het model onderscheid gemaakt in een viertal in deze opzichten verschillende consumptie-gebieden, die in tabel 4.2 en in figuur 4.3 zijn gekenschetst.

Vervoer

Een van de redenen waarom de in het model meespelende activiteiten zoveel mogelijk ook ruimtelijk moesten worden geplaatst, was dat het vervoer van produkten van het ene naar het andere blok energie-verbruik kan oproepen. Hoe hoog dat verbruik is, zal

Figuur 4.4 De in het model gestyleerde transportstromen



behalve van het te transporteren volume vooral afhangen van de afstand waarover de betreffende produkten worden vervoerd.

In het model wordt verondersteld dat produkten die elders worden verbruikt dan in het gebied van voortbrenging, worden verzameld op een centrale plaats in dat gebied en verstuurd naar de centrale plaats van het ontvangende gebied; vandaar worden ze verder gedistribueerd over de al dan niet finale verbruikers. Alleen het energieverbruik dat door die interregionale transportstromen - inclusief het voor- en natransport (verzamelen resp. distribueren) - wordt opgeroepen, wordt als "kosten" in rekening gebracht. Een en ander is schematisch in figuur 4.4 weergegeven.

Bij het vaststellen welke plaatsen als centrale plaatsen in aanmerking komen en dus: aan welke afstandtabel transportstromen in het model zijn gebonden, werden produktie- en consumptiegebieden eerst op een topografische kaart gerasterd. Dit resulteerde in een kaartbeeld van punten welke in de figuren 4.2 en 4.3 als letters zijn afgedrukt. Met behulp van een daarop toegeschreven computerprogramma 1) werd in het veld van de aldus geplaatste punten dàt punt gezocht, waar de som van de afstanden tot de overige punten (die in de consumptiegebieden bovendien werden gewogen met de per groep van punten verschillende inwonerdruk) minimaal was: dat punt werd beschouwd als hèt centrale punt van de regio. De in de figuren 4.2 en 4.3 aangedikte centrale punten waren het uiteindelijke resultaat van deze exercitie.

## 4.3 Het voorwaardelijke karakter van modeluitspraken

Met behulp van de boven beschreven modelstructuur werden meerdere opstellingen voor een autarkische voedselvoorziening in Nederland op hun hoe-wat-en-waar consequenties doorgerekend. In de volgende hoofdstukken worden deze zogenaamde scenario-uitkomsten: van een minimale, maximale, een "verantwoorde" en een vertrouwde voorziening met voedingsmiddelen, nader uitgewerkt.

Het lijkt zinvol om vooraf uitdrukkelijk het voorwaardelijke karakter van die uitkomsten te onderstrepen. Ten eerste is het gebruikte model technisch van aard, zodat de door te rekenen scenario's ook niet meer kunnen aangeven dan de technische speelruimte die er is. Of en hoe die speelruimte beleidsmatig kan worden ingevuld blijft vooralsnog buiten beschouwing. Bovendien zijn de scenario-uitkomsten alleen geldig binnen het kader van de aan het model ten grondslag liggende aannamen: dat energie en grond de centrale schaarstes zijn waaraan alle kritische produktiemiddelen kunnen worden geadresseerd; dat de technische relaties uit

1) Op basis van een door H.W. Kuhn en R.E. Kuenne ontwikkeld algoritme in "An efficient algorithm for the numerical solution of the generalized Weber problem in spatial economics."

het midden van de jaren 70 mogen worden gebruikt voor de doorrekening van de aanpassingsruimte; dat de landbouwinfrastructuur intakt blijft; dat de vervoersvoorzieningen niet verbroken zijn; etc., etc.

Een zeer belangrijke aanname is, tenslotte, ook dat bij de vereiste inputstructuur van de activiteiten een gegeven opbrengst aan outputs kan worden verwacht. Met name bij activiteiten in het Plantenteelt-blok spelen toevalsfactoren - weersinvloeden vooral - in werkelijkheid een grote rol bij de realisatie van de kg-opbrengsten per ha. In het model echter wordt uitgegaan van gemiddeld te verwachten opbrengsten, wat betekent dat er een fifty-fifty kans is dat de èchte opbrengst (wat) ongunstiger zal uitvallen. Hoewel in het data-bestand van het model ook - per gewas - gegevens zijn ingebracht met betrekking tot het niveau van kg-opbrengsten dat met méér dan 50% zekerheid op zijn minst kan worden gerealiseerd 1), zijn deze in de navolgende scenario's niet verder doorgerekend.

1) Berekend bij een verondersteld normale verdeling van de opbrengsten rond hun trendwaarden.

# 5. Zelfverzorging op de ondergrens

## 5.1 Definitie van een ondergrens

In een eerste rekenopstelling van het model werd nagegaan hoeveel schaarse energie er minimaal voor het voedselsysteem noodzakelijk is om althans een fysiologisch noodzakelijke voorziening te kunnen garanderen. Deze ondergrens van voedselvoorziening werd in overleg met voedingsdeskundigen 1) als volgt afgeleid uit de bekende US-Dietary-Goals 2):

- per gemiddelde Nederlander per dag moet minstens een niveau van 2.350 kcal aan voedingsenergie uit consumptie van basisvoedingsmiddelen beschikbaar komen, waarvan:
- minstens 12% geleverd wordt door eiwitten, van dierlijke dan wel plantaardige oorsprong;
- hoogstens 30% afkomstig mag zijn uit de consumptie van vetten, met een
- ondergrens van 10 gram meervoudig onverzadigde vetzuren;
- hoogstens 10% geconsumeerd wordt in de vorm van calorie-concentraten als suiker of daaruit af te leiden produkten (alcohol).

Aanvullend werd tevens als eis opgenomen dat het per capita verzorgingspakket in alle consumptiegebieden gelijk moet zijn. Zou het ooit tot een planmatige voorziening - en dus levensmiddelendistributie - komen, dan is een gelijke behandeling van alle consumenten, ongeacht de afstand van hun domicilie tot de bron van de voeding, immers het meest wenselijk.

Zoals we hierna zullen zien mondde de combinatie van dit eisenpakket met een op uitsluitend energiebesparing gerichte doelfunctie uit in een zeer eenzijdig op graanverbouw gericht produktieplan, een dito voorziening met levensmiddelen en een totaal verbruik van fossiele energie van rond 1 miljard aardgasequivalenten. Dat laatste komt neer op een volume ter grootte van 1,2% van het bruto binnenlands verbruik van alle energiedragers in 1977. Ter vergelijking: alleen al het verbruik van de primaire schakels van de voedselketen - landbouw (inclusief de buitenlandse voederwinning) en kunstmestaanmaak - komt nu uit op bijna 4 miljard aardgasequivalenten; dus op goed 4,5% va het totale binnenlandse energieverbruik.

1) Zie voetnoot 2 op blz. 10.
2) Zie hiervoor de literatuurlijst onder "Literatuur over voeding en bevolking".

Zeer opmerkelijk is daarbij dat in de oplossing van dit scenario een groot deel van de beschikbare grond niet beteeld wordt: om te overleven - maar ook niet méér dan dat - zouden we kunnen volstaan met het betelen van slechts 52% van het huidige areaal, zij het wèl de (althans voor akkerbouw) "betere" gronden. Het zal duidelijk zijn dat dat geen echt perspectief voor nationale zelfverzorging kan zijn. Hoe rationeel deze oplossing ook mag zijn, een schrale en monotone voorziening valt emotioneel natuurlijk nooit te rijmen met het zo uitbundig voorkomen van braakland.

Het was echter ook niet de bedoeling met het ondergrens-scenario aan te geven wáár we in autarkie op kunnen/moeten afstevenen. Maar veeleer om kwantitatief te verkennen of het vaarwater op althans het meest kritische punt diep genoeg is om een (beleids-)koers te kunnen uitzetten. Dankzij deze exercitie weten we dat we op dit punt nauwelijks kunnen stranden en al hebben de resultaten van het ondergrens-scenario dan ook weinig werkelijkheidswaarde, ze zijn toch interessant genoeg om hierna wat uitvoeriger te worden belicht.

## 5.2 De paradox van de schaarse overvloed aan grond

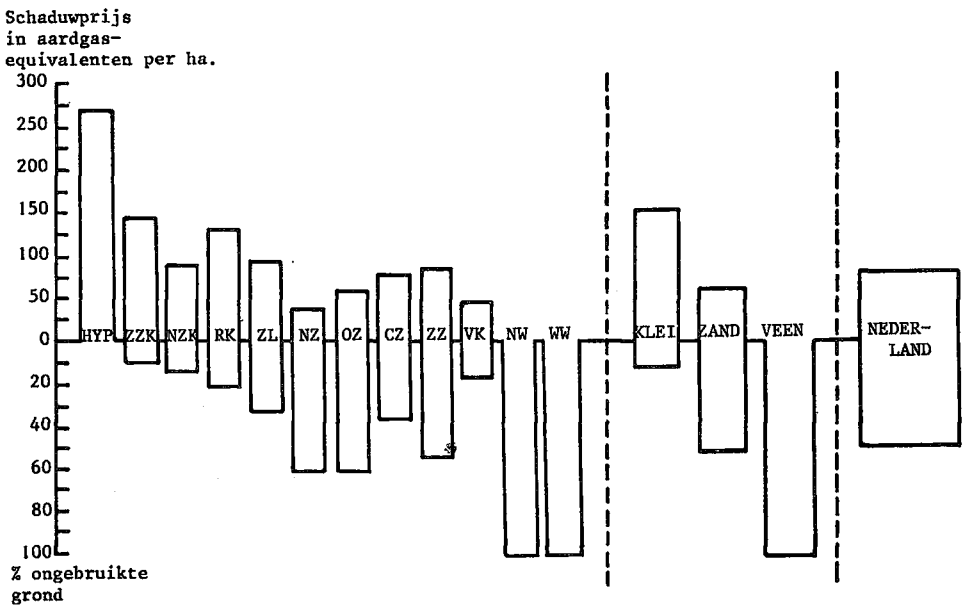
Bij de uitsluitend op zuinig-zijn-met-energie gerichte doelfunctie lijkt het op het eerste gezicht voor de hand te liggen dat in de oplossing zo ruim mogelijk van de factor "grond" gebruik wordt gemaakt. Toch is het grondgebruik volgens dit scenario bepaald niet uitputtend, want er kan een oppervlakte van ruim 920.000 ha onbeteeld, dus braak, blijven. Dit braakland komt vooral voor in de vanwege teeltbeperkingen en/of lagere opbrengstniveaus landbouwkundig "mindere" gebieden en in die gebieden die ver van de belangrijkste verbruikscentra verwijderd zijn.

De overvloedige aanwezigheid van grond neemt echter niet weg dat toch nog steeds - energetisch dure - N-kunstmest wordt ingezet. Zij het, dat een verbruik van in totaal 59.000 ton pure N-kunstmeststoffen beduidend minder is dan de 440.000 ton die we nu jaarlijks toedienen. De conclusie is dan dat per voortgebrachte voedingscalorie een iets intensiever gebruik van grond energetisch goedkoper is dan een volledige extensivering. Méér grondinzet vraagt immers (onafhankelijk van het feitelijke opbrengstniveau) óók meer energie-inzet: voor het uitvoeren van (blijvend gemechaniseerd veronderstelde) veldwerkzaamheden en - als het om inzet van perifere gronden gaat - voor verlenging van de te overbruggen transportafstanden.

Toch kent het model aan de laatst beschikbare hectare in de meeste teeltgebieden - ook al blijft zo'n gebied deels braak liggen - nog wel waarde toe. Kijken we naar de uit de oplossing naar voren komende zogenaamde "schaduwprijzen" voor de grond - welke aangeven in hoeverre de laatste hectare heeft bijgedragen aan het

in de doelfunctie verwoorde streven: (in dit geval) minimalisatie van energieverbruik 1) - dan komen die gemiddeld nog uit op een positieve waarde van 79 aardgasequivalenten. Wat betekent dat het totale energieverbruik over de voedselketen zoveel hoger zou zijn uitgevallen als de laatste Nederlandse hectare landbouwgrond niet beschikbaar was geweest. De berekende schaduwprijs van grond varieert van gebied tot gebied en is - zo blijkt uit de in figuur 5.1 gegeven opstelling - hoger naarmate de gronden "beter" zijn (hogere opbrengsten, minder teeltbeperkingen) en de betreffende

Figuur 5.1 Schaduwprijs en benutting van grond volgens het ondergrensscenario




1) De schaduwprijs is dus geen synoniem van de differentiële grondrente in Ricardiaanse zin. Die laatste berust op de relatieve schaarste aan "goede" grond, terwijl de schaduwprijs hier uitgaat van absolute schaarste.

grond dichter in de buurt van de grotere verbruikscentra (steden) ligt 1).

Dat de grond ondanks zijn schijnbaar overvloedige beschikbaarheid tòch een (schaduw)prijs "doet", vloeit alleen in de HYP nog voort uit de algemene schaarste aan grond-als-zodanig. De HYP is immers het enige landbouwgebied waarvoor geen braakland is geprojecteerd. In de andere gebieden is die grondprijs door andere vormen van schaarste tot stand gekomen, die overigens wèl indirect uit de algemene grondschaarste zijn afgeleid: de beperkte rotatie-ruimten die - met als maximum een zeker percentage van de voor akkerbouw geschikte oppervlakte - bij het door het model gekozen bouwplan voor de diverse groepen van vruchtwisselingsgewassen overblijven.

Ook waar braakland voorkomt kunnen bepaalde rotatie-ruimten vol zitten. Zelfs kan het braak houden van een deel van de grond nodig zijn om die ruimten maximaal uit te leggen: in de vruchtwisseling concurrerende bestemmingen worden zo - letterlijk - van de grond weggehouden 2). Zouden we dan in zo'n situatie de laatste hectare moeten missen, dan geven we niet alleen een stukje braak op, maar ook een deel van de toch al knellende rotatie-capaciteit. Het is dáárom dat het model ook in die gebieden waar de teeltruimte maar voor een beperkt deel wordt aangesproken, aan méér teeltruimte nog waarde - dus een prijs - toekent.

Hoewel het voorkomen van braakland een positieve waardering van de laatste hectare dus niet uitsluit, ligt het in de rede dat gebieden met een relatief hogere grondbenutting ook een hogere (schaduw)prijs voor de grond te zien geven dan gebieden die relatief minder worden aangesproken. Hoewel uit figuur 5.1 blijkt dat zulks niet altijd het geval is (omdat ook de factor "afstand tot de verbruikscentra" meespeelt), geldt dat wel zeer duidelijk voor de grotere gebiedsgroepen van kleigronden, zand/dal-gronden en laagveengronden: landbouwkundig betere gronden zijn uitdrukkelijk (wat) méér waard dan de landbouwkundig mindere gronden.

## 5.3 Landbouw aan de ondergrens

Gezien de ruime beschikbaarheid van landbouwareaal is het niet het grondbeslag maar het energiebeslag per voortgebrachte voedingscalorie dat uiteindelijk het stempel zet op de nogal monotone configuratie van het bouw- en veehouderijplan, zoals die

1) Vergelijk hiervoor de in de figuur 5.1 opgegeven schaduwprijzen voor de verschillende gebieden met de in de figuren 4.2 en 4.4 aangegeven lokatie van landbouwgebieden en consumptiecentra.
2) Het braak laten liggen is dan een onderdeel van de vruchtwisseling, waarbij het braakland van jaar op jaar over het areaal roteert.

uit tabel 5.1 naar voren komt. Hakvruchten zoals aardappelen en bieten, die per voortgebrachte voedingscalorie meer op grond- dan op energiebesparing zijn geënt, komen dan ook in het geheel niet in het geprojecteerde bouwplan voor. In plaats daarvan presenteren de graangewassen zich zeer nadrukkelijk met liefst 740.000 ha - dat is 87% van de totaal gebruikte oppervlakte. Vooral in de vorm van tarwe, in de kleigebieden geflankeerd door haver en op de zand- en dalgronden door rogge. Ook koolzaad is met rond 96.000 ha goed vertegenwoordigd. En dit dan dankzij het feit dat voornamelijk via deze - conform de volgens tabel 4.1 alleen op de kleigronden mogelijke - teelt de gevraagde voorziening met meervoudig onverzadigde vetzuren moet worden waargemaakt.

Slechts een klein gedeelte van het areaal - nog geen 50.000 ha - valt toe aan wat in tabel 5.1 "groenvoeders" wordt genoemd: gras en klavers. In dit geval betreft het uitsluitend klavers die zijn ingezet om zo - via de eerder aangehaalde N-bindingsactiviteit van de bacterieën met welke de plant in symbiose leeft - op aanmaak van N-kunstmeststoffen te besparen.

Hoewel naast deze "natuurmest" ook een zekere hoeveelheid eiwitrijke voederprodukten door de verbouw van klavers beschikbaar is, wordt deze hoeveelheid verder niet als zodanig aangewend ten behoeve van de rundveehouderij. Want: rundveehouderij komt - in geen enkele vorm - in het scenario voor! Het model kiest daarentegen voor de varkensmesterij - zij het op een niveau dat, met een jaarlijks afgeleverd aantal mestvarkens van 174.000 stuks (exclusief de uitstoot uit de fokstapel), slechts een schim is van het huidige niveau van rond 10 mln. stuks.

Tegen de achtergrond van de "gratis" beschikbaarheid van groenvoeders kan de markante keuze om die voeders tòch niet te benutten, uit verschillende gezichtshoeken worden verklaard. In de eerste plaats zijn de eisen die we aan de ondergrens van de voorziening met betrekking tot consumabele eiwitten hebben gesteld niet erg hoog. Daarbij is er ook geen voorkeur uitgesproken voor dierlijke boven plantaardige eiwitten 1). Bij de geprojecteerde produktieruimte vond dat een vertaling in de geringe noodzaak tot voortbrenging van dierlijke produkten - wèlke dan ook! In de tweede plaats zijn ook andere voedermiddelen dan klavers "gratis" beschikbaar en wel de afvalprodukten uit de graan- en oliezaden-verwerking. Vanwege de hogere voederconversie bij deze produkten was het varken preferent boven het rund. Dierlijke voortbrenging vergt, tenslotte, ook bij "gratis" voer nog een zekere mate van direct energieverbruik (stalverwarming, ventila-

1) Als dat wel het geval zou zijn geweest zou ook - zo bleek uit een eerdere rekengang - naast granen en oliezaden melkveehouderij nodig zijn, op basis van zeer extensief graslandgebruik.

Tabel 5.1 Kengetallen van de landbouwproduktie in het ondergrens-scenario

| Gebied / Onderdeel | HYP | ZZK | NZK | RK | ZL | NZ | OZ | CZ | ZZ | VK | NW | WW | KLEI | ZAND | VEEN | NE-DER-LAND |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PLANTENTEELT | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Bouwplan in %: | | | | | | | | | | | | | | | | |
| granen | 83 | 59 | 62 | 66 | 50 | 40 | 40 | 66 | 46 | 83 | - | - | 66 | 48 | - | 45 |
| oliezaden | 17 | 23 | 7 | 14 | - | - | - | - | - | - | - | - | 15 | - | - | 5 |
| groenvoeders | - | 8 | 17 | - | 17 | - | - | - | - | - | - | - | 7 | - | - | 2 |
| Bemesting per ha 1): | | | | | | | | | | | | | | | | |
| kg $P_2O_5$ | 40 | 43 | 46 | 40 | 48 | 30 | 30 | 30 | 30 | 30 | - | - | 43 | 30 | - | 37 |
| w.v. kunstmest | 40 | 43 | 46 | 40 | 48 | 29 | 29 | 27 | 28 | 30 | - | - | 43 | 29 | - | 36 |
| kg $K_2O$ | 20 | 30 | 40 | 80 | 90 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | - | - | 41 | 100 | - | 67 |
| w.v. kunstmest | 20 | 30 | 40 | 80 | 90 | 98 | 99 | 96 | 97 | 100 | | - | 41 | 98 | - | 66 |
| kg N | 64 | 68 | 51 | 27 | 45 | 80 | 80 | 72 | 77 | 60 | - | - | 55 | 76 | - | 64 |
| w.v. kunstmest | 64 | 59 | 31 | 27 | 20 | 79 | 79 | 69 | 75 | 60 | - | - | 47 | 75 | - | 59 |
| VEEHOUDERIJ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Aantallen: | | | | | | | | | | | | | | | | |
| afgeleverde mest-varkens x 1.000 | - | - | - | - | - | 35 | 17 | 44 | 79 | - | - | - | - | 174 | - | 174 |
| Voederregimes: zie tekst | | | | | | | | | | | | | | | | |

1) Berekend over alleen de beteelde oppervlakte.

tie, melkkoeling, etc.). In dat opzicht scoorden de wèl geprojecteerde akkerbouw- en varkenshouderij-activiteiten blijkbaar gunstiger dan de melkveehouderij.

In de tabel 5.1 valt op dat het kunstmestverbruik per beteelde ha niet tot een nul-niveau is ingezakt. Waar de veehouderij-activiteiten sterk zijn beperkt - en dus ook geen dierlijke mest in omvang van betekenis wordt voortgebracht - is dat natuurlijk niet zo heel erg verwonderlijk. Opmerkelijk is echter wel - in het licht althans van het feit dat het bouwplan uitsluitend lichte gewassen 1) kent - de relatief hoge gift per ha: gemiddeld 64 kg pure N. Hoewel kunstmest - met name N-kunstmest - binnen de landbouwfase als een van de "zwaarste" van alle directe en indirecte energiedragers mag worden aangemerkt, blijkt ook uit dit kengetal per ha zeer duidelijk dat een "redelijk" verbruik van kunstmest energetisch aantrekkelijker is dan een "krap" of "nihil" verbruik. Het waarom daarvan is al in paragraaf 5.2 aangegeven.

## 5.4 Het laatste gaatje van de broekriem

Waar het bovengeschetste landbouwproduktieplan een beeld oplevert dat - met enige fantasie - sterk doet denken aan de eenzijdige rijstcultuur in vele ontwikkelingslanden, kan de daarop geënte voedselvoorziening ook niet méér opleveren dan een eveneens eenzijdig dieet 2): een graanmenu, gelardeerd met een dunne draad vet en opgesierd met een ragdun vliesje varkensvlees.

Tabel 5.2 Kengetallen van de consumptie in het ondergrensscenario

| Artikelgroep | Netto per jaar beschikbaar x 1.000 ton | Per hoofd per dag netto beschikbaar | | |
|---|---|---|---|---|
| | | in grammen | in consumabele kcal | idem, als % |
| Brood | 4.670 | 934 | 1.914 | 81 |
| Mout/gort (produkten) | 324 | 65 | 235 | 10 |
| Spijsvetten | 127 | 25 | 191 | 8 |
| Varkensvlees | 14 | 3 | 10 | .. |
| | | | 2.350 | 100 |

1) In de zin, dat de maximale opbrengsten voor deze teelten in het model reeds bij een N-bemesting van hoogstens 100 kg per ha worden bereikt.

2) Dat - op zijn beurt - weer sterk doet denken aan het vroegere water- en broodrantsoen in sommige Rijksinstituten.

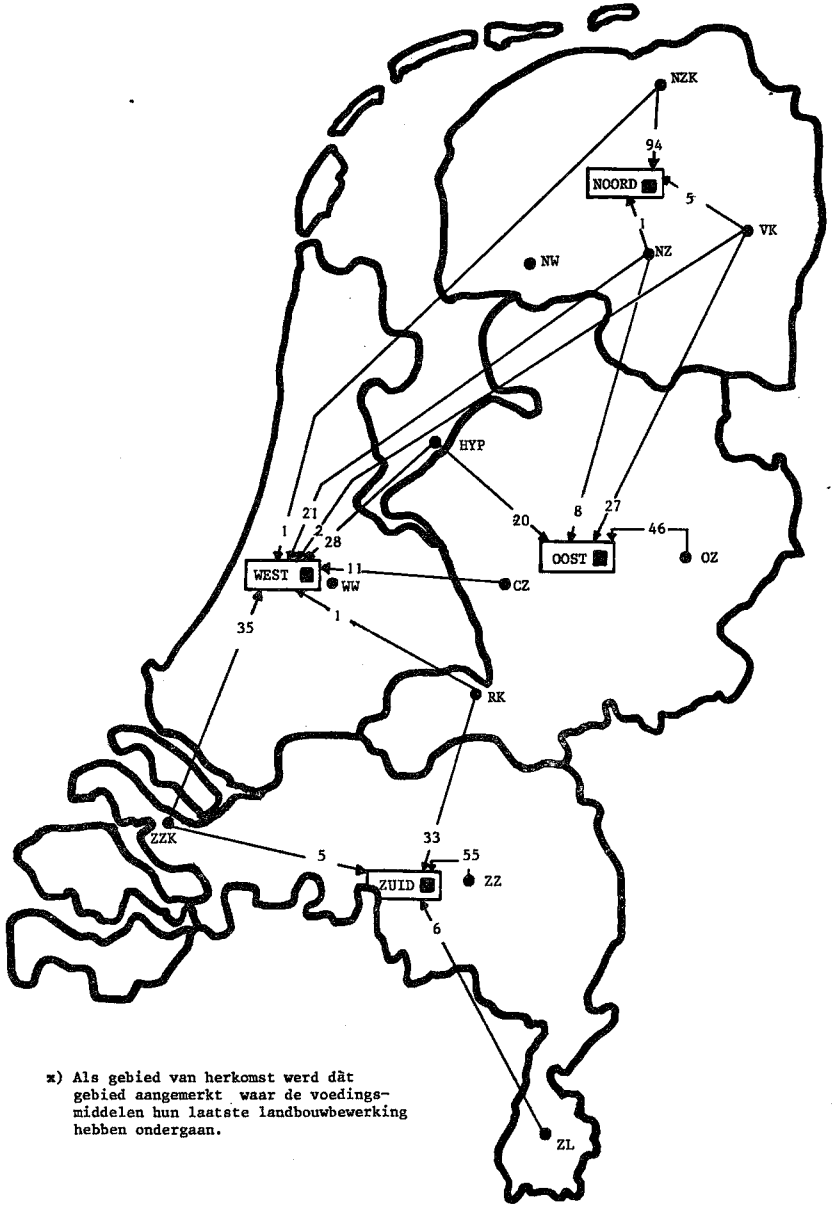
Ondanks deze zeer nadrukkelijke eenzijdigheid wordt aan sommige voedseleisen nog ruim tegemoet gekomen. Het voedselpakket levert per hoofd per dag netto 2.350 kcal aan voedingsenergie op. En ook niet méér - extra calorieën zijn immers niet per sé vereist en zouden ook extra inzet van kostbare fossiele energie hebben gevergd. De hoeveelheid eiwit voldoet eveneens nèt aan de gestelde eis van 69 gram per persoon per dag - in totaal is er een overscore van slechts 2 gram per hoofd per dag. Het gehalte aan meervoudig onverzadigde vetzuren bevindt zich daarentegen ruim boven het drempelniveau en komt, omgerekend, uit op circa 18 gram per hoofd per dag. Wat betekent dat de eerder gesignaleerde aantrekkelijkheid van oliezadenteelt op méér stoelt dan alleen de vereiste vetzuursamenstelling. Ook in energetisch opzicht: de opoffering van schaarse fossiele calorieën voor aanmaak van consumabele calorieën, moet het model de teelt aantrekkelijk hebben gevonden. Aan de andere voedseleisen - c.q. de maxima ten aanzien van het totale vet- en suiker(derivaten)verbruik, wordt door dit schrale dieet vanzelfsprekend ook ruim tegemoet gekomen. De onderscores bedragen respectievelijk 43% en 100% van de gestelde plafonds.

Niet alleen op nationaal niveau, maar ook op dat van de consumptie-regio's is de voorziening zoveel mogelijk autarkisch opgezet. De aanvoer van voedingsmiddelen (grondstoffen) vindt dus vooral plaats vanuit omsloten of direct aanliggende produktieregio's. Een en ander komt nadrukkelijk naar voren uit de in figuur 5.2 geschetste relaties tussen toeleverende produktiegebieden en afnemende consumptieregio's.

Nemen we hier aan dat die landbouwgebieden tot het "eigen" areaal van een consumptieregio mogen worden gerekend, waarvan het gebiedscentrum ook in die regio ligt (wat niet helemaal correct is omdat sommige landbouwgebieden over de grenzen van consumptieregio's zijn uitgelegd - zie de figuren 4.2 en 4.4), dan blijkt alleen regio West - de Randstad - zeer afhankelijk van import uit andere regio's. Dit vanwege de relatief geringe beschikbaarheid van inliggende/aanpalende voor akkerbouw geschikte teeltgronden. Zelfs op de "solidariteit" van de nogal perifeer gelegen noordelijke teeltgebieden wordt in hoge mate een beroep gedaan: in 25% van het totale voedingscalorische verbruik van regio West wordt door aanvoer vanuit het Noorden voorzien.

Volgens figuur 5.2 is in regio Oost eveneens sprake van een substantiële import vanuit het Noorden. Dat voert niet terug tot een te kleine eigen produktie - in feite laat regio Oost zelfs een fors produktieoverschot zien! - maar het in energetisch opzicht iets gunstiger uitvallen van een getrapt transport: van noordelijke teeltgebieden naar Oost, van (zuid-)oostelijke teeltgebieden naar Zuid en van de meer westelijk gelegen teeltgebieden in consumptiegebied Zuid naar consumptiegebied West; dat is iets goedkoper dan een direct transport van Noord, Oost, Zuid naar

Figuur 5.2 Procentuele herkomst van het in de diverse consumptiegebieden geprojecteerde verbruik van voedingscalorieën *) volgens het ondergrens-scenario




*) Als gebied van herkomst werd dàt gebied aangemerkt waar de voedingsmiddelen hun laatste landbouwbewerking hebben ondergaan.

- uiteindelijk - West 1).

Kijken we, tenslotte, naar de bijdragen die de diverse teeltgebieden aan de geprojecteerde voorziening met de groepen voedingsmiddelen hebben geleverd in heel Nederland, dan ontstaat het beeld zoals geschetst in tabel 5.3.

Tabel 5.3 Procentuele herkomst van voedingsmiddelengrondstoffen volgens het ondergrensscenario

| Gebied | HYP | ZZK | NZK | RK | ZL | NZ | OZ | CZ | ZZ | VK | NW | WW |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Graangrondstoffen | 16 | 14 | 11 | 8 | 2 | 12 | 9 | 5 | 15 | 7 | - | - |
| Spijsvetgrondstoffen | 24 | 47 | 11 | 18 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Varkensvlees | - | - | - | - | - | 20 | 10 | 25 | 45 | - | - | - |

## 5.5 Zuinigheid met vlijt... de energierekening

Dit "optimale" voorzieningssysteem resulteert dan - zoals opgemerkt - in een jaarlijks energieverbruik ter grootte van bijna 1 miljard aardgas-equivalenten. In termen van de gehanteerde doelfunctie mag dit verbruik worden beschouwd als "de kosten" van de autarkische voedselproduktie. In figuur 5.3 is deze kostenkoek nader gespecificeerd naar de verbruikende categorieën.

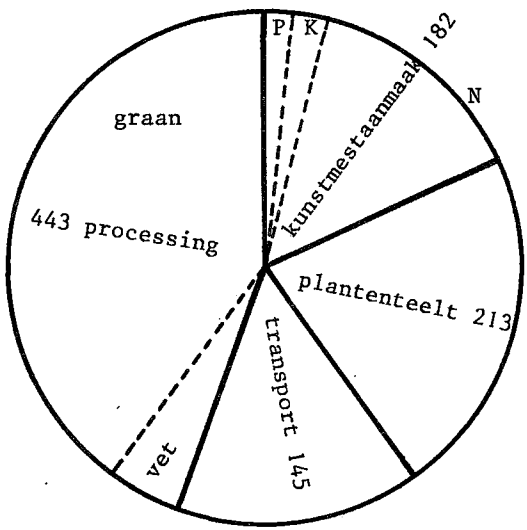
Opmerkelijk is het relatief geringe landbouw-aandeel: 22% in de vorm van dieselolie, electra en gas voor tractiedoeleinden in de sfeer van veldwerkzaamheden en verwarming voor droging en bewaring van de oogst. Zouden we ook het energieverbruik dat bij de kunstmestaanmaak wordt opgeroepen tot het landbouwaandeel rekenen, dan nog vraagt de "eigenlijke" produktie maar 40% van de totale inzet. Het grootste aandeel - bijna de helft - wordt in beslag genomen door de verwerkingsfase: de meel- en broodfabricage en de olie- en margarine-industrie. Het verbruik van de gezinshuishoudingen valt daarbij praktisch weg, want bijna alle voedingsmiddelen worden in gerede vorm geleverd. Voor de transportfase is, tenslotte, circa 15% van de totale energie-inzet nodig.

Vooruitlopend op de uitkomsten van de volgende scenario's blijkt deze verdeling van de energie-"koek" over de grotere onderdelen - fasen - van het voorzieningsproces redelijk stabiel te zijn: het aandeel van de landbouw, de verwerking (inclusief de

1) Een en ander hangt deels ook samen met de bij de uitleg van figuur 5.2 gebruikte aanname dat die landbouwgebieden "eigen" zijn aan een consumptieregio waarvan het centrum in die regio ligt.

Figuur 5.3 Het direct verbruik van fossiele energie in de verschillende onderdelen van de voedselketen volgens het ondergrensscenario

Totaal verbruik
987 mln. aardgas-
equivalenten




huishoudelijke bereiding) en het transport blijft in grote trekken gelijk, ook als de grootte van de koek heel anders uitvalt 1).

Waar voortbrenging van voedingsenergie in het geding is, is het verleidelijk een vergelijking te trekken tussen het gebruik van fossiele energie en de produktie van voedingsenergie. Benadrukt dient dan wel te worden, dat deze zogenaamde energie-input-output-coëfficiënt op zichzelf géén grond is voor een waarde-oordeel met betrekking tot de efficiency van het systeem. Fossiele

1) Hoe de verdeling van het energieverbruik over de fasen bij de huidige opzet van het Nederlandse voedselsysteem ligt, is niet bekend. Wel blijkt de in figuur 5.3 aangegeven verdeling in grote lijnen te sporen met de door E. Hirst in "Food related energy-requirements" berekende verdeling van het energieverbruik in het voedselsysteem van de V.S. Zie hiervoor de literatuurlijst onder "Literatuur over het energieverbruik bij voortbrenging en verwerking van landbouwprodukten".

calorieën en voedingscalorieën zijn immers verschillende zaken 1). Niettemin is het interessant hier te constateren dat over het hele voorzieningsproces - en zeer nadrukkelijk ook in de primaire fase - de inzet van fossiele energie numeriek ruim wordt overtroffen door de voortbrenging van voedingscalorieën. De input-output-verhouding is 64:100 (in de primaire fase: 26:100 2)).

1) Uit de mond van prof. dr. ir. C.T. de Wit schijnt eens te zijn opgetekend dat "dieselolie niet wordt gedronken en graan niet in de kachel wordt verstookt".

2) Die laatstgenoemde verhouding voor de primaire fase is nu, exclusief de bijdrage van de voederenergie uit de importen (en de daarop geënte produktie), te becijferen op 125:100.

# 6. Zelfverzorging op de bovengrens

## 6.1 Waar de bovengrens ligt

Nu het ondergrens-scenario zo nadrukkelijk uitwijst dat er - ook letterlijk - bij de huidige omvang van het landbouwareaal nog ruimte over is voor uitbouw van een autarkische voedselvoorziening voorbij het niveau dat voor het pure overleven noodzakelijk is, rijst vervolgens de vraag tot hoevèr zo'n uitbouw dan zou kunnen gaan. De tweede model-exercitie werd daarom toegespitst op een verkenning van wat we de bovengrens van zelfverzorging hebben genoemd. Uitgaande van dezelfde eisen die ook bij het vorige scenario ten aanzien van de samenstelling van voort te brengen voedingscalorieën werden gesteld (minimaal 12% eiwit, maximaal 30% vet, etc.) werd die grens dáár gezocht waar de voortbrenging van zulke volwaardige voedingscalorieën maximaal is. Ofwel, alternatief geformuleerd: hoeveel mensen zijn er maximaal van de Nederlandse bodem te voeden? Het zal duidelijk zijn dat energiébesparing daarbij geen leidraad meer kan zijn. Veel meer is het de beschikbaarheid van grond - in al zijn hoedanigheden: als teeltruimte, als vruchtwisselingsruimte - welke de voorzieningsstructuur zal gaan dicteren.

Hoewel het verbruik van fossiele energie in dit nieuwe scenario dus in principe werd vrijgelaten, werd wèl opgegeven dat evidente verspilling - bijvoorbeeld door onnodig lange transportstromen - moest worden vermeden. In de doelfunctie van het model werd deze eis uitgewerkt door de voedingscalorische output samen met het negatief van het totale energiebeslag te maximeren 1). Waar deze laatste in de opvolgende optimalisatieprocedure niet volledig maar voor een (overigens minieme) fractie werd ingerekend, bleef de "oplossing" vrij van bedoelde verspilling zonder dat dit (noemenswaardige) consequenties voor het geprojecteerde volume van voedselproduktie met zich bracht 2).

Vooruitlopend op de navolgende bespreking van de resultaten van deze rekenexercitie, blijkt de uitkomst te leiden tot een veel gevarieerder produktieplan, een eveneens rijk geschakeerde - maar voor alleen de binnenlandse behoeften wèl veel te ruime -

1) Theoretisch zou een echte multicriteria-analyse een beter middel zijn geweest dan de nu toegepaste eenvoudige methodiek, maar de uitkomsten zouden er nauwelijks door zijn veranderd.
2) Uiteindelijk werd daardoor slechts 3% minder aan voedingscalorieën voortgebracht dan in de opstelling zonder deze extra energiedimensie in de doelfunctie.

beschikbaarheid van voedingscalorieën en een verbruik van fossiele energie dat daarmee meer dan vijfvoudig is opgelopen. Ook dit scenario is dus geen ècht perspectief voor nationale zelfverzorging op voedselgebied: het is energetisch erg duur en fysiek te overvloedig. Tenzij we, om welke reden dan ook, naast zelfverzorging nog een maximale bevrediging van eventuele externe vraag - export van voedsel of immigratie - willen nastreven. Alleen als dàt het geval is zou een zó ruim uitgelegd voorzieningspak(ket) ons niet aan alle kanten om het lijf zwemmen.

## 6.2 De top van de bodemproduktie

Omdat het niet meer (of nauwelijks) de energiefactor maar de grondfactor is die aan de voortbrenging een plafond stelt, hangt de in de "schaduwprijs" berekende waarde van de grond - nu uitgedrukt als de hoeveelheid (volwaardige) voedingscalorieën die de laatste hectare nog heeft bijgedragen - vooral af van de teeltbeperkingen die, conform tabel 4.1, voor de verschillende landbouwproduktiegebieden werden voorondersteld. Die beperkingen - voor akkerbouw als zodanig (op laagveen-, lage zand- en komkleigronden) of voor bepaalde gewassen (b.v. wintergranen op zandgronden) - vloeien voort uit de voor die gebieden typische kenmerken van de bodemstructuur: vochthoudend vermogen, dichtheid, bewerkbaarheid van de grond, etc. Verschillen in natuurlijke vruchtbaarheid, voor zover die althans door bemesting zijn te compenseren, spelen verder géén rol: de energiekosten die aanmaak of aanvoer van (kunst)mest zou oproepen, tellen nu immers niet of nauwelijks mee.

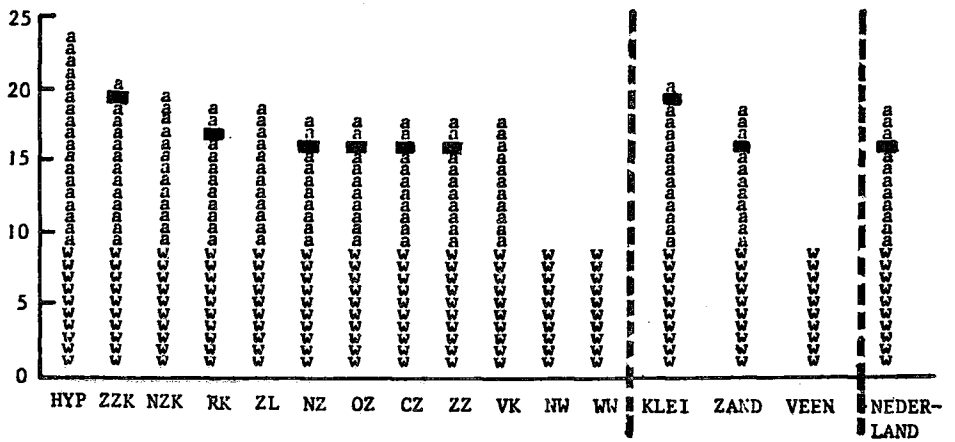
Hieronder zijn in figuur 6.1 de schaduwprijzen van grond - zoals die uit de oplossing van het bovengrens-scenario naar voren komen - zowel onderscheiden naar de 12 verschillende landbouwgebieden als naar de bestemming: akkerbouw of weidebouw. In de figuur zijn die prijzen overigens niet uitgedrukt in hoeveelheden voedingscalorieën-als-zodanig, maar - alternatief - in aantallen mensen die bij 2.350 (volwaardige 1)) kcal per persoon per dag van de laatste hectare kunnen worden gevoed.

De laagste schaduwprijs noteert de grond in de veen(weide)-gebieden: de grasbestemming - in deze gebieden de enig mogelijke - levert in het totale bouwplan klaarblijkelijk de minste bijdrage aan de voorziening met (volwaardige) voedingscalorieën. Omdat het model is opgegeven dat bij maximale bemesting de grasopbrengst tussen de gebieden niet verschilt, kan deze voor de veen(weide) gebieden afgeleide schaduwprijs tevens ook worden opgevat als de onderwaarde van de laatste hectare in de andere produktieregio's.

1) In de zin dat 12% wordt geleverd uit eiwitten, maximaal 30% uit vetten, etc.

Figuur 6.1 Schaduwprijs van grond volgens het bovengrens-scenario

Aantal personen dat bij akkerbouw-(a), weide-(w), of gemengde(■) bestemming van 1 ha. kan worden gevoed




De bovenwaarde wordt bepaald door de fysieke opbrengsten van de akkerbouwbestemming bij maximale bemesting. In dat opzicht scoren de kleigronden van de HYP en het ZZK iets hoger dan in de andere kleigebieden; en die laatste - op hun beurt - laten weer een iets beter beeld zien dan de zand/dalgrond-gebieden.

Vergeleken met het schaduwprijzen-overzicht van het voorgaande scenario (figuur 5.1) valt op dat de relatieve prijsafstand tussen de diverse gronden nu veel minder is geworden. Een en ander geeft aan dat waar bij maximale produktie niet meer op het meststoffenverbruik hoeft te worden beknibbeld, ook het klassieke onderscheid tussen betere - c.q. vruchtbare - en mindere - c.q. schralere - gronden sterk vermindert.

Voor die gebieden waar de bestemming van de grond zowel akkerbouw als weidebouw insluit - dit b.v. omdat het gebied door het voorkomen van verschillende kwaliteiten grond wordt gekenmerkt (zie tabel 4.1) - is in figuur 6.1 ook de schaduwprijs voor de gemiddelde grondbestemming aangegeven: de zwarte blokjes. Voor Nederland-als-geheel is berekend dat van de opbrengst van de laatste hectare van gemiddelde kwaliteit liefst 15,44 personen zijn te voeden. Omdat de schaal van de produktie - conform de lineaire uitgangspunten van het model - niet van invloed is op de kg-opbrengsten per ha, mag dit laatste getal rechtstreeks worden doorvertaald naar het totale landbouwareaal van 1.932.000 ha. Met andere woorden: op de bovengrens van zijn kunnen zou dat areaal

voedsel voort kunnen brengen voor 1.932.000 x 15,44 = rond 30 miljoen personen. Dat is 120% méér dan voor zelfvoorziening strikt noodzakelijk is 1)!

## 6.3 Landbouw aan de bovengrens

Als gevolg van het streven naar maximale produktie stroomt - zo laat tabel 6.1 zien - de in het ondergrensscenario nog braakliggende ruimte geheel vol met de grondsparende hakvruchten: aardappelen en suikerbieten vooral. En - voor zover voor akkerbouw beperkingen gelden (volgens tabel 4.1 voor in totaal 30% van alle grond) - met gras, dat met 400 kg pure N per ha maximaal wordt bemest.

Toch is er van verdringing van de granen en oliezaden ten opzichte van de vorige opstelling geen sprake. Integendeel: de arealen voor deze gewassen zijn zelfs iets uitgebreid: tot 830.000 ha respectievelijk 106.000 ha. Dat ligt niet alleen aan de plezierige eigenschap dat juist na de vroege granen nog nagewassen mogelijk zijn, die in de oplossing op ruim 156.000 (vroeg vrijkomende) ha zijn geprojecteerd. Maar ook aan een beperking van de hakvruchten: die zijn gebonden aan het regime van een lange gewaspauze en - dus - aangewezen op relatief kleine rotatieruimten. Bovendien worden de "kale" calorieën leverende suikerbieten (er worden volwaardige gevraagd!) van de kleigronden geweerd vanwege hun vruchtwisselingsconcurrentie met het qua vetzuursamenstelling onmisbare kool/raapzaad 2) (de teelt van de laatste wordt, conform tabel 4.1, geacht alleen op de kleigronden mogelijk te zijn).

Niet alleen de voor de directe produktie geschikte gronden worden via intensieve bemesting en een sterke vertegenwoordiging van hakvruchten tot maximale voortbrenging opgezweept, dat geldt ook - zoals opgemerkt - voor die gronden die eerst via weidebouw hun steentje aan de voedselproduktie kunnen bijdragen. Dat weideareaal draagt voor gemiddeld 85% bij aan de VEM-voorziening van ruim 1 mln. melkkoeien (met reproduktie-aanhang), die samen netto 4,8 mrd. kg melk per jaar voortbrengen. In de rest van de voederbehoeften van deze melkveestapel wordt voorzien door nagewassen en produkten die bij industriële verwerking als bijprodukten vrijkomen. Rundvee voor alleen de vleesproduktie wordt niet aangehouden; alle niet voor de regeneratie van de melkveestapel nodige kalveren - 0,66 mln. stuks per jaar - worden nuchter geslacht en direct ter consumptie aangeboden.

1) Dit alles uitgaande van opbrengstniveau's die aansluiten bij de teelttechnieken uit het midden van de jaren 70. Sindsdien zijn de opbrengsten al weer aanmerkelijk gestegen, zonder dat de technische produktiegrenzen zijn bereikt.
2) Koolzaad is een waardplant voor het bietencystenaaltje.

Tabel 6.1 Kengetallen van de landbouwproduktie in het bovengrens-scenario

| Gebied / Onderdeel | HYP | ZZK | NZK | RK | ZL | NZ | OZ | CZ | ZZ | VK | NW | WW | KLEI | ZAND | VEEN | NEDER-LAND |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PLANTENTEELT | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Bouwplan in %: | | | | | | | | | | | | | | | | |
| granen | 75 | 50 | 50 | 40 | 50 | 43 | 59 | 50 | 52 | 75 | - | - | 53 | 53 | - | 43 |
| aardappelen | 25 | 23 | 25 | 20 | 25 | 20 | 20 | 20 | 20 | 25 | - | - | 23 | 20 | - | 17 |
| suikerbieten | - | - | - | - | - | 17 | - | 10 | 6 | - | - | - | - | 7 | - | 4 |
| oliezaden | - | 18 | 25 | 20 | 25 | - | - | - | - | - | - | - | 17 | - | - | 5 |
| groenvoeders | - | 10 | - | 20 | - | 20 | 20 | 20 | 20 | - | 100 | 100 | 7 | 18 | 100 | 30 |
| overige ruwvoeders | - | - | - | - | - | - | 1 | - | 2 | - | - | - | - | 1 | - | .. |
| nagewassen | 25 | 5 | - | - | - | 3 | 19 | 10 | 12 | 25 | - | - | 7 | 12 | - | 8 |
| Bemesting per ha: | | | | | | | | | | | | | | | | |
| kg $P_2O_5$ | 53 | 47 | 53 | 42 | 53 | 55 | 47 | 52 | 51 | 48 | 45 | 45 | 49 | 51 | 45 | 49 |
| w.v. kunstmest | 53 | 43 | 53 | 35 | 53 | 47 | 34 | 45 | 39 | 48 | 10 | 7 | 46 | 42 | 8 | 37 |
| kg $K_2O$ | 73 | 75 | 73 | 100 | 100 | 130 | 121 | 126 | 126 | 115 | 104 | 109 | 80 | 125 | 107 | 107 |
| w.v. kunstmest | 73 | 62 | 73 | 79 | 100 | 108 | 84 | 105 | 93 | 115 | - | - | 72 | 98 | - | 71 |
| kg N | 163 | 172 | 175 | 204 | 175 | 201 | 204 | 202 | 202 | 150 | 400 | 400 | 177 | 197 | 400 | 230 |
| w.v. kunstmest | 163 | 165 | 175 | 194 | 175 | 190 | 185 | 192 | 183 | 150 | 348 | 344 | 173 | 183 | 346 | 212 |
| VEEHOUDERIJ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Aantallen: | | | | | | | | | | | | | | | | |
| aanw. koeien x1.000 | - | 41 | - | 40 | - | 86 | 111 | 26 | 140 | - | 280 | 317 | 82 | 363 | 597 | 1.041 |
| afgeleverde nuchtere kalveren x 1.000 | - | 26 | - | 25 | - | 54 | 70 | 16 | 88 | - | 176 | 200 | 51 | 229 | 376 | 656 |
| afgeleverde mestvarkens x 1.000 | - | - | - | - | - | 47 | 80 | - | 103 | - | - | 192 | - | 231 | 192 | 423 |

Voederregimes:

| Gemidd. % aand. van → in voeder(energie)-voorziening van ↓ | Gras | Voeder-bieten | Stoppel-knollen | Maalde-rijafv. | Bieten-pulp |
|---|---|---|---|---|---|
| melkvee | 85 | 1 | 9 | 2 | 3 |
| varkens | - | - | - | 100 | - |

Mesterij van varkens komt echter weer wèl voor: volgens de projectie worden jaarlijks ruim 0,4 mln. mestvarkens opgelegd en afgeleverd. Ook nu bestaat het voederrantsoen voor deze dieren uit schrootresten die bij verwerking van kool/raap-zaad en granen vrijkomen.
Pluimveehouderij, in welke vorm dan ook, is absent in dit scenario. Weliswaar geldt nu als regel dat 1 kg voer via pluimvee meer vlees oplevert dan via varkens of rundvee 1), maar dat is dan wel voer dat vooral bestaat uit ook voor de mens consumabele bestanddelen (granen), terwijl het eindprodukt - ei of kip - relatief armer is aan voedingscalorieën dan bijvoorbeeld varkensvlees.

Wat betreft de lokatie van de veehouderij zij tenslotte nog opgemerkt dat deze vooral in de veen(weide)- en zandgebieden wordt aangetroffen. Ten aanzien van het melkvee spreekt dat voor zich: juist daar is de grasproduktie geprojecteerd. Maar ook de varkenshouderij is hier het best op zijn plaats: het WW en het ZZ - de belangrijkste vestigingsgebieden van de varkenshouderij volgens het scenario - liggen immers het dichtst bij de grote consumptiecentra, in de buurt waarvan de verwerking van granen en oliezaden wordt geacht plaats te hebben: de Randstad en de Zuidelijke Stedengordel.

## 6.4 Consumptie in (méér dan) duplo

Aan de verbruikerszijde resulteert het aldus geschetste produktieplan in de beschikbaarheid van een veel volumineuser èn een veel rijker geschakeerd (basis-)voedingsmiddelenpakket dan in het voorgaande scenario. Naast de ongeveer gelijkblijvende hoeveelheden aan graanprodukten en spijsvetten (deze laatste weer uitsluitend op plantaardige basis), komen nu ook duidelijk aardappelen, suiker, melk (als - volle - consumptiemelk) en vlees als belangrijke produktgroepen naar voren.

Duidelijker nog dan uit het grond-(schaduw)prijzen-overzicht van figuur 6.1 blijkt uit tabel 6.2 welke gigantische ruimte er in technisch opzicht wel is om het voorzienings"elastiek" boven het minimum-niveau van 2.350 consumabele kcal per persoon per dag op te rekken. Genoeg ruimte zelfs, om tot maximaal 16 mln. externe verbruikers mee te laten aanzitten. Zou het inderdaad zover komen dat we èn autarkisch moeten produceren èn met zovelen ons brood willen breken, dan moet hier wèl worden opgemerkt dat de optisch rijkere geschakeerdheid van het basispakket in termen van de vereiste samenstelling van de voortgebrachte voedingscalorieën juist iets schraler uitvalt: waar het ondergrensdieet nog overscores van 2 gram eiwit en 8 gram meervoudig onverzadigde vetzuren per hoofd per dag te zien gaf, zijn deze nu geheel verdwenen.

1) D.w.z. pluimvee heeft een grotere voederconversie.

Tabel 6.2 Kengetallen van de consumptie in het bovengrens-scenario

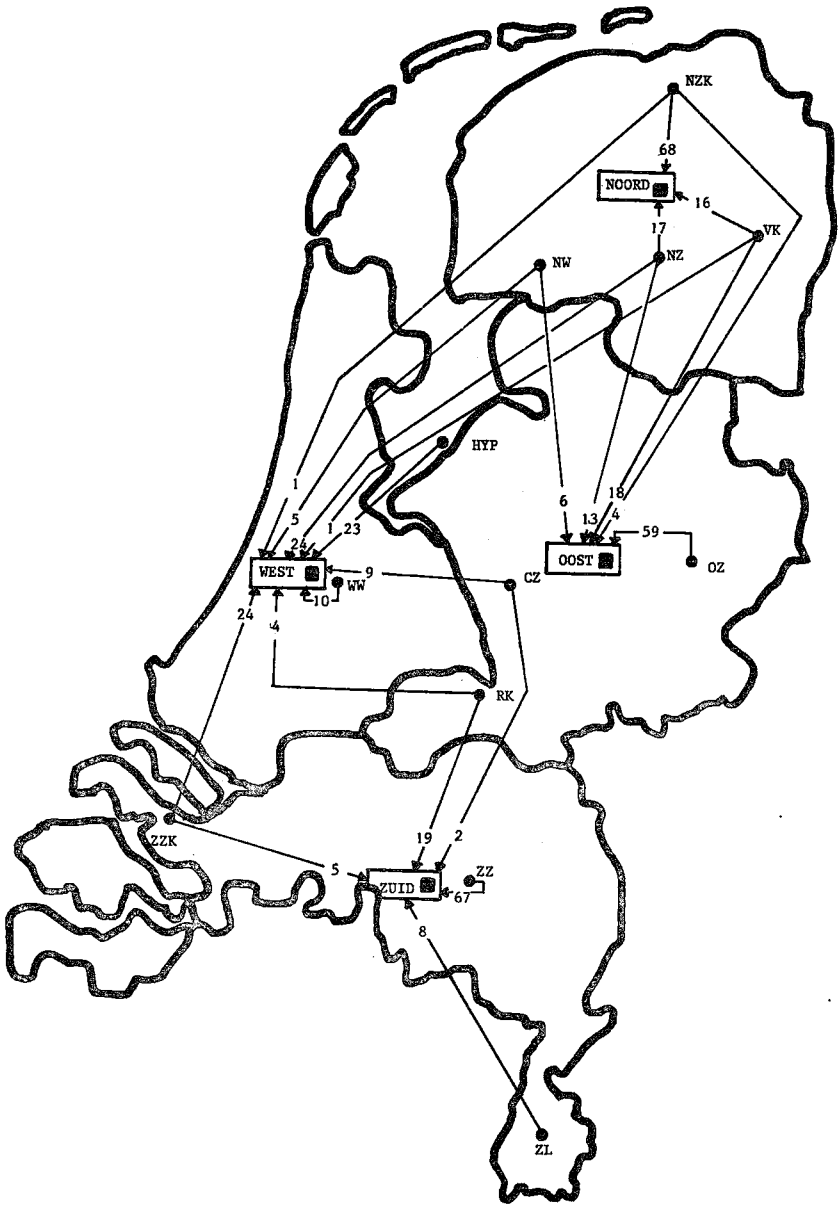
| Artikel-groep | Netto per jaar beschikbaar x 1.000 ton | Per hoofd per dag netto beschikbaar *) | | |
|---|---|---|---|---|
| | | in grammen | in consumabele kcal | Idem, als % |
| brood(produkten) | 4.812 | 963 | 1.984 | 39 |
| mout/gort(produkten) | 582 | 116 | 421 | 8 |
| suiker(produkten) | 409 | 82 | 328 | 6 |
| spijsvetten | 140 | 28 | 210 | 4 |
| aardappelen | 8.719 | 1.745 | 1.466 | 29 |
| melk(produkten) | 4.790 | 959 | 652 | 13 |
| rundvlees | 85 | 17 | 47 | 1 |
| varkensvlees | 33 | 7 | 26 | 1 |
| | | | 5.134 | 100 |

*) Zo dit pakket alleen aan de eigen bevolking zou worden aangeboden.

Bij de veel volumineuser produktie worden - zo valt uit figuur 6.2 af te lezen - de meeste voedingscalorieën nog steeds betrokken vanuit omsloten of aanliggende produktiegebieden 1) 2). Een teken dat de in de doelfunctie meegegeven overweging dat onnodig verbruik - b.v. door extra lange transportafstanden - van schaarse fossiele energie uit den boze is, door het model serieus is genomen. Toch is er, vergeleken met het ondergrensscenario, wel sprake van relatief meer aanvoer van verderweg. Deels omdat het vorige scenario daar het meeste braakland had geprojecteerd, van waaruit om evidente redenen eerst geen voedselstroom kon vloeien; deels ook omdat nu gekozen is voor een zekere mate van regionale specialisatie in met name Noord-Nederland: suiker, plantaardige vetstoffen en melk - zie tabel 6.3.

1) Uitgaande van de veronderstelling dat alle produktie - dus ook de extra produktie - wordt gevraagd door de eigen bevolking. Er is, met andere woorden, dus verondersteld dat de mogelijk extra te vullen monden over het land zijn verspreid als de eigen bevolking: 11% in Noord-, 19% in Oost-, 45% in West- en 24% in Zuid-Nederland.
2) Bij de onderstaande uitleg van de transportrelaties in figuur 6.2 wordt weer uitgegaan van de aanname dat produktiegebieden met een centrum in een consumptieregio tot het "eigen" areaal van die laatste mogen worden gerekend.

Figuur 6.2 Procentuele herkomst van het in de diverse consumptiegebieden geprojecteerde verbruik van voedingscalorieën volgens het bovengrens-scenario



Voor de melk hangt dat natuurlijk samen met het relatief grote weide-areaal: het hele NW-gebied en 20% van het NZ-gebied. Bij de andere produkten is de specialisatie terug te voeren op het gegeven dat zulke geconcentreerde voedingsmiddelen als suiker en oliezaden per voedingscalorie weinig transportkosten vergen en dus - wat het model betreft - zonder bezwaar wat verder van de uiteindelijke consumenten kunnen worden voortgebracht.

Ook nu is weer gekozen voor een getrapte overgang van produktie-overschotten van Noord naar Oost, van Oost naar Zuid en van Zuid naar West, nااست een directe stroom van produkten vanuit genoemde regio's naar het tekortgebied West 1). In figuur 6.2 wekt dat de indruk als zou alleen het Noorden netto-exporteur van voedingscalorieën zijn. Dat is zeker niet het geval. Weliswaar kent het Noorden het grootste netto-overschot: 22% van alle in Nederland voortgebrachte voedingscalorieën worden van daaruit geëxporteerd (was 18% in het ondergrens-scenario) maar ook het Oosten en het Zuiden zijn belangrijke netto-overschotgebieden, met een exportsaldo van 20% respectievelijk 8% van het totale nationaal beschikbare voedselvolume (was 13% resp. 6%).

In welke mate de twaalf onderscheiden teeltgebieden in de nationale voorziening met de diverse groepen van voedingsmiddelen hebben bijgedragen, is aangegeven in tabel 6.3.

Tabel 6.3 Procentuele herkomst van voedingsmiddelengrondstoffen volgens het bovengrensscenario

| Gebied | HYP | ZZK | NZK | RK | ZL | NZ | OZ | CZ | ZZ | VK | NW | WW |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| graangrondstoffen | 15 | 13 | 9 | 6 | 2 | 13 | 14 | 5 | 17 | 7 | - | - |
| suikergrond-stoffen | - | - | - | - | - | 63 | - | 12 | 24 | - | - | - |
| spijsvetgrond-stoffen | - | 34 | 35 | 24 | 8 | - | - | - | - | - | - | - |
| aardappelen | 12 | 14 | 10 | 8 | 3 | 15 | 12 | 5 | 16 | 6 | - | - |
| melkprodukten | - | 4 | - | 4 | - | 8 | 11 | 3 | 13 | - | 27 | 30 |
| rundvlees | - | 4 | - | 4 | - | 8 | 11 | 3 | 13 | - | 27 | 30 |
| varkensvlees | - | - | - | - | - | 11 | 19 | - | 24 | - | - | 45 |

## 6.5 Een ruilvoet tussen voedsel en fossiele energie

Zoals aan het begin van dit hoofdstuk al terloops werd vermeld, valt het totale beslag op schaarse energiedragers in dit scenario vele malen hoger uit dan in het vorige. Alle geledingen

1) Zie voetnoot 1 op blz.62.

van de voorziening gebruiken nu samen jaarlijks liefst 5,5 mrd. aardgasequivalenten. Dat is bijna één vijftiendedeel van wat in 1977 als bruto binnenlands verbruik van alle energiedragers werd geregistreerd.

Terwijl in het vorige scenario de verhouding tussen ingezette fossiele calorieën en gewonnen voedingscalorieën voor de gehele voorzieningsketen nog duidelijk batig was (64:100), is deze verhouding nu sterk negatief geworden (162:100). Omgerekend kost de gemiddelde in het voorzienings-surplus - dus: extra - aanwezige voedingscalorie het 2,4-voud aan fossiele equivalenten. Let wel: dit geldt voor de gemiddelde surplus-calorie - de eerste wordt nog batig gewonnen, de laatste kost méér dan 2,4 fossiele calorieën. Eerder werd opgemerkt dat de energie-input-output-coëfficiënt op zichzelf geen grond mag zijn voor een uitspraak over de efficiency van het voorzieningssysteem. Nu we de verschillende waarden van die energieruilvoet bij de onder- en bovengrens van de voedselvoorziening kennen, zouden we ons daar wel aan kunnen wagen. Niet alleen de energie-input, maar ook de voedingsenergetische output wordt nu immers in beide scenario's op gelijke wijze gewaardeerd: de voedingseisen zijn althans kwalitatief identiek.

Langs welk pad de ruilvoet tussen voortgebrachte consumabele - en gebruikte fossiele energie zich ontwikkelt bij een toename van het voedingscalorisch surplus, valt op grond van deze twee (qua voedingseisen vergelijkbare) waarnemingen weliswaar niet nauwkeurig, maar toch wèl indicatief aan te geven 1). Een plausibel verloop zou dat volgens een soort groeifunctie zijn, welke functie in figuur 6.3 naar voren komt in de gestippelde curve 0 - $R^o$ - $R^b$ 2). Reeds bij een produktie-omvang 0 - C (8.900 T voedingscalorieën) zou dan een maximaal saldo bereikt worden tussen het totale gewonnen- en het totale ingezette energie-volume. Daar is immers de richtingscoëfficiënt van de raaklijn aan de curve gelijk aan die van de equivalentie-lijn 3): het raakpunt is daarmee voor de laatst voortgebrachte voedingscalorie tevens het punt van omslag tussen een "batende" en een "kostende" winning. Ana-

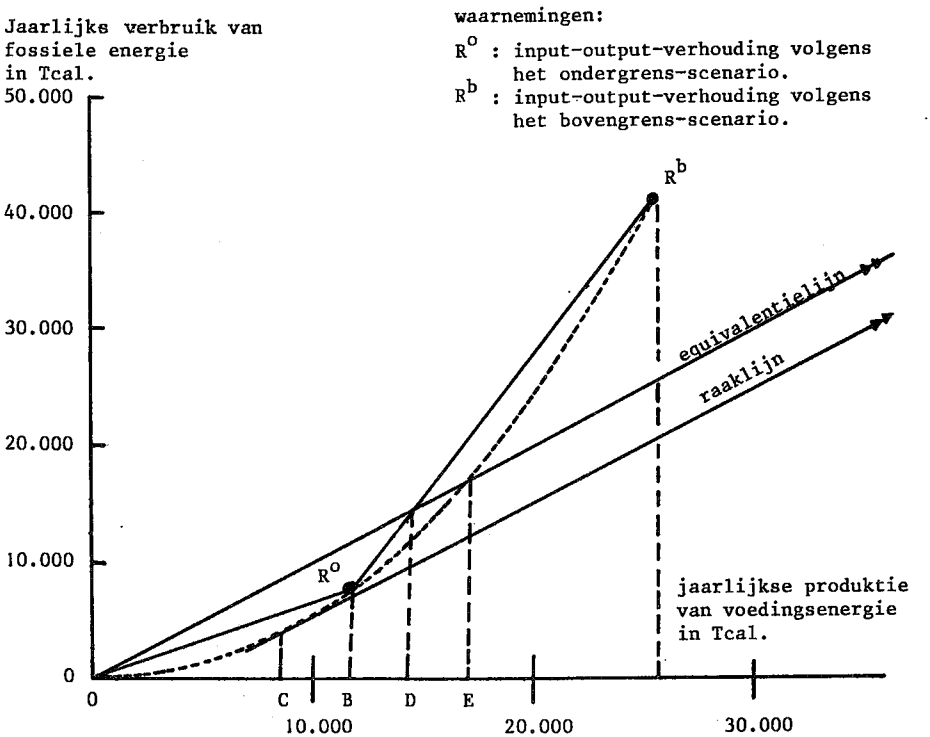
1) Een nauwkeuriger beeld van deze ruilvoetontwikkeling zou wel zijn verkregen als gebruik was gemaakt van de z.g. parametrische optie die voor het lp-programma beschikbaar was. Uit kostenoverwegingen is daar echter van afgezien, mede ook omdat het niet erg waarschijnlijk leek dat de echte ruilvoetfunctie anders zou zijn dan de hieronder beschreven groeifunctie.

2) De betreffende functie is van de volgende vorm:
$OUTPUT = 199,67 \times INPUT^{(0,46)}$

3) Op die laatstgenoemde lijn zijn alle punten samengebracht waar de totale energie-input gelijk is aan de totale energie-output.

loog kan dan voor de gemiddelde voedingscalorie worden gesteld, dat het omslagpunt wordt gevonden bij het niveau 0 - E (17.100 T voedingscalorieën): de groei-curve snijdt daar de equivalentielijn - er wordt dus "quitte" gespeeld.

Figuur 6.3 Berekende (●) en veronderstelde (----) momenten van de relatie tussen gewonnen consumabele- en gebruikte fossiele energie



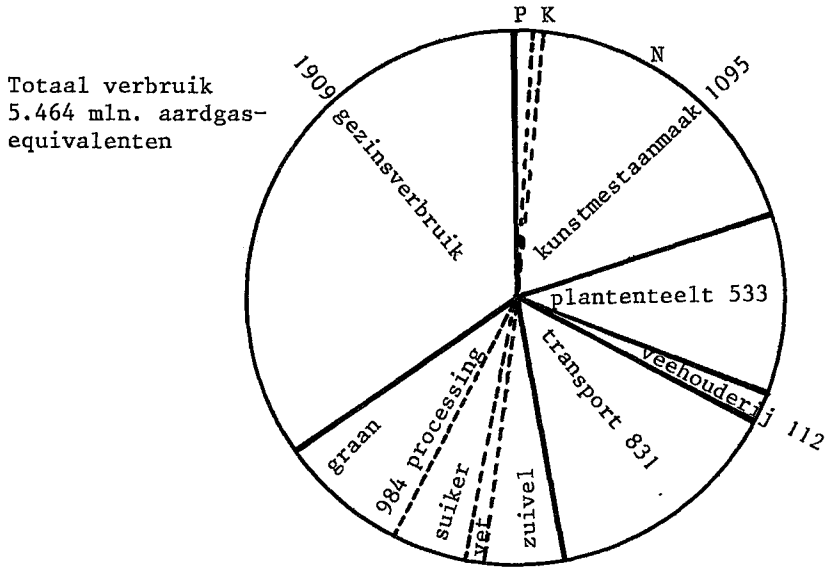

Dat de punten C en E in werkelijkheid ook dáár liggen waar ze nu schattenderwijs zijn geprikt, kan slechts worden vermoed. Zeker is echter wèl dat punt E òp of voorbij punt D zal liggen. D.w.z. òp of voorbij het moment waarop de produktie van ons "Dietary-Goals"-pakket rond 1,25 x de minimale binnenlandse behoeften (0 - B: 11.700 T voedingscalorieën) dekt. Een nòg drastischer ruilvoetontwikkeling dan via de lijn-segmenten 0 - $R^o$ en $R^o$ - $R^b$ is namelijk niet denkbaar 1).

1) Conform de uitgangspunten van de lineaire programmering is de oplossingsruimte immers concaaf van vorm.

Gegeven de uit de bevolkingsomvang voortspruitende voedselbehoeften en gegeven het beperkt aanwezige landbouwareaal is het, conform figuur 6.3, dus niet mogelijk de produktie zodanig in te richten dat er een maximale "winst"-positie wordt bereikt in termen van gebruikte fossiele- en gewonnen consumabele calorieën: punt C. Wel is er ook op de ondergrens van de voorziening nog steeds sprake van een ruime winstpositie die waarschijnlijk pas dan ophoudt te bestaan als er circa 46% meer voedsel moet worden voortgebracht dan op die ondergrens: punt E. Naarmate de aanspraken op voedsel daar nog bovenuit groeien ontstaat een verliespositie welke snel groter wordt.

De in de curve $O-R^{o}-R^{b}$ van figuur 6.3 geschetste ontwikkeling van de energieruilvoet geeft aan hoe bij een vergroting van voedselaanspraken de "ideale" omzetting van fossiele - in consumabele calorieën zou kunnen plaatsvinden. Met behulp van deze referentie kunnen we straks ook andere dan "dietary-goals"-scenario's plaatsen: hoe ligt daar de energie-ruilvoet en hoeveel meer

Figuur 6.4 Het direct verbruik van fossiele energie in de verschillende onderdelen van de voedselketen volgens het bovengrensscenario



voedsel zou er bij die energie-inzet kunnen zijn gewonnen volgens de "Dietary-Goals" opzet?

Kijken we - in figuur 6.4 - tenslotte naar de verdeling van de 5,5 mrd. aardgas-equivalenten "kostende" verbruik van fossiele energie door de verschillende onderdelen van de voedselketen, dan blijkt het verhoogde beslag niet enkel voort te vloeien uit het zeer intensief geworden verbruik van energetisch dure N-meststoffen. In tegendeel, het aandeel van de primaire fasen: landbouw en kunstmestfabrikage, is zelfs gedaald - van 40% in het ondergrensscenario tot 32% (wèl van 5,5 x zoveel!) in dit scenario. De verwerkingsfase heeft nu duidelijk de koppositie ingenomen. Dit geldt in het bijzonder voor de huishoudelijke verwerking - het "gezinsverbruik". De oorzaak daarvan ligt in de relatief grote nadruk die niet-gerede produkten in de boodschappenmand hebben gekregen. Van het totale gewicht aan voedingsmiddelen dat netto beschikbaar zou zijn bestaat liefst 45% uit nog niet toebereide produkten, vooral aardappelen.

# 7. Zelfverzorging op een verantwoord niveau

## 7.1 Een "model"-menu als uitgangspunt

Van verscheidene kanten - en met steeds groter nadruk - wordt tegenwoordig gewezen op de onevenwichtige samenstelling van ons huidige voedingsmiddelenpakket. Die onbalans wordt vaak verwoord in termen als "te veel", "te vet", "te kaal" (niet snoepers) of "te rijk" (vegetariërs). Er wordt dan, met andere woorden, gewezen op het buitensporig voorkomen van het totaal en/of van de afzonderlijke macro-nutriënten (vetten, koolhydraten, eiwitten). Juist vanuit deze perceptie geven de voedingsautoriteiten in de westerse landen dringende wenken met betrekking tot de aanwezigheid en de onderlinge verhouding van die nutriënten in een verantwoord - "gezond" - dieet. Meer optisch wordt ook met fonduebordachtige "schijven van vijf (zes)" gewerkt, waarop groepen van voedingsmiddelen zijn tentoongesteld die in combinatie tot zo'n "gezond" dieet kunnen leiden.

Welke verhoudingen jaarrond gezien in zo'n combinatie optimaal zijn, wordt echter niet altijd aangegeven. Gaan we ervan uit dat elke combinatie goed is zolang zij maar voldoet aan de eerder genoemde "Dietary-Goals"-wenken ten aanzien van de nutriënten-verhouding, dan kan e.e.a. in een opstelling waarin zelfverzorging en energiebesparing de enige vlagdragers zijn in een wel èrg schraal dieet resulteren: het graanmenu van het ondergrens-scenario. Uit een wat meer naar de huidige praktijk riekende - echter nog wel extreme - opstelling: namelijk een waarin de grondschaarste de energieschaarste verre overvleugelt, resulteert een dieet waarin we de hiervóór aangehaalde "schijven van vijf (zes)" veel duidelijker menen te herkennen: het menu van het bovengrens-scenario. Dat menu is behoorlijk gevarieerd, niet "te vet", "te kaal", of "te rijk". Doch - zo we alleen naar zelfverzorging zouden streven - is dat menu voor de huidige 14 mln inwoners wèl "te veel" en dus (energetisch gezien) te duur.

Richten we de blik hier inderdaad weer op zelfverzorging, dan kan het terugvallen op een eenzijdig graandieet worden voorkomen door aanvullende eisen te stellen met betrekking tot de geschakeerdheid van het voort te brengen voedingsmiddelenpakket. Een en ander gaat natuurlijk wèl ten koste van het verbruik van fossiele energie: dat zal hoger uitvallen dan de ondergrens van 1 mrd. aardgas-equivalenten.

Over hoe een met ons voedingspatroon redelijk in de pas lopend en tòch "gezond" menu er uit moet zien, bestaat onder de voedingsdeskundigen een zekere - zij het wat lossere - consensus. Enkelen van hen 1) waren bereid hieraan uitdrukking te geven in termen van de in ons model meegenomen groepen van voedingsmidde-

len. Het resultaat was het volgende "model"-menu aan basisvoedingsmiddelen voor de gemiddelde verbruiker:

- per hoofd per dag is er netto een hoeveelheid van 2.350 Kcal beschikbaar; méér is (aan basisvoedingsmiddelen) echt niet nodig.
- 43% daarvan moet worden geleverd via graanprodukten;
- 17% via melkprodukten, waarvan 3% als kaas;
- 16% via spijsvetten, op plantaardige dan wel dierlijke basis;
- 15% via aardappelen;
- 4% via suiker of daaruit afgeleide produkten (alcohol);
- 3% via vlees;
- 1% via eieren; en, tenslotte,
- 1% via (droge) peulvruchten.

Met dit menu als mogelijk uitgangspunt voor de voeding in autarkische omstandigheden is in een derde scenario-opstelling van het model doorgerekend of, en zo ja met welke consequenties voor de toeleverende onderdelen van de voedselketen, dat uitgangspunt kan worden verwezenlijkt binnen het kader van een zo zuinig mogelijk gebruik van schaarse fossiele energie.

## 7.2 De mindere overvloed aan grond

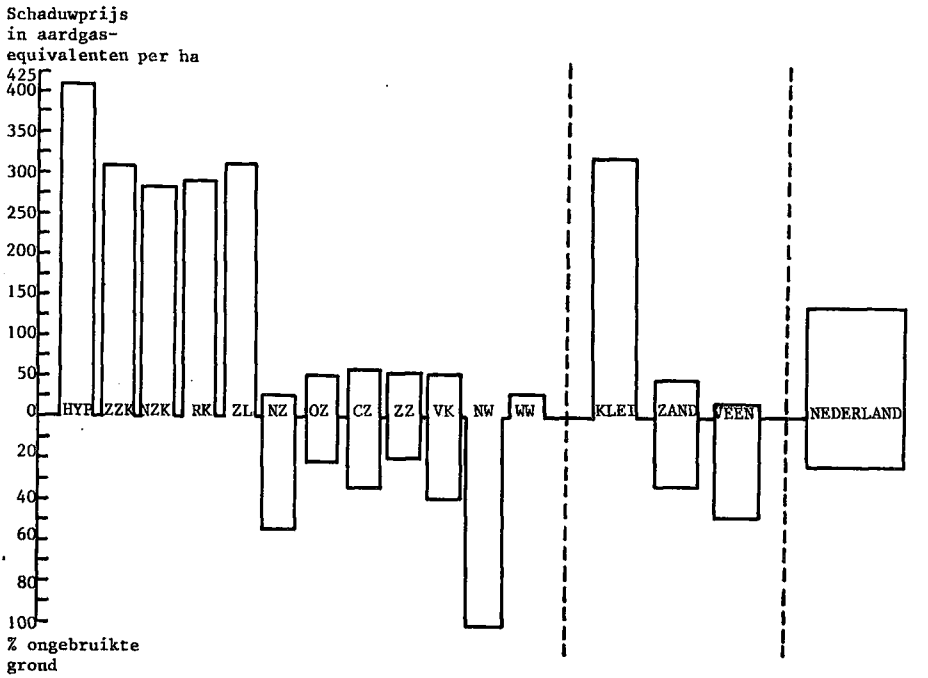
Het lijkt duidelijk dat de voortbrenging van dit "model"-pakket een ruimere inzet van de beschikbare grond vergt dan het pakket aan de ondergrens van de voorziening. Toch blijft - volgens figuur 7.1 - ook in de energetisch goedkoopste oplossing nog bijna een kwart van het totale areaal - liefst 467.000 ha - onbenut in de zin dat er geen teelten op zijn geprojecteerd.

Hiervóór - in paragraaf 5.1 - werd reeds verklaard dat ook als de grond niet ten volle wordt benut - in dit scenario is dat vooral het geval in de verder weg gelegen (noordelijke) zand/dal- en veen(weide)gebieden - die grond tòch nog schaars kan zijn. Het niet-benutten, c.q. het bestemmen van een deel van het areaal tot braakland, geeft immers ruimte aan een zo breed mogelijke uitbouw van de wèl gewenste vruchtwisselingsgewassen en draagt zo indirect bij aan het tot waarde komen van de grond.

Omdat de doelfunctie - evenals in het ondergrens-scenario - geheel is toegespitst op een zo-zuinig-mogelijk-gebruik van schaarse energie, luidt die in de schaduwprijzen van grond naar voren komende waarde weer in eenheden aardgas-equivalenten die door inzet van de laatste hectare op het energieverbruik konden worden bespaard. Voor de gemiddelde grondkwaliteit komt de schaduwprijs uit op een "bedrag" van 132 aardgas-equivalenten: twee

1) Zie voetnoot 2 op blz.10.

Figuur 7.1 Schaduwprijs en benutting van grond volgens het "verantwoorde"-scenario




derde méér dan de schaduwprijs aan de ondergrens van de voorziening. Maar dáár was het grondbeslag met 48% braakland immers nog veel geringer.

Behalve dat de schaduwprijzen voor grond nu gemiddeld een aanzienlijk hogere waarde hebben, valt bij vergelijking met het ondergrens-scenario - figuur 5.1 - ook op dat de stijging in de kleigebieden veel forser is geweest dan in de zand/dalgrond-gebieden: +111% tegen slechts +28%. De oorzaak daarvan moet gezocht worden in het grotere spectrum van teeltmogelijkheden op kleigronden ten opzichte van zand/dalgronden (zie tabel 4.1). De veronderstelde ongeschiktheid van zand/dalgronden voor de teelt van met name oliezaden blijkt dan een ernstige handicap te zijn. Want juist verbouw van dat gewas is, gegeven de eis dat niet minder dan 16% van de calorische voorziening uit spijsvetten moet komen, zeer aantrekkelijk: per voortgebrachte voedingscalorie is het alternatief - boterfabricage - energetisch veel duurder. Waar de kleigronden dan tot de (vruchtwisselings)rand met oliezaden worden opgevuld, leidt dit automatisch tot een prijsexplosie voor juist die gronden ten opzichte van de rest.

Een derde verschilpunt met het ondergrens-scenario is het feit dat nu veen(weide)gronden in gebruik zijn - overigens wel alléén in het WW. Dat is des te opmerkelijker omdat de voor méér teeltactiviteiten geschikte zand/dalgronden in totaal voor 33% braak blijven. Ook hiervoor moet de oorzaak gezocht worden in een specifieke eis van het modelmenu, namelijk: dat 17% van de voedingscalorieën moet bestaan uit melkprodukten. Voor juist die - vanuit de optiek van het ondergrens-scenario nogal "luxe" - doelstelling zijn de veen(weide)gronden in principe beter uitgerust dan de schralere zand/dalgronden, zeker bij lage bemestingsniveaus.

## 7.3 Landbouw bij een "verantwoorde" voeding

Uit de in tabel 7.1 weergegeven kengetallen van de landbouwproduktie volgens dit "verantwoorde" scenario, blijkt dat die bemestingsniveaus inderdaad bescheiden zijn. Per beteelde hectare is het verbruik van althans de stikstofmeststoffen zelfs lager dan bij het ondergrens-scenario! Dit nóg extensiever grondgebruik vloeit vooral voort uit het grote aandeel van de groenvoedergewassen in het bouwplan: grasteelt neemt 18% en klaverteelt 11% van het totale areaal voor zijn rekening. Bij die teelten wordt (bijna) geen gebruik gemaakt van N-meststoffen. De veldproduktie daarvan stoelt dus in feite vrijwel uitsluitend op de natuurlijke N-levering uit bodem, lucht en (op gras) dierlijke "droppings".

De granen - goed voor in totaal 476.000 ha - worden eveneens op een lager niveau bemest. In de kleigebieden moeten ze het zelfs geheel zonder N-mest stellen. Dat kan daar overigens ook het best - op de schralere zandgronden zou er bij het achterwege laten van N-bemesting nauwelijks nog produktie zijn, maar op de klei kan dan nog ruim 3 ton (tarwe) per ha worden verwacht. Vandaar ook dat de graanteelt juist in de kleigebieden meer dan gemiddeld voorkomt.

De hakvruchten zijn met een geprojecteerd bemestingsniveau van rond 80 kg N per ha duidelijk veeleisender. Ook bij die gift zijn er nog verschillen in kg-opbrengsten tussen klei en zand, maar die zijn relatief wel veel kleiner dan bij granen. Vandaar dat de aardappelen (102.000 ha), suikerbieten (23.000 ha), en voederbieten (139.000 ha; in tabel 7.1 begrepen onder "overige ruwvoeders") massaal in de zandgebieden kunnen worden aangetroffen. De bieten zijn zelfs uitsluitend op de zand/dalgronden aangewezen omdat ze op de kleigronden in de vruchtwisseling concurrenten zijn van het veel meer gewilde koolzaad. Dat laatstgenoemde gewas gooit - zoals al eerder werd opgemerkt - zeer hoge ogen in het bouwplan. Het ter beschikking staande vruchtwisselings-areaal is dan ook tot de uiterste grens - rond 150.000 ha - in gebruik.

Tabel 7.1 Kengetallen van de landbouwproduktie in het "verantwoorde" scenario

| Gebied / Onderdeel | HYP | ZZK | NZK | RK | ZL | NZ | OZ | CZ | ZZ | VK | NW | WW | KLEI | ZAND | VEEN | NEDERLAND |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PLANTENTEELT | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Bouwplan in %: | | | | | | | | | | | | | | | | |
| granen | 50 | 45 | 27 | 40 | - | 15 | 27 | 13 | 38 | 16 | - | - | 39 | 25 | - | 25 |
| peulvruchten | 5 | - | 1 | - | 10 | - | - | - | - | - | - | - | 2 | - | - | 1 |
| aardappelen | 17 | - | - | 2 | - | 4 | 11 | 20 | 10 | - | - | - | 4 | 8 | - | 5 |
| suikerbieten | - | - | - | - | - | 3 | - | - | - | 16 | - | - | - | 2 | - | 1 |
| oliezaden | 25 | 23 | 25 | 20 | 25 | - | - | - | - | - | - | - | 23 | - | - | 8 |
| groenvoeders | 2 | 33 | 47 | 38 | 65 | 14 | 23 | 15 | 17 | 19 | - | 100 | 32 | 17 | 53 | 29 |
| overige ruwvoeders | - | - | - | - | - | 9 | 20 | 20 | 17 | 9 | - | - | - | 15 | - | 7 |
| Bemesting per ha: | | | | | | | | | | | | | | | | |
| kg $P_2O_5$ | 51 | 38 | 33 | 36 | 29 | 58 | 59 | 72 | 54 | 66 | - | 45 | 39 | 60 | 45 | 48 |
| w.v. kunstmest | 50 | 29 | 16 | 28 | 15 | 41 | 40 | 49 | 35 | 38 | - | 19 | 29 | 40 | 19 | 32 |
| kg $K_2O$ | 64 | 49 | 62 | 92 | 100 | 158 | 160 | 175 | 150 | 156 | - | 100 | 66 | 160 | 100 | 110 |
| w.v. kunstmest | 58 | 22 | 28 | 68 | 58 | 104 | 110 | 121 | 107 | 101 | - | 33 | 42 | 110 | 33 | 69 |
| kg N | 45 | 41 | 40 | 33 | 42 | 57 | 45 | 50 | 53 | 58 | - | 35 | 40 | 53 | 35 | 44 |
| w.v. kunstmest | 41 | 12 | 5 | 7 | 4 | - | 1 | - | 13 | - | - | - | 15 | 5 | - | 9 |
| VEEHOUDERIJ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Aantallen: | | | | | | | | | | | | | | | | |
| aanwezige melkkoeien x 1.000 | 9 | 86 | 69 | 47 | 22 | 98 | 117 | 36 | 135 | 41 | - | 200 | 233 | 427 | 200 | 859 |
| afgeleverde nuchtere kalveren x 1.000 | 5 | 54 | 44 | 30 | 14 | 62 | 74 | 23 | 85 | 26 | - | 126 | 147 | 269 | 126 | 541 |
| afgeleverde mestvarkens x 1.000 | - | - | - | - | 4 | 7 | 150 | 132 | 227 | - | - | - | 4 | 516 | - | 520 |
| aanwezige leghennen x 1.000.000 | - | - | 1,7 | - | - | - | - | - | 1,4 | 1,1 | - | 1,4 | 1,7 | 2,4 | 1,4 | 5,6 |

Voederregimes:

| Gemiddeld % aandeel van → in voeder(energie)voorziening van ↓ | graan | gras | klaver | voeder-bieten | bieten-koppen/blad | stro | maal-derij-afval | wei |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| melkvee | 2 | 38 | 31 | 20 | 6 | 3 | - | .. |
| varkens | - | - | - | 66 | - | - | 33 | 1 |
| leghennen | 63 | - | - | - | - | - | 37 | - |

De klavers souperen eveneens hun volledige rotatieruimte van 210.000 ha op. Het gewas levert immers niet alleen een praktisch compleet voedersubstituut voor gras (met, bij althans het gekozen bemestingsniveau, per hectare een even grote opbrengst aan voederwaarde), maar functioneert ook als natuurlijke (N-)bemester. Omdat de klaververbouw tegen zijn grens aanloopt op een punt waar de gewenste voortbrenging van melkprodukten nog lang niet kan worden waargemaakt, is grasteelt echter wèl nodig. Volgens dit scenario dan vooral in die gebieden die èn dicht in de buurt van de consumptiecentra liggen èn ook bij lage N-niveaus nog een redelijke VEM-opbrengst per hectare toestaan: het WW-gebied en de kleigebieden.

Tenslotte is ook voor de teelt van erwten areaal gereserveerd (12.000 ha), doch niet méér dan voor de "humane" voorziening volgens het "model"-menu vereist is. Voor voederdoeleinden worden zij niet aangewend.

Intussen blijkt meer dan de helft van het beteelde areaal (52%) op indirecte wijze - namelijk via de schakel van de dierlijke veredeling - aan de voedselvoorziening bij te dragen. Even een blik terugwerpend op het "model"-menu 1) betekent dit, dat de 24% van de calorische behoeften die uit consumptie van dierlijke produkten moet worden gedekt 2), méér teeltoppervlakte vraagt dan de 76% die direct uit de consumptie van plantaardige produkten beschikbaar moet komen. De aanmaak van de gemiddelde dierlijke voedingscalorie vergt aldus 3,2 x zoveel teeltruimte als de (akkerbouwmatige) aanmaak van de gemiddelde plantaardige voedingscalorie 3)! Aan deze vergelijking mogen we overigens géén waardeoordeel verbinden over de "verspilling" die door indirecte (veehouderij-)produktie wordt opgeroepen. Grond is immers nog overvloedig beschikbaar en de dieren begrazen grotendeels die gronden die toch alleen indirect tot nut gebracht kunnen worden, of die - vooral via klaver - ook de directe produktie ten goede komen.

Bij de voortbrenging van die dierlijke voedingscalorieën ligt het accent zeer nadrukkelijk op de melkveehouderij. Het bouwplan geeft ruimte aan in totaal 0,9 mln. koeien, die samen netto een kleine 4 mrd. kg melk voortbrengen. Dit op basis van een rantsoen waarin naast veel groenvoeders ook krachtvoeders (granen) en bijna-krachtvoeders (voederbieten) voorkomen. Juist de vervoedering van granen is een duidelijk teken dat het op

1) Zie blz. 79.
2) Inclusief het - in de programmering berekende - boteraandeel.
3) Dit is overigens veel lager dan de populaire opvatting dat acht plantaardige calorieën nodig zijn voor de aanmaak van één dierlijke, zou doen vermoeden. Het relatief grote aandeel van de melkproduktie (ten opzichte van de andere dierlijke produkties in dit scenario) is hier niet vreemd aan.

peil houden van een zo hoog mogelijke melkproduktie per koe (in het model is dat 4,7 ton melk per - gemiddelde - koe per jaar) best wat extra mag kosten. Het alternatief: meer ruwvoer (en dus: een lagere produktie per koe) is vanwege de hoge vaste (voer)-kosten van opfok en onderhoud minder aantrekkelijk.

Gezien het feit dat weer wordt gekozen voor het direct slachten van de uit de melkveestapel vrijkomende kalveren, is het ook nu primair om de melkproduktie te doen. Rundvlees is een bij-produkt. Vleesproduktie om de vleesproduktie - mesterij dus - vindt alleen plaats in de sfeer van de varkenshouderij: jaarlijks worden ruim 0,5 mln. mestvarkens opgelegd en afgeleverd. Die varkenshouderij wordt (net als nu) praktisch geheel aangetroffen in de zandgebieden, met als concentraties het ZZ-, het OZ- en het CZ-gebied. Saillant gegeven en tevens verklaring voor de gerichtheid op juist de zandgebieden is, dat het voederrantsoen voor varkens voor 66% bestaat uit voederbieten: een inlands substituut voor de tapiocaprodukten! Zelfs voor deze duidelijk wèl "grondgebonden" varkenshouderij zijn de zandgebieden dus een aantrekkelijke vestigingsplaats.

Voor de vereiste voorziening met consumptie-eieren, tenslotte, blijken circa 5,6 mln. leghennen nodig. Het rantsoen van deze dieren bestaat grotendeels uit graan, aangevuld met uit de maalderij afkomstige afvalprodukten.

## 7.4 Hoe "verantwoord" het "model"-pakket uitvalt.

Voor de consument werkt de bovengeschetste produktiestructuur uit in de beschikbaarheid van het gevraagde modelpakket. In detail ziet dat pakket eruit zoals beschreven in tabel 7.2.

Interessant is het eens na te gaan in hoeverre een en ander aansluit bij de "Dietary Goals" die voor de voorgaande scenario's model stonden. We krijgen dan het volgende beeld per hoofd per dag:

- aan voedingscalorieën is het volgens de "Dietary Goals" minimaal noodzakelijke volume beschikbaar;
- 13% daarvan wordt geleverd uit eiwitten (minimaal zou 12% nodig zijn);
- 29% is afkomstig uit vetbestanddelen (maximaal 30% was toegestaan),
- waarvan 16 gram in de vorm van meervoudig onverzadigde vetzuren (minstens 10 gram was vereist);
- en, tenslotte, 4% van de calorieën wordt betrokken uit consumptie van suiker (dat mocht maximaal 10% zijn).

Al met al blijkt het "model"-menu zeer goed aan te sluiten bij de eerder geformuleerde "Dietary Goals". Ten opzichte van het ondergrenspakket ligt het verschil dan ook niet (of minder) in de voedingswaarde, maar vooral in de optisch veel grotere variatie.

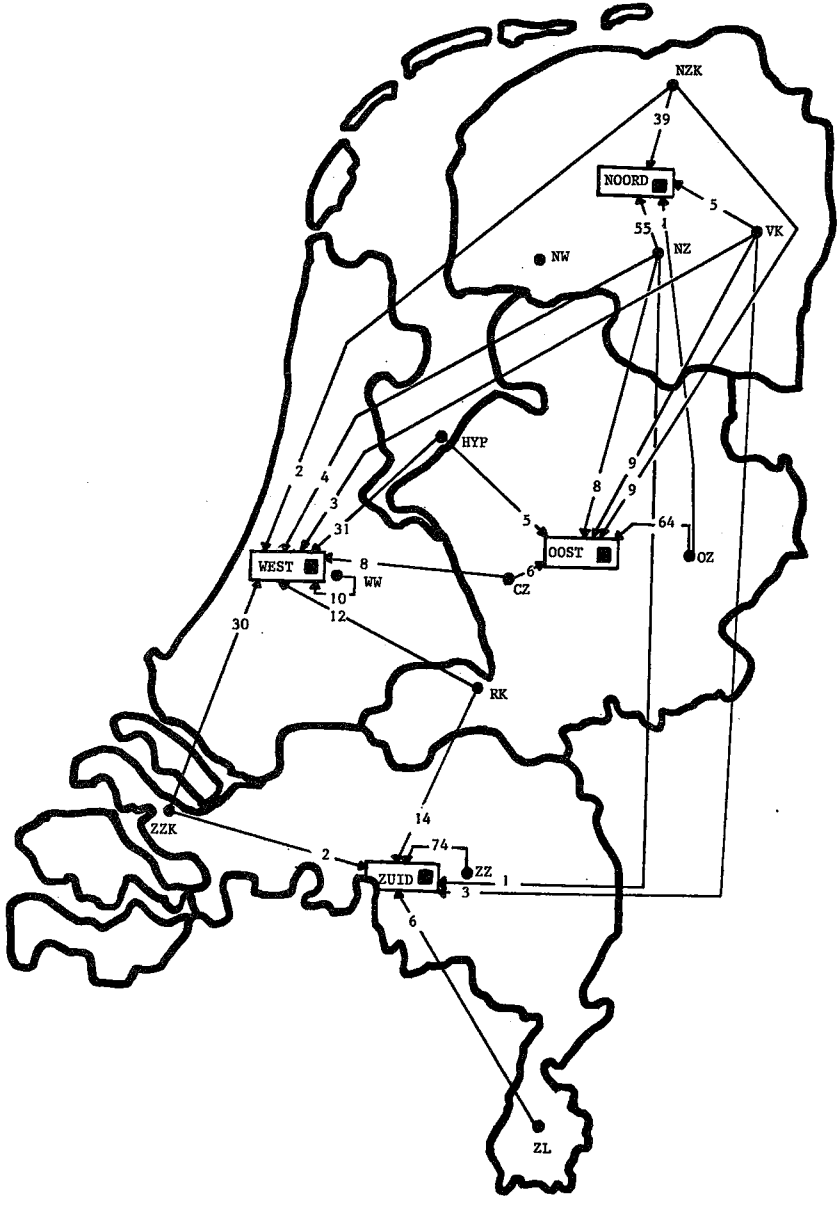
Tabel 7.2 Kengetallen van de consumptie in het "verantwoorde" scenario

| | Netto per jaar beschikbaar x 1.000 ton | Per hoofd per dag netto beschikbaar | | |
|---|---|---|---|---|
| | | in grammen | in consumabele kcal | idem, als % |
| brood (of meelprod.) | 2.451 | 491 | 1.010 | 43 |
| suiker | 117 | 24 | 94 | 4 |
| margarine | 198 | 40 | 297 | 13 |
| boter | 52 | 10 | 79 | 3 |
| aardappelen | 2.097 | 420 | 352 | 15 |
| peulvruchten | 44 | 9 | 24 | 1 |
| volle consumptiemelk | 2.040 | 408 | 278 | 12 |
| mager melkpoeder | 74 | 15 | 51 | 2 |
| volvette kaas | 102 | 20 | 71 | 3 |
| rundvlees | 70 | 14 | 39 | 2 |
| varkensvlees | 41 | 8 | 30 | 1 |
| pluimveevlees | 5 | 1 | 2 | .. |
| eieren | 78 | 16 | 23 | 1 |
| | | | 2.350 | 100 |

Vergeleken met het eveneens rijk geschakeerde pakket van het bovengrens-scenario is niet alleen de absolute omvang van de totale calorische inhoud anders, maar ook de relatieve aandelen van de diverse groepen van voedingsmiddelen. De nadruk is duidelijk verlegd van directe produkten als aardappelen en granen, naar de "omweg"-produkten als melk en vlees. Dat is trouwens ook de reden dat de totale vetconsumptie zo hoog is opgelopen: naast de spijsvetten wordt bijna net zoveel "onzichtbaar" vet geconsumeerd via (vooral) die dierlijke produkten.

Hoewel op het niveau van de consumptieregio de voorziening met voedingscalorieën weer duidelijk de betrokkenheid op nabije teeltgebieden aanwijst - zie figuur 7.2 - valt op dat de afhankelijkheidsrelaties tussen de landsdelen al een veel complexer patroon laten zien dan in het (vergelijkbare) ondergrens-scenario. Een teken dat er nu - ook bij de overvloed aan grond in zowel Noord-, Oost-, als Zuid-Nederland - produktiespecialisatie is opgetreden. De extra lijnen tussen de noordelijke teeltgebieden en regio Zuid resulteren dan uit de exclusieve toewijzing van de suikerbietenteelt aan het Noorden; hierdoor blijft in de meer centrale gebieden areaal vrij voor de teelt van transportgevoeliger (dan suiker) produkten als aardappelen. Regio Noord zèlf betrekt daarbij een - overigens gering - deel van zijn voeding uit Oost-Nederland: varkensvlees. Behalve dat er ten opzichte van het ondergrens-scenario extra bevoorradingslijnen lopen tussen de landsdelen, worden alle lijnen ook veel drukker gebruikt: de ver-

Figuur 7.2 Procentuele herkomst van het in de diverse consumptiegebieden geprojecteerde verbruik van voedingscalorieën volgens het "verantwoorde"-scenario



voersbeweging heeft een volume van 950 mln. tonkm, tegen 577 mln. tonkm in de eerste opstelling - wat eveneens duidt op voornoemde specialisatie-tendensen.

Al met al is door deze andere opstelling de rol van Noord-Nederland als belangrijkste overschotgebied van voedingscalorieën in het ondergrens-scenario in dit scenario overgenomen door Oost-Nederland. Gegeven de spreiding van de totale bevolking over de vier landsdelen (11% in Noord-, 19% in Oost-, 45% in West- en 24% in Zuid-Nederland) valt uit de gegevens in figuur 7.2 te berekenen dat het Oosten nu netto 22% van alle in Nederland verbruikte voedingscalorieën naar de andere gebieden exporteert; voor Noord- en Zuid-Nederland is die netto-export te becijferen op 10% resp. 9% van het nationaal verbruikte voedselvolume.

Hoe de diverse teeltgebieden aan de voorziening met de eerder onderscheiden onderdelen van dat nationale verbruik hebben bijgedragen is tenslotte aangegeven in de volgende tabel:

Tabel 7.3 Procentuele herkomst van voedingsmiddelengrondstoffen volgens het "verantwoorde" scenario

| Gebied | HYP | ZZK | NZK | RK | ZL | NZ | OZ | CZ | ZZ | VK | NW | WW |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| graangrondstoffen | 17 | 18 | 3 | 11 | - | 10 | 14 | 3 | 24 | 1 | - | - |
| suikergrondstoffen | - | - | - | - | - | 35 | - | - | - | 65 | - | - |
| spijsvetgrondstoffen (incl. boter) | 19 | 28 | 22 | 15 | 5 | 1 | 3 | 3 | 2 | 1 | - | - |
| aardappelen | 27 | - | - | 3 | - | 11 | 19 | 15 | 24 | - | - | - |
| peulvruchten | 64 | - | 11 | - | 24 | - | - | - | - | - | - | - |
| melkprodukten (excl. boter) | 1 | 10 | 8 | 5 | 3 | 11 | 14 | 4 | 16 | 5 | - | 23 |
| rundvlees | 1 | 10 | 8 | 5 | 3 | 11 | 14 | 4 | 16 | 5 | - | 23 |
| varkensvlees | - | - | - | - | 1 | 1 | 29 | 25 | 44 | - | - | - |
| pluimveevlees | - | - | 31 | - | - | - | - | - | 25 | 19 | - | 26 |
| eieren | - | - | 31 | - | - | - | - | - | 25 | 19 | - | 26 |

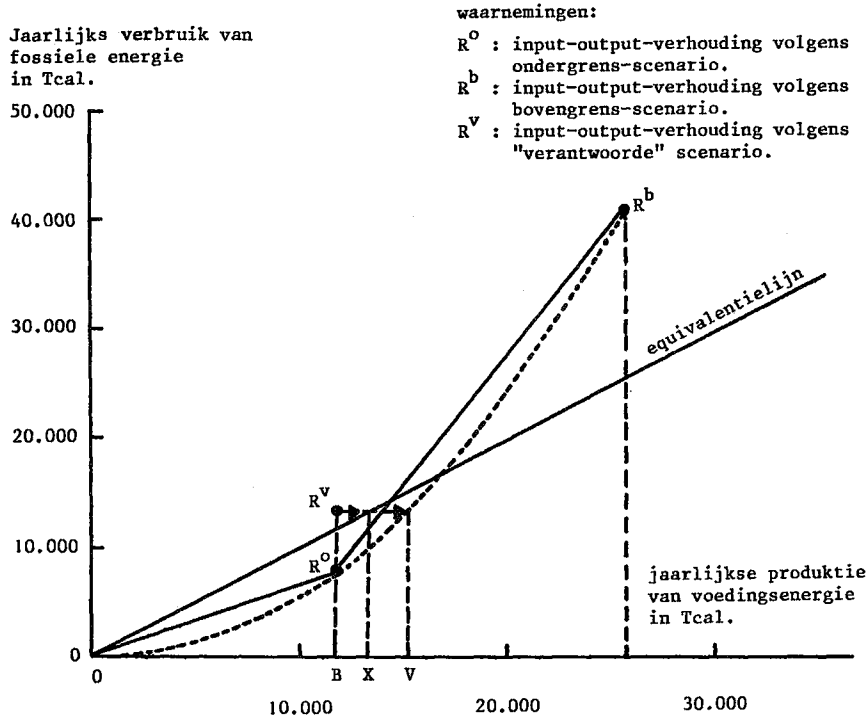
## 7.5 De prijs van variatie

De energierekening komt bij dit alles uit op een totaalverbruik van rond 1,7 mrd. aardgas-equivalenten, oftewel 76% hoger dan het eveneens op maximale energiebesparing gerichte ondergrens-scenario. Dit zou dan de prijs zijn die we voor de vereiste variatie in ons voedingsmiddelenpakket - vooral de nadruk op de dierlijke voedingsmiddelen - zouden moeten betalen.

We zouden die prijs ook alternatief kunnen uitdrukken. Namelijk: als de hoeveelheid volwaardige - maar "niet-luxe" - voe-

dingscalorieën die met deze grotere inzet van schaarse fossiele energie als extra voedsel had kunnen zijn gewonnen. We haken daarvoor aan bij de in het vorige hoofdstuk (in paragraaf 6.5) geschatte ruilvoet-relatie tussen "niet-luxe"-voortbrenging van consumabele voedingscalorieën en inzet van fossiele calorieën. In het ongunstigste geval zou die relatie verlopen volgens de getrokken rechte lijn $R^o$-$R^b$ in figuur 7.3 (een replica van figuur 6.3). Waarschijnlijker echter, zo werd betoogd, zou de relatie verlopen langs de gestippelde curve tussen $R^o$-$R^b$. De inzet van 1,7 mrd. aardgas-equivalenten zou dan minstens hebben geleid tot een voedingscalorische produktie van 0 - X: 14.100 Tcal, maar waarschijnlijker nog tot een produktie van 0 - V: 15.200 Tcal. Dat is 21% resp. 30% méér dan voor zelfvoorziening strikt noodzakelijk is. Ofwel: voeding voor een extra 2,8 tot 4,1 mln. (externe) consumenten.

Figuur 7.3 De plaats van het "verantwoorde" scenario in de (geschatte) ruilvoetrelatie tussen gewonnen consumabele- en ingezette fossiele energie

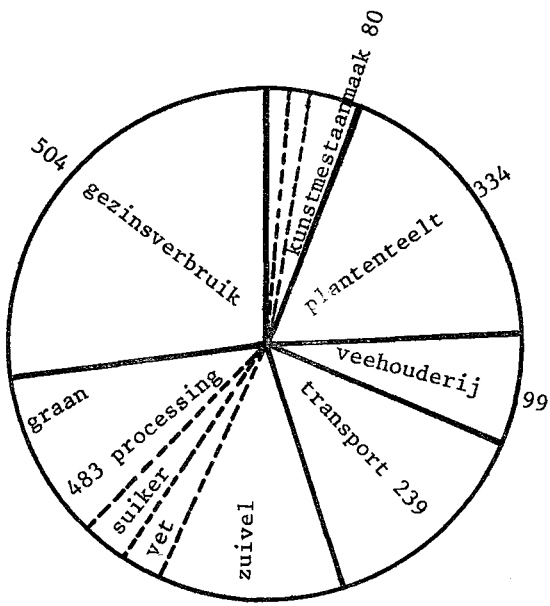



Vergelijken we, tenslotte, ook de verdeling van de energierekening volgens dit "verantwoorde" scenario - zie figuur 7.4 - met die volgens de ondergrensopstelling (figuur 5.3), dan valt

vooral de verhoudingsgewijs geringe stijging van het verbruik in de primaire fasen op (+29%). Dit voert terug naar het gegeven dat in de N-verzorging van de gewassen nu voor het overgrote deel (80%) wordt voorzien door natuurlijke in plaats van kunstmatige N-meststoffen. De verwerkingsfase laat de sterkste groei in het verbruik zien (+121%) met name in de sfeer van de huishoudelijke bereiding. Het voedselpakket bevat immers veel minder kant-en-klare produkten dan dat aan de ondergrens van de voorziening. De industriële verwerking vergt slechts 9% meer energie-inzet - want wat er nu extra wordt verbruikt voor de zuivelbereiding wordt ook weer bespaard op de graanverwerking.

Figuur 7.4 Het direct verbruik van fossiele energie in de verschillende onderdelen van de voedselketen volgens het "verantwoorde" scenario

Totaal verbruik
1.738 mln. aardgas-
equivalenten



# 8. Zelfverzorging op een vertrouwd niveau

## 8.1 Het huidige menu als standaard

In het vorige hoofdstuk lieten we een deskundigen-advies model staan voor wat - mogelijkerwijs - in autarkische omstandigheden als een naar voedingseisen èn schaarsteverhoudingen "verantwoord" pakket basisvoedingsmiddelen zou kunnen doorgaan. In feite zijn er in de - aanzienlijke - ruimte tussen ondergrens en bovengrens van zelfverzorging natuurlijk méér van zulke plausibele pakketten te bedenken. Met enige fantasie wellicht véél meer. Maar als het gaat om inzicht in - en niet zozeer om een blauwdruk van - de mogelijkheden en gevolgen van een reële positionering binnen die vrije ruimte, dan is dat niet echt nodig. Het zou zelfs zo kunnen zijn dat de extra informatie van een veelheid van scenario's eerder leidt tot een geplet dan tot een verbreed inzicht.

Vandaar dat we aan het "verantwoorde" scenario slechts één vervolg willen geven, dat eveneens tot de "realistische" alternatieven van voedselvoorziening in autarkische omstandigheden zou kunnen worden gerekend. En wel een voorziening niet met een "verantwoord" maar met een "vertrouwd" pakket voedingsmiddelen: het pakket dat we nu 1) al tot ons nemen. Uitgedrukt in termen van de in ons model meelopende basisvoedingsmiddelen ziet dat pakket er ongeveer uit zoals in tabel 8.1 aangegeven. De vraag is dan: kan ook zo'n "vertrouwd" pakket, dat voor bijna 1/3 van de calorische inhoud (inclusief het - berekende -boteraandeel) bestaat uit qua grondbeslag en energieverbruik veeleisende dierlijke produkten, nog worden voortgebracht? En, zo ja, hoe zou de voortbrenging ervan moeten zijn ingericht als we - gegeven het beperkte teeltareaal - daarbij zo spaarzaam mogelijk gebruik zouden willen maken van schaarse fossiele energiedragers?

## 8.2 Grond als ècht schaars produktiemiddel

Gegeven het feit dat de doorrekening van dit "vertrouwde" scenario tot een oplossing leidde kan het eerste deel van de hierboven gestelde vraag bevestigend worden beantwoord. Ook autarkische voortbrenging van onze huidige "luxe" is dus - technisch althans - mogelijk. Maar dan moet het beschikbare areaal wèl in zijn geheel worden ingezet - het braak laten liggen van grond komt beslist niet meer voor.

1) Zie voetnoot 1 op blz. 27.

Tabel 8.1 Kengetallen van de consumptie in het "vertrouwde" scenario

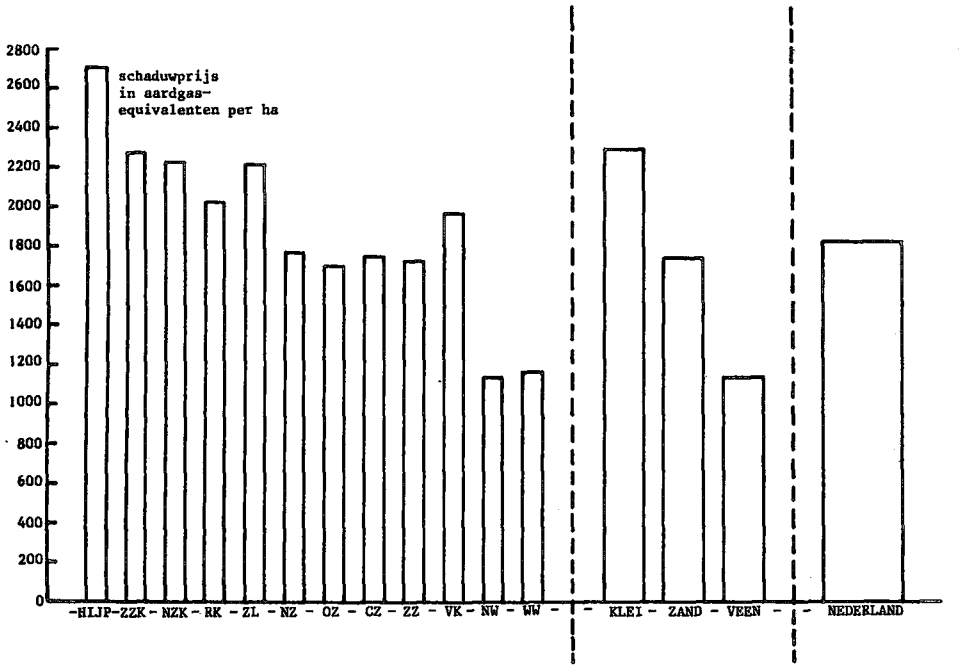
| Artikel(groep) | Netto per jaar beschikbaar x 1.000 ton | Per hoofd per dag netto beschikb. in grammen | in consumabele kcal* | idem, als % |
|---|---|---|---|---|
| brood (of meelprodukten) | 1.224 | 245 | 502 | 20 |
| mout/gort(prod.) | 10 | 2 | 7 | .. |
| suiker(prod.) | 691 | 138 | 553 | 22 |
| spijsvetten | 397 | 79 | 597 | 24 |
| aardappelen | 841 | 168 | 141 | 6 |
| peulvruchten | 22 | 4 | 12 | .. |
| cons.melk(prod.) | 2.400 | 480 | 162*(280) | 6 |
| kaas(produkten) | 10 | 26 | 35*( 82) | 1 |
| rundvlees | 268 | 59 | 150* | 6 |
| varkensvlees | 372 | 75 | 276* | 11 |
| pluimveevlees | 74 | 15 | 25 | 1 |
| eieren | 134 | 27 | 41 | 2 |
| | | | 2.501 | 100 |

*) Afgaande op de geconsumeerde quanta volgens de voedingsmiddelenstatistiek **) werden in dit scenario alleen de feitelijke hoeveelheden van bepaalde produktgroepen gevraagd. De vertaling naar beschikbare kcal vond ex post plaats. Daarbij bleek t.a.v. melkprodukten dat het model uiteindelijk alleen magere consumptiemelk en magere kaas voor consumptie projecteerde - de vetbestanddelen worden gebruikt voor de spijsvetconsumptie (boter). Als gevolg daarvan is het calorisch gewicht van de melkconsumptie-als-zodanig lager dan in werkelijkheid (tussen haakjes aangegeven) het geval was. Anderzijds zijn de vleesprodukten calorisch iets te hoog gewaardeerd. In het model wordt gerekend met vlees inclusief consumabele slachtafvallen, waaronder afsnijvet (dat in werkelijkheid voor de spijsvetbereiding wordt ingezet) - dus "vet" vlees.
Al met al zal de totale calorische inhoud van het pakket daardoor toch nog redelijk in de buurt van de werkelijke liggen.

**) Zie de voetnoten bij de tabellen 3.2, 3.3 en 3.4.

Hoe hard we de beperkte teeltruimte wel nodig hebben komt treffend naar voren als we figuur 8.1 vergelijken met de analoge opstellingen volgens het ondergrens- en het "verantwoorde"-scenario: de figuren 5.1 en 7.1 respectievelijk.

Figuur 8.1 Schaduwprijs van grond in het "vertrouwde" scenario




Volgens figuur 8.1 heeft de laatste hectare nu - gemiddeld over alle regio's - een schaduwprijs van 1.827 aardgas-equivalenten. Dat is 23 x zo hoog als bij het ondergrens-scenario en bijna 14 x zo veel als bij de - eveneens ruim in zijn "grond-jasje" zittende - "verantwoorde" opstelling. Het "vertrouwde" scenario is dan ook veel zuiniger met grond. Bij de verbouw van de nodige gewassen wordt ruim gebruik gemaakt van N-meststoffen - volgens tabel 8.2 (zie de volgende paragraaf) wordt gemiddeld 134 pure N per hectare verstrekt. Voor de meeste teelten is de N-gift daarmee maximaal of bijna- maximaal. Conform de reeds eerder - in grafiek 3.1 - aangegeven relatie tussen N-gift en kg-opbrengst, moeten de "laatste loodjes" van die opbrengst dan ook zeer zwaar worden betaald in termen van N-inzet. Was grond iets ruimer voorhanden geweest dan hadden die "laatste loodjes" - omgekeerd geredeneerd - aanzienlijk minder gekost aan N-inzet. Vandaar ook, dat de laatste hectare zo hogelijk wordt gewaardeerd: met 1.827 aardgas-equivalenten wordt de bijdrage van die hectare energetisch even hoog aangeslagen als de kosten van niet minder dan 726 kg pure N-kunstmest!

Uit figuur 8.1 valt verder af te lezen dat de afstanden tussen de schaduwprijzen van de verschillende grondsoorten nogal bescheiden zijn - vooral tussen de klei- en zand/dal-gronden. Weliswaar zijn die afstanden nog niet zo afgevlakt als bij het bovengrens-scenario (zie figuur 6.1) - daar was niet alleen de N-bemesting maximaal, maar ook het bouwplan zo "zwaar" mogelijk - maar toch duidelijk veel meer dan bij de eerdere op energie-besparing gerichte opstellingen. In het ondergrens-scenario werden de afstanden vooral verklaard uit de verschillen in natuurlijke vruchtbaarheid van de diverse grondsoorten en in de "verantwoorde" opstelling uit het accent dat de gevraagde voorziening met meervoudig onverzadigde vetzuren op de verschillen in teeltmogelijkheden per grondsoort legde. Nu wordt zodanig intensief geteeld dat de verschillen in de natuurlijke minerale rijkdom er veel minder toe doen, terwijl anderzijds het gevraagde pakket indifferent is ten aanzien van de aard (dierlijk of plantaardig) van de voort te brengen spijsvetgrondstoffen en daardoor ook de verschillen in teeltbeperkingen voor koolzaad op de diverse grondsoorten minder extreem aanrekent.

## 8.3 Gevolgen voor de landbouw

Als gevolg van de nadrukkelijker vraag naar rundveehouderij-produkten - naast melkprodukten wordt nu ook om grote hoeveelheden rundvlees gevraagd - valt aan de groen- en ruwvoedergewassen aanzienlijk méér areaal toe dan in het vorige scenario. Voor de uit voedingsoogpunt aantrekkelijker directe teelten - dus: voedingsgewassen - is, volgens tabel 8.2, nog "slechts" 52% van de totaal beschikbare teeltruimte overgebleven. Die restruimte moet zowel het gevraagde pakket aan directe voedingsprodukten kunnen voortbrengen, alsmede die voederprodukten die via het andere vee de - evenmin geringe - vraag naar de overige dierlijke eindprodukten onderbouwen.

Toch betekent dat niet automatisch een "zwaar" bouwplan voor die restruimte: aardappelen en suikerbieten nemen samen niet meer dan 8% van de totale oppervlakte - dus 15% van de restruimte - in beslag; waarbij de nadruk nog vooral ligt op de bieten. Beide gewassen voorzien dan ook in niet meer dan alleen de menselijke behoeften. De "lichte" vruchten blijven veruit dominant in het bouwplan: het graanareaal omvat nu zelfs ruim 530.000 ha - goeddeels tarwe en gerst - en wordt geflankeerd door nog eens 187.000 ha peulvruchten en 136.000 ha koolzaad. Alleen van dat laatste gewas kan gezegd worden dat het vooral omwille van de directe voorziening wordt geteeld: als spijsvetgrondstof - hoewel ook de veehouderijsectoren dankbaar gebruik maken van bij de verwerking vrijkomende schrootbestanddelen. De granen en peulvruchten zijn daarentegen vooral op de indirecte voorziening gericht: het leeuwedeel van de produktie wordt voor voederdoeleinden in de varkens- en pluimveehouderij ingezet. Van de in totaal voortge-

Tabel 8.2 Kengetallen van de landbouwproduktie in het "vertrouwde" scenario

| Gebied / Onderdeel | HYP | ZZK | NZK | RK | ZL | NZ | OZ | CZ | ZZ | VK | NW | WW | KLEI | ZAND | VEEN | NEDERLAND |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PLANTENTEELT | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Bouwplan in %: | | | | | | | | | | | | | | | | |
| granen | 58 | 34 | 31 | 3 | 11 | 26 | 40 | 36 | 40 | 46 | - | - | 31 | 36 | - | 28 |
| peulvruchten | 17 | 15 | 17 | 14 | 24 | 19 | 6 | 2 | 3 | 12 | - | - | 16 | 9 | - | 10 |
| aardappelen | - | - | - | 12 | - | 1 | .. | 8 | 3 | - | - | - | 2 | 2 | - | 2 |
| suikerbieten | 3 | 4 | - | - | - | 20 | - | 10 | 7 | 25 | - | - | 2 | 11 | - | 6 |
| oliezaden | 22 | 19 | 25 | 20 | 25 | - | - | - | - | - | - | - | 22 | - | - | 7 |
| groenvoeders | .. | 16 | 10 | 34 | 17 | 34 | 34 | 34 | 34 | 17 | 100 | 100 | 15 | 32 | 100 | 40 |
| overige ruwvoeders | .. | 11 | 17 | 18 | 23 | - | 20 | 10 | 13 | - | - | - | 12 | 9 | - | 8 |
| Bemesting per ha: | | | | | | | | | | | | | | | | |
| kg $P_2O_5$ | 46 | 49 | 55 | 55 | 64 | 62 | 57 | 61 | 58 | 61 | 45 | 45 | 52 | 59 | 45 | 54 |
| w.v. kunstmest | 26 | 19 | 28 | 35 | 40 | 29 | 18 | 25 | 22 | 22 | 17 | 16 | 27 | 23 | 16 | 23 |
| kg $K_2O$ | 39 | 63 | 56 | 105 | 97 | 140 | 150 | 143 | 144 | 133 | 100 | 100 | 66 | 143 | 100 | 109 |
| w.v. kunstmest | 17 | - | - | 52 | 39 | 77 | 67 | 75 | 65 | 54 | 16 | 15 | 16 | 69 | 15 | 41 |
| kg N | 96 | 113 | 94 | 127 | 107 | 145 | 142 | 150 | 148 | 98 | 160 | 160 | 108 | 141 | 160 | 134 |
| w.v. kunstmest | 78 | 69 | 44 | 85 | 58 | 93 | 82 | 99 | 90 | 36 | 118 | 117 | 68 | 85 | 117 | 85 |
| VEEHOUDERIJ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Aantallen: | | | | | | | | | | | | | | | | |
| aanwezige melkkoeien x1.000 1) | .. | 39 | 6 | 91 | 14 | 57 | 162 | 31 | 135 | 11 | 223 | 260 | 151 | 396 | 483 | 1030 |
| afgeleverde meststieren x1.000 2) | 4 | 100 | 80 | 3 | 10 | 120 | 54 | 47 | 157 | 74 | - | - | 196 | 453 | - | 649 |
| afgeleverde mestvarkens x1.000 | 518 | 857 | 589 | 117 | 75 | 1002 | 580 | 15 | 735 | 258 | 33 | 1 | 2156 | 2591 | 34 | 4782 |
| afgeleverde slachtkuikens x1.000.000 | 40 | - | - | - | - | - | 13 | - | 19 | 7 | - | .. | 40 | 39 | .. | 80 |
| aanwezige leghennen x1.000.000 | .. | - | - | - | - | 2 | 2 | 2 | 2 | 1 | - | - | .. | 9 | - | 9 |
| Voederregimes: | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Gemiddeld % aandeel van → in voeder(energie)voorziening van ↓ | | | | graan | peulvr. | gras | klaver | snijmais | voeder-biet | bieten-koppen/blad | stro | maalderijafval | pulp | wei | | |
| melkvee | | | | .. | - | 71 | 8 | 6 | 8 | 4 | 2 | - | 1 | - | | |
| mestrundvee | | | | .. | - | 6 | 34 | 12 | 20 | 6 | 13 | - | 8 | - | | |
| varkens | | | | 66 | 24 | - | - | - | - | - | - | 5 | 1 | 5 | | |
| slachtkuikens | | | | 72 | 16 | - | - | - | - | - | - | 11 | - | - | | |
| leghennen | | | | 90 | - | - | - | - | - | - | - | 10 | - | - | | |

1) De totale stapel bestaat voor 7% uit koeien die jaarlijks 4,3 ton melk (netto) voortbrengen, voor 5% uit koeien die 4,5 ton melk per jaar leveren, en voor 88% uit koeien met een - als maximum aangenomen - gift van 4,7 ton melk per jaar.
2) Meststieren van 2 jaar oud.

brachte 2.881.000 ton granen en 565.000 ton peulvruchten vindt uiteindelijk maar 30% respectievelijk 4% een directe consumptieve afzet.

De eerder genoemde 48% van het totale areaal welke voor de voederwinning ten behoeve van de rundveestapel is bestemd, omvat vooral groenvoeders (40%). Niet alleen gras, hoewel dat gewas (met 30%) veruit de hoofdmoot vormt, maar ook klavers (10%) die - zoals ook bij eerdere scenario's bleek - juist zo aantrekkelijk zijn om hun (N-)energie-besparende eigenschappen. Zelfs nu nog, want het concurrerende gras is bij een geprojecteerde N-gift van gemiddeld circa 200 kg per ha (inclusief dierlijke mest) nog niet tot maximale produktie aangespoord. Behalve voor gras en klaver is er ruimte gereserveerd voor de teelt van snijmais (67.000 ha) en voederbieten (88.000 ha). Laatstgenoemd gewas wordt vooral weer aangetroffen in de zandgebieden vanwege de - al eerder genoemde - vruchtwisselingsconcurrentie met het op de kleigronden preferente koolzaad.

Met dit al is er dan voldoende voederbasis voor het aanhouden van ruim 1 mln. melkkoeien - jaarlijks goed voor een netto melkaflevering (aan de zuivelindustrie dan wel aan andere veehouderij-sectoren) van 4,8 mrd. kg - en bijna 650.000 meststieren. Deze meststieren, die in voorgaande scenario's absent waren, zijn nu nodig om de nogal hoge aanspraken op roodvleesvoortbrenging ook waar te kunnen maken. Alleen de jaarlijkse uitstoot van roodvlees uit de melkveestapel van rond 71.000 ton-netto-consumabel (incl. eetbare slachtafvallen) is bij lange na niet voldoende. Via het mestrundvee wordt dat tekort met nog eens 197.000 ton aangevuld.

Die hoge aanspraken met betrekking tot de voortbrenging van rundvlees zijn er de oorzaak van dat een - weliswaar bescheiden: 12% - deel van de melkveestapel niet meer op een maximaal maar op een lager niveau van melkproduktie staat. In verschillende regio's is de voederbasis door de afwezigheid van (bijna-) "krachtvoeder"-produkten als maalderijafvallen, bietenpulp en voederbieten/knollen te "ruw" geworden om die maximale melkgift te kunnen dragen. Genoemde produkten worden nu in combinatie met akkerbouwafvalprodukten als bietenkoppen/-blad en graan-/peulvruchtenstro, vooral aan het mestrundvee verstrekt.

Dat heeft ook zijn weerslag op de voederregimes van de meer intensieve takken, met name de varkenshouderij. Was deze laatste in het vorige scenario juist door de voederbieten aan de (zand)-grond gebonden, nu loopt die binding grotendeels over granen en peulvruchten. Vandaar ook dat de lokatie van de varkenshouderij - welke sector met bijna 4,8 mln. jaarlijks afgeleverde mestvarkens aanzienlijk zwaarder is vertegenwoordigd dan bij de "verantwoorde" opstelling - nu zowel op het zand als op de klei wordt aangetroffen. Omdat de pluimveehouderij, tenslotte, om voedertechnische redenen praktisch uitsluitend op graanprodukten is aangewezen, is er op grond van het gespreide voorkomen van de

graanteelt ook voor deze tak ruimte op beide grondsoorten. Volgens de projectie maakt alleen de slachtpluimveehouderij - jaarlijks goed voor 80 mln. afgeleverde slachtkuikens - daar echt gebruik van. De legpluimveesector - met 9 mln. leghennen - blijft daarentegen uitsluitend gericht op de zand/dal-gebieden.

## 8.4 Hoe gezond is "vertrouwd"?

Wordt de landbouwproduktie ingericht als hierboven beschreven, dan is de voortbrenging van het in tabel 8.1 gevraagde pakket dus mogelijk. Vanuit de optiek van "verworven voedingsrechten" mag dit een blijde boodschap zijn, vanuit voedingstechnisch oogpunt echter kleven er nogal wat bezwaren aan een zodanig menu. Want het is qua samenstelling van nutriënten nogal uit de pas met eerdergenoemde Diëtary Goals:

- calorisch is er een overscore van 6% boven het "genoeg" geachte niveau van (gemiddeld over alle categorieën verbruikers) 2.350 kcal per persoon per dag;
- 12% van de totale calorieën-consumptie bestaat daarbij uit eiwit - dat is volgens de Diëtary Goals juist genoeg;
- liefst 41% van die calorieën wordt geleverd uit vet - voor een groot deel is dat "verborgen" vet dat bij de consumptie van vlees e.d. mee naar binnen wordt gewerkt. In de Diëtary Goals werd - ter vergelijking - hooguit 30% vetcalorieën toegestaan;
- Al met al is daardoor wèl een genoegzame voorziening met meervoudig onverzadigde bestanddelen gewaarborgd: per persoon per dag is ruim 19 gram daarvan in het menu aanwezig;
- de consumptie van suiker, tenslotte, schiet ver uit boven het niveau dat nog verantwoord is volgens de eerder gehanteerde voedingseisen: maximaal 10% was toegestaan waar het nu 22% is geworden.

Het "vertrouwde" menu is dus zowel "te veel", "te vet" als ook "te zoet", maar daarom natuurlijk niet minder plausibel als alternatief voor autarkische voeding dan het in het vorige hoofdstuk behandelde "model"menu.

In de voetnoot bij tabel 8.1 werd reeds opgemerkt dat de gevraagde hoeveelheden melkprodukten: 2.400.000 ton verse produkten en 10.000 ton kaas, in de projectie naar voren komen als uitsluitend magere produkten. Het gedeelte aan winbaar melkvet werd zo volledig vrijgehouden voor aanvulling van de spijsvetproduktie tot 397.000 ton. De bijdrage van de melkprodukten in de totale calorische consumptie valt daardoor lager uit dan in de voedingsmiddelenstatistiek in feite werd gemeten. Aan de andere kant werden de vleesprodukten calorisch weer te hoog geschat: in het model wordt gerekend met "vet" vlees, d.i. inclusief consumabele slachtvetten die in werkelijkheid niet in de vleesconsumptie

maar in de spijsvetconsumptie terecht komen. Al met al komt de totale calorische waarde van het pakket daardoor toch op een "vertrouwd" niveau uit.

Aldus gestyleerd bleek het "vertrouwde" pakket daarmee een haalbaar alternatief. Volledigheidshalve moet dan wel worden opgemerkt dat zulks niet het geval was als we èn om 397.000 ton spijsvetten op basis van plantaardig- en melkvet, èn om merendeels volle melkprodukten (èn om "vette" vleesprodukten) hadden gevraagd: bij die constructie van het gevraagde pakket is - zo bleek uit een aansluitende rekengang - géén "oplossing" mogelijk, zelfs niet tegen aanzienlijke meerkosten in de sfeer van het verbruik van schaarse fossiele energiedragers 1).

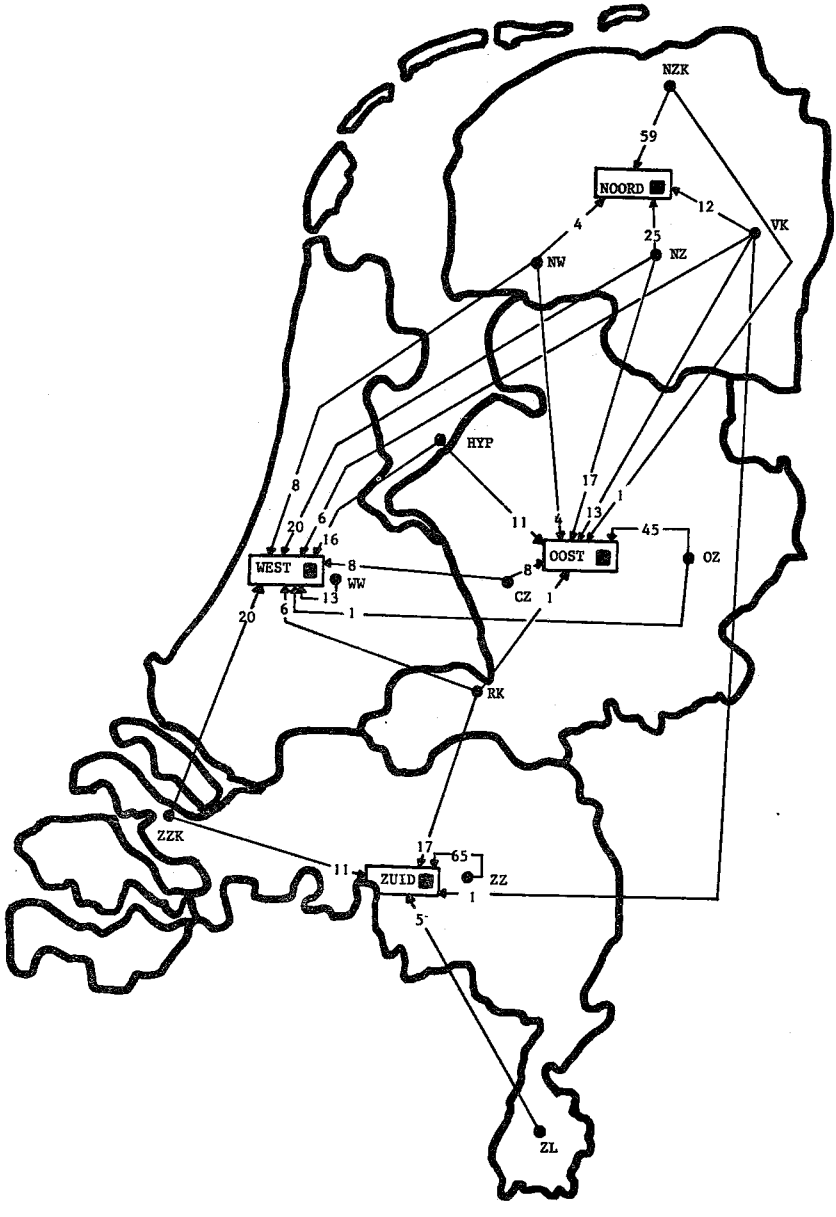
Dat de "haalbare" oplossing binnen het kader van een zo bescheiden mogelijk verbruik van zulke schaarse middelen intussen wel pas mogelijk werd bij een uitgekiende regionale specialisatie van de produktie, komt duidelijk naar voren in de figuur 8.2. Het in deze figuur geschetste patroon van relaties tussen de diverse produktie- en consumptiegebieden is minstens zo complex als bij het "verantwoorde" scenario, terwijl ook de "lange" transportlijnen nadrukkelijk - zeker ook in volume - voorkomen. Een en ander gaat weer samen met een enigszins "getrapte" wijze van afzet van regionale overschotten van o.a. Noord- over Oost- over Zuid- naar - uiteindelijk - West-Nederland. Zoals we eerder opmerkten komt dat transportkosten-technisch iets beter uit dan een directe wijze van vervoer van overschotten 2).

Per saldo blijft West-Nederland voor alle voedingscalorieën natuurlijk het grootste tekortgebied. Het tekort van dit gebied bedraagt iets minder dan in het "verantwoorde" scenario: 39% i.p.v. 41% van het totale nationale verbruik van voedingscalorieen. Hoewel dat tekort goeddeels kan worden gedekt door aanvoer vanuit aanliggende teeltgebieden (HYP, ZZK, CZ en RK) moet toch nog steeds 35% van de vraag naar voedingscalorieën in West worden waargemaakt door de verder weg gelegen teeltgebieden (NZ, VK, NW en OZ). Regio Noord is weer 's lands grootste overschotgebied (met een overschotsaldo van 22% van het nationale verbruik), gevolgd door regio's Oost (11%) en Zuid (4%). Dit in tegenstelling tot het "verantwoorde" scenario, volgens welke regio Oost de boventoon van de voedselproduktie zou voeren. Maar in die opstelling bleef een deel van de noordelijke teeltgebieden dan ook bui-

1) Bij de laatste iteratie van deze uiteindelijk "infeasible" gebleken rekengang was het energieverbruik zelfs opgelopen tot aan het niveau van het bovengrens-scenario. Met name werd dat veroorzaakt doordat allerlei transportstromen op gang kwamen om met akkerbouwafvalprodukten een zo groot mogelijke melkveestapel - en daarmee: een zo groot mogelijke boterproduktie - te schragen.

2) Zie ook voetnoot 1 op blz. 62.

Figuur 8.2 Procentuele herkomst van het in de diverse consumptiegebieden geprojecteerde verbruik van voedingscalorieën volgens het "vertrouwde"-scenario



ten de produktie, terwijl ze nu alle - en ook beslist niet minder intensief - aan de voortbrenging deel hebben.

In hoeverre elk van de verschillende landbouwgebieden op nationaal niveau zijn steentje aan de voedselvoorziening heeft bijgedragen kan, tenslotte, worden afgelezen uit tabel 8.3. Dat de daarin naar voren komende regionale specialisatie in feite nog nadrukkelijker is dan in de "verantwoorde" opstelling moge blijken uit het volume dat de totale vervoerbeweging nu opeist: 1350 mln. tonkm tegen 950 mln tonkm in het vorige scenario.

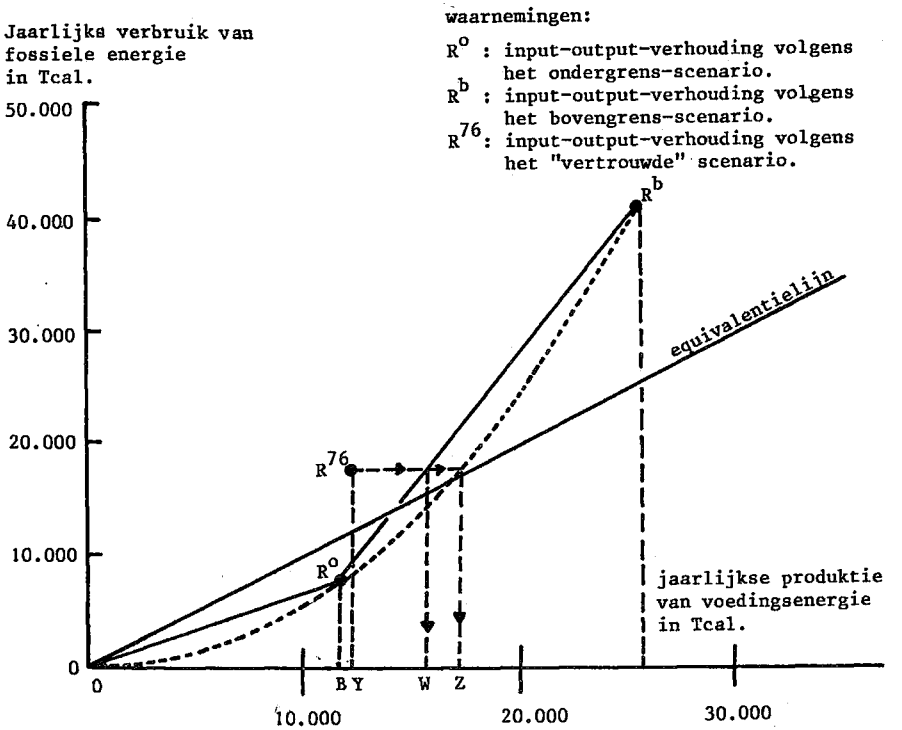
Tabel 8.3 Procentuele herkomst van voedingsmiddelengrondstoffen volgens het "vertrouwde" scenario

| Gebied | HYP | ZZK | NZK | RK | ZL | NZ | OZ | CZ | ZZ | VK | NW | WW |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| graangrondstoffen | 22 | 19 | 10 | - | - | .. | 16 | 5 | 22 | 6 | - | - |
| suikergrondstoffen | 5 | 8 | - | - | - | 45 | - | 7 | 17 | 19 | - | - |
| spijsvetgrondstoffen | 10 | 14 | 12 | 13 | 4 | 2 | 9 | 1 | 7 | .. | 12 | 14 |
| aardappelen | - | - | - | 45 | - | 11 | 1 | 18 | 24 | - | - | - |
| peulvruchten | - | 13 | 6 | 31 | 12 | 6 | 9 | 23 | - | - | - | - |
| melkprodukten (excl. boter) | - | 3 | - | 9 | 1 | 4 | 16 | 3 | 13 | .. | 23 | 27 |
| rundvlees | .. | 12 | 9 | 3 | 2 | 15 | 10 | 6 | 21 | 9 | 6 | 7 |
| varkensvlees | 11 | 18 | 12 | 2 | 2 | 21 | 12 | .. | 15 | 5 | 1 | .. |
| pluimveevlees | 45 | - | - | - | - | 2 | 16 | 3 | 24 | 9 | - | .. |
| eieren | 4 | - | - | - | - | 18 | 19 | 23 | 24 | 11 | - | .. |

## 8.5 Hoe duur is "vertrouwd"?

Ook al wordt de voortbrenging gestuurd vanuit het principe om zo zuinig mogelijk gebruik te maken van fossiele energiedragers, dan nog vraagt het "vertrouwde" pakket aanzienlijk méér van deze schaarse middelen: ruim 2,3 mrd. aardgas-equivalenten, dan het "model"-pakket uit de vorige opstelling (1,7 mrd. aardgas-equivalenten). Vergeleken met het ondergrens-pakket betekent dit zelfs een verhoging met 135%! Drukken we - in figuur 8.3 - deze kosten weer alternatief uit in "niet-luxe" maar wèl volwaardige voedingscalorieën die we anders als extra voedsel hadden kunnen winnen, dan hadden we in plaats van een volume O-Y (12.500 Tcal) toch minstens ook O-W (15.900 Tcal) of - waarschijnlijker nog - O-Z (17.400 Tcal) kunnen voortbrengen. Ofwel: voedsel voor een extra 4,9 mln. respectievelijk 6,7 mln. (externe) consumenten. Al met al zijn de extra offers die we omwille van "verworven voedingsrechten" zouden maken dus zeer aanzienlijk.

Figuur 8.3 De plaats van het "vertrouwde" scenario in de (geschatte) ruil voetrelatie tussen gewonnen consumabele- en ingezette fossiele energie




Kijken we, tenslotte, in figuur 8.4 naar de mate waarin die offers door de verschillende verbruikscategorieën zijn opgeroepen, dan valt op dat de primaire fasen in dit scenario wèl een duidelijk stempel op het energieverbruik leggen: aanmaak van meststoffen, plantenteelt- en veehouderij-activiteiten vragen samen rond de 45% van de totale energie-inzet. En dat dan vooral omdat bij de gekozen intensieve wijze van voortbrenging een substantieel beroep op met name N-kunstmeststoffen onontkoombaar is. Ook het verbruik van de processing-fase is, met 573 mln. aardgas-equivalenten, beduidend hoger dan in het vorige scenario. Vooral de suikerindustrie is zeer nadrukkelijk als grote verbruiker van energie aanwezig, gevolgd door de zuivel, graanverwerking en margarine-industrie. Het hogere verbruik in de processingfase gaat gepaard met een veel lager verbruik van (bereidings-)energie door de gezinshuishoudingen. Het voedselpakket bestaat immers voor een veel groter gedeelte uit min of meer gerede produkten dan het "model"-pakket uit de vorige opstelling.

Cito

Oeverstraat 65
Telefoon (085) 45 55 55
Postbus 1034
6801 MG Arnhem

Bibliotheek toestel 212

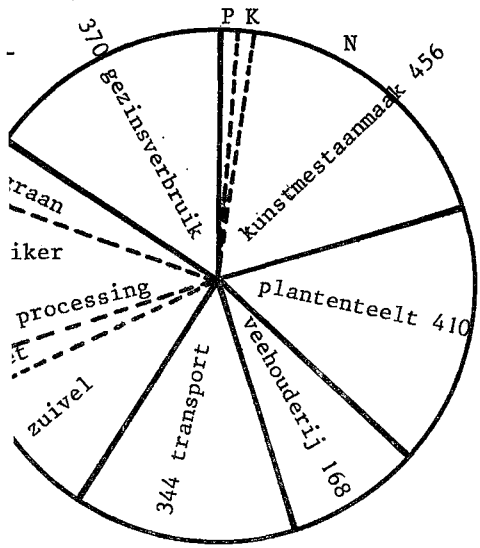
Uiterlijk terugbezorgen op:

15 10 1985

Wij verwijzen u naar:

ɜe blijft dan ruim 340 mln. aardgas-equivalen-
ıet totale verbruik van de hele voedselketen -
le 1350 mln tonkm aan vervoer van landbouwpro-
ı en eindprodukten in alle fasen te realise-

ıct verbruik van fossiele energie in de ver-
ıde onderdelen van de voedselketen volgens het
ıwde" scenario



# 9. Autarkie nu - het gezicht van zelfverzorging

## 9.1 Verschillen met nu

Hoewel de zelfvoorzieningsruimte mogelijkheden biedt voor de realisatie van een groot aantal verschillende voortbrengingssystemen - variërend van zeer energie-arm tot zeer energie-rijk - vertonen al die systemen toch een aantal gemeenschappelijke kenmerken die wezenlijk anders zijn dan die van het bestaande voortbrengingssysteem. In deze paragraaf willen we die gemeenschappelijke kenmerken nog eens nalopen en belichten voor zover ze voor landbouw en consument in een duidelijk andere dan de bekende richting wijzen.

### Plantenteelt

Het meest in het oog springend is de veel grotere nadruk op akkerbouwproduktie. In elk van de doorgerekende scenario's krijgt de akkerbouw een areaal toebedeeld dat aanzienlijk ruimer uitvalt dan nu. En ook binnen de akkerbouw is de nadruk verlegd: van de hakvruchten naar de aargewassen.

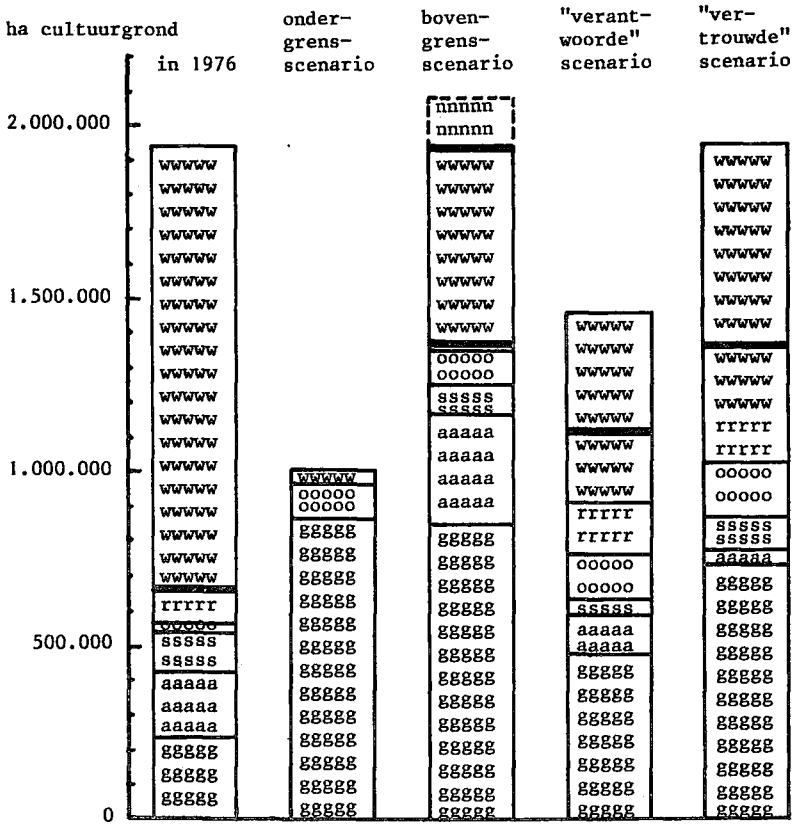
Momenteel (c.q. in 1976) omvat het totale areaal aan akkerbouwgewassen slechts circa 675.000 ha, zijnde rond 35% van de voor de landbouw (excl. tuinbouw) in totaal beschikbare oppervlakte cultuurgrond. De rest, 65%, ligt onder gras. Een groot deel van die weide-oppervlakte is - landbouwtechnisch althans - ook geschikt voor de teelt van akkerbouwgewassen. In feite zijn veel van die grasgronden vroeger ook voor akkerbouw gebruikt, vooral door het gemengde bedrijf, waar akkerbouwmatige voortbrenging 1) en winning van dierlijke mest nadrukkelijk op elkaar waren aangewezen. Door de eerder (o.a. in hoofdstuk 1 en hoofdstuk 3) genoemde ontwikkelingen in kunstmestverbruik en verbruik van buitenlandse voedermiddelen werd deze vorm van landbouw steeds minder opportuun. De daardoor opgeroepen ontmenging vond in het grondgebruik zijn weerslag in een groeiend areaal voor juist de weidebouw.

In autarkische omstandigheden is die opportuniteit echter omgekeerd: er is dan veel meer behoefte aan directe- dan aan indirecte produkties. Wat betekent dat akkerbouwgewassen te prefereren zijn boven gras. Die preferentie geldt vooral de graangewassen en oliezaden en niet - zoals nu - de hakvruchten. Laatstgenoemde vruchten boeten fors in en komen pas in de buurt van de bovengrens - waar de grondschaarste de allesoverheersende bottleneck is - weer als relevant naar voren. Overigens betreft het

1) Van voedsel- èn voedergewassen.

daar alleen nog de aardappelen. Het suikerbietenareaal blijft alleen op peil als we ook uitdrukkelijk - net als nu - om een (te) zoet dieet vragen.

Figuur 9.1 Het bouwplan van de verschillende scenario's vergeleken met nu




Verklaring van gebruikte symbolen:

ggg = granen en peulvruchten; aaa = aardappelen (in 1976 incl. fabrieksaardappelen); sss = suikerbieten; ooo = oliezaden; rrr = snijmais en voederbieten; www = groenvoedergewassen (de aangezette horizontale streep markeert de overgang van akker- naar weidebouw); nnn = nagewassen.

Gebruikte externe bronnen: CBS-Landbouwtelling mei 1976.

Hoe hoger de eisen ten aanzien van de totale hoeveelheid voedingscalorieën die moet worden voortgebracht, dan wel hoe meer die eisen zijn afgestemd op onze voedingsgewoonten, des te nadrukkelijker krijgt ook de weidebouw zijn aandeel in het bouwplan. Als groenvoeder staat gras in directe concurrentie met de klavers. In de buurt van de ondergrens zijn de laatste preferent in verband met het bijkomende voordeel van de "gratis" N-levering. Verder daar van af neemt gras echter het voortouw omdat intensivering van de klaverteelt via zwaardere bemesting niet mogelijk is.

Het weide-areaal bereikt aan de bovengrens en in het "vertrouwde" scenario een maximum bij een omvang van circa 580.000 ha. Verdere uitbreiding van dat areaal zou gras in directe concurrentie brengen met de teelt van voedingsgewassen of hoger renderende voedergewassen. Zeker wat betreft de voedingsgewassen is die strijd bij voorbaat verloren: voedingsgewassen leveren immers direct - en ook méér - op.

Veehouderij

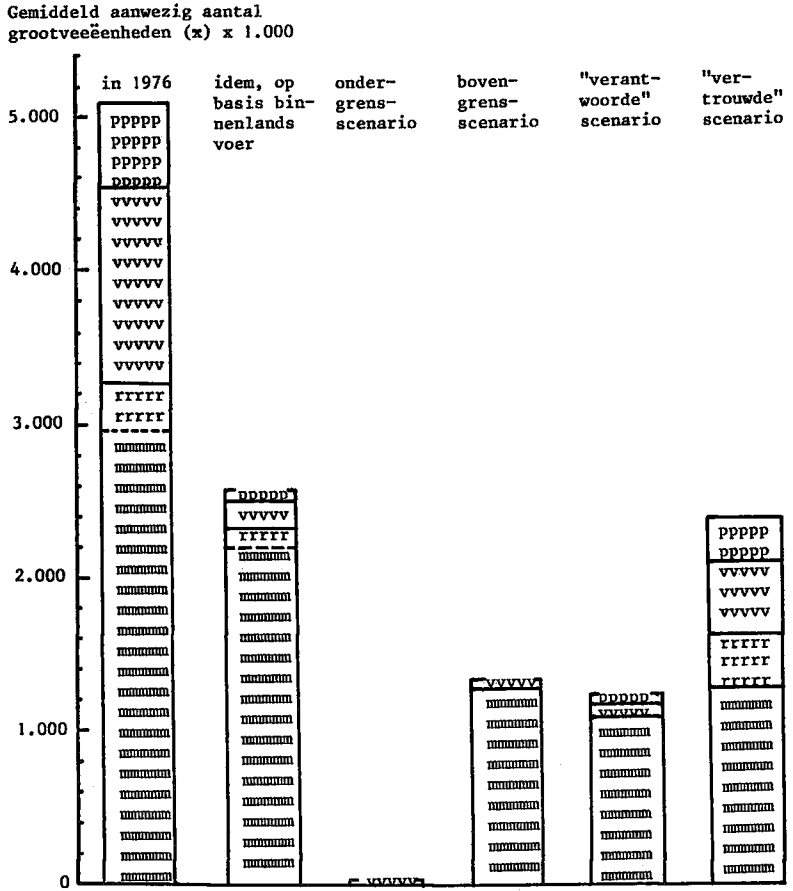
De noodzakelijke uitbouw van het akkerbouwareaal, en dan vooral in de richting van de meer grond-vragende voedingsgewassen: granen en oliezaden, weerspiegelt zich aan de kant van de veehouderij in een sterke teruggang op alle fronten. Dit lijkt logisch, want de veehouderijsectoren van nu zijn immers ver uitgegroeid boven het niveau dat de eigen - binnenlandse - produktie van voedergrondstoffen kan dragen.

Die inkrimping van de veestapels gaat volgens de autarkiescenario's echter nog veel verder dan wat op grond van de huidige eigen voedervoortbrenging in stand zou zijn te houden. In het aangepaste bouwplan is immers veel minder plaats voor voedergewassen. Het is vooral ingericht op voedingsgewassen, die bij voorkeur ook als zodanig gebruikt worden. Eigenlijk is er dan alleen nog een zekere ruimte voor de melkveehouderij 1). Voor zover althans het daarmee gepaard gaande extra verbruik van schaarse energie valt te rechtvaardigen uit hoofde van hogere of luxere voedingseisen dan de minimale. Alleen als ook uitdrukkelijk om (meer) vlees en eieren wordt gevraagd - zoals in het "vertrouwde" scenario - komen de andere takken van veehouderij duidelijk in beeld.

Naast de voorziening met melk(produkten) zorgt die melkveehouderij dan tevens voor het grootste deel van de vleesproduktie:

1) De melkproduktie wordt algemeen beschouwd als een relatief efficiënte vorm van omzetting van plantaardige in dierlijke calorieën. In de Nederlandse omstandigheden - met een groot weide-areaal dat feitelijk geen directe voedingsgewassen kan dragen - is het zelfs de meest efficiënte vorm.

Figuur 9.2 De veebezetting volgens de verschillende scenario's vergeleken met nu




Verklaring van gebruikte symbolen:

mmm = melkvee; rrr = mestrundvee; vvv = varkens; ppp = pluimvee. Alle volumina zijn berekend op basis van produktiedieren + aanhang.

1) Een grootveeëenheid komt overeen met de energiebehoefte van een volwassen melkkoe van 550 kg levend gewicht met een dagproduktie van 15 kg melk met 4% vet. Ook de andere diersoorten zijn via de "sleutel" van hun voederbehoefte tot grootveeëenheden herleid.

Gebruikte externe bronnen: CBS-Landbouwtelling mei 1976; Ministerie van Landbouw Veevoederstatistiek.

via de uitstoot van niet meer produktieve dieren en van kalveren die voor de regeneratie van de melkveestapel overbodig zijn. Slechts in het "vertrouwde" scenario worden die kalveren verder veredeld tot mest-rundvee. In de andere scenario's, waarin niet specifiek om een grote hoeveelheid roodvlees wordt gevraagd, niet. Omdat dat ten koste zou gaan van de melkconsumptie (voor de opstart van mestvee is immers melk nodig) en ook de samenstelling van de nog beschikbare voedermiddelen - vooral afvalprodukten die bij de verwerking van voedingsgewassen zijn vrijgekomen - beter aansluit bij de behoeften van de concurrentie: de varkenshouderij.

Die varkenshouderij blijkt intussen in alle scenario's voor te komen. Maar de bijdrage van die sector aan de totale vleesvoorziening is - met uitzondering natuurlijk weer van het "vertrouwde" scenario - slechts een schim van wat we nu gewend zijn. De andere intensieve takken: de slachtkuiken- en leghennen-sectoren, zijn echter geheel verdwenen. Alleen dàn zijn zij nog gewenst als hun specifieke produkten ("kip" of eieren) nadrukkelijk worden gevraagd. Overigens is ook de lokatie van de intensieve veehouderij een andere dan de huidige: er is veel minder sprake van concentraties in bepaalde gebieden. In plaats van daarvan wijzen de projecties in de richting van meer spreiding ten einde de transportkosten niet alleen van voer en vlees maar ook van mest, zo laag mogelijk te houden. De eerder aangehaalde onderlinge betrokkenheid tussen plantenteelt en veehouderij wordt dus ten zeerste nagestreefd.

Consumptie

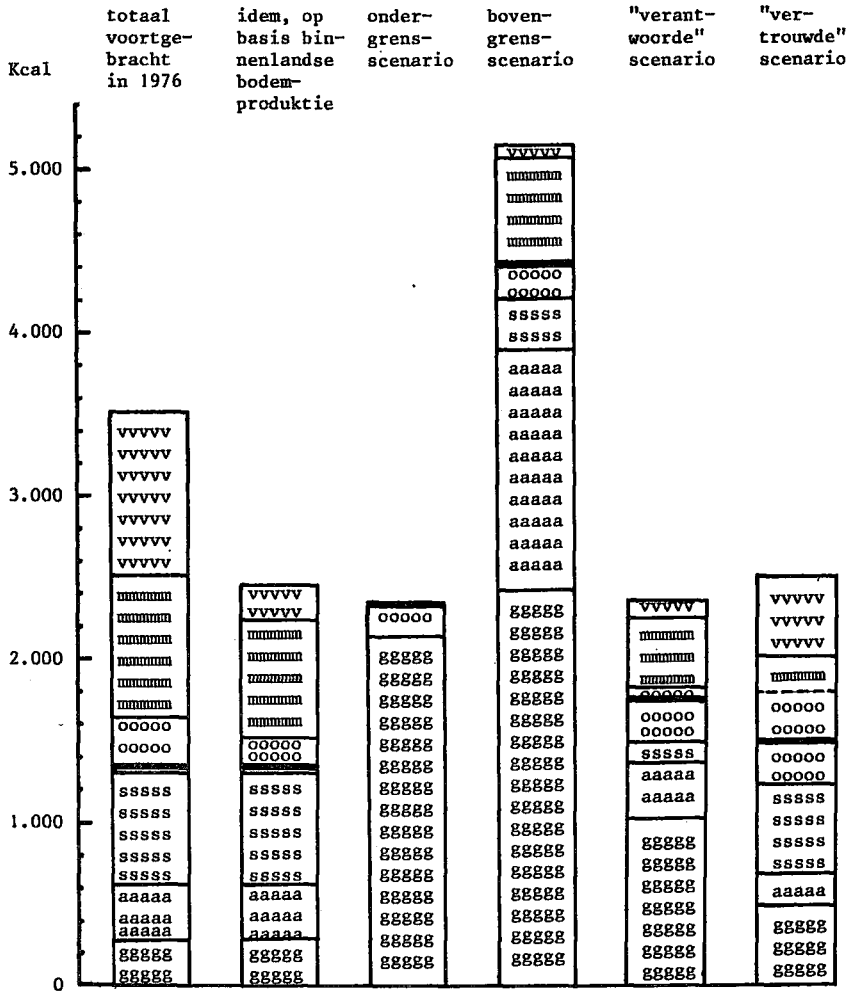
Voor de consument draait dit alles dan uit op een sterke vermindering van de energetisch duurdere dierlijke voedingscalorieën - tenzij hij per sé "vertrouwd" wil blijven eten. En ook de "kale" 1) suikercalorieën zijn goeddeels uit het pakket geweerd.

In plaats van "omweg-" en "kale-" produkten eet hij nu meer "directe" en ook "volwaardige" alternatieven: graanprodukten, plantaardige vetten, aangevuld met aardappelen en melkprodukten. Deze laatste echter vooral dàn als omwille van enige "luxe" - het "verantwoorde" scenario - of uit anderen hoofde - het bovengrensscenario - van de Nederlandse bodem méér gevraagd zou worden dan via de grond-vragende granen reeds te realiseren valt.

Waar in dat geval de grond als enig overgebleven schaarse factor nog meetelt, wordt het voedingsmiddelenpakket als het ware vanzelf rijker geschakeerd. Ook de "mindere" gronden moeten dan immers in produktie worden gebracht, waarbij een beroep op rundveehouderij als intermediair niet kan uitblijven. En de "betere" gronden zijn alleen tot een grotere oogst aan voedingscalorieën

1) In de zin dat de dragers van deze calorieën: de koolhydraten, alleen van nut zijn om hun verbrandingswaarde.

Figuur 9.3 De voedselproduktie volgens de verschillende scenario's vergeleken met nu - in consumabele Kcal netto per inwoner per dag




Verklaring van gebruikte symbolen:

ggg = granen en peulvruchten (in 1976 excl. brouwgerst); aaa = aardappelen (in 1976 excl. fabrieksaardappelen); sss = suiker-(produkten); ooo = spijsvetten incl. boter (de aangezette horizontale streep markeert de overgang van plantaardige- naar dierlijke calorieën); mmm = melk(produkten) excl. boter; vvv = vlees en eieren.

Gebruikte externe bronnen: als bij tabellen 3.2, 3.3 en 3.4.

te bewegen als het bouwplan intensiever wordt - als daarin dus ook andere gewassen dan alleen granen en oliezaden zijn opgenomen.

Als dan ook de consument zo zijn steentje zou moeten bijdragen aan een op de nieuwe schaarsten van grond en energie inspelende voedselvoorziening, mag dat optisch een stapje terug lijken - of, zoals in het ondergrens-scenario, zelfs een sprong terug - voedingstechnisch zou hij er echter op vooruit gaan. De huidige overconsumptie van calorieën in het algemeen en van vet- en suikercalorieën in het bijzonder zal immers sterk zijn teruggedrongen. Eveneens zal dat het geval zijn met die "welvaarts-ziekten" welke aan de overconsumptie zijn te danken. Het Engelse experiment van een aan de hand van nutriënt-normen opgezette voedseldistributie tijdens de jaren van de tweede wereldoorlog en onze eigen ervaringen tijdens de bezettingjaren tot aan de hongerwinter van 1944/1945 wijzen uit dat zulke positieve effecten van een wat krappere calorische positie inderdaad te verwachten zijn 1).

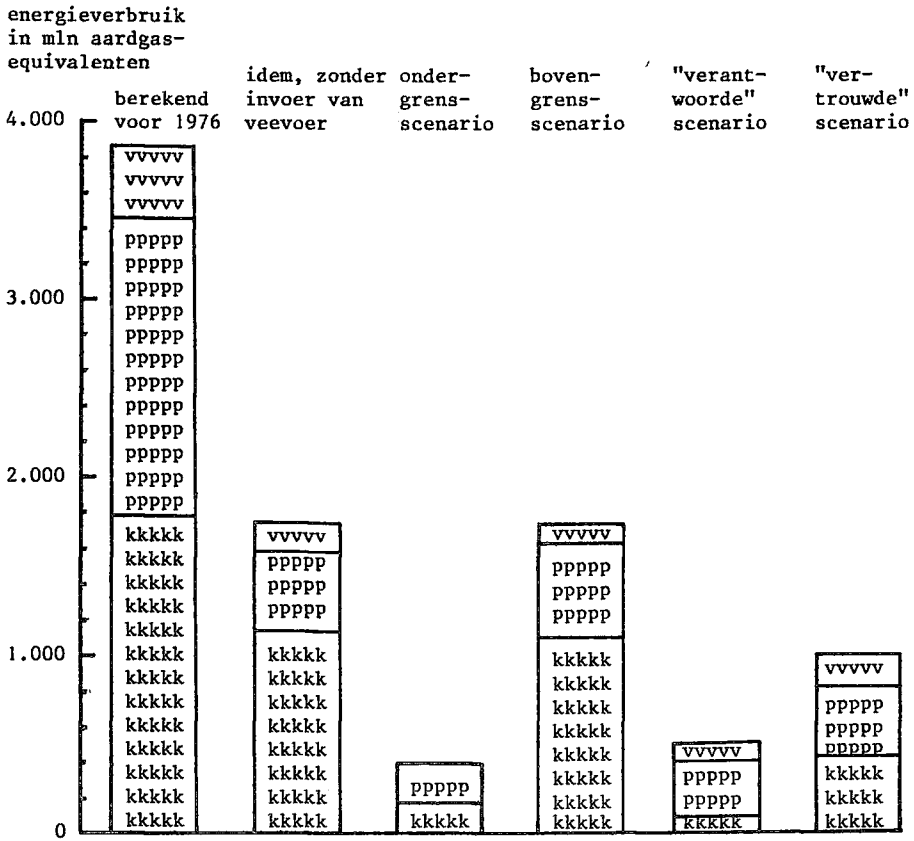
Energieverbruik

Wat betekent tenslotte een op autarkie gericht voorzieningssysteem voor het energieverbruik? Bij gebrek aan referentie-materiaal met betrekking tot het huidige totaal-verbruik in de processing-, transport- en consumptiefasen 2), volstaan we in de onderstaande figuur 9.4 met een vergelijking van het directe beslag van alleen de primaire fasen: kunstmest-aanmaak (kkk), plantenteelt (ppp) en veehouderij (vvv) volgens de verschillende scenario's en volgens het huidige produktieplan. Opgemerkt zij daarbij, dat de verbruiks-volumina van de "1976"-varianten wat ruw zijn ingeschat om ook rekening te kunnen houden met het energiebeslag dat door (de teelt van) buitenlandse voedermiddelen is opgeroepen 3). De opgegeven cijfers zijn daarom niet zonder enige welwillendheid te vergelijken met de op grond van een intensieve en gedetailleerde rekengang vastgestelde verbruikscijfers volgens de diverse scenario's.

De vergelijking voert dan zonder meer tot de conclusie dat omdat bij autarkie de directe voortbrenging sterk preferent is boven voortbrenging via de omweg van de dierlijke veredeling, dit ook automatisch tot grote besparingen in het energie-verbruik zal leiden. Des te meer, omdat juist de weinig energie- maar veel grondvragende gewassen de hoofdmoot van het bouwplan uitmaken. Waarbij komt dat die gewassen vaak nog op een (iets) lager niveau

1) zie o.a. C. de Hartog, J.G.A. Hautvast en A.P. den Hartog - "Nieuwe Voedingsleer", p. 70 e.v.
2) Zie ook voetnoot 1 op blz.
3) Dat beslag is berekend op basis van het energieverbruik dat de teelt van min of meer synonieme gewasen in Nederland zou hebben opgeroepen.

Figuur 9.4 Het energieverbruik in de primaire fasen volgens de verschillende scenario's vergeleken met nu




Gebruikte externe bronnen: Ministerie van Landbouw Veevoederstatistiek.

worden bemest dan nu gebruikelijk is en die bemesting tevens zo veel mogelijk is geënt op de beschikbaarheid van ("gratis") natuurlijke mestprodukten.

Zelfs de maximale voedselproduktie van het bovengrens-scenario valt daardoor aanmerkelijk zuiniger uit dan de huidige produktie, ook (maar dan is het verschil wel uiterst klein geworden) als die laatste zonder de steun van buitenlandse veevoeders nog overeind zou kunnen blijven.

## 9.2 Overgangsproblematiek: een thema voor nader onderzoek

Nu we aan de hand van de hierboven beschreven modelverkenningen tot de geruststellende conclusie zijn gekomen dat, in geval van een onverhoopte drooglegging van de externe aanvoer van voedingsmiddelengrondstoffen, geen hongersnood aan de perspectieven-einder staat te wachten - zelfs niet als we voorlopig nog zouden moeten overleven van wat op basis van het huidige grondgebruik van de inheemse produktie nog overeind zou kunnen worden gehouden - is het vraagstuk van de voedselpositie weliswaar opgelost, maar is er tevens een nieuw en prangend vraagstuk bijgekomen. Namelijk: als we dan, in zulke buitengewone omstandigheden, uiteindelijk op een structureel ander voorzieningssysteem zouden moeten afstevenen, hoe komen we daar dan?

Het antwoord op die vraag kan op grond van deze meer technische studie niet worden gegeven. Het vereist allereerst een inventarisatie van alle overgangsproblemen - technische en andere - die ons te wachten kunnen staan en ook van de beleidsmaatregelen die kunnen worden getroffen om deze problemen te verlichten. De verbanden tussen problemen onderling, maatregelen en problemen en maatregelen onderling, zouden vervolgens in een nieuwe - aansluitende - studie boven tafel moeten worden gehaald, zodanig dat een keuze kan worden gamaakt van de meest aantrekkelijke route naar een van de hier geschetste technische eindsituaties. Vooruitlopend daarop en ter uitleiding van dèze studie willen we toch proberen - zij het op een wat essayistische wijze - het probleemveld van de betreffende "overgansproblematiek" hier wat nader te schetsen.

Een eerste uitgangspunt moet dan zijn dat we weten - c.q. gekozen hebben - welke eindsituatie ons als haalbaar en "realistisch" voor ogen staat. De in de voorgaande hoofdstukken besproken alternatieven zijn dat zeker niet alle. Zowel het ondergrens- als het bovengrensscenario hadden zodanig bezwaarlijke kanten dat ze praktisch onuitvoerbaar leken: ofwel bleef vruchtbare landbouwgrond op grote schaal onbenut, dan wel was de produktie veel te omvangrijk en dus - in energetisch opzicht - veel te duur. Zouden we het niet-benutten van grond voor de voedselproduktie als zodanig niet willen aanvaarden, dan moet ook het "verantwoorde" scenario als realistisch alternatief afvallen. Alleen het "vertrouwde" scenario zou dan nog overblijven, zodat de keuze feitelijk al vaststaat. Toch kan die keuze ook wat ruimer zijn - niet voor de voedselproduktie nodige grond kan immers, zelfs binnen de landbouw, nog nuttig worden aangewend. Bijvoorbeeld voor de teelt van textielgewassen (vlas), energiegewassen (hout), etc. De landbouw zou dan meerdere functies tegelijk kunnen hebben: producent van voedselprodukten: de meeste primaire functie, en producent van andere nuttige goederen.

Voor welke eindsituatie we ook kiezen, uit de vorige paragraaf is duidelijk geworden dat in ieder geval de produktieplannen van akkerbouw en veehouderij drastisch zullen moeten verande-

ren - wat zeker in het begin van de overgang ook de consument van voedingsmiddelen niet ongemoeid zal laten. Het meesturen van de aanpassingsprocessen door de Overheid zal daarbij niet kunnen uitblijven. Afhankelijk van de effectieve afstand tussen de produktiestructuur van nu en die welke we uiteindelijk willen verwezenlijken, de technische substitutiemogelijkheden die op korte termijn in het bereik van consument en producent liggen en de beschikbaarheid van voorraden voedselgrondstoffen (Rotterdam) die de overgang kunnen helpen temporiseren, kan het meesturen door de Overheid van een lichter - aansporend - dan wel zwaarder - dirigistisch - kaliber zijn.

Allereerst kunnen we daarbij denken aan distributiemaatregelen met betrekking tot die voedingsmiddelen waaraan direct een tekort zal ontstaan: plantaardige spijsvetten en broodgranen. Op korte termijn zijn voor beide produkten alternatieven voorhanden: boter, bereid uit een aanvankelijk nog veel te grote melkplas, en voedergranen. Worden de laatste inderdaad zoveel mogelijk voor de humane consumptie bestemd, dan betekent dat wel een extra druk op de toch al precaire voederpositie van vooral de intensieve veehouderij. Die druk kan anderzijds weer wat worden verminderd door het directe grote overschot van aardappelen juist een voederbestemming te geven. Vanzelfsprekend zal zo'n onderlinge uitwisseling het snelst tot stand komen als de bovengenoemde distributie van vetten en granen geflankeerd wordt door menggeboden voor de verwerkende industrie en een aansluitende distributie van veevoer.

Behalve melk en aardappelen zal - zo zagen we in hoofdstuk 3 - ook suiker voorlopig overvloedig aanwezig zijn. Op zichzelf zal dat weinig problemen geven, omdat dit produkt bij uitstek geschikt is om lang bewaard te worden: een zuurtje voor de dorst dus. Bovendien kunnen ook suikerbieten - zij het in beperkte mate - worden gebruikt voor de verlichting van het tekort aan voedergranen.

Hoewel de zelfvoorzieningspositie van ons land voor vlees en eieren volgens hoofdstuk 3 als zeer pover uit de verf komt, zal de consument daar aanvankelijk weinig van merken. Gezien de grote omvang van de veestapels nu en het directe tekort aan veevoedergrondstoffen, zal niet alleen het aantal produktiedieren maar ook het aantal voor de regeneratie aangehouden dieren in snel tempo moeten worden ingeslacht. Dat op zich al zeer omvangrijke extra vleesaanbod kan in het ergste geval: als de autarkie-toestand onverwacht intreedt en behalve alle import ook alle export geblokkeerd is, nog eens samengaan met het extra aanbod uit de in normale tijden voorbereide vleesproduktie dat anders in het buitenland was afgezet. Op korte termijn komt er dan ook een ware vloedgolf van dierlijke produkten op de consumenten af. Tot welke bizarre toestanden dat zou kunnen leiden wordt duidelijk uit het volgende rekensommetje met betrekking tot het vrijkomende aanbod van varkensvlees:
Van de maandelijkse produktie (in 1976) van varkensvlees van ca.

85.000 ton wordt normaliter 52%: 44.000 ton, geëxporteerd. Als die export ineens niet meer mogelijk is komt alleen daardoor al meer dan het dubbele van de normale hoeveelheid terecht op de binnenlandse markt. De extra toestroom uit de produktiestapels is daarmee echter nog lang niet opgedroogd, want door het voedertekort zullen ook de teveel-varkens uit de jongere leeftijdsklassen onder het mes komen; en ook dat levert toch minstens 44.000 ton extra aanbod op. Als daarnaast, om dezelfde reden, ook de vermeerderings- en fokstapels binnen het tijdperk van die maand zouden moeten worden teruggebracht van ca. 950.000 stuks (volwassen) fokdieren nu (c.q. 1976) tot - bijvoorbeeld - de 314.000 stuks fokdieren volgens het "vertrouwde" scenario, dan komt er zeker nog eens circa 92.000 ton varkensvlees extra vrij.

Niet alleen varkensvlees, maar ook braadkuikens, melkprodukten, eieren en - in mindere mate - rundvlees komen zo ineens in gigantische hoeveelheden op de binnenlandse markt terecht. Zonder grootscheepse interventie van de Overheid is het maal dat de consument ter afscheid van normale omstandigheden wordt opgedisd dus van bacchanale proporties.

Het zal uit het bovenstaande duidelijk zijn geworden dat de Overheid zich in eerste aanleg meer om de producent dan om de consument hoeft te bekommeren. In die hoek - met name bij de intensieve veehouders - vallen immers de grootste klappen. Als maatregelen die de Overheid in dit kader kan treffen kan gedacht worden aan centrale inkoop van dierlijke produkten en opslag daarvan; uitvaardiging van een slachtregeling om te voorkomen dat de inslachting van veestapels zodanig ver doorschiet dat de wederopbouw bij gebrek aan uitgangsmateriaal in de latere fasen van de aanpassingsperiode problematisch wordt; en een volledige distributie van beschikbare voedermiddelen. De bodemproduktie moet daarbij liefst op zo kort mogelijke termijn op de nieuwe noden worden gericht door een grootschalige uitbouw van het graan- en oliezadenareaal. Als sturingsinstrumenten daarvoor kan worden gedacht aan premiëring van die teelten of - zwaarder - directe teeltgeboden en -verboden (suikerbieten, snijmais), alsmede een scheurregeling voor grasland. De voorziening met werktuigen, brandstoffen en kunstmeststoffen, tenslotte, zou eveneens via een distributiesysteem moeten worden gereguleerd. Omdat het hier om de voortbrenging van de meest primaire levensbehoefte gaat: voedsel, zal de landbouw bij de brandstofdistributie voorlopig voorrang moeten krijgen boven andere bedrijfstakken.

Door dit alles heen speelt de onzekerheid over de duur van de autarkische periode. Als die duur relatief kort is kan het de moeite lonen om niet een structurele verandering van het voorzieningsproces na te streven, maar te proberen via nu op te bouwen strategische voorraden van vooral veevoedergrondstoffen de levende kapitaalgoederenvoorraad van de veehouderijtakken zoveel mogelijk in stand te houden. "Uitzitten" dus, waarmee het risico van een overhaaste slachting van de kip-die-normaal-gulden-eie-

ren-kan-leggen wordt verminderd. Als die duur echter langer is wordt de verzekeringspremie die voor het aanhouden van strategische voorraden nu betaald zou moeten worden echter al gauw niet meer op te brengen.

Hoe bij verschillende lengtes van de autarkieperiode een afweging kan worden gemaakt tussen de kosten van het aanhouden van strategische voorraden nù en het door grootschalige uitstoot van levend kapitaal te verwachten verlies aan inkomensgenererend vermogen van de landbouwsector dàn, is een zeer complex probleem. Niet in het minst ook daarom, omdat bij die afweging rekening zal moeten worden gehouden met de effecten die de bovengenoemde beleidsmaatregelen tijdens zo'n overgangstermijn zullen hebben. Als een onderzoek naar deze complexe - maar erg interessante - problematiek zou volgen, lijkt ook hier een modelmatige kwantitatieve benadering niet alleen op zijn plaats, maar zelfs onvermijdelijk.

# Literatuur

Aanverwante (buitenlandse) literatuur over het onderwerp "autarkische voedselproduktie" -


- Directorate of Civil Defence- and Emergency-planning, Norway - 1979, "Emergency and Food Supply in Norway. Extract from the report of a Committee set up to consider emergency food supply in Norway (The Emergency Food Supply Committee)", Oslo.
- Henze, Prof. dr. A, 1980, "Zur Sicherstellung der Nahrungsmittelversorgung in der Bundesrepublik Deutschland", Agrarwirtschaft, p. 333 e.v.
- Küpper, Dr. B., 1981, "Kann die Bundesrepublik sich in Notzeiten selbst ernähren?", Agrarwirtschaft, Sonderheft 92.
- Rieder, Dr. P., 1976, "Die Nahrungsmittelversorgung der Schweiz und ihre Abhängigkeit vom Ausland", Lebensmitteltechnologie, Forster Verlag AG, Zürich.
- Ritson, C.,1980, "Self Sufficiency and Food Security", Reading, Centre for Agricultural Strategy, University of Reading.
- Swedborg, E., 1981, "Reorganisation of farm production in a blockade situation", Lantbrukarnas Riksförbund, Stockholm.


Literatuur over de geschiedenis van het Nederlandse landbouwbeleid en de voedselpositie in het verleden -


- Centraal Bureau voor de Statistiek, 1947, "Economische en Sociale Kroniek der Oorlogsjaren 1940-1945", Utrecht, de Haan N.V.
- Departement van Economische Zaken, 1937-1940, "De Landbouwcrisiswetgeving - Beknopt Overzicht van de Totstandkoming en Werking van de Landbouwcrisiswetgeving in Nederland vanaf 1929", Den Haag, Algemeene Landsdrukkerij.
- Departement van Landbouw, Nijverheid en Handel, 1914-1920, "Verslag over den Landbouw in Nederland over 1913 (-1919)", Den Haag, Gebr. J. en H. van Langenhuysen.
- Ru, Dr. ir. J.H. de, 1980 "Landbouw en Maatschappij - Analyse van een boerenbeweging in de crisisjaren", proefschrift, Wageningen, Pudoc.
- Rijksbureau voor de Voedselvoorziening in Oorlogstijd, "Verslag Gedenkboek Rijksbureau voor de Voedselvoorziening in Oorlogstijd - De kunstmestvoorziening van Nederland in de jaren 1939-1945", Den Haag.
- Ritter jr., dr. P.H., 1931, "De donkere poort", 's-Gravenhage, D.A. Daamens uitgeversmaatschappij N.V.

LITERATUUR (1e vervolg)

- Sneller, Dr. Z.W. e.a., 1951, "Geschiedenis van den Nederlandschen Landbouw 1795-1940", Groningen, Wolters.
- Tracy, M., 1982, "Agriculture in Western Europe, challenge and response 1880-1980", London, Granada.
- Treub, Mr. M.W.F., 1916, "Oorlogstijd. Herinneringen en Indrukken", Haarlem, H.D.T. Tjeenk Willink en Zoon.
- Treub, Mr. M.W.F., 1931, "Herinneringen en Overpeinzingen", Haarlem, H.D.J. Tjeenk Willink en Zoon.
- Vries, Prof. dr. Joh. de, "Schipperen om te leven. De problemen van de Nederlandse handel tot eind 1917", 14-18 De Eerste Wereldoorlog, p. 755 e.v., Amsterdam, Amsterdam Boek b.v.

Literatuur over gebruikte modellen voor planning van de voedselstrategie in autarkische omstandigheden

- Folkesson, L., 1973, "Models for Planning of the food supply in Sweden under emergency conditions", European Review of Agricultural Economics, p. 79 e.v.
- Küpper, Dr. B., 1981, "Kann die Bundesrepublik sich in Notzeiten selbst ernähren?", Agrarwirtschaft, Sonderheft 92.
- Onigkeit, Prof. dr. D., 1978, "Anwendung von Operations Research Methoden zur Planung der Ernährungswirtschaft", paper t.b.v. Internationales Symposium für Ernährungswirtschaft, Zürich, Eidgenössische Technische Hochschule.

Literatuur over Lineaire Programmering, optimaliseringstechnieken, e.a. -

- Heady, E.O. en Srivastava, U.K., 1975, "Spatial sector programming models in agriculture", Ames, Iowa State University Press.
- Kornay, J., 1975, "Mathematical planning of structural decisions", Amsterdam, North Holland Publishing Company.
- Kuhn, H.W. en R.E. Kuenne, 1962, "An efficient algorithm for the numerical solution of the generalized Weber problem in spatial economics", Journal of regional science, p. 21 e.v.
- Vajda, S., 1968, "An introduction to lineair programming and the theory of games", London, Chapman and Hall Ltd, Methuen et. Co. Ltd and E. et. F.N. Spon Ltd.

LITERATUUR (2e vervolg)

Literatuur over landbouwplantenteelt in Nederland -


- Dijkhuis, J.P. 1979, "Akkerbouwgewassen in Nederland. Op- en neergang van de arealen gedurende 40 jaar", Boerderij, no. 19.
- Egeraat, Dr. ir. A.W.S.M. van, 1978, "Landbouwkundige betekenis van de symbiotische stikstofbinding: de combinatie Rhizobium-vlinderbloemig gewas", Vakblad Biologie.
- Heemst, H.D.J. van, H. van Keulen en H. Stolwijk, 1978, "Potentiële produktie, bruto- en netto-produktie van de Nederlandse landbouw", Wageningen, PUDOC.
- Kuipers, Dr. Ir. S.F., 1970, Bemestingsleer", Groningen, Wolters-Noordhof.
- Kolenbrander, G.J., 1979, "De stikstofbalans van de Nederlandse landbouw", Tijdschrift van de Nationale Raad voor Landbouwkundig Onderzoek-TNO, Den Haag, NRLO-TNO.
- Ministerie van Landbouw en Visserij, tot 1966, "Verslag over de Landbouw", Den Haag, Staatsuitgeverij.
- Ministerie van Landbouw en Visserij, 1959, "Landbouwatlas van Nederland", Den Haag.
- Nauta, R.S. e.a., 1979, "Landbouwkundige produktie in Nederland bij natuurlijke stikstofvoorziening", Wageningen, Mededelingen Landbouwhogeschool.
- Olde Riekerink, H.J., 1949, "Warenkennis van de kunstmeststoffen", Zwolle, W.E.J. Tjeenk Willink.
- Oving, ing. R.K., Dr. ir. E. van Elderen en Ir. R.L. de Vries, 1980, "Overmechanisatie of slagvaardigheid bij de graanoogst in Nederland", Wageningen, IMAG-publikatie 143.
- Proefstation voor de Akkerbouw en Groenteteelt in de Volle Grond, 1977 e.v., "Kwantitatieve Informatie voor de akkerbouw en groenteteelt in de volle grond", Lelystad-Alkmaar.
- Proefstation voor de Rundveehouderij, 1974 e.v., "Handboek voor de Rundveehouderij", Lelystad.
- Smilde, Dr. ir. K.W., 1974 "Voedselvoorziening in Nederland bij landbouw zonder stikstofkunstmest", Tijdschift Stikstof, p. 164 e.v.
- Stichting Bodemkartering, 1965, "De Bodem van Nederland", Wageningen.
- Veeger, Prof. dr. C., 1977, "Biologische stikstofbinding in middelpunt van de belangstelling", De Landbode.
- Vervelde, Dr. ir. G.J., 1961, "Algemene Plantenteelt", Groningen, J.B. Wolters.
- Vierhout, T., 1977, "Onbemest grasland en klaverrijke kunstweide". Scriptie vakgroep Theoretische Teeltkunde, Wageningen, Landbouwhogeschool.

LITERATUUR (3e vervolg)

- Wielen, S. van der, 1979, "Voederbiet goed voor melk- en mestvee. Geen teeltproblemen meer", Boerderij, no. 10.
- Wit, Prof. dr. ir. C.T. de, 1972, "Food production: past, present and future", Tijdschrift Stikstof, no. 15, p. 65 e.v.

(Verder zijn gegevens over de relatie tussen stikstofbemesting en opbrengsten van gewassen mondeling/per correspondentie opgevraagd bij:
- Smilde, Dr. K.W., Instituut voor Bodemvruchtbaarheid, Haren (GR.).
- Heemst, Ing. H.D.J. van Heemst en Ir. H. van Keulen, Centrum voor Agrabiologisch Onderzoek, Wageningen.)

Literatuur over veehouderij en veevoeding in Nederland -

- Bisperink, H.J., 1979, "Produktiviteit en rentabiliteit van zeugen", Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut.
- Boer, ir. P.B. de, 1977, "Het afkalfpatroon in de Nederlandse melkveehouderij. Verslag van de studiegroep afkalfpatroon", Lelystad, Proefstation voor de Rundveehouderij, publikatie no. 9.
- Centraal Veevoederbureau in Nederland, 1976, "Voorlichtingsbrief. Een nieuw netto-energiesysteem voor herkauwers", Lelystad.
- Centraal Veevoederbureau in Nederland, 1979, "Veevoedertabel. Gegevens over voederwaarde, verteerbaarheid en samenstelling", Lelystad.
- Consulentschap in Algemene Dienst voor Varkenshouderij, div. jaren, "Handboek voor de varkenshouderij", Utrecht.
- Dröge, H., 1976, "Varkens 1976. Bedrijfseconomische beschouwingen over fokkerij en mesterij", Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut.
- Es, A.J.H. van, 1979, "Fysiologische aspecten van plantevezel in de diervoeding", Wageningen-Lelystad, Vakgroep Dierfysiologie van de Landbouwhogeschool - Instituut voor Veevoedingsonderzoek.
- Horn, Dr. W., 1968, "Het aanbod van varkens in Nederland. Toepassing van enkele econometrische modellen", proefschrift, Wageningen, Pudoc.
- Proefstation voor de Rundveehouderij, div. jaren, "Handboek voor de Rundveehouderij", Lelystad.
- Renkema, Dr. ir. J.A. en Ing. J. Stelwagen, 1977, "De gebruiksduur van melkvee en zijn economische betekenis", Tijdschrift voor Diergeneeskunde, 10, 11, 12.

LITERATUUR (4e vervolg)


- Rijksvoorlichtingsdienst voor de Pluimveeteelt, "Vademecum voor de Pluimveehouderij".
- Stichting voor het fokkerijwezen bij de pluimveehouderij, 1977, "Jaarverslag 1976".
- Thiede, Dr. G.T., 1980, "Auslandsfutter in der EG - Bedeutung und Umfang", Agrarwirtschaft, p. 5 e.v.
- Verduyn, J.J., 1978, "Slachtkuikens 1977. Bedrijfseconomische beschouwingen over de slachtkuikenmesterij en broedeierproduktie van slachtkuikenouderdieren", Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut.
- Verhoeven, ir. P. en E. van den Ban, 1960, "Veevoeding", Groningen, P. Noordhoff n.v.
- Scheer, G., 1978, "Legkippen 1978. Bedrijfseconomische beschouwingen over consumptieëieren", Den Haag, Landbouw-Economisch Instituut.
- Zwart, M.W., 1969 "Vlees '55-'67. Rapport inzake de produktie en de consumptie van vlees over de jaren 1955 t/m 1967", Den Haag, Produktschap voor Vee en Vlees.


Literatuur over het energieverbruik bij voortbrenging en verwerking van landbouwprodukten -


- Alting, W.A., 1975, "Energieverbruik in de huishouding. Een literatuurstudie over het energieverbruik in de huishouding en de mogelijkheden tot besparing van energie", doctoraal-scriptie bij de vakgroep Huishoudkunde van de Landbouwhogeschool, Wageningen.
- Bakker drs. Th., 1980, "Wat betekent schaarste aan energie voor onze landbouw?", Ons Platteland, 5 april.
- Bickel, H. von, A. Schürich, F. Zihlmann, R. Studer en P. Fässler, 1978, "Energieaufwand und Energieertrag in der Tierproduktion", Berichte über Landwirtschaft, 195. Sonderheft.
- Boon, H. den. 1978, Energievergelijking verwerkingsmethoden van agrarisch en stedelijk afval", Bèta no. 18.
- Brown, L. 1980, "Can agriculture ease the fossil fuel crisis without generathing higher food prices?", Ceres, nov.-dec.
- Consulentschap in Algemene Dienst voor Pluimveehouderij, 1976, "Energieverbruik in de pluimveehouderij. Mogelijkheden tot besparing", Zeist.
- Coolman, ir. F., 1979, "Energie en akkerbouw", Wageningen, voordracht voor symposium van de Nederlandse Vereniging voor Techniek in de Landbouw.
- Cremer, Prof. dr. H.D. en Dr. U. Oltersdorf, 1979, "Energieaufwand und Nahrungsproduktion", Ernährungs-Umschau, heft 7.

LITERATUUR (5e vervolg)


- Dekkers, W.A., J.M. Lange en C.T. de Wit, 1974, "Energy production and use in Dutch agriculture", Netherlands Journal of Agricultural Science, 22.
- Diercks, Prof. dr. R., 1978, "Energieeinsparung in der Pflanzenproduktion im Bereich Pflanzenschutz", Berichte über Landwirtschaft, 195. Sonderheft.
- Doering, O.C.III, 1977, "Agriculture and Energy Use in the Year 2000", American Journal of Agricultural Economics, p. 1066 e.v.
- Heyland, K.-U., Solansky, S., 1978, "Energieeinstaz und Energieumsetzung im Bereich der Pflanzenproduktion", Berichte über Landwirtschaft, 195. Sonderheft.
- Hirst, E., 1974, "Food related energy-requirements", Science, april.
- Hrabovszky, J.P., 1980, "The energy octopus", Ceres, november-december.
- Huber, Dr. H., 1976, "Ein Versuch zur Betrachting der Landwirtschaft aus energetischer Sicht", Mitteilungen für die Schweizerische Landwirtschaft, april.
- Kallweit, E. en E. Farries, 1978, "Energieeinsparung in der Tierproduktion im Biologischen Bereich", Berichte über Landwirtschaft, 195. Sonderheft.
- Lange, ir. J.M., 1974, "De energiehuishouding in de Nederlandse landbouw", Wageningen, IMAG-publikatie 12.
- Lange, ir. J.M., 1976, "De electriciteit in de akkerbouw en de veehouderij", Wageningen, IMAG-publikatie 71.
- Leach, G., 1975, "Energy and Food Production", London, IPC Science and Technology Press.
- Lebailly, J.P., 1980, "Energetische analyse van de Belgische landbouwproduktie", Landbouwtijdschrift, januari-februari.
- Moens, Prof. ir. A., "Energiebalans in de landbouw", Wageningen, voordracht voor symposium van de Nederlandse Vereniging voor Techniek in de Landbouw.
- Pickl, Dr. A., 1979, "Energiebilanzen wichtiger Feldfrüchte", Der Förderungsdienst, heft 1.
- Reuter, Prof. dr. H. en U. Schnack, 1978, "Energieeinsparung in der Ernährungswirtschaft", Berichte über Landwirtschaft, 195. Sonderheft.
- Snijders, ir. P.J.M., 1980, "Energieverbruik op melkveebedrijven", in jaarverslag 1979 van het Proefstation voor de Rundveehouderij, Lelystad.
- Siegel, O., 1978 "Energieeinsparung in der Pflanzenproduktion im Bereich Pflanzenernährung", Berichte über der Landwirtschaft, 195. Sonderheft.
- Steinkampf, H., 1978, "Energieeinsparung in der Pflanzenproduktion. Bereich Agrartechnik", Berichte über Landwirtschaft, 195. Sonderheft.

- Weber, Prof. dr. A., 1978, "Bewertung der Energiebilanz aus Produktion, Distribution und Verbrauch", Berichte über Landwirtschaft, 195. Sonderheft.
- Wenner, Prof. dr. H.L., 1978, "Energieeinsparung in der Tierproduktion. Technischer Bereich", Berichte über Landwirtschaft, 195. Sonderheft.
- Werschnitzky, Dr. U., "Energieeinsatz und Energieumsetzung im Bereich der Ernährungswirtschaft", Berichte über Landwirtschaft, 195. Sonderheft.
- Wit, Prof. dr. ir. C.T. de, 1978, "Voedingsmiddelen van grondstof tot consument", Voedingsmiddelentechnologie, juni.
- Zijlstra, Dr. K., 1977, "Energie Economie", Amsterdam/Brussel, Elsevier.

(verder zijn energiedata mondeling/per correspondentie opgevraagd bij:

- Ir. F.W.N. Brückman, Oil Milling Division-Oil Processing, Unimills, Zwijdrecht.
- L.C. Giljam en Dr. ir. L.H. de Nie, Suiker Unie, Breda.
- Dr. G. de Jongh, Instituut voor Graan, Meel en Brood TNO, Wageningen.
- Ir. J.M. Lange, IMAG, Wageningen.
- Drs. J.I. Pierot en Drs. H.P.H.J. Broekhuijse, Produktschap voor Zuivel, Rijswijk.)

Literatuur over voeding en bevolking -

- Bovenkamp, P. v.d., 1975, "Onderzoek naar het vetgehalte en de vetzuursamenstelling van voedingsmiddelen", Wageningen, Landbouwhogeschool, publikatie no. 75/06.
- Centraal Bureau voor de Statistiek, "Bevolking der gemeenten in Nederland per 1 januari 1977", Den Haag.
- Food and Agriculture Organisation, 1973, "Energy and protein requirements. Report of a joint ad hoc expert committee", Rome, FAO, Nutrition meeting report series no. 52.
- Food and Agriculture Organisation, 1970, "Amino acid contents of food and other biological data on proteins", Rome, FAO, serie Nutritional Studies no. 24.
- Hartog, C. den, J.G.A.J. Hautvast en A.P. den Hartog, 1978, "Nieuwe Voedingsleer", Utrecht/Antwerpen, Het Spectrum.
- Moore Lappé, F., 1971, "Diet for a small planet", New York, Ballantine Books.

LITERATUUR (7e vervolg)

- Passmore, R., M. Narayana Rao en B.M. Nicol, 1974, "Handbook of human nutritional requirements", Rome, FAO.
- Selected Committee on nutrition and human needs of the United States Senate, 1977, "Dietary Goals for the United States".
- Voorlichtingsbureau voor de Voeding, div. jaren, "Nederlandse Voedingsmiddelentabel", Den Haag.

Literatuur over civiele verdedigingsvoorbereiding en landbouw -

- Loon, drs. J.P. van, 1979, "Handboek Voedselvoorziening in Buitengewone Omstandigheden", Den Haag, Ministerie van Landbouw en Visserij.
- Stichting Uitvoering Landbouwmaatregelen, 1982, "Achtergronden en wettelijke grondslagen van de taken en bevoegdheden van de Gewestelijke Directeur STULM en de districtsbureauhouder in zijn functie als voedselcommissaris", Den Haag, Ministerie van Landbouw en Visserij.

## Bijlage 1 Wiskundige formulering van het autarkie-model

Hieronder wordt voor elk van de in het model onderscheiden onderdelen aangegeven hoe de daarin geplaatste activiteiten zijn gedefinieerd en via welke randvoorwaarden ze aan de overige onderdelen van het model worden gekoppeld.

### Kunstmestproduktie

De activiteiten van dit onderdeel zijn gedefinieerd in eenheden $NIT_n$, $FOS_n$ en $KAL_n$: tonnen op zuivere stikstof, fosfaat respectievelijk kali gewaardeerde kunstmeststoffen, welke voor de plantenteelt-activiteiten in een regio $\underline{n}$ ($\underline{n} \varepsilon n$; n= 12 landbouwgebieden) nodig zijn. Als zodanig zijn deze activiteiten ingebed in de randvoorwaarden die de inputvoorziening voor het blok plantenteelt reguleren.

### Plantenteelt (inclusief grasland)

De plantenteelt-activiteiten zijn opgevoerd als eenheden $P_{t,b,n}$. D.w.z. hectares waarop een gewas $\underline{t}$ ($\underline{t} \varepsilon t$;t= 14 soorten van gewassen) bij een N-gift ter grootte van $\underline{b}$ ($\underline{b} \varepsilon b$;b= 0 $N.ha^{-1}$ tot (maximaal) 400 $N.ha^{-1}$) in teeltgebied $\underline{n}$ wordt verbouwd.

Aan de inputzijde wordt daarbij gebruik gemaakt van de volgende - in randvoorwaarden vertaalde - beschikbaarheden:

- Van grond als zodanig - dus: "ruimte". Deze per gebied gespecificeerde randvoorwaarden zijn van de volgende vorm:

$$(1)\quad \sum_t \sum_b P_{t,b,\underline{n}} \leqslant GROND_{\underline{n}}$$

- Van voor een per teeltregio gegeven serie $t_{\alpha,\underline{n}}$ akkerbouwgewassen geschikte grond:

$$(2)\quad \sum_{t_{\alpha,\underline{n}}} \sum_b P_{t_{\alpha,\underline{n}},b,\underline{n}} \leqslant AGROND_{\underline{n}}$$

- Van rotatie-ruimte die door een bepaalde groep $t_{\underline{v}}$ vruchtwisselingsgewassen ($t_{\underline{v}} \varepsilon t_v$; $t_v$ = alle mogelijke groepen van vruchtwisselingsgewassen) maximaal kan worden ingenomen:

$$(3)\quad \sum_{t_{\underline{v}}} \sum_b P_{t_{\underline{v}},b,\underline{n}} \leqslant AGROND_{\underline{n}} * \text{vruchtwisselingscoëfficiënt } t_{\underline{v}}$$

- Van teeltruimte voor het nagewas $\underline{t}$. Het beslag dat dat gewas op grond uitoefent is in (1) en (2) niet opgenomen: die ruimte komt eerst vrij, nadat vroege teelten $t_\Omega$ het veld hebben geruimd:

$$(4)\quad \sum_b P_{\underline{t},b,\underline{n}} - \sum_{t_\Omega} \sum_b P_{t_\Omega,b,\underline{n}} \leqslant 0$$

- En, tenslotte, van de hoeveelheden meststoffen die de geëffectueerde $P_{t,b,n}$-activiteiten nodig hebben. Die meststoffen worden toegeleverd als kunstmest via de $NIT_n$-, $FOS_n$- en $KAL_n$-activiteiten en/of komen beschikbaar uit aanvoer van een of meer van w (zie verder) soorten dierlijke mest, wat

  dan wordt uitgedrukt in de activiteitengroep $\sum_n TM_{\underline{w},n\rightarrow\underline{n}}$ :

  het tonnage van mestsoort $\underline{w}$, dat vanuit de n omliggende veeteeltgebieden naar plantenteeltregio $\underline{n}$ wordt overgebracht.

  Specifiek voor de N-voorziening geldt daarbij nog, dat deze ook kan worden verzorgd uit natuurlijke N-binding door verbouw van een daarvoor geschikt gewas $\underline{t}$.

$$(5)\quad \sum_t \sum_b \text{stikstofbehoefte}_b * P_{t,b,\underline{n}} - NIT_{\underline{n}} - \sum_w \text{stikstofinhoud}_w * \sum_n TM_{w,n\rightarrow\underline{n}} - \text{natuurlijke binding}_{\underline{t}} * \sum_b P_{\underline{t},b,\underline{n}} \leqslant 0$$

$$(6)\quad \sum_t \text{fosfaatbehoefte}_t * \sum_b P_{t,b,\underline{n}} - FOS_{\underline{n}} - \sum_w \text{fosfaatinhoud}_w * \sum_n TM_{w,n\rightarrow\underline{n}} \leqslant 0$$

$$(7)\quad \sum_t \text{kalibehoefte}_t * \sum_b P_{t,b,\underline{n}} - KAL_{\underline{n}} - \sum_w \text{kali-inhoud}_w * \sum_n TM_{w,n\rightarrow\underline{n}} \leqslant 0$$

Het gebruik van de bovengenoemde beschikbaarheden vindt alleen plaats binnen de afdeling Plantenteelt - vandaar dat deze input-randvoorwaarden hier zijn benoemd en niet elders.

Behalve van zulke "blok"-gebonden beschikbaarheden maken $P_{t,b,n}$-activiteiten ook van schaarse energiedragers gebruik voor uitvoering van veldwerkzaamheden, droging/bewaring van de oogst,

etc. De "randvoorwaarde" waarin het gebruik van die energiebeschikbaarheid wordt geregeld omvat veel meer dan alleen de $P_{t,b,n}$-activiteiten: alle energie-verbruikende activiteiten over de gehele voedselketen zijn in die "randvoorwaarde" opgenomen. Waar die betreffende "randvoorwaarde" bovendien in dit voorbeeld de status van doelfunctie zal meekrijgen wordt aan het eind van deze bijlage apart aandacht aan de formulering van e.e.a. geschonken.

Behalve tot vraag naar schaarse beschikbaarheden leidt het effectueren van plantenteelt-activiteiten ook tot aanbod van beschikbaarheden: de voortgebrachte produkten. Afhankelijk van de (door het model te kiezen) bestemming worden deze produkten:

- als voedermiddel $\underline{x}$ ($\underline{x} \varepsilon x; x=21$ soorten voedermiddelen) afgevoerd naar de n mogelijke veehouderij-gebieden via de transport-activiteitengroep (in tonnage) $\sum_{n} TV_{\underline{x},\underline{n}\rightarrow n}$
- als grondstof $\underline{i}$ ($\underline{i} \varepsilon i; i=$tarwe, haver, gerst, rogge, suikerbieten, koolzaad, melk) doorgeschoven naar de verwerkende industrie in m (graan- en oliezadenverwerking; m= 4 consumptieregio's) of s (suikerbietenverwerking; s= 5 verwerkingslocaties): $\sum_{m/s} TCG_{\underline{i},\underline{n}\rightarrow m/s}$
- dan wel direct doorgestuurd om als gereed produkt $\underline{c}$ ($\underline{c} \varepsilon c; c=20$ soorten voedingsmiddelen) in de m consumptiegebieden te worden genuttigd: $\sum_{m} TC_{\underline{c},\underline{n}\rightarrow m}$

$$(8)\quad \sum_{n} TV_{\underline{x},\underline{n}\rightarrow n} + \sum_{s/m} TCG_{\underline{i},\underline{n}\rightarrow s/m} + \sum_{m} TC_{\underline{c},\underline{n}\rightarrow m} - \sum_{b} \text{outputniveau}_{\underline{t}(\rightarrow \underline{x}/\underline{i}/\underline{c}),b,\underline{n}} * P_{\underline{t},b,\underline{n}} \leq 0$$

Veehouderij

De wat-hoe-waar dimensies van de activiteiten binnen het veehouderij-blok zijn niet - zoals bij de $P_{t,b,n}$-activiteiten - in één keer verwoord maar in twee fasen, die elk een apart aandachtsgebied omvatten:

- Veehouderij-activiteiten als zodanig. Deze worden uitgedrukt in "aangeklede" eenheden van 100 (of, bij pluimvee: 1000) dieren van een bepaalde soort $\underline{w}$ ($\underline{w} \varepsilon w; w=$ laag/middel/normaal produktief melkvee, niet/middellang/lang gemest rundvee, varkens, slachtpluimvee en legpluimvee), welke worden aangehouden in regio $\underline{n}$: $DIER_{w,n}$.
- Vervoederings-activiteiten. Daarin wordt aangegeven hoeveel (in tonnage) van voedermiddel $\underline{x}$ wordt verbruikt door diersoort $\underline{w}$ in veehouderij-regio $\underline{n}$: $V_{x,w,n}$.

De $V_{x,w,n}$-activiteiten hebben vooral betrekking op het hoe van de veehouderij. Zij fungeren als een soort verdeelsleutel van

beschikbare voeders door de in de betreffende veeteeltregio $\underline{n}$ aangevoerde produkten van plantenteelt: $\sum_{n} TV_{n \to \underline{n}}$ en processing:

$\sum_{s/m/n} TV_{s/m/n \to \underline{n}}$ (zie verder) een bestemming te geven.

Houden we daarbij rekening met produktspecifieke verliezen bij transport en bewaring in de factor $ZV_{\underline{x}}$, dan kan die verdeelfunctie als volgt worden omschreven:

$$(9)\quad 1/ZV_{\underline{x}} * \sum_{w} V_{\underline{x},w,\underline{n}} - \sum_{n} \sum_{s} \sum_{m} TV_{\underline{x},n/s/m \to \underline{n}} \leqslant 0$$

De aldus in de $V_{x,w,n}$ toegedeelde beschikbaarheid van voedermiddelen per diersoort wordt vervolgens vertaald in eenheden voor die soort nuttige nutriënten (energie: VEM, VEVI, EW en OE-eenheden voor melkvee, mestrundvee, varkens en pluimvee resp.; eiwit: VRE-rundvee, VRE-varkens, RE-pluimvee resp.; eiwitbestanddelen: methionine, cystine en lysine voor varkens en pluimvee) en geconfronteerd met de per $DIER_{w,n}$-activiteit berekende jaarlijkse behoeften daaraan:

$$(10)\quad \text{energiebeh.}_{\underline{w}} * DIER_{\underline{w},\underline{n}} - \sum_{x} \text{energieinhoud}_{\underline{x},\underline{w}} * V_{x,\underline{w},\underline{n}} \leqslant 0$$

$$(11)\quad \text{eiwitbeh.}_{\underline{w}} * DIER_{\underline{w},\underline{n}} - \sum_{x} \text{eiwit-inhoud}_{\underline{x},\underline{w}} * V_{x,\underline{w},\underline{n}} \leqslant 0$$

$$(12)\quad \text{meth/cyst/lysbeh.}_{\underline{w}} * DIER_{\underline{w},\underline{n}} - \sum_{x} \text{meth/cyst/lysinh.}_{\underline{x}} * V_{x,\underline{w},\underline{n}} \leqslant 0$$

Als het om rantsoen-keuze gaat spant het rundvee $w_f (w_f \varepsilon w)$ duidelijk de kroon met de grootste variëteit geschikte voedermiddelen: van weinig- (ruwvoeders) tot zeer geconcentreerde (krachtvoeders) voedermiddelen kunnen in het rantsoen voorkomen. Die feitelijke keuze van het rantsoen is ook van invloed op het niveau van de produktie. O.a. omdat het gebruik van voederwaarden uit ruwvoeders slechts tot die grens mogelijk is, als gesteld wordt door de beperkte opname-capaciteit van (onverteerbare) droge stof:

$$(13)\quad \text{ods-opnamecapaciteit}_{\underline{w}_f} * DIER_{\underline{w}_f,\underline{n}} - \sum_{x} \text{ods-inhoud}_{x} * V_{x,\underline{w}_f,\underline{n}} \geqslant 0$$

Daarnaast kan een ongelimiteerd verbruik van sommige voeders tot ongewenste neveneffecten als "branderigheid" (rogge), "windzucht" (klavers) e.d. leiden. Reden waarom de vervoedering van dergelijke produkten ook aan eigen grenzen is gebonden:

(14) $\text{tolerantiegrens}_{\underline{x},\underline{w}_f} * \text{DIER}_{\underline{w}_f,\underline{n}} - V_{\underline{x}_f,\underline{w},\underline{n}} \geqslant 0$

Dit verbruik van voederwaarden leidt (in combinatie met het verbruik van fossiele energie - maar daar komen we later in deze appendix op terug) dan tot voortbrenging van dierlijke produkten die - analoog aan (8) - via de transportschakel (tonnages) worden doorgestuurd naar:

- de plantenteeltfase, als het gaat om dierlijke meststoffen:

(15) $\sum_n \text{TM}_{\underline{w},\underline{n}\rightarrow n} - \text{mestproduktie}_{\underline{w}} * \text{DIER}_{\underline{w},\underline{n}} \leqslant 0$

- de veehouderij-fase zèlf, waar het intermediaire levering van startkalveren en voedermelk vanuit de melkveehouderij $w_\$ (w_\$$ en $w_£ \varepsilon w_f)$ betreft:

(16a) $\sum_n \text{TSKALF}_{\underline{n}\rightarrow n} - \text{kalfoverschot}_\$ * \sum_{w_\$} \text{DIER}_{w_\$,\underline{n}} \leqslant 0$ en

(16b) $\text{kalfbehoefte}_£ * \sum_{w_£} \text{DIER}_{w_£,\underline{n}} - \sum_n \text{TSKALF}_{n\rightarrow\underline{n}} \leqslant 0$

(17a) $\sum_n \text{TVMELK}_{\underline{n}\rightarrow n} + \text{TCG}_{\underline{i},\underline{n}\rightarrow\underline{n}}$ (zie verder) $- \sum_{w_\$} \text{melkproduktie}_{w_\$} * \text{DIER}_{w_\$,\underline{n}} \leqslant 0$ en

(17b) $\text{vmelkbehoefte}_£ * \sum_{w_£} \text{DIER}_{w_£,\underline{n}} - \sum_n \text{TVMELK}_{n\rightarrow\underline{n}} \leqslant 0$

- de verwerkende industrie, als het gaat om produkten die pas na een industriële procesgang consumabel worden. Conform de uitgangspunten in paragraaf 4.3 betreft dit alleen melk. De toedeling daarvan aan de processing-fase is in vergelijking (17a) reeds opgenomen als $\text{TCG}_{\underline{i},\underline{n}\rightarrow\underline{n}}$ (melk wordt geacht in de voortbrengingsregio te worden verwerkt)

- en, tenslotte, naar de consumptiefase, waar het produkten betreft die direct in consumptiegebieden kunnen worden aangeboden. Volgens paragraaf 4.3 zijn dit vleesprodukten uit rundveehouderij $w_f$, varkenshouderij $w_v (w_v \varepsilon w)$ en pluimveehouderij $w_\rho$ $(w_\rho \varepsilon w)$, alsmede eieren uit laatstgenoemde veredelingstak:

(18) $\sum_m \text{TC}_{\underline{c},\underline{n}\rightarrow m} - \sum_{\underline{w}_{f/v/\rho}} \text{vlees/ei-prod.}_{\underline{w}_{f/v/\rho}}(\underline{c}) * \text{DIER}_{\underline{w}_{f/v/\rho},\underline{n}} \leqslant 0$

Processing

De activiteiten van het processing-blok zijn gedefinieerd in hoeveelheden (tonnage) van voor de toebereiding van een specifiek consumptie-artikel $\underline{c}$ of een specifieke groep $c_\Gamma (c_\Gamma \varepsilon c)$ consumptie-artikelen nodige grondstof $\underline{i}$, welke op een gegeven lokatie $\underline{s}$ (suikerbietverwerking), $\underline{n}$ (zuivelbereiding) of $\underline{m}$ (processing van overige produkten) worden gebruikt: $I_{i,s/m/n}$.

Vanzelfsprekend is dat gebruik beperkt tot - maximaal - de hoeveelheden grondstof welke via de transportschakel worden aangevoerd op die lokatie:

$$(19)\quad I_{\underline{i},\underline{s}/\underline{m}/\underline{n}} - \sum_{n} TCG_{\underline{i},n \rightarrow \underline{s}/\underline{m}/\underline{n}} \leqslant 0$$

Waar uit de grondstof slechts één consumabel hoofdprodukt met evt. bijprodukten wordt gewonnen kan het grondstofverbruik direct via rendementscoëfficiënten worden doorvertaald naar hoeveelheden eindprodukt en bijprodukt(en) die over de transportschakel naar de consumptiefase respectievelijk veehouderijfase worden doorgestuurd respectievelijk teruggestuurd:

$$(20)\quad \text{rendement}_{\underline{i} \rightarrow \underline{c}} * \sum_{m} TC_{\underline{c},\underline{s}/\underline{m}/\underline{n} \rightarrow m} - I_{\underline{i},\underline{s}/\underline{m}/\underline{n}} \leqslant 0 \text{ en}$$

$$(21)\quad \text{rendement}_{\underline{i} \rightarrow \underline{x}} * \sum_{n} TV_{\underline{x},\underline{s}/\underline{m}/\underline{n} \rightarrow n} - I_{\underline{i},\underline{s}/\underline{m}/\underline{n}} \leqslant 0$$

Als - zoals bij melkgrondstof - meerdere $(c_\Gamma)$ consumabele hoofdprodukten kunnen worden voortgebracht, wordt de grondstof eerst gesplitst in de relevante onderdelen (bij melk: winbaar vet en ondermelk), welke vervolgens weer worden toegedeeld aan de mogelijke consumptie-produkten die daaruit kunnen worden samengesteld:

$$(22a)\quad WBV_{\underline{n}} - \text{inhoud}_{\underline{i} \rightarrow \underline{wbv}} * I_{\underline{i},\underline{n}} = 0$$

$$(22b)\quad ODM_{\underline{n}} - \text{inhoud}_{\underline{i} \rightarrow \underline{odm}} * I_{\underline{i},\underline{n}} = 0 \text{ en}$$

$$(23a)\quad \sum_{c_\Gamma} \sum_{m} \text{rendement}_{wbv \rightarrow c_\Gamma} * TC_{c_\Gamma,\underline{n} \rightarrow m} - WBV_{\underline{n}} \leqslant 0$$

$$(23b)\quad \sum_{c_\Gamma} \sum_{m} \text{rendement}_{odm \rightarrow c_\Gamma} * TC_{c_\Gamma,\underline{n} \rightarrow m} - ODM_{\underline{n}} \leqslant 0$$

Eventueel bij die "assemblage" tot $\underline{c}_\Gamma$ vrijkomende bijprodukten $\underline{x}$ (c.q. wei van de kaasbereiding) worden - anders dan (21) - dan naar het veehouderij-blok gerecyled:

(24) $\text{rendement}_{\underline{c}\,\rho\rightarrow x} * \sum_{n} TV_{\underline{x},\underline{n}}\ n - \sum_{m} TC_{\underline{c}\,\rho,\underline{n}\rightarrow m} \leq 0$

Consumptie

De laatste groep van model-activiteiten betreft de consumptie van voedingsmiddelen. Deze activiteiten zijn gedefinieerd als hoeveelheden (tonnen) die van produkt $\underline{c}$ in consumptiegebied $\underline{m}$ jaarlijks worden genuttigd: $CONS_{c,m}$. Rekening houdend met enige verliezen bij transport, bewaring en bereiding in de factor $ZC_{\underline{c}}$, geldt als eerste randvoorwaarde voor deze activiteiten dat ze maximaal zo groot kunnen zijn als de aanvoer vanuit plantenteelt/veehouderij/processing toelaat:

(25) $1/ZC_{\underline{c}} * CONS_{\underline{c},\underline{m}} - TC_{\underline{c},\underline{s}/\underline{m}/\underline{n}\rightarrow m} \leq 0$

De overige randvoorwaarden waaraan de activiteiten van dit blok moeten voldoen zijn verder pure voedingseisen.

Zo geldt als eis, dat het per capita pakket overal gelijk moet zijn:

(26) $CONS_{\underline{c},1} = CONS_{\underline{c},2} = CONS_{\underline{c},3} = CONS_{\underline{c},4}$

Verder geldt dat - en nu volgen we als voorbeeld het ondergrens-scenario - de totale calorische intake in de "hulp"-activiteit KCALINTAKE, welke door de consumptie van alle d calorieëndragers wordt gerealiseerd (d= eiwit, vetbestanddelen, koolhydraten), minstens overeenstemt met de eis aan de ondergrens, KCALEIS:

(27) $\sum_{m}\sum_{c}\sum_{d} \text{calwaarde}_d * \text{d-inhoud}_c * CONS_{c,m} - KCALINTAKE = 0$ en

(28) $KCALINTAKE \geq KCALEIS$

En, tenslotte geldt als eis, dat de calorische consumptie voor een $x_d$.% moeten bestaan uit nutriënten van soort $\underline{d}$:

(29) $\sum_{m}\sum_{c} \text{calwaarde}_d * \underline{d}\text{-inhoud}_c * CONS_{c,m} - \underline{x}_d.\% * KCALINTAKE \geq 0$

Doelfunctie

Het sluitstuk van het model wordt gevormd door de doelfunctie. Die functie geeft aan in welke richting de door de bovengenoemde blok-specifieke speelruimte van randvoorwaarden (-beschikbaarheden) omkaderde activiteiten moeten worden gestuurd. In het voorbeeld van het ondergrens-scenario is dat de richting van een zo laag mogelijk verbruik van schaarse fossiele energie van alle onderdelen van de voedselketen gezamenlijk. Gegeven het (directe)

energiebeslag per eenheid van activiteit in de blokken kunstmestaanmaak: $e_{nit}$, $e_{fos}$, $e_{kal}$; plantenteelt: $e_{t \rightarrow veld}$ (voor veldwerkzaamheden) en $e_{t \rightarrow bew}$ (voor droging/bewaring van daarvoor in aanmerking komende gewassen $t_\ell (t_\ell \varepsilon t)$; veehouderij: $e_w$; processing: $e_{i \rightarrow c}$; consumptie: $e_c$; en transport $e_{n/s/m \rightarrow n/s/m}$, kan de doelfunctie als volgt worden verwoord:

(30) MINIMALISEER HET TOTALE ENERGIEVERBRUIK! =

$$\sum_n e_{nit} * NIT_n + \sum_n e_{fos} * FOS_n + \sum_n e_{kal} * KAL_n +$$

$$\sum_t \sum_b \sum_n e_{t \rightarrow veld} * P_{t,b,n} + \sum_{t_\ell} \sum_b \sum_n e_{t \rightarrow bew} * output-$$

$$niveau_{t_\ell,b,n} * P_{t_\ell,b,n} +$$

$$\sum_w \sum_n e_w * DIER_{w,n} +$$

$$\sum_{i \rightarrow c,n/s/m} \sum \sum \sum e_{i \rightarrow c} * I_{i \rightarrow c,n/s/m} +$$

$$\sum_m \sum_c e_c * CONS_{c,m} +$$

$$\sum_w \sum_n \sum_{\underline{n}} e_{n \rightarrow \underline{n}} * TM_{w,n \rightarrow \underline{n}} + \sum_x \sum_{\underline{s}/\underline{m}/\underline{n} \rightarrow n} \sum \sum \sum e_{\underline{s}/\underline{m}/\underline{n}} * TV_{x,\underline{s}/\underline{m}/\underline{n} \rightarrow n} +$$

$$\sum_i \sum_{\underline{n}} \sum_{s/m/n} \sum \sum e_{\underline{n} \rightarrow s/m/n} * TCG_{i,\underline{n} \rightarrow s/m/n} +$$

$$\sum_c \sum_{\underline{s}/\underline{m}/\underline{n}} \sum_m \sum \sum e_{\underline{s}/\underline{m}/\underline{n} \rightarrow m} * TC_{c,\underline{s}/\underline{m}/\underline{n} \rightarrow m}.$$

Met deze laatste vergelijking is het bovenstaande stelsel van randvoorwaarden overgegaan in een gesloten systeem - een model - van lineaire vergelijkingen. Dat systeem kan via de techniek van lineaire programmering 1) tot een "optimale" oplossing worden doorgerekend.

1) Zie de literatuurlijst onder "Lineaire Programmering".

## Bijlage 2 Enkele voorbeelden van de samenhang tussen modelonderdelen

In paragraaf 3 van Hoofdstuk 4 is in algemene termen geschetst welke onderdelen in het model zijn onderscheiden en hoe die onderdelen met elkaar in verbinding staan. Het lijkt nuttig hier aan de hand van enkele voorbeelden toch nog wat dieper op in te gaan. Daarbij maken we gebruik van een tweetal stroomschema's: voor suikerbieten en melk, waarin de verschillende keuzemomenten - en de implicaties van de keuze - precies worden aangeduid. De opbouw van deze stroomschema's is in principe gelijk aan die van het lp-tableau dat voor doorrekening kan worden aangeboden. We nemen dan ook als het ware een "kijkje" in dat tableau, niet in de breedte (zoals in hoofdstuk 4), maar in de diepte: we kijken naar één gewas en één veehouderijprodukt in een specifieke regio: het Zuidwestelijk Zeekleigebied (ZZK).

Beginnen we met de suikerbieten, dan is het eerste keuzemoment gelegen in de vraag òf een zodanig gewas wel moet worden geteeld, gegeven de gestelde voedingseisen. Die vraag komt in het stroomschema tot uiting in het verschijnen van de bewuste activiteit op de activiteiten-regel: ha suikerbieten. Hoeveel eenheden van die activiteit - dus: hoeveel ha suikerbieten - uiteindelijk zullen worden gekozen en hoe die keuze plaatsvindt, laten we hier buiten beschouwing. Wel echter is van belang dat àls een eenheid van die activiteit wordt verkozen daarvoor offers zullen moeten worden gebracht: schaarse middelen moeten worden aangesproken. De mate waarin dat per eenheid activiteit gebeurt geeft - in relatie tot wat de activiteit aan het gevraagde voedingsmiddelenpakket kan bijdragen - uiteindelijk de doorslag voor de keuze of en hoeveel van die activiteit gewenst is.

De offers worden in de z.g. randvoorwaardenregels gespecificeerd. Zo wordt in de eerste regel aangegeven dat het betelen van 1 ha suikerbieten 240 aardgasequivalenten aan directe energie vraagt (dieselolie voor veldwerkzaamheden). Zou de beschikbaarheid van dat produktiemiddel aan een absolute bovengrens gebonden zijn - wat in de doorgerekende scenario's overigens niet is aangenomen - dan verschijnt die bovengrens als een getal aan de rechterkant van de regel: in de z.g. right-hand-side-kolom. Het beslag dat àlle activiteiten gezamelijk op dit middel leggen: de som van het produkt van activiteiten en het aantal per activiteit benodigde eenheden, kan dan tot maximaal die grens oplopen. Omdat in de doorgerekende scenario's de energieschaarste als een relatieve schaarste wordt opgevat is de right-hand-side van deze randvoorwaarde hier open gelaten.

Behalve energie vraagt de teelt van 1 ha suikerbieten vanzelfsprekend ook ruimte. Er is in het bewuste gebied (ZZK) slechts 202.000 ha beschikbaar, waar de gewassen gezamenlijk mee moeten uitkomen. Gegeven het feit dat de activiteit suikerbieten-

STROOMSCHEMA SUIKERBIETEN IN HET ZUIDWESTELIJK ZEEKLEIGEBIED.

| aktiviteiten | suikerbieten | voederbieten | koolzaad | tarwe | stoppelknollen | overig | transport rundermest | transport varkensmest | | aanmaak $P_2O_5$ | aanmaak $K_2O$ | aanmaak N | overig | subaktiviteiten suikerbieten: bij 0 kg N per ha | bij 20 kg N per ha | bij 40 kg N per ha | bij 60 kg N per ha | bij 80 kg N per ha | bij 100 kg N per ha | bij 120 kg N per ha | bij 140 kg N per ha | bij 160 kg N per ha | bij 180 kg N per ha | bij 200 kg N per ha | overig | transport suikerbieten | transport bietenkop/blad | SIGNATUUR RIGHT-HAND-SIDE | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| eenheid | ha | ha | ha | ha | ha | — | ton | ton | — | ton | ton | ton | — | ha | ha | ha | ha | ha | ha | ha | ha | ha | ha | ha | — | ton | ton | | right-hand-side |
| randvoorwaarden | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| gebruik energie | 240 | 351 | 158 | 158 | 240 | — | PM | PM | — | 409 | 283 | 2516 | — | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | PM | PM | = | open |
| totaal oppervl. | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | — | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | ≤ | 202000 |
| opp. nagewassen | 0 | 0 | 0 | -1 | 1 | — | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | ≤ | 0 |
| opp. akkerbouw | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | — | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | ≤ | 181800 |
| vruchtw. bieten | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | — | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | ≤ | 45450 |
| gebruik $P_2O_5$ | 0,07 | 0,07 | 0,04 | 0,04 | 0,07 | — | -,002 | -,004 | — | -1 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | ≤ | 0 |
| gebruik $K_2O$ | 0,08 | 0,12 | 0,02 | 0,02 | 0,12 | — | -,006 | -,005 | — | 0 | -1 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | ≤ | 0 |
| subakt. s-bieten | -1 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | — | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | — | 0 | 0 | = | 0 |
| gebruik N | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | -,003 | -,004 | — | 0 | 0 | -1 | — | 0,00 | 0,02 | 0,04 | 0,06 | 0,08 | 0,10 | 0,12 | 0,14 | 0,16 | 0,18 | 0,20 | — | 0 | 0 | ≤ | 0 |
| opbrengst bieten | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | — | -28,5 | -32,2 | -35,9 | -39,0 | -41,6 | -43,9 | -46,2 | -47,9 | -49,0 | -49,9 | -50,4 | — | 1 | 0 | ≤ | 0 |
| opbrengst blad | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | 0 | — | 0 | 0 | 0 | — | -15,6 | -17,7 | -19,7 | -21,4 | -22,8 | -24,1 | -25,3 | -26,3 | -26,9 | -27,4 | -27,7 | — | 0 | 1 | ≤ | 0 |

STROOMSCHEMA SUIKERBIETEN IN HET ZUIDWESTELIJK ZEEKLEIGEBIED (vervolg)

| aktiviteiten (vervolg) | transport suikerbieten | overig | bietenverwerking | pulpverwerking (droging) | overig | transport suiker | overig | suikerconsumptie in WEST | broodconsumptie in WEST | boterconsumptie in WEST | aardappelconsumptie in WEST | overig | suikerconsumptie in OOST | overig | suikerconsumptie in NOORD | overig | suikerconsumptie in ZUID | overig | SIGNATUUR RIGHT-HAND-SIDE | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| eenheid | ton | — | ton | ton | — | ton | — | ton | ton | ton | ton | — | ton | — | ton | — | ton | — | | right-hand-side |
| randvoorwaarden (vervolg) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| gebruik energie | PM | — | 46 | 32 | — | PM | — | 0 | 0 | 0 | 216 | — | 0 | — | 0 | — | 0 | — | = | open |
| opbrengst bieten | 1 | — | 0 | 0 | — | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | — | 0 | — | 0 | — | ≤ | 0 |
| verwerking biet. | -1 | — | 1 | 0 | — | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | — | 0 | — | 0 | — | = | 0 |
| opbrengst suiker | 0 | — | -0,135 | 0 | — | 1 | — | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | — | 0 | — | 0 | — | = | 0 |
| opbrengst pulp | 0 | — | -0,600 | 1 | — | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | — | 0 | — | 0 | — | ≤ | 0 |
| suikerbestemming | 0 | — | 0 | 0 | — | -1 | — | 1 | 0 | 0 | 0 | — | 1 | — | 1 | — | 1 | — | = | 0 |
| broodbestemming | 0 | — | 0 | 0 | — | 0 | — | 0 | 1 | 0 | 0 | — | 0 | — | 0 | — | 0 | — | = | 0 |
| boterbestemming | 0 | — | 0 | 0 | — | 0 | — | 0 | 0 | 1 | 0 | — | 0 | | 0 | — | 0 | — | = | 0 |
| aardappelbestem. | 0 | — | 0 | 0 | — | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 1 | — | 0 | — | 0 | — | 0 | — | = | 0 |
| overig | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | ≥ | — |
| Gcal koolhydraten in regio WEST | 0 | — | 0 | 0 | — | 0 | — | 4,000 | 1,600 | 0,020 | 0,760 | — | 0 | — | 0 | — | 0 | — | ≥ | PM |
| Gcal eiwitten in regio WEST | 0 | — | 0 | 0 | — | 0 | — | 0,000 | 0,280 | 0,020 | 0,080 | — | 0 | — | 0 | — | 0 | — | ≥ | PM |
| overig | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | ≥ | — |

teelt per ha wordt gemeten verschijnt in de tweede regel het getal 1. Dit geldt ook voor de andere plantenteeltactiviteiten, met uitzondering van de teelt van stoppelknollen: die teelt is een nagewas en kan als zodanig alleen voorkomen als er ook vroege gewassen als (winter)tarwe in het bouwplan voorkomen. Dat laatste is - overigens alleen ter illustratie - in de derde randvoorwaarde gereguleerd, door de vrijkomende vroege ha tarwe van een teken te voorzien dat tegengesteld is aan dat wat de ha nagewas aan grondbeslag claimt. De right-hand-side van deze randvoorwaarde is dan natuurlijk 0.

De ruimte in het Zuidwestelijk Zeekleigebied is niet uniform van kwaliteit. Er komen ook gronden voor die niet voor akkerbouw geschikt zijn: in totaal 10% van alle oppervlakte, zijnde 20.200 ha. Samen met de andere akkerbouwgewassen mag de teelt van suikerbieten dus niet meer ruimte innemen dan 181.800 ha: de right-hand-side van de vierde regel.

Suikerbieten, voederbieten, stoppelknollen en koolzaad zijn gevoelig voor besmetting met het z.g. bietencystenaaltje. Die besmetting wordt voorkomen door op dezelfde grond maximaal eens in de vier jaar met een van deze gewassen terug te komen. Dat betekent dat maximaal 25% van de 181.800 voor akkerbouw geschikte grond door deze groep van gewassen in beslag mag worden genomen. Een en ander komt tot uitdrukking in de vijfde regel over de maximale vruchtwisselingsruimte.

Naast energie en grond vraagt de teelt van suikerbieten nog andere produktiemiddelen die indirect weer op één of beide van deze twee centrale schaarste-adressen zijn te herleiden: meststoffen.

In het model worden drie hoofdmeststoffen onderscheiden: $P_2O_5$, $K_2O$ en N, die ofwel kunnen worden aangemaakt (c.q. gedolven respectievelijk gesynthetiseerd), dan wel kunnen worden aangeleverd via dierlijke mest die vrijkomt als gekozen wordt voor veehouderij-activiteiten. Ook hier is dus weer sprake van een keuzemoment: aanmaak van meststoffen - een onderdeel van de activiteitenregel - kost directe energie: 409, 283 en 2516 aardgasequivalenten per ton pure $P_2O_5$, $K_2O$ en N respectievelijk. Aanlevering uit dierlijke mest kost energie (hier als pm-post opgevoerd) èn grond: veehouderij - en dus mestproduktie - is immers alleen mogelijk als daarvoor voederareaal is vrijgemaakt, hier dan wel elders. Afhankelijk van de mate waarin ook de hoofdprodukten van veehouderijactiviteiten in het gevraagde voedselpakket moeten voorkomen zal deze keuze tot meer of minder kunstmestaanmaak-activiteiten leiden.

$P_2O_5$ en $K_2O$ worden door het gewas suikerbieten in vaste hoeveelheden gevraagd. Zij zijn in het model immers beschouwd als z.g. "voorraad"-meststoffen die gebruikt worden voor het op peil houden van de bodemvruchtbaarheid. Voor dit gewas is in het Zuidwestelijk Zeekleigebied respectievelijk 70 en 80 kg per ha nodig. In de desbetreffende randvoorwaarden-regels zijn deze beslagcoëfficiënten voorzien van een positief teken en de toeleveringen

vanuit kunstmestaanmaak en dierlijke activiteiten van een negatief teken. De right-hand-sides zijn daarbij weer op 0 gesteld, ten teken dat de beschikbaarheid van en het beslag op deze meststoffen endogeen wordt geregeld.

Het gebruik van N-meststoffen is geen vast maar een variabel gegeven. Hoe meer N aan het gewas wordt verstrekt des te hoger zal de bietopbrengst zijn. Dat geldt althans tot een verstrekking van 200 kg N per ha. Om en nabij die mestgift is de bietenopbrengst maximaal. In het model is dit gesimuleerd door de activiteit suikerbietenteelt op te delen in subactiviteiten, elk met een N-beslag dat 20 kg (per ha) hoger ligt dan de voorgaande - te beginnen met een N-beslag van 0 kg per ha. Dit is in het schema aanschouwelijk gemaakt door een extra randvoorwaarde die de verdeling van het totale suikerbieten-areaal over deze subactiviteiten regelt.

De bij die subactiviteiten behorende opbrengsten aan hoofdprodukt: bieten, en bijprodukt: bietenkoppen/blad, zijn in de daaronder opgevoerde regels gespecificeerd. Die opbrengsten zijn voorzien van een negatief teken want ze worden in dezelfde regel ook weer gebruikt, namelijk voor het transport naar een of meer van de verwerkingslokaties van suikerbieten, dan wel voor het transport naar veehouderij-activiteiten in de eigen of in een andere regio, om daar als voedermiddelen te worden ingezet.

We volgen hier alleen het hoofdprodukt. Door transport naar een verwerkingslokatie komt daar een hoeveelheid grondstof beschikbaar die - met opoffering van bijna 46 aardgasequivalenten per ton bieten - kan worden verwerkt tot suiker en pulpresten. Kijken we weer alleen naar het hoofdprodukt: de suiker, dan zien we die opbrengst van ca. 135 kg per ton bieten voorzien van een negatief teken, want in dezelfde regel wordt, met een positief teken, ze weer gebruikt voor verzending naar één of meer consumptiegebieden.

In deze finale fase wordt de voedingswaarde van de suiker nader gepreciseerd. Per ton suiker komen 4 Gcal voedingsenergie beschikbaar in de vorm van koolhydraten; andere nutriënten komen in suiker niet voor. Die beschikbaarheid van koolhydraten uit suiker - weer voorzien van een negatief teken - wordt aangevuld met die uit brood, aardappelen, etc. zover tot aan de uiteindelijke behoefte aan koolhydraten in de betreffende consumptieregio is voldaan. Die totale behoefte is in de right-hand-side van deze randvoorwaarde Pro Memorie opgenomen omdat ze feitelijk geen vast gegeven is, maar afhankelijk van de invulling van de beschikbaarheid met ook andere voedingsstoffen dan koolhydraten: eiwitten, vetten, vetbestanddelen, etc.

Als tweede - en tevens laatste - voorbeeld van hoe de modelactiviteiten in het lp-tableau op en rond elkaar scharnieren, volgen we hier de processtroom die eenmaal voortgebrachte melk doorlopen kan. Hoe die melk tot stand is gekomen - i.c. welk voederrantsoen daar aan ten grondslag ligt, de wijze waarop en waar

de onderdelen van dat rantsoen zijn voortgebracht - laten we hier buiten beschouwing. We springen met ons voorbeeld dus midden in de voedselketen in en volgen de processtroom van de melk verder tot een van de mogelijke eindpunten: het finale verbruik van volvette kaas.

Melk is één van de eindprodukten van de melkveehouderijactiviteit. Deze laatste is in het model opgedeeld in drie mogelijke subactiviteiten. Een waarbij de koeien een zodanige hoeveelheid ruwvoeders verstrekt krijgen dat de melkgift per koe per jaar niet boven 4,3 ton kan uitstijgen; een waarbij het rantsoen iets is verrijkt, zodat de melkproduktie per koe per jaar op 4,5 ton kan uitkomen; en een waarbij het rantsoen een produktie van 4,7 ton per koe per jaar toelaat. Van de per eenheid subactiviteit voortgebrachte melk wordt 0,1 ton per jaar achtergehouden voor de opstart van de kalveren die voor de regeneratie van de melkveestapel dienen.

De "vrije" hoeveelheid melk die wordt voortgebracht: 420, 440 en 460 ton per eenheid subactiviteit (i.c. 100 koeien + regeneratieaanhang) per jaar respectievelijk, wordt in de randvoorwaarde "opbrengst melk" verdeeld over de mogelijke bestemmingen. In het model zijn die bestemmingen beperkt tot de zuivelindustrie en de rundveemesterij: voedermelk voor het uitgangsmateriaal.

Volgen we de melk die voor de zuivelindustrie is bestemd, dan zien we dat de ontvangst daar direct al verbruik van energie oproept: 15,7 aardgas-equivalenten per ton. Alle melk wordt immers eerst gepasteuriseerd voordat tot verdere bewerkingen wordt overgegaan.

De ontvangen melk wordt in de volgende randvoorwaarden (denkbeeldig) opgedeeld in twee basiscomponenten: winbaar vet en ondermelk. Met die basiscomponenten kunnen in totaal zeven verschillende voedingsmiddelen worden "geassembleerd": volle en magere consumptiemelk, volvette en magere kaas, vol- en magermelkpoeder en boter. De fabricage van elk van deze voedingsprodukten vraagt niet alleen verschillende hoeveelheden energieverbruik, maar ook verschillende hoeveelheden en verhoudingen van de basiscomponenten. Zo is voor de produktie van 1 ton volle consumptiemelk 0,04 ton winbaar vet en 0,96 ton ondermelk nodig; voor de produktie van volvette kaas 0,29 respectievelijk 9,01 ton; voor de produktie van magermelkpoeder 0 en 10,82 ton; en voor de produktie van boter 0,83 en 0,17 ton.

De aldus gespecificeerde inzet van basiscomponenten leidt - in de volgende randvoorwaarden - tot voortbrenging van de betreffende voedingsprodukten en - bij kaas - ook nog tot de voortbrenging van een bijprodukt: wei.

Volgen we de volvette kaas, dan zien we de voortgebrachte hoeveelheid in dezelfde randvoorwaarde op transport worden gesteld naar één of meer consumptiegebieden. De kaas die zo uiteindelijk voor consumptie in regio WEST ter beschikking komt, wordt daar - tenslotte - bekeken op zijn voedingswaarde. Elke ton van dit produkt bevat 0,920 Gcal aan eiwitten, 2,520 Gcal aan vet en

STROOMSCHEMA MELK IN HET ZUIDWESTELIJK ZEEKLEIGEBIED.

| aktiviteiten | melkveehouderij | subaktiviteiten melkveehouderij: bij 4,3 ton melk/koe | bij 4,5 ton melk/koe | bij 4,7 ton melk/koe | overig | transport voedermelk | overig | ontvangst industriemelk | prod. volle consumptiemelk | prod. magere consumptiemelk | prod. volvette kaas | prod. magere kaas | prod. volmelkpoeder | prod. magermelkpoeder | prod. boter | overig | transport volvette kaas | overig | consumptie volv kaas in WEST | overig | consumptie volv kaas in OOST | overig | consumptie volv kaas in NOORD | overig | consumptie volv kaas in ZUID | overig | SIGNATUUR RIGHT-HAND-SIDE |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| eenheid | 100 koeien | 100 koeien | 100 koeien | 100 koeien | — | ton | — | ton | ton | ton | ton | ton | ton | ton | ton | — | ton | — | ton | — | ton | — | ton | — | ton | — | right hand-side |
| randvoorwaarden | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| gebruik energie | 10592 | 0 | 0 | 0 | — | PM | — | 15,7 | 43,7 | 43,7 | 192,4 | 192,4 | 463,1 | 463,1 | 39,3 | — | PM | — | 0 | — | 0 | — | 0 | — | 0 | — | = open |
| overig | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | > -- |
| opbrengst melk | 0 | -420 | -440 | -460 | — | 1 | — | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | — | 0 | — | 0 | — | 0 | — | 0 | — | = 0 |
| opbrengst wbr vet | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | — | -0,04 | 0,04 | 0 | 0,29 | 0 | 0,26 | 0 | 0,83 | — | 0 | — | 0 | — | 0 | — | 0 | — | 0 | — | < 0 |
| opbrengst ondmelk | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | — | -0,96 | 0,96 | 1,00 | 9,01 | 14,00 | 7,98 | 10,82 | 0,17 | — | 0 | — | 0 | — | 0 | — | 0 | — | 0 | — | < 0 |
| opbrengst wei | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | — | 0 | 0 | 0 | -8,30 | -13,00 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | — | 0 | — | 0 | — | 0 | — | 0 | — | < 0 |
| opbr volle melk | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | — | 0 | -1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | — | 0 | — | 0 | — | 0 | — | 0 | — | = 0 |
| opbr magere melk | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | — | 0 | 0 | -1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | — | 0 | — | 0 | — | 0 | — | 0 | — | = 0 |
| opbr volv kaas | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | — | 0 | 0 | 0 | -1 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 1 | — | 0 | — | 0 | — | 0 | — | 0 | — | = 0 |
| opbr magere kaas | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 | -1 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | — | 0 | — | 0 | — | 0 | — | 0 | — | = 0 |
| opbr vol poeder | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -1 | 0 | 0 | — | 0 | — | 0 | — | 0 | — | 0 | — | 0 | — | = 0 |
| opbr mager poeder | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -1 | 0 | — | 0 | — | 0 | — | 0 | — | 0 | — | 0 | — | = 0 |
| opbrengst boter | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -1 | — | 0 | — | 0 | — | 0 | — | 0 | — | 0 | — | = 0 |
| bestemm volv kaas | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | -1 | — | 1 | — | 1 | — | 1 | — | 1 | — | = 0 |
| Gcal koolh. WEST | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | — | 0 | — | 0 | — | 0 | — | 0 | — | > PM |
| Gcal eiwit WEST | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | — | 0,920 | — | 0 | — | 0 | — | 0 | — | > PM |
| Gcal vet WEST | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | — | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | — | 0 | — | 2,520 | — | 0 | — | 0 | — | 0 | — | > PM |
| overig | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | > — |

verder geen koolhydraten. Het vrijmaken van deze nutriënten kost - als bij suiker - geen energie: kaas is immers een gereed produkt.

Aangevuld met de eiwit-, vet- en koolhydraten-hoeveelheden die uit consumptie van andere voedingsprodukten beschikbaar komen (wat hier, vanwege de ruimte, Pro Memorie is opgenomen in de kolommen en regels die met "overig" zijn aangeduid), wordt de totale hoeveelheid van de diverse nutriënten dan gesteld tegenover de Pro Memorie genoteerde behoefte daaraan in regio WEST. Die confrontatie activeert de hier verder niet te behandelen lp-procedure dan tot de feitelijke invulling van alle bovengenoemde activiteiten.

Drs. Th.M. Bakker

# ACHTERGRONDEN VAN HET "AUTARKIE"-MODEL

Onderzoekverslag 18

Maart 1985

Landbouw-Economisch Instituut

Stafafdeling

# Inhoud


| | | Blz. |
|---|---|---|
| 1. | INLEIDING | 5 |
| | 1.1 Waarom dit onderzoekverslag | 5 |
| | 1.2 De indeling van dit verslag | 5 |
| 2. | LINEAIRE PROGRAMMERING | 7 |
| | 2.1 Toepassingsgebieden | 7 |
| | 2.2 Standaardformulering van l.p.-vraagstukken | 7 |
| | 2.3 Het oplossingsalgoritme volgens de Simplex-methode | 10 |
| | 2.4 De lineaire programmering en onze probleemstelling | 15 |
| 3. | HET DATABESTAND VAN HET MODEL | 17 |
| | 3.1 Inleiding | 17 |
| | 3.2 Data in het onderdeel "Kunstmestproduktie" | 17 |
| | 3.3 Data in het onderdeel "Plantenteelt" | 19 |
| | 3.3.1 Energieverbruik van plantenteelt-activiteiten | 19 |
| | 3.3.2 Vruchtwisselingseisen | 20 |
| | 3.3.3 Bemestingseisen | 22 |
| | 3.3.4 Opbrengsten van plantenteeltactiviteiten | 24 |
| | 3.4 Data in het onderdeel "Veehouderij" | 29 |
| | 3.4.1 Energieverbruik van veehouderij-activiteiten | 29 |
| | 3.4.2 Voederwaarden | 35 |
| | 3.4.3 Voederbehoeften | 38 |
| | 3.4.4 Opbrengsten van veehouderijactiviteiten | 40 |
| | 3.5 Data in het onderdeel "Processing" | 43 |
| | 3.6 Data in het onderdeel "Consumptie" | 47 |
| | 3.7 Data in het onderdeel "Transport" | 50 |
| 4. | GEVOELIGHEIDSANALYSE | 52 |
| | 4.1 Inleiding | 52 |
| | 4.2 Methodologische achtergronden van de techniek van de gevoeligheidsanalyse | 52 |
| | 4.3 De gevoeligheid van de oplossing voor veranderingen in de aangenomen waarden van doelfunctie-coëfficiënten | 54 |
| | 4.4 De gevoeligheid van de oplossing voor veranderingen in de aangenomen waarden van beschikbaarheden en eisen | 59 |
| Bijlage | De positionering van centrale plaatsen in de voor het model onderscheiden landbouw- en consumptiegebieden | 67 |

# 1. Inleiding

## 1.1 Waarom dit onderzoekverslag

In april 1984 werd door het Landbouw-Economisch Instituut een publikatie uitgebracht onder de titel "Horizonten van zelfvoorziening - mogelijkheden voor de voedselvoorziening van Nederland in autarkische omstandigheden". Daarin werden de uitkomsten gepresenteerd van een onderzoek dat - in opdracht van de Coördinator Civiele Verdediging van het Ministerie van Landbouw en Visserij - inzicht moest verschaffen in de gevolgen van een onverhoopte meerjarige verstoring van de externe aanvoer van voedsel en voedselgrondstoffen voor onze nationale voedselpositie. Een en ander naar aanleiding van de indruk die bestond dat onder de huidige omstandigheden van bevolkingsdruk, cultuuroppervlakte en produktiespecialisatie, zo'n verstoring wellicht desastreus zou kunnen zijn voor de voedselvoorziening van de bevolking.

Bij dat onderzoek werd gebruik gemaakt van een wiskundig lineair programmeringsmodel, waarin de diverse schakels van de voorzieningsketen tussen de produktie en de consumptie van voedsel en hun onderlinge samenhang gestyleerd zijn weergegeven. Aan de hand van een viertal scenario's, c.q. verschillende opstellingen van waaruit de voorzieningsproblematiek werd benaderd, werd met dit model de ruimte verkend die in principe beschikbaar is om onze voedselpositie met alleen eigen middelen veilig te stellen.

De - overigens positieve - uitkomsten van deze scenarioexercities zijn in de genoemde publikatie tamelijk uitvoerig weergegeven. Dat geldt ook voor de wijze waarop de scenario's werden ingekleed en voor de lijnen waarlangs de berekeningen werden opgebouwd: het gebruikte model. Minder aandacht werd geschonken aan de feitelijke data die als inputs voor de berekeningen hebben gefungeerd en aan de gevoeligheid van de uitkomsten voor de specifieke waarden die aan die data werden toegekend. Evenmin werd behandeld hoe, gegeven het modelsysteem, de berekeningen werden gestuurd naar een "optimale" oplossing. Deze onderdelen zijn overigens welbewust buiten beschouwing gelaten om de publikatie zo toegankelijk mogelijk te houden voor een breder lezerspubliek.

Conform het LEI-publikatiebeleid wordt voor de meer onderzoektechnische achtergrondinformatie doorgaans een vervolg gegeven in de vorm van een zogenaamd onderzoekverslag. Van deze figuur wordt ook hier gebruik gemaakt.

## 1.2 De indeling van dit verslag

We beginnen - in hoofdstuk 2 - met een korte beschrijving van de methodologie van de lineaire programmering. Voor welk soort van problemen dit onderzoekinstrument doorgaans wordt ge-

bruikt; hoe die problemen moeten zijn geformuleerd om te kunnen worden doorgerekend; en op welke wijze naar een "optimale" oplossing wordt toegewerkt. Gegeven de eigenschappen van de lineaire programmering wordt vervolgens een terugkoppeling gemaakt naar onze probleemstelling. Daaruit zal blijken dat, met enige aanpassingen, die probleemstelling goed valt in te passen in de eisen die de methodiek stelt en bovendien goed spoort met het normatieve karakter van dit instrument.

Onder verwijzing naar bijlage 1 van de publikatie komen de onderdelen van het "autarkie"-model in hoofdstuk 3 nogmaals aan de orde. Centraal staan nu echter niet meer de onderlinge verbanden tussen die onderdelen, maar de data waarmee ze zijn gevuld: welke data zijn dat, uit welke bronnen zijn ze afkomstig en hoe zijn ze bewerkt?

Vervolgens zal - in hoofdstuk 4 - een poging worden gedaan tot een gevoeligheidsanalyse. Dat gebeurt op twee vlakken: hoe gevoelig is het systeem voor de verschillende manieren waarop in de scenario's tegen de voorzieningsproblematiek wordt aangekeken; en hoe gevoelig zijn de uitkomsten van de diverse scenario's voor de specifieke waarden die aan de data zijn toegekend?

# 2. Lineaire programmering

## 2.1 Toepassingsgebieden

Waar wensen en beschikbare middelen niet automatisch in elkaars verlengde liggen - en dat is welhaast overal het geval, met uitzondering wellicht van die kringen waar het bezuinigen niet alleen als middel maar ook als doel wordt gezien - spelen optimaliseringsvraagstukken een belangrijke rol. Voor een aantal van die vraagstukken zijn er methodes ontwikkeld die kunnen helpen bij het zoeken naar oplossingen. Een van de meest vergaande: in de zin dat de oplossing in al zijn facetten wordt gepresenteerd, is de methode van de lineaire programmering. Een techniek welke overigens, zoals uit de naamgeving kan worden afgeleid, in principe alleen geschikt is voor het helpen oplossen van lineaire vraagstukken: problemen die al dan niet met enige moeite te vertalen zijn in onderdelen die lineair met elkaar samenhangen.

De lineaire programmering wordt op een grote verscheidenheid van problemen toegepast. Van oorsprong ontwikkeld voor het optimaliseren van logistieke processen in de militaire sfeer in en na W.O.-II, wordt dit instrument ook gebruikt in groothuishoudens voor het zoeken van een verantwoord evenwicht tussen kosten en baten van diëten; in de olie-industrie om te bepalen tot welke produkten de aangeleverde ruwe olie het beste kan worden geraffineerd; op het boerenbedrijf (c.q. proefstation) voor de optimale afstemming van het produktieplan op de tijdsfilm en portemonnaie van de boer; in de veevoerindustrie voor de toewijzing van de grondstoffen die in de verschillende kracht- en mengvoederprodukten gebruikt worden; etc. Deze - bepaald nog niet uitputtende - opsomming van toepassingsgebieden geeft niet alleen aan dat de lineaire programmering een ingeburgerd instrument is, maar ook dat dit instrument klaarblijkelijk naar de maat van vele soorten van problemen kan worden toegesneden. Of liever: veel problemen kunnen op de maat van dit instrument worden toegesneden, omdat veel vraagstukken in de praktijk zijn te lineariseren, direct of indirect: door decompositie in sub-vraagstukken.

## 2.2 Standaardformulering van l.p.-vraagstukken

Wensen en middelen kunnen op elkaar worden afgestemd door het manipuleren met instrumenten binnen het kader van de mogelijkheden die daarvoor aanwezig zijn. In de lineaire programmering heten wensen "doelstellingen", middelen "beschikbaarheden", instrumenten "variabelen" en mogelijkheden "relaties". Relaties worden gewoonlijk van twee kanten aangeknoopt. Hier liggen ze tussen variabelen enerzijds en beschikbaarheden anderzijds en

zijn gegoten in de vorm van lineaire functies. In die functies hebben de variabelen een wegingscoëfficiënt die voor elke afzonderlijke variabele overeenkomt met zijn belang in de betreffende relatie. Ook de doelstellingen zijn geformuleerd als lineaire relaties van variabelen en - gewenste - beschikbaarheden. Voor één doelstelling is de gewenste mate van beschikbaarheid niet bij voorbaat bekend. De betreffende relatie - die "doelfunctie" heet - moet door manipulatie met de variabelen zodanig worden ingevuld dat er een "optimum"-waarde (een maximum of minimum) voor die beschikbaarheid wordt bereikt, zonder dat de overige relaties - die dan "randvoorwaarden" heten - daarmee geweld wordt aangedaan.

Een en ander kan compact worden weergegeven in de volgende algemene formulering van een lineair programmeringsprobleem:

(1) $\text{Max!/min!} \sum_{j=1}^{\eta} c_{0j} \cdot x_j = \text{Doelfunctie}$

onder

(2) $\sum_{j=1}^{\eta} c_{ij} \cdot x_j \lesseqgtr b_i, i = 1,\ldots,m$

en

(3) $x_j \geqq 0, j = 1,\ldots,\eta$

met

$x_j$ : de $j$-de variabele uit de totale verzameling van $\eta$ variabelen;

$c_{ij}$ : de wegingscoëfficiënt van de $j$-de variabele in de i-de relatie, met $c_{0j}$ als doelfunctie-coëfficiënt;

$b_i$ : de beschikbaarheid van middelen t.b.v. de in de i-de relatie genoemde variabelen.

Bij deze formulering moeten enige kanttekeningen worden gemaakt. Ten eerste valt op dat doelfuncties twee richtingen kunnen inslaan: naar een maximum of naar een minimum. In de standaardformulering van l.p.-problemen wordt de maximalisatierichting gekozen. Minimeringsproblemen kunnen eenvoudig naar deze standaard worden vertaald door alle elementen uit de doelfunctie met een factor -1 te vermenigvuldigen. Ten tweede zijn de als randvoorwaarden fungerende relaties tussen variabelen en beschikbaarheden gepresenteerd als plafonds èn drempels. Bij plafonds ( $\leqq$ ) gaat het dan om "echte" beschikbaarheden waar variabelen een beslag op kunnen leggen van ten hoogste $b_i$: bij drempels ( $\geqq$ ) gaat het om beschikbaarheden die door de variabelen via hun $c_{ij}$-coëfficiënten zèlf worden gegenereerd tot een waarde die minstens $b_i$ groot moet zijn. In de standaardformulering worden alle randvoorwaarden als

plafond-randvoorwaarden gepresenteerd. Ook drempel-randvoorwaarden: de elementen daarvan worden, als bij een "anders" gerichte doelfunctie, daartoe weer vermenigvuldigd met een factor -1. Tenslotte wordt, in de z.g. nonnegativiteitsrestricties, geëist dat de variabelen een positieve dan wel nul-waarde aannemen. Deze eis die, zoals we zullen zien, ons in de gelegenheid stelt het programmeringsprobleem wiskundig eenduidig tot een oplossing te voeren, zal in praktische vraagstukken waar de variabelen direct worden geassocieerd met "instrumenten" welhaast als vanzelfsprekend worden ervaren. Immers: een instrument kun je al dan niet toepassen en ook nog in verschillende mate, maar een negatief toepassingsbereik zal nauwelijks voorkomen.

Uit de opstelling in (1), (2) en (3) kan worden afgeleid dat de lineariteit nogal wat eisen stelt aan de vraagstukken die men via de lineaire programmering wil doorrekenen. Er wordt immers uitgegaan van vaste technische coëfficiënten en van beschikbaarheden die onderling onafhankelijk zijn. Dat betekent dat er een rechtevenredige verhouding tussen de gebruikte produktiemiddelen en de voortgebrachte produktie wordt verondersteld: er zijn dus geen schaaleffecten - en ook dat de beschikbare middelen puur complementair zijn: zij kunnen elkaar niet vervangen omdat ze elk in een gegeven mate nodig zijn.

Schaaleffecten: de relaties waarlangs bij vergroting van het aantal van een bepaalde variabele de produktie per eenheid verandert, zonder dat de produktiemiddelenmix per eenheid wijzigt - spelen in veel praktische vraagstukken wel degelijk mee. Hetzelfde geldt voor substitutiemogelijkheden: de mogelijkheden om een gegeven produktie per eenheid variabele te realiseren met een andere mixture van produktiemiddelen. Betekent dat dan dat de lineaire programmering totaal ongeschikt is voor dat soort vraagstukken en alleen kan worden gebruikt voor die enkele problemen die naar hun aard precies in deze uit de lineariteit afgeleide eisen passen? Dat hoeft geenszins het geval te zijn. Immers: de eis van vaste technische coëfficiënten geldt per variabele $x_j$. Niets staat ons in de weg de variabele te bezien als een verzameling van subvariabelen $x_{j_k}$ $_{k,k=1,\ldots,K}$ met een zodanige bijbehorende matrix van vaste technische coëfficiënten:

$$\begin{matrix} c_{1j_1} & \cdots\cdots & c_{1j_K} \\ \cdot & & \cdot \\ \cdot & & \cdot \\ \cdot & & \cdot \\ \cdot & & \cdot \\ \cdot & & \cdot \\ c_{mj_1} & \cdots\cdots & c_{mj_K} \end{matrix}$$

dat de feitelijk continue substitutie-relatie op discrete wijze (d.i. stapsgewijze) zo goed mogelijk wordt gevolgd. Een voorbeeld daarvan in het autarkie-model is de stapsgewijze benadering van de relaties tussen mestgift en opbrengstniveau van gewassen.

Op analoge manier kan zo ook het probleem van de schaaleffecten bij bepaalde produkties worden omzeild. De via de betreffende technische coëfficiënt door een variabele gegeneerde opbrengst wordt in dezelfde randvoorwaarderegel toegedeeld aan een serie extra variabelen met een zodanige sequentie van technische coëfficiënten in hun kolom-vectoren dat de schaal-effect-relatie zo goed mogelijk discreet wordt benaderd. Toegevoegde randvoorwaarden moeten daarbij dan waarborgen dat de extra variabelen niet een waarde krijgen die groter is dan de "stap" die volgens de discrete benadering mag worden genomen en dat de extra variabelen worden ingevuld volgens de voorgeschreven sequentie van de stappen in de benadering. Voor een voorbeeld van een zodanige behandeling van schaaleffecten kan niet worden verwezen naar het "autarkie"model, omdat schaalproblemen daar geen rol spelen. Wel echter is deze wijze van werken toegepast in een verwant model dat ten behoeve van een ander onderzoek naar de mogelijkheden van z.g. "Geïntegreerde Landbouw" is gebruikt 1).

Dankzij dit soort werkwijzen - die overigens wel enige fantasie vragen - zijn veel op het eerste gezicht niet-passende praktijkvraagstukken toch in de in (1), (2) en (3) geschetste vorm te kneden. Dat verklaart dan tevens waarom de techniek van lineaire programmering op zo veel verschillende probleemgebieden wordt toegepast.

## 2.3 Het oplossingsalgoritme volgens de Simplex-methode

De Simplex-methode werd aan het eind van de jaren veertig geïntroduceerd door G.B. Dantzig 2) en is sindsdien uitgegroeid tot dè standaard voor het oplossen van lineaire programmeringsvraagstukken. Niettegenstaande de vaak uitgebreide behandeling van deze methodiek in de vele leerboeken die daarover intussen zijn verschenen, zal hier toch een korte beschrijving van de werkwijze achter de Simplex-methode worden gegeven, omdat daarin de uitgangspunten te vinden zijn voor een gevoeligheidsanalyse die we later - in hoofdstuk 4 - op onze modeluitkomsten willen toepassen. De gang van zaken is dan de volgende.

1) W.J. van der Weijden e.a., "Bouwstenen voor een geïntegreerde landbouw", WRR-voorstudies en achtergronden, Den Haag, Staatsuitgeverij, 1984.
2) G.B. Dantzig, "Application of the Simplex-method" to a transportation problem", in T.C. Koopmans "Activity analysis of production and allocation", Wiley, 1951.

Eerst wordt de standaardformulering met $x_j$ variabelen uitgebreid met z.g. verschil-variabelen, die de m ongelijkheden doen overgaan in gelijkheden. (1), (2) en (3) krijgen dan de volgende inhoud:

$$(4) \quad \text{Max!} \sum_{j=1}^{n} c_{0j} \cdot x_j = \text{Doelfunctie}$$

onder

$$(5) \quad \sum_{j=1}^{n} c_{ij} \cdot x_j = b_i, \; i=1,\ldots,m$$

en

$$(6) \quad x_j \geqq 0 \; , \; j=1,\ldots,n,n+1,\ldots,n+m \; (=n)$$

Ten behoeve van een duidelijk onderscheid tussen doelfunctie-coëfficiënten en de andere technische coëfficiënten wordt $c_{0j}$ ook wel aangeduid met $c_j$ en $c_{ij}$ met $a_{ij}$.

Met behulp van de matrix-notatie kan het vergelijkingenstelsel (4), (5) en (6) dan worden geschreven als:

$$(7) \quad \text{Max!} \quad D = c'x$$

onder

$$(8) \quad Ax = b$$

en

$$(9) \quad x \geqq 0$$

Hierin is:

- x - de (nxl) kolomvector van variabelen (met inbegrip van de m verschilvariabelen);
- c' - de getransponeerde van de (nxl) kolomvector van doelfunctie-coëfficiënten (voor de verschilvariabelen zijn dat 0-waarden);
- A - de (mxn) matrix van technische coëfficiënten (waarbij het deel van A dat betrekking heeft op de verschilvariabelen een eenheids-submatrix vormt); en
- b - de (mxl) kolomvector van beschikbaarheden.

Een stelsel als dat van (8) zal volgens de regels van de algebra alleen dàn een unieke oplossing hebben, indien er evenveel variabelen (onbekenden) in voorkomen als onafhankelijke, niet-strijdige gelijkheidsrestricties (vergelijkingen): n=m. Alleen dàn immers is de A-matrix vierkant (mxm) en dus te inverteren in de formule van de oplossing: $x = A^{-1}.b$.

Zijn er méér vergelijkingen dan onbekenden: $n < m$, dan is zo'n stelsel overgedetermineerd - wat er in feite op neerkomt dat een aantal vergelijkingen niet écht onafhankelijk zijn, maar afleidbaar uit andere.

In het geval van een groter aantal onbekenden dan vergelijkingen: $n > m$, heet zo'n stelsel ondergedetermineerd. Er is dan niet meer één - unieke - oplossing, maar een in feite oneindig aantal mogelijke oplossingen, die als het ware worden omgrensd door een veelheid - maar wel een eindige veelheid - van z.g. "basisoplossingen". Een basisoplossing beschrijft de waarden die een specifieke set van m onbekenden - basisvariabelen genoemd - zullen aannemen, wanneer de n-m overige onbekenden - die dan niet-basisvariabelen heten - gelijk 0 worden gesteld. Een stelsel van n onbekenden in m vergelijkingen heeft maximaal zoveel basisoplossingen als er verschillende sets van m onbekenden uit de n-grote populatie zijn te maken. Of, anders gezegd: zo'n stelsel kent maximaal zoveel basisoplossingen als het aantal vierkante (mxm) submatrices die uit de (mxn) hoofdmatrix A zijn af te leiden.

Mede door de introduktie van verschilvariabelen in x is het stelsel van (8) in ons geval duidelijk ondergedetermineerd en kent dus vele mogelijke basisoplossingen. Nu staat (8) echter niet op zichzelf, maar is onderworpen aan een eis in (9): alleen die basisoplossingen zijn toegelaten, waar alle x-variabelen groter dan of gelijk aan 0 zijn - en een richtsnoer in (7): van alle toegelaten basisoplossingen is alleen die relevant, waar een maximale D-waarde uit voortvloeit.

Vanuit de bovenstaande filosofie wordt in de Simplex-methode eerst toegewerkt naar een algemene figuur waarin elke toegelaten basisoplossing past. Met behulp van die algemene figuur wordt het probleem van (7) t/m (9) dan zodanig geherformuleerd in het z.g. getransformeerde probleem, dat daaruit een instrument beschikbaar komt dat kan helpen bij het gericht zoeken naar de optimale oplossing in het veld van toegelaten oplossingen: de z.g. reduced cost vector.

Een en ander gaat dan als volgt:

Eerst wordt de variabelen-vector x gepartitioneerd in een subvector van (vooralsnog willekeurige) basisvariabelen $x_B$ en een subvector van (eveneens willekeurige) niet-basisvariabelen $x_N$. Voorwaarde (9) gaat dan over in:

$$(10) \qquad x = \left[\begin{array}{c} x_B \geq 0 \\ \hline x_N = 0 \end{array}\right]$$

Gelijktijdig wordt de matrix van technische coëfficiënten daarmee conform opgedeeld in een submatrix met de technische coëfficiënten van de basisvariabelen: B en een submatrix met de technische coëfficiënten van de niet-basisvariabelen: N, aldus:

(11) $A = \left[ B \mid N \right]$

Evenzo wordt de vector van doelfunctie-coëfficiënten gepartitioneerd in een basis- en een niet-basis-gedeelte:

(12) $c' = \left[ c_B' \mid c_N' \right]$

Het stelsel in (8) kan dan worden herschreven als:

(13) $Bx_B + Nx_N = b$

Waaruit de algemene figuur voor een basisoplossing is af te leiden:

(14) $x_B = B^{-1} b - B^{-1} N x_N$

Aangezien per definitie (10) $x_N = 0$ geldt, is voor elke gekozen set van basisvariabelen in $x_B$ de basisoplossing:

(15) $x_B = B^{-1} b$

We hebben daarmee een algemene figuur voor de serie oplossingen bij het stelsel in (8) gevonden, gegeven welke variabelen tot de $x_B$- en welke tot de $x_N$-vector behoren. Het probleem is echter dat laatste gegeven: meerdere combinaties van variabelen in $x_B$ en $x_N$ zijn mogelijk, met even zovele basisoplossingen, maar welke is nu de <u>optimale?</u>

Voor het antwoord op die vraag wordt de doelfunctie (7) met behulp van (10) en (12) als volgt herschreven:

(16) Max! $D = c_B' x_B + c_N' x_N$

Substitueren we (14) hierin, dan gaat het optimalisatieprobleem van (7), (8) en (9) over in het <u>getransformeerde probleem:</u>

(17a) Max! $D = c_B' (B^{-1}b - B^{-1}N x_N) + c_N' x_N$

(17b) $D = c_B'B^{-1}b - (c_B'B^{-1}N - c_N') x_N$

(17c) $D = c_\beta'B - (\pi'N - c_N') x_N$ met $B^{-1} b = \beta$

en $c_B'B^{-1} = \pi$

onder

(14) $x_B = \beta - B^{-1} N x_N$

en

(10) $x = \begin{bmatrix} x_B & \geq 0 \\ \hline x_N & = 0 \end{bmatrix}$

Volgens (17c) hangt de waarde van D direct samen met de feitelijke vulling van variabelen in $x_N$ - en natuurlijk met de daarbij behorende configuratie van data in c', B en b. Om nu na te gaan of bij de feitelijke vulling van $x_N$ ook een extreme waarde - een maximum - voor D wordt bereikt, wordt gebruik gemaakt van de rij-vector

(18) $(\pi' N - c_N')$ van de doelfunctie.

Deze wordt in de literatuur aangeduid als de <u>reduced-cost-vector.</u> Aan de hand van de actuele inhoud van die vector kan worden nagegaan hoezeer de doelfunctiewaarde D zou verbeteren, indien een element in $x_N$ boven zijn oorspronkelijke nulstatus - die nodig was om een startpunt in de vorm van een basisoplossing te verkrijgen - zou worden opgehoogd. Binnen het gekozen scala van basiselementen in $x_B$ is daarvoor volgens (14) nog ruimte aanwezig, zolang blijft worden voldaan aan de nonnegativiteitsrestricties in (10). Zolang, met andere woorden, de door de $x_N$-manipulatie veranderende waarden van de $x_B$-elementen niet leidt tot een negatieve waarde voor één van die elementen.

Gezien het minteken vóór de reduced-cost-vector in (17c) kan een verbetering van D alleen dàn optreden, als zo'n op-te-hogen $x_N$-element een negatief complement heeft in die vector. Zodra voor alle $x_N$-elementen geldt dat hun complementen in de reduced-cost-vector positief of nul zijn, is er geen verbetering meer mogelijk: het optimum is dan bij die betreffende basisoplossing bereikt.

Alles hangt dus af van de feitelijke keuze welke variabelen van een actueel probleem in de $x_B$- en welke in de $x_N$-vector worden geplaatst. Meerdere basisoplossingen zijn mogelijk, maar slechts één beschrijft ook echt een optimum. Proberenderwijs kunnen de basisoplossingen van kleinere optimaliseringsproblemen worden nagetrokken, maar voor grotere problemen is dat geen haalbare kaart meer: het aantal combinatie-mogelijkheden $x_B$ - $x_N$ is al gauw prohibitief groot. Daarvoor reikt de Simplex-methode dan een gerichte zoekprocedure aan, die langs de volgende lijnen verloopt.

- Eerst wordt een willekeurige oplossing gezocht door alleen de m verschilvariabelen in de $x_B$-vector op te nemen. De overige (n-m) èchte variabelen worden ondergebracht in de $x_N$-vector. De startwaarde van D is bij deze combinatie dan nul.
- De bijbehorende reduced-cost-vector wordt vervolgens afgetast op het meest negatieve element. Het complement daarvan in $x_N$ wordt dan zover boven zijn aanvankelijke nul-status opgehoogd, totdat in (14) één van de variabelen in $x_B$ negatief dreigt te worden.

- Deze laatste ruilt daarom van plaats met het $x_N$-element dat werd opgehoogd, zodat een nieuwe combinatie van basisvariabelen en niet-basisvariabelen ontstaat met - volgens (18) - ook een nieuwe vulling van de reduced-cost-vector.
- In een volgende ronde - iteratie - wordt deze weer afgetast op het meest negatieve element, etc., etc. Dit gaat net zolang door totdat de laatste iteratie een reduced-cost-vector heeft opgeleverd die uitsluitend bestaat uit elementen die positief of nul zijn: het gezochte optimum is daarmee bereikt.

Deze zoekprocedure volgens de Simplex-methode komt er dus op neer dat elke keer dat een ronde is doorlopen de waarde van de doelfunctie (17) weer iets blijkt te zijn verbeterd. Met andere woorden: de methode convergeert in de richting van het uiteindelijk gezochte optimum. Voor het bewijs daarvan zij verwezen naar de literatuur.

## 2.4 De lineaire programmering en onze probleemstelling

Het negeren van schaaleffecten van de produktie en substitutiemogelijkheden tussen de beschikbare middelen bij de in de lineaire programmering gedefinieerde variabelen, werd in paragraaf 2.2 aangehaald als de belangrijkste handicap van de l.p.-methode. Deze handicap - die, zoals eerder opgemerkt, in het autarkie-model alleen bij het formuleren van substitutie-effecten parten speelde - bleek echter omzeild te kunnen worden door variabelen die met betrekking tot bepaalde beschikbaarheden in een niet-lineaire relatie staan, op te delen in een serie subvariabelen.

Een en ander betekent natuurlijk dat het tableau van variabelen, coëfficiënten en beschikbaarheden, dat ter doorrekening aan de computer moet worden aangeboden, door dit soort ingrepen aanzienlijk kan uitbreiden. Vooral bij vorige generaties van computers - met een beperkte geheugencapaciteit - leidde dit al snel tot problemen, met name waar het ging om het inverteren van de matrix van technische coëfficiënten voor het uitwerken van de formules (14), (17) en (18) in paragraaf 2.3. Tegenwoordig laat deze beperking zich gelukkig veel minder voelen; overigens niet alleen door de nu veel grotere hardware-capaciteit, maar ook door de beschikbaarheid van efficiënte algoritmes voor het inverteren. Niettemin kunnen grote programmeringsproblemen met veel variabelen die door schaaleffect- en substitutierelaties in vele kleine "stappen" moeten worden onderverdeeld, nog steeds tegen dit soort capaciteitsgrenzen aanlopen.

Die grenzen liggen overigens wel behoorlijk ver, wat moge blijken uit het feit dat de door ons gebruikte software (APEX III van CDC) vraagstukken aan kan van maximaal 131.000 variabelen en 8.190 randvoorwaarden; dat betekent, dat de A-matrix van tech-

nische coëfficiënten uit bijna 1,1 mrd elementen zou mogen bestaan. Ons autarkie-model, dat uiteindelijk 7.000 variabelen en bijna 2.100 randvoorwaarden telde - ondervond dan ook totaal geen hinder van deze capaciteitsgrens: de l.p.-faciliteit bleek bepaald geen strak keurslijf, maar eerder een zeer rekbare step-in.

De op zich toch grote omvang van de A-matrix van het autarkie-model: ruim 14 mln elementen, is niet terug te voeren op schaaleffecten die bij de relaties tussen variabelen ("activiteiten") en beschikbaarheden in acht moesten worden genomen. Door de context waarbinnen de modelactiviteiten zijn gedefinieerd: op nationaal/regionaal niveau en bij de gemiddeld gangbare techniek, spelen die in dit model geen rol. Het enige schaaleffect dat men zich dan nog zou kunnen voorstellen: het effect van een te ruime vertegenwoordiging van een bepaald gewas in het bouwplan (verminderde opbrengsten door het manifest worden van ziekten/plagen), wordt automatisch afgeschermd door de in het model meelopende vruchtwisselingseisen.

De omvang van de A-matrix van het model is vooral toe te schrijven aan wat we zouden kunnen noemen substitutie-effecten-in-brede-zin: het door de combinatie van de WAT- en WAAR-dimensies zeer uitgebreide scala van plantenteelt-, veehouderij-, processing-, consumptie- en transportactiviteiten. De in dat scala opgevoerde activiteiten vormen met hun bijbehorende technische coëfficiënten de belangrijkste figuur van relaties waarbinnen beschikbaarheden onderling kunnen worden gesubstitueerd. Substitutie-effecten-in-engere-zin: per soort van in het model meelopende activiteiten, vinden we terug in wat we de HOE-dimensie hebben genoemd: het niveau van N-bemesting van plantenteeltactiviteiten, de voederregimes bij veehouderijactiviteiten (bij rundveehouderij nog in combinatie met melkgift per koe en aanhoudingsduur van mestrundvee), verwerking tot alternatieve eindprodukten bij processingactiviteiten, etc.

Tenslotte is het wellicht goed om hier nog te benadrukken dat de aanzienlijke grootte van het model enkel en alleen samenhangt met de detaillering van de technische relaties in het voorzieningsproces. In werkelijheid is niet alleen het complex van die technische relaties, maar ook het gedrag van de feitelijke aktoren die die relaties moeten activeren: boeren, verwerkers, consumenten, overheid, e.d., van belang voor de uitkomst van het proces. Dat gedrag en de motieven daarachter: prijzen e.d., is volledig buiten de context van het model gehouden, met uitzondering van enkele postulaten met betrekking tot de basis van de technische relaties: er wordt uitgegaan van de gangbare en niet van de mogelijke technologie, en met betrekking tot de uitgangspunten van enkele scenario's: het vertrouwde scenario is bijvoorbeeld uitdrukkelijk geënt op de gangbare consumptie van voedingsmiddelen. De modeluitkomsten mogen daarom ook niet worden opgevat als beschrijvend - in de zin van: zo-zal-het-zijn - maar alleen als perspectiefverruimend: zo zou het kunnen zijn.

# 3. Het databestand van het model

## 3.1 Inleiding

In de publikatie "Horizonten van zelfvoorziening" is, in hoofdstuk 4 en bijlage 1, geschetst op welke wijze de in de verschillende modelblokken onderscheiden sets van activiteiten zijn verklonken in de lineaire relaties die tussen hun technische coëfficiënten en de beschikbaarheden zijn te trekken. Het in die relaties naar voren komende scala van voor het model gebruikte data zal in dit hoofdstuk wat nader onder loupe worden genomen. Niet zozeer echter vanuit de vraagstelling waarom juist die data en geen andere zijn meegenomen - op die vraag wordt in de publikatie, in hoofdstuk 3, al een antwoord gegeven - maar meer toegespitst op hun herkomst en op de wijze waarop ze bewerkt en geïnterpreteerd zijn.

Bij deze verantwoording van de in het model gebruikte data zal blijken dat niet alle gegevens even "hard" zijn als hun soms vergaande detaillering wel suggereert. Voor sommige gegevens leverde de geraadpleegde literatuur geen eenduidig antwoord op, voor andere bleef die literatuur het antwoord geheel schuldig. In voorkomende gevallen is uitgegaan van de gegevens van de m.i. meest gerenommeerde bron, dan wel werden de ontbrekende data ingevuld aan de hand van gelijksoortige data met betrekking tot min of meer overeenkomstige activiteiten.

Wat de volgorde van behandeling betreft zullen we in het onderstaande zoveel mogelijk aansluiten bij de presentatie van het model in hoofdstuk 4 en bijlage 1 van voornoemde publikatie.

## 3.2 Data in het onderdeel "Kunstmestproduktie"

De enige soort van data die met betrekking tot de activiteiten in de sfeer van de kunstmestproduktie voor het model een rol spelen zijn de "kosten" van de voor de aanmaak van deze stoffen gebruikte fossiele energie. Informatie daarover werd opgevraagd bij de Unie van Kunstmest Fabrikanten, die doorverwees naar de publikatie van G. Leach 1) "Energy and Food Production". In die publikatie wordt voor aanmaak inclusief emballage en transport franco boerderij gerekend met 80, 13 en 9 MJ per kg zuivere N-, $P_2O_5$- resp. $K_2O$-meststof. Ook andere auteurs (Heyland en Solansky, Diercks) dragen cijfers aan van dezelfde grootteorde, wat betekent dat deze normen klaarblijkelijk vrij "hard" zijn.

1) Hier en verder in dit onderzoekverslag genoemde auteurs en hun publikaties zijn nader gespecificeerd in de literatuurlijst bij de publikatie "Horizonten van zelfvoorziening".

Opgemerkt moet worden dat de voor de aanmaak van $K_2O$- en $P_2O_5$-meststoffen gebruikte cijfers slaan op het energieverbruik bij mijnbouw op de nu in exploitatie zijnde lokaties. Leach geeft ook een berekening van het energieverbruik dat verwacht mag worden als engelse voorkomens van deze delfstoffen zouden worden geëxploiteerd en komt dan uit op ongeveer dezelfde normen. Als werkhypothese werd naar aanleiding daarvan uitgegaan van een energieverbruik in dezelfde orde van grootte zo ook in Nederland de (overigens bescheiden) voorkomens aan fosfaat en kali zouden worden geëxploiteerd.

Het in de doelfunctie-coëfficiënten per eenheid activiteit verwoorde energieverbruik wordt uitgedrukt in z.g. aardgasequivalenten. Alle verbruikte dieselolie, electra en gas: de drie belangrijkste vormen van energiedragers, zijn op deze noemer gebracht volgens de in tabel 3.1 gebruikte omrekeningsfactoren:

Tabel 3.1 Omrekening van energiedragers in aardgasequivalenten

| Soort energiedrager | Eenheid | Effectieve 1) warmtewaarde na conversie MJ | Effectieve warmtewaarde vóór conversie 2) MJ | Aardgas equivalenten |
|---|---|---|---|---|
| Aardgas | m3 3) | 31,8 | 31,8 | 1,00 |
| Diesel/huisbrandolie | liter | 37,3 | 37,3 | 1,17 |
| Electra | Kwu | 3,6 | 10,3 | 0,32 |

1) Ook wel genoemd stookwaarde of onderste verbrandingswaarde: de waarde waarbij gevormd en reeds aanwezig water als waterdamp achterblijft.
2) Bij de vertaling naar aardgasequivalenten is voor de gebruikte electra de thermische waarde per Kwu opgehoogd met de thermische verliezen bij de opwekking van electra. Deze verliezen werden geschat op 65% van de "uitgangsenergie".
3) Onderwaarde van aardgas uit Slochteren.

Bronnen: CVE-TNO Apeldoorn.
Winkler Prins Technische Encyclopedie. Deel 3: Fossiele brandstof.
J.M. Lange, "De energiehuishouding in de nederlandse landbouw".

Aan de hand van deze omrekeningsfactoren lieten de bovengegeven normen ten aanzien van het energieverbruik bij aanmaak van kunstmeststoffen zich als volgt in doelfunctie-coëfficiënten vertalen:

Tabel 3.2 Energiebeslagcoëfficiënten bij kunstmestaanmaak

| Activiteit | Eenheid | Coëfficiënt in a.e. |
|---|---|---|
| N-aanmaak | 1000 kg zuivere N | 2.516 |
| $P_2O_5$-aanmaak | 1000 kg zuivere $P_2O_5$ | 409 |
| $K_2O$-aanmaak | 1000 kg zuivere $K_2O$ | 283 |

Bron: G. Leach, "Energy and Food Production".

## 3.3 Data in het onderdeel "Plantenteelt"

### 3.3.1 Energieverbruik van plantenteeltactiviteiten

Ook de activiteiten in het blok "plantenteelt" zijn met energiebeslagcoëfficiënten in de doelfunctie van het model vertegenwoordigd. In tegenstelling tot die van de kunstmestaanmaakactiviteiten hebben deze coëfficiënten alleen op het directe verbruik van energiedragers betrekking. Met het indirecte verbruik - in het model naar voren komend in het kunstmestverbruik - is immers bij de vorige schakel al rekening gehouden. Het indirecte energieverbruik in de vorm van bestrijdingsmiddelen en voor polderbemaling wordt in het model buiten beschouwing gelaten vanwege het marginale karakter daarvan (Lange, Diercks), respectievelijk vanwege het feit dat bemaling ook andere dan landbouwdoeleinden dient - en overigens qua energieverbruik ook nauwelijks zal variëren bij variatie van het bouwplan. Het directe energieverbruik manifesteert zich dan in de vorm van dieselolie voor tractiedoeleinden bij veldwerkzaamheden, in electragebruik van vaste werktuigen en installaties en in de vorm van gas: voor het drogen en bewaren van produkten als granen, peulvruchten en aardappelen.

De geraadpleegde auteurs (Heyland/Solansky, Hollmann, Moens, Lange) komen alle met andere normen aandragen, die ten opzichte van elkaar soms wel een factor 3 verschillen. Bovendien doen de meesten slechts uitspraken over het directe energieverbruik bij de teelt van één of enkele soorten van gewassen. In het model zijn cijfers van Lange (IMAG) gebruikt, enerzijds omdat zij speciaal betrekking hebben op de specifieke situatie van de nederlandse landbouwpraktijk, anderzijds ook omdat juist deze reeks nog het meest was gespecificeerd naar de in ons model onderscheiden vormen van plantenteeltactiviteiten. Aan de hand van die gegevens zijn de energiebeslagcoëfficiënten van deze modelactiviteiten ingevuld zoals beschreven in tabel 3.3.

De achtergrond van deze cijfers in acht genomen zijn zij in het model verder niet verbijzonderd naar de diverse regio's waar die activiteiten kunnen plaatsvinden. Tevens is verondersteld dat het energieverbruik ten behoeve van veldwerkzaamheden onafhankelijk is van de (door bemesting te variëren) hoogte van de kg-opbrengsten van de gewassen.

Tabel 3.3 Energiebeslagcoëfficiënten bij plantenteelt

| Activiteit(soort) | Eenheid | Coëfficiënt in a.e. | Als gevolg van |
|---|---|---|---|
| Granen | Ha gewas | 158 | Veldwerkzaamheden |
| Peulvruchten 1) | Ha gewas | 158 | Veldwerkzaamheden |
| Consumptie-aardappelen | Ha gewas | 351 | Veldwerkzaamheden |
| Suikerbieten | Ha gewas | 240 | Veldwerkzaamheden |
| Koolzaad 1) | Ha gewas | 158 | Veldwerkzaamheden |
| Gras | Ha gewas | 187 | Veldwerkzaamheden |
| Snijmais | Ha gewas | 228 | Veldwerkzaamheden |
| Voederbieten 1) | Ha gewas | 351 | Veldwerkzaamheden |
| Klaver 1) | Ha gewas | 187 | Veldwerkzaamheden |
| Stoppelknollen 1) | Ha gewas | 240 | Veldwerkzaamheden |
| Granen | Ton | 14,1 | Drogen |
| Peulvruchten 1) | Ton | 14,1 | Drogen |
| Consumptie-aardappelen | Ton | 3,84 | Bewaren |

1) Voor deze activiteiten waren geen cijfers over het directe energieverbruik voorhanden. De betreffende coëfficiënten zijn daarom gelijkgesteld met die van qua energieverbruikende werkzaamheden min of meer overeenkomstige activiteiten.

Bron: J.M. Lange - IMAG.

### 3.3.2 Vruchtwisselingseisen

Behalve voor de invulling van de doelfunctie zoals beschreven in vergelijking (30) van bijlage 1 van "Horizonten etc.", zijn ook voor de invulling van de randvoorwaarden waarin plantenteeltactiviteiten meespelen data gebruikt die elders werden verzameld en samengesteld. Volgens de presentatie in genoemde bijlage hebben die betrekking op de volgende onderwerpen: grondbeschikbaarheid (vergelijkingen (1) en (2)), vruchtwisselingseisen (3), meststoffenverbruik (5 t/m 7) en kg-opbrengsten (8). Eerstgenoemde gegevens: die met betrekking tot de omvang en de kwaliteit van het per regio beschikbare areaal cultuurgrond, zijn in tabel 4.1 van "Horizonten etc." al nader op hun inhoud en herkomst toegelicht en blijven hier dus onbesproken. Wel zij in dit verband nog opgemerkt dat de in die tabel vermelde gegevens met betrekking tot de grondsoort en de akkerbouwgeschiktheid daarvan in de verschillende gebieden, grote overeenkomst vertonen met soortgelijke gegevens uit een gedetailleerde inventarisatie van R.S. Nauta c.s. in "Landbouwkundige produktie in Nederland bij natuurlijke stikstofvoorziening".

Wat betreft de vruchtwisselingseisen, deze zijn in het model geformuleerd als een percentage van de voor akkerbouwteelten in een gebied beschikbare teeltruimte. Dat percentage stemt overeen met de lengte van de gewaspauze die voor een of meer voor een bepaalde ziekte of aantasting gevoelig gewas of groep van gewassen in acht moet worden genomen om chronische besmetting van de grond te voorkomen. Als het aandeel van dat gewas of die gewassen niet hoger uitvalt dan het in de vruchtwisselingscoëfficiënt gestelde maximum, is het in principe mogelijk om binnen de grenzen van het gebied zo vaak van kavel te wissel als nodig is voor het uitblijven van besmetting van de grond. Op grond van aanbevelingen dienaangaande in diverse jaargangen van de Landbouwgids zijn die vruchtwisselingscoëfficiënten ingevuld als beschreven in tabel 3.4.

Tabel 3.4 Vruchtwisselingscoëfficiënten bij plantenteelt

| Activiteit(soort) | Eenheid | Vruchtwisselingscoëfficiënt als % van voor akkerbouw geschikte oppervlakte | Reden voor vruchtwisseling |
|---|---|---|---|
| Tarwe + gerst | Ha + Ha | 50% | Voetziekten. |
| Gerst + haver | Ha + Ha | 33% | Wortelaaltjes. |
| Haver + rogge + mais 1) | Ha + Ha + Ha | 33% | Stengelaaltjes, rot en builenbrand. |
| Erwten | Ha | 17% | Erwtencystenaaltjes. |
| Bonen | Ha | 33% | Roest en stippelstreepziekte. |
| Consumptie-aardappelen | Ha | 25% | Aardappelcystenaaltjes. |
| Suikerbieten + voederbieten + koolzaad + stoppelknollen | Ha + Ha + Ha + Ha | 25% | Bietencystenaaltjes (koolzaad is waardplant hiervoor) en rattenkeutelziekte. |
| Klaver | Ha | 17% | Klaveraaltjes en klaverkanker |

1) I.t.t. dit advies is in de praktijk vaak sprake van "eeuwige" verbouw van mais. Overigens bleek deze vruchtwisselingseis in geen enkel scenario een belemmering te zijn.

Bron: Stichting Land- en Tuinbouwgidsen, "Landbouwgids" 1964 t/m 1967.

### 3.3.3 Bemestingseisen

De in de randvoorwaarden met betrekking tot de mestvoorziening voorkomende datareeksen zijn van tweëerlei aard: enerzijds gaat het om gevraagde hoeveelheden mineralen per eenheid plantenteeltactiviteit, anderzijds om aangeboden hoeveelheden uit groenbemestende gewassen en uit activiteiten in andere blokken: kunstmestaanmaak en aanvoer van dierlijke meststoffen. Ook de aanvoer van rioolslib uit de z.g. consumptiegebieden is in het model als mogelijkheid ingevoerd, maar vanwege de relatief geringe minerale inhoud en de energetisch hoge transportkosten wordt die mogelijkheid in geen enkel scenario benut - wat gezien de twijfelachtige kwaliteit van dit slib maar goed is ook!

De behoeften van de diverse gewassen aan stikstofmeststof zijn in het model opgevat als endogene gegevens: het model heeft zèlf de keuze om die behoeften stapsgewijze in te vullen vanaf een niveau van 0 kg (zuivere) N per ha t/m (afhankelijk van het gewas) 400 kg N per ha, met een stapgrootte van 20 kg N per ha. Door die invulling kan het model verschillende niveaus van kg-opbrengsten van de plantenteeltactiviteiten genereren.

De vraag die gewassen naar kali- en fosfaatmeststoffen uitoefenen is echter weer wèl een vast gegeven. Uitgaande van een "goede" kali- respectievelijk fosfaattoestand van de grond, worden in de literatuur de in tabel 3.5 opgesomde normen gesteld aan de doses die de onderscheiden gewassen op de verschillende grondsoorten verstrekt moeten worden, willen de verwachte opbrengsten ook in de tijd op peil kunnen blijven.

Het tweede element van de mestvoorziening: het aanbod, wordt in het model niet per afzonderlijk gewas maar per teeltgebied gespecificeerd. Er zijn drie bronnen van het aanbod: kunstmestaanmaak, dierlijke meststoffen en groenbemesters. Met behulp van de in de literatuur aangehouden werkingscoëfficiënten voor de in de mest aanwezige stikstof wordt het aanbod uit elk van die bronnen uitgedrukt in kunstmestequivalenten: de met kunstmest vergelijkbare inhoud aan N, $P_2O_5$ en $K_2O$ respectievelijk. De inhoud aan kunstmestequivalenten van de drie soorten in het model onderscheiden dierlijke mest is berekend aan de hand van de in tabel 3.6 genoemde uitgangspunten.

De toevoer van meststof uit groenbemesting heeft uitsluitend betrekking op de nalevering van stikstof door de teelt van leguminosen als hoofdgewas. Dat hoofdgewas kan dan worden aangewend voor voederdoeleinden. De mogelijkheid om leguminosen alleen als groenbemester te gebruiken door ze als tussen- of nagewas niet te oogsten maar onder te ploegen, is in het model niet opgenomen. Een tussengewas betekent immers ook weer verlies door de noodzakelijk minder dichte stand van dekvrucht, terwijl groenbemestingsnagewassen niet zozeer besparen op het meststoffenverbruik, maar zijn bedoeld voor het verbeteren van de organische-stofbalans van de bodem.

Tabel 3.5 Technische coëfficiënten m.b.t. de vraag naar kali- en fosfaatmeststoffen door de gewassen (kg zuivere $K_2O$- en $P_2O_5$-meststof per ha)

| Activiteit | Kalibehoefte op: | | | | Fosfaatbehoefte op: | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | zee-klei | riv.-klei/löss | zand/dalgrond | (laag) veen | zee-klei | riv.-klei/löss | zand/dalgrond | (laag) veen |
| Tarwe | 20 | 80 | 100 | n.v.b.1) | 40 | 40 | 30 | n.v.b. |
| Haver | 20 | 80 | 100 | n.v.b. | 40 | 40 | 30 | n.v.b. |
| Gerst | 20 | 80 | 100 | n.v.b. | 70 | 70 | 60 | n.v.b. |
| Rogge | 20 | 80 | 100 | n.v.b. | 40 | 40 | 30 | n.v.b. |
| Erwten | 120 | 120 | n.v.b. | n.v.b. | 70 | 70 | n.v.b. | n.v.b. |
| Bonen | 120 | 120 | 160 | n.v.b. | 70 | 70 | 60 | n.v.b. |
| Consumptie-aardappelen | 230 | 160 | 160 | n.v.b. | 90 | 90 | 100 | n.v.b. |
| Suikerbieten | 80 | 160 | 160 | n.v.b. | 70 | 70 | 80 | n.v.b. |
| Koolzaad | 20 | 80 | n.v.b. | n.v.b. | 40 | 40 | n.v.b. | n.v.b. |
| Gras 2) | 100 | 100 | 140 | 100 | 45 | 45 | 45 | 45 |
| Snijmais | 20 | 80 | 100 | n.v.b. | 90 | 90 | 100 | n.v.b. |
| Voederbieten | 120 | 160 | 250 | n.v.b. | 70 | 70 | 80 | n.v.b. |
| Klaver | 120 | 120 | 160 | n.v.b. | 70 | 70 | 60 | n.v.b. |
| Stoppel-knollen 3) | 0 | 0 | 0 | n.v.b. | 0 | 0 | 0 | n.v.b. |

1) Niet van belang, omdat de betreffende grondsoort verondersteld is ongeschikt te zijn voor het dragen van de genoemde vrucht.
2) Bij 1x maaien en vervolgens weiden.
3) De fosfaat- en kalibemesting van dit nagewas wordt geacht te zijn verzorgd door bemesting van het hoofdgewas.

Bron: S.F. Kuipers, "Bemestingsleer".

In het model komt via de verbouw van het voeder(hoofd)gewas klaver (dat dus "model" staat voor ook alle andere vormen van hoofdgewas-groenbemesters) op natuurlijke manier, d.w.z. gratis, stikstofmeststof voor de overige (volg)gewassen beschikbaar. Volgens opgave in de PAGV-publikatie "Handboek voor de akkerbouw etc." komt die nalevering op zowel klei- als zand/dalgrond neer op 50 kg N-kunstmestequivalent per hectare als klaver als nagewas wordt geteeld. Voor klaver als hoofdgewas is het dubbele naleveringseffect ingerekend: 100 kg. Deze in het model gebruikte norm komt dan dicht in de buurt van de 110-130 kg-normen die in R.S. Nauta c.s. "Landbouwkundige produktie in Nederland bij natuurlijke stikstofvoorziening" worden aangehouden.

Tabel 3.6 Uitgangspunten bij de berekening van de technische coëfficiënten m.b.t. de inhoud van dierlijke meststoffen aan met kunstmest vergelijkbare N, $P_2O_5$ en $K_2O$

| Activiteit | Mestsoort | Eenheid | ds-gehalte in o/oo | $P_2O_5$ o/oo | $K_2O$ o/oo | N o/oo | % werkingscoëff. stikstof |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| - | Rundveemest | Ton | 215 | 3,5 | 3,7 | 5,5 | 40 |
| - | Rundveegier | Ton | 25 | 0,2 | 8,0 | 4,2 | 80 |
| Aanvoer van | Rundveedrijfmest 1) | Ton | 131 | 2,0 | 5,6 | 4,9 | 55 |
| - | Varkensmest | Ton | 230 | 9,0 | 4,5 | 7,5 | 40 |
| - | Varkensgier | Ton | 14 | 1,0 | 6,0 | 5,0 | 80 |
| Aanvoer van | Varkensdrijfmest 1) | Ton | 99 | 4,2 | 5,4 | 6,0 | 60 |
| - | Kippemest | Ton | 350 | 16,0 | 7,0 | 11,0 | 65 |
| Aanvoer van | Kippemest | Ton | 350 | 16,0 | 7,0 | 11,0 | 65 |

1) Mest èn gier, in de verhouding van 125:100 voor rundveedrijfmest en 65:100 voor varkensdrijfmest.
Bron: S.F. Kuipers, "Bemestingsleer".

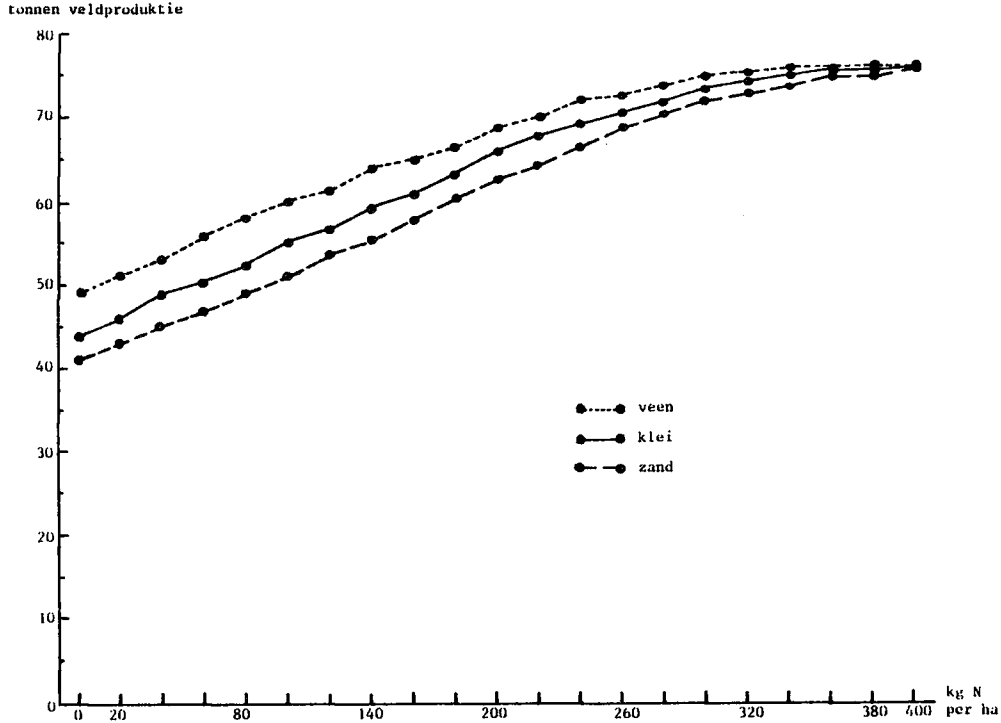
### 3.3.4 Opbrengsten van plantenteeltactiviteiten

Een van de meest tijdrovende onderdelen bij het invullen van het databestand van het model was dat met betrekking tot de relaties tussen het niveau van N-bemesting en het niveau van de kg-opbrengsten van de gewassen op de verschillende grondsoorten. Niet alleen waren deze gegevens nogal versnipperd beschikbaar, vaak moesten ze ook nog worden nabehandeld om ze op de vereiste noemer: die van de veldopbrengsten bij gemiddelde bedrijfs- en teeltomstandigheden, te krijgen.

De minste problemen deden zich nog voor bij het achterhalen van het gemiddeld stikstofeffect op grasland. Hiervoor waren gegevens voorhanden in de PR-publikatie "Handboek voor de Rundveehouderij 1974", welke zijn herleid tot de in grafiek 3.1 weergegeven relaties.

Voor de invulling van de stikstofeffecten bij akkerbouwgewassen werden bij het Instituut voor Bodemvruchtbaarheid gegevens opgevraagd van de daar in administratie zijn veeljarige proefvelden. Die velden waren uitgezet op zeekleigronden (o.a. Lovinkhoeve, Wieringerwerf, Bruinisse, Hornhuizen), rivierklei- en lössgronden (Randwijk, Ottersum) en op zand- en dalgronden (Heino, Maarheeze, Emmer- en Borgercompascuüm). Het door het I.B. verstrekte materiaal had overigens wel alleen betrekking op de "grotere" gewassen: de granen, de consumptieaardappelen en de suikerbieten.

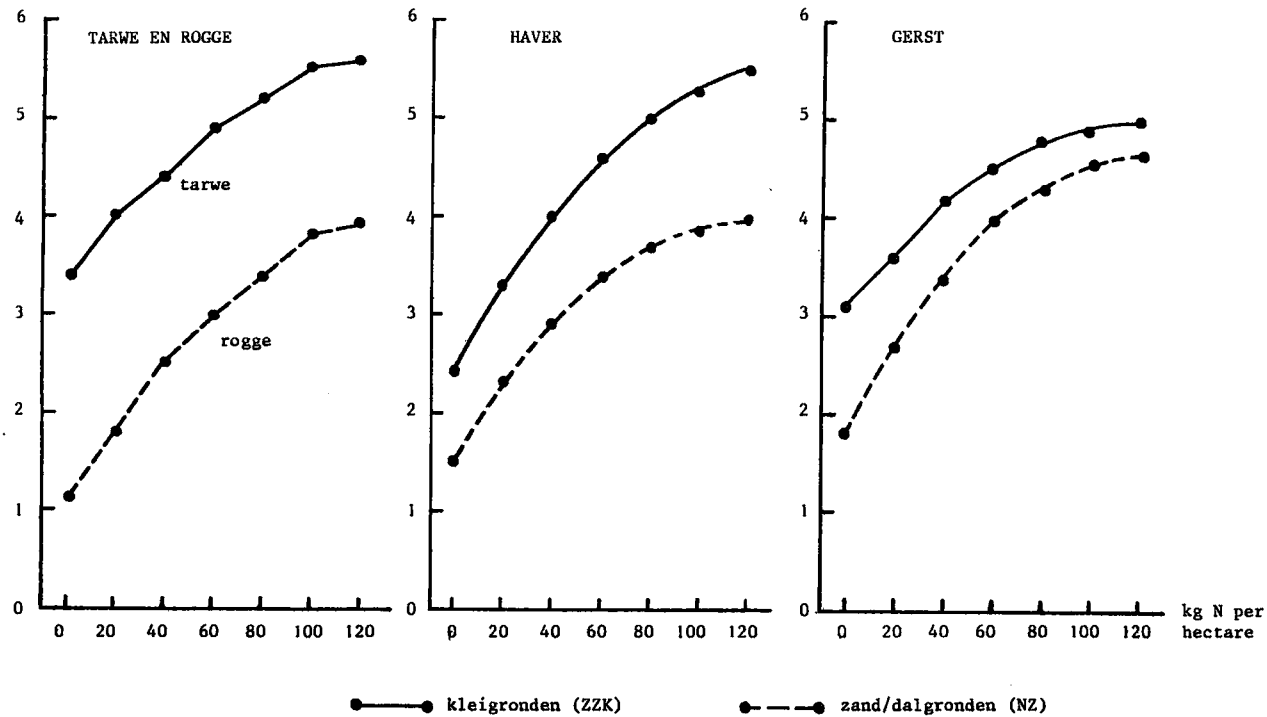
Grafiek 3.1 Relaties tussen stikstofgift en bruto-grasopbrengst op verschillende grondsoorten 1)




1) De bron zelf vermeldt het stikstofeffect in termen van netto-ZW-opbrengsten. Uitgaande van een gemiddelde ZW-inhoud van 106 per ton gras, 40% vertrappings- en bewaarverliezen op de bruto-veldopbrengst en netto-opbrengsten bij 0 N van 3100 ZW op veen, 2800 ZW op klei en 2600 ZW op zand, zijn deze gegevens herleid naar bruto-veldopbrengsten.

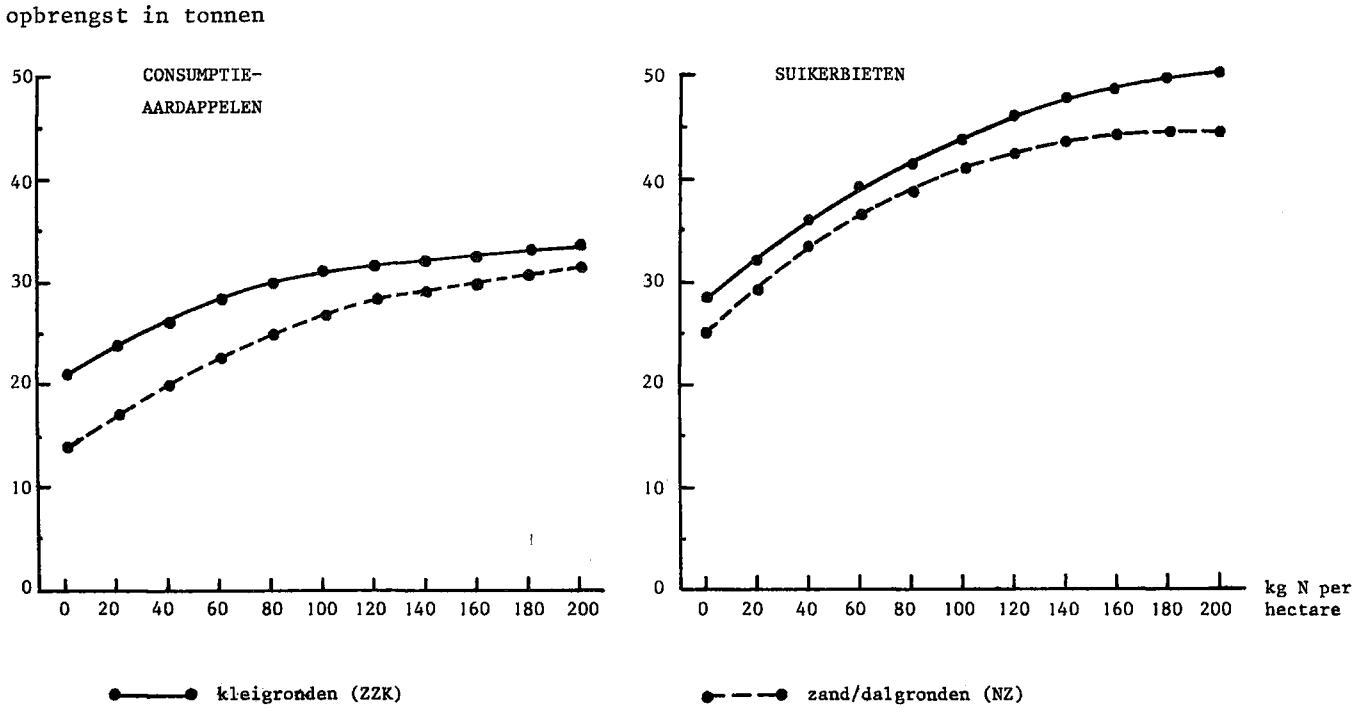
Bron: Proefstation Rundveehouderij, "Handboek voor de Rundveehouderij 1974".

Grafiek 3.2 De relatie tussen stikstofgift en korrelopbrengst van granen



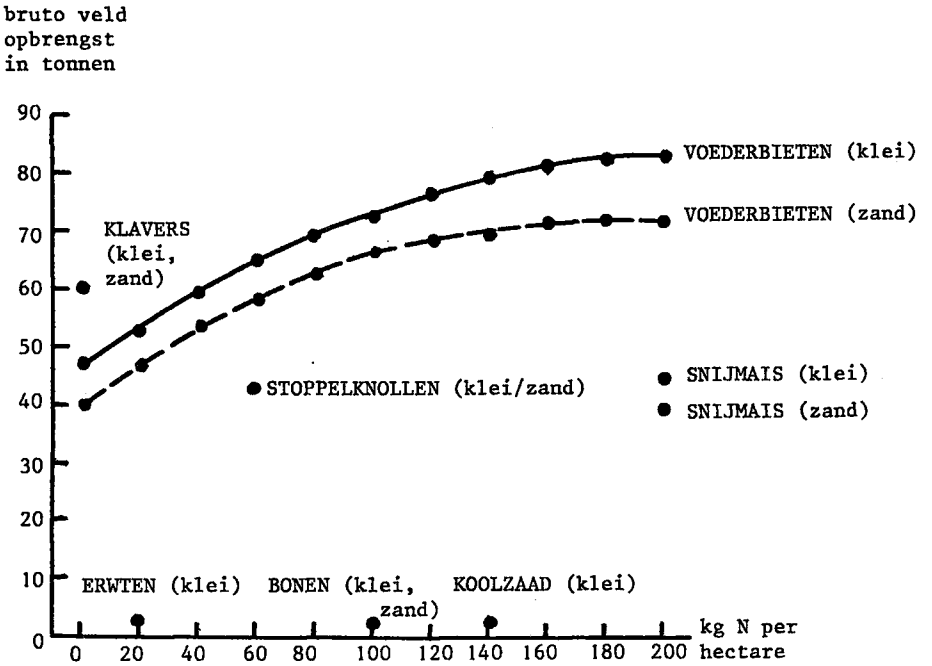

Bron: Berekend naar gegevens van het I.B. en PAGV.

Grafiek 3.3 De relatie tussen stikstofgift en veldopbrengst van consumptieaardappelen en suikerbieten




Bron: Berekend naar gegevens van het I.B. en PAGV.

Grafiek 3.4 De relatie tussen stikstofgift en veldopbrengst van peulvruchten, koolzaad, snijmais, stoppelknollen, klaver en voederbieten




1) In het "Handboek voor de Akkerbouw" worden de opbrengsten van de voedergewassen uitgedrukt in ZW. Voor de herrekening naar veldopbrengsten is uitgegaan van de volgende ZW-getallen per ton: voederbieten 92, snijmais 155. Voor klaver en stoppelknollen werden de veldopbrengsten als zodanig vermeld in het "Handboek voor de Rundveehouderij".

Bronnen: PAGV, "Handboek voor de Akkerbouw 1977/78".
PR, "Handboek voor de Rundveehouderij 1977".

Doordat de teeltomstandigheden bij gemiddelde bedrijfsvoering doorgaans minder zijn dan op proefvelden, mochten deze gegevens niet zonder meer worden geprojecteerd als de gemiddeld te verwachten stikstofeffecten bij akkerbouwgewassen. Ze zijn daarom herleid tot index-reeksen en in die vorm gekoppeld met gegevens over de huidige gemiddelde opbrengsten bij de huidige N-giften die voor de verschillende gewassen in de onderscheiden gebieden zijn vermeld in de PAGV-publikatie "Kwantitatieve Informatie voor de Akkerbouw en Groenteteelt in de Volle Grond 1977". Rekening houdend met de nodige reservering van opbrengsten (of grond) voor reproduktie via zaaizaad (pootgoed), zijn de netto-stikstofeffecten bij de genoemde gewassen ingerekend als in de grafieken 3.2 en 3.3 voor enkele representanten van de belangrijkste grondsoorten is geschetst. Uitdrukkelijk zij daarbij opgemerkt dat de in deze grafieken getekende concave relaties ceteris paribus gelden: zij zijn gemeten bij een constant niveau van de techniek - namelijk het niveau uit het midden van de jaren zeventig. In de tijd gezien: dus bij veranderende techniek in de vorm van rassenverbetering e.d., is het verloop van deze relaties daarentegen convex.

Zoals opgemerkt waren voor de "kleinere" gewassen: droge peulvruchten, klavers, voederbieten en stoppelknollen, en ook voor de snijmais geen gegevens uit stikstofproefvelden voorhanden. Met uitzondering van de voederbieten, waarvoor de stikstofeffect-indices van de suikerbieten "model" stonden, is voor die gewassen daarom uitgegaan van één niveau van kg-opbrengsten: het niveau dat volgens het "Handboek etc." samengaat met het nu gebruikelijke niveau van N-bemesting. Welke cijfers hiervoor in het model werden gehanteerd valt af te lezen uit grafiek 3.4.

Een aantal van de voornoemde gewassen levert behalve een hoofdprodukt ook nog een bijprodukt op in de vorm van stro en bietenkoppen/blad. Dat bijprodukt kan bijspringen in de voedervoorziening van het rundvee. Voor zover dat mogelijk was is ook voor die bijprodukten een stikstofeffect ingerekend en wel een effect ter grootte van het effect op het hoofdprodukt.

## 3.4 Data in het onderdeel "Veehouderij"

### 3.4.1 Energieverbruik van veehouderijactiviteiten

Het energieverbruik dat door veehouderijactiviteiten wordt opgeroepen vinden we weer terug in de doelfunctiecoëfficiënten van deze activiteiten. Voorzover het althans gaat om het directe verbruik. Het - overigens veel omvangrijker - indirecte verbruik: dat via de voedermiddelen, wordt gegenereerd via de technische coëfficiënten, die in de randvoorwaarden gekoppeld zijn met energieverbruikende toeleverende activiteiten: plantenteelt, processing en transport.

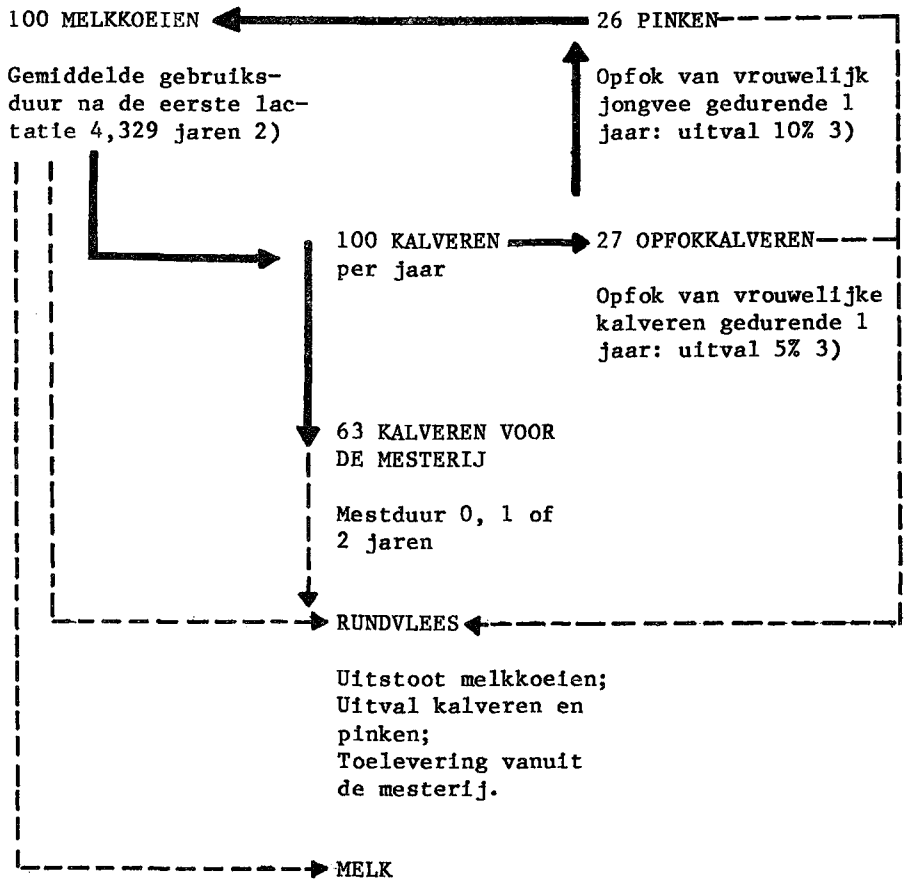
Directe energie wordt in de veehouderij merendeels verbruikt in de vorm van electra. Lange geeft daarover in "De electriciteit in de akkerbouw en de veehouderij" de volgende jaarlijkse verbruikscijfers op: 331 Kwu/koe, 99 Kwu/fokzeugplaats, 23 Kwu/mestvarkenplaats, 2,2 Kwu/leghenplaats, 1,13 Kwu/slachtkuikenplaats en 0,79 Kwu/ei-inlegplaats (broedeieren). Deze cijfers slaan met name op het verbruik door werktuigen en vaste installaties. Voor sommige veehouderijvormen vindt daarnaast nog stalverwarming plaats, electrisch dan wel gasgestookt. Stalverwarming via electra komt voornamelijk voor op bedrijven met fokzeugen en is in het bovenstaande verbruikcijfer verdisconteerd. Stalverwarming via gas komt vooral voor op pluimveemesterijbedrijven en wordt in de publikatie "Energieverbruik in de pluimveehouderij" van het Consulentschap Pluimveehouderij geraamd op circa 49 MJ per slachtkuikenplaats. Ook op sommige varkensbedrijven wordt gas verbruikt voor verwarming - op andere echter weer niet. In het model is van dit verbruik afgezien, evenals van een mogelijk verbruik in de sfeer van de rundveemesterij.

Voor de vertaling van deze gegevens naar de in ons model gebruikte eenheden veehouderijactiviteit is het eerst nodig deze laatste eenheden hier wat nader te omschrijven. Veehouderijactiviteiten zijn in het model uitgedrukt in termen van een gegeven aantal op jaarbasis aanwezige produktiedieren met hun regeneratieaanhang: 100 melkkoeien + jongvee, 1000 leghennen + moederdieren - dan wel in termen van een gegeven aantal op jaarbasis aanwezige regeneratiedieren met produktieaanhang: 100 fokzeugen + mestvarkens, 100 slachtkuikenmoederdieren + slachtkuikens. Alleen de rundveemesterij is iets anders gedefiniëerd, n.l. in termen van 100 stuks jaarlijks voor (verschillende duurtes van) vetweiderij ingezette kalveren. Onder verwijzing naar het in de schema's 3.1 t/m 3.4 geschetste normale demografische verloop binnen de "aangeklede" activiteiten, zijn de bovengenoemde energieverbruikcijfers dan als doelfunctiecoëfficiënten van de verschillende veehouderijvormen toegerekend als in tabel 3.7 is verwoord.

Tabel 3.7 Energiebeslagcoëfficiënten bij veehouderij

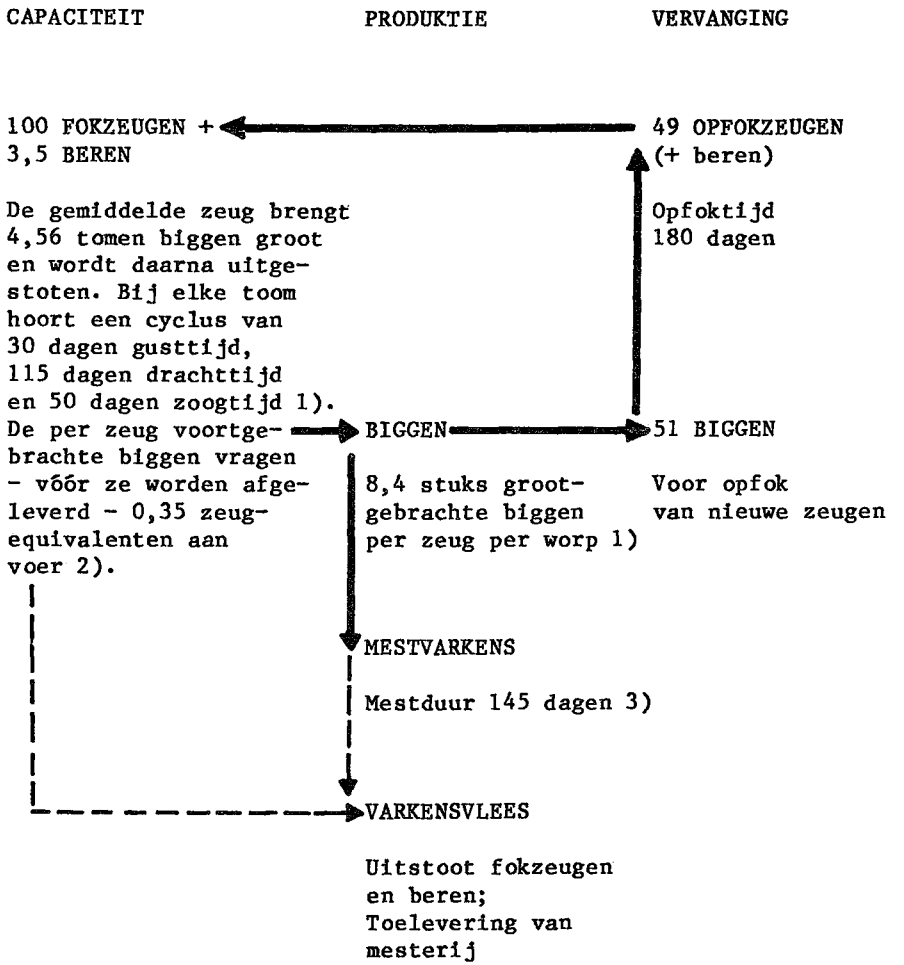
| Activiteit | Eenheid | Coëfficiënt in a.e. | Als gevolg van |
|---|---|---|---|
| Melkveehouderij | 100 koeien | 10.592 | Electraverbruik |
| Rundveemesterij | 100 ingezette kalveren | 0 | |
| Varkenshouderij | 100 fokzeugen | 7.775 | Electraverbruik |
| Slachtpluimveehouderij | 100 moederdieren | 5.206 | Electraverbruik, verwarming |
| Legpluimveehouderij | 1000 leghennen | 1.038 | Electraverbruik |

Schema 3.1 Het verloop van het demografisch proces binnen de melkveehouderij en rundveemesterij 1)



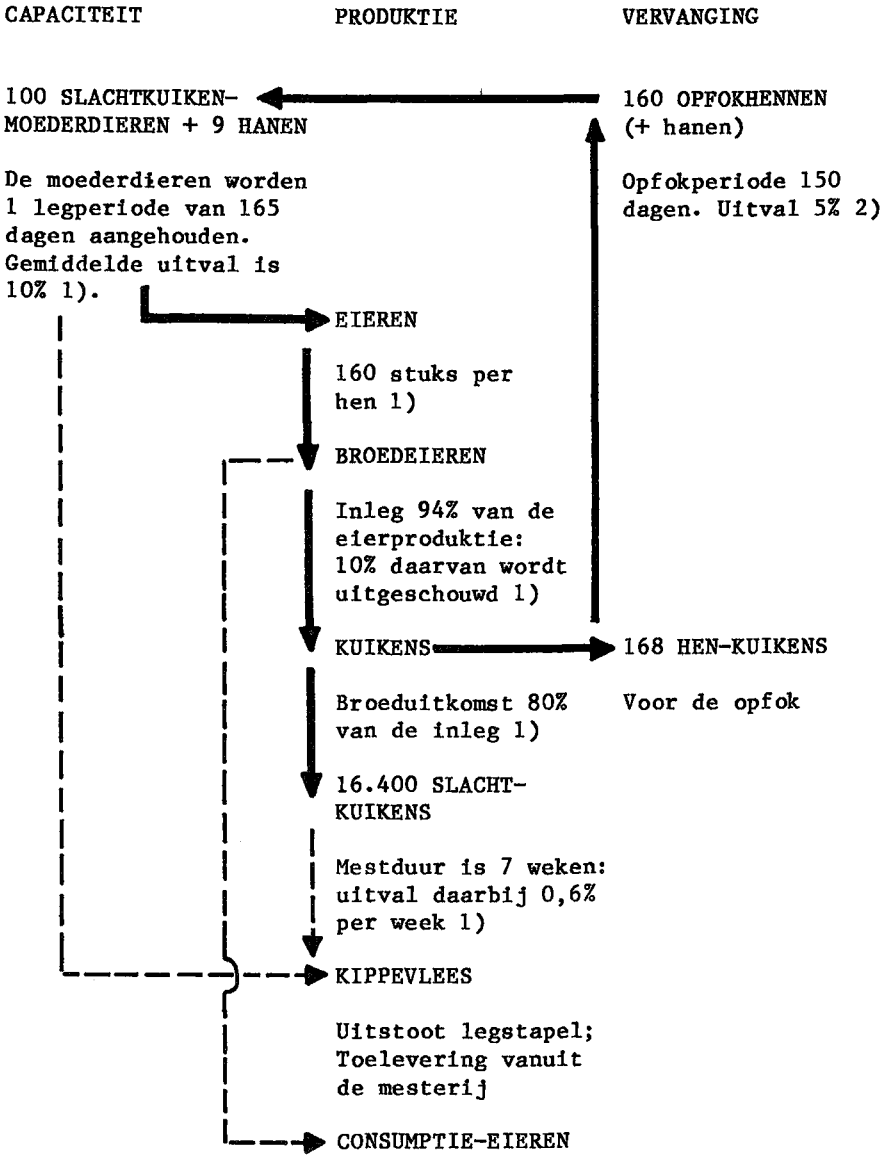

1) De indeling in capaciteit-produktie-vervanging in deze schema's is overgenomen uit W. Horn, "Het aanbod van varkens in Nederland".
2) Uit J.A. Renkema en J. Stelwagen, "De gebruiksduur van melkvee en zijn economische betekenis".
3) Volgens opgave van L. v.d. Giessen (LEI).

Schema 3.2 Het verloop van het demografisch proces binnen de varkenshouderij



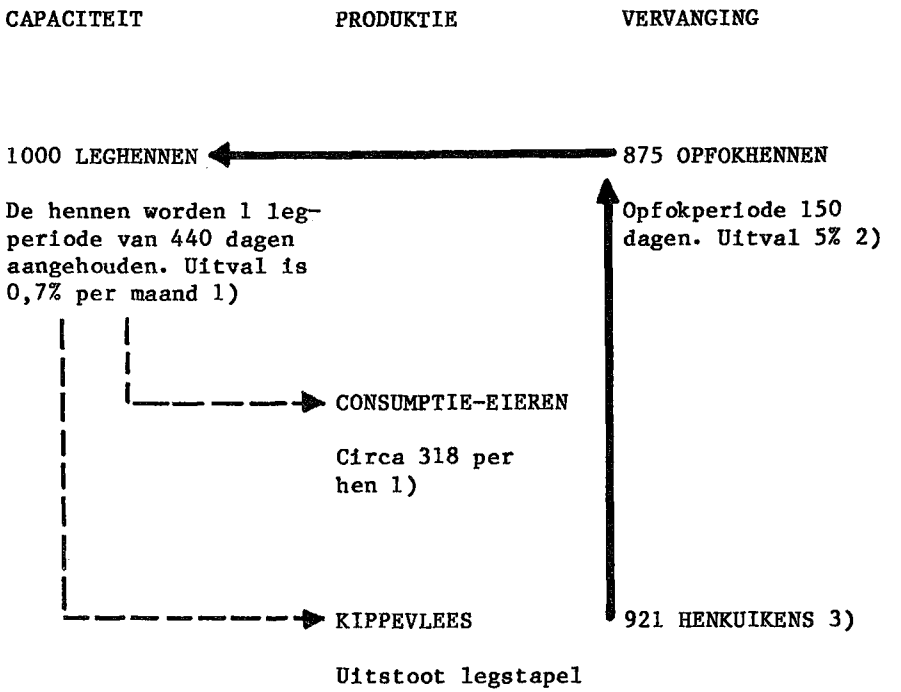

1) Berekend naar gegevens in "Handboekje voor de Varkenshouderij 1977" van het Consulentschap in Algemene Dienst voor de Varkenshouderij.
2) Volgens opgave van H. Dröge (LEI).
3) "Voedernormen voor landbouwhuisdieren. Verkorte tabel 1977", Centraal Veevoederbureau in Nederland.

Schema 3.3 Het verloop van het demografisch proces binnen de slachtpluimveehouderij




1) Berekend naar gegevens in "Slachtkuikens 1977", J. Verduyn (LEI) en opgaven van M. Vervoort (LEI).
2) Berekend naar gegevens in "Vademecum Pluimveehouderij", Rijksvoorlichtingsdienst voor de pluimveeteelt.

Schema 3.4 Het verloop van het demografisch proces binnen de legpluimveehouderij




1) Berekend naar gegevens in "Legkippen 1978", G. Scheer (LEI) en opgaven van M. Vervoort (LEI).
2) Berekend naar gegevens in "Jaarverslag 1976" van de Stichting Fokkerijwezen Pluimveehouderij.
3) De regeneratie van de vervangingsstapel is verder buiten beschouwing gelaten.

Bij een en ander kan nog worden opgemerkt dat in buitenlandse literatuur dienaangaande (Wenner, Hollmann) verbruikscores worden vermeld die doorgaans iets hoger liggen. De verschillen zijn echter aanzienlijk minder dan de verschillen ten aanzien van het bij plantenteeltactiviteiten gemeten energieverbruik.

### 3.4.2 Voederwaarden

Pakken we, na deze escapade over de doelfunctiecoëfficiënten, de draad weer op bij de in bijlage 1 van "Horizonten etc." gespecificeerde randvoorwaarden in het veehouderijblok van het model: de vergelijkingen (9) t/m (18), dan zien we daarin een hele reeks van data verschijnen. Deels zijn die direct gekoppeld aan de veehouderijactiviteiten sèc, deels ook aan hun complementen in het onderdeel "vervoedering". Van deze laatste wordt overigens aangenomen dat ze op zichzelf geen extra verbruik van energie oproepen, zodat hun doelfunctiecoëfficiënten dus een nulwaarde hebben.

Lopen we die vergelijkingen successievelijk af, dan treffen we data aan over de volgende onderwerpen: verliezen door bewaring van voedermiddelen (9), nutriënt-waarden van voedermiddelen en nutriënt-behoeften van veehouderijvormen (10 t/m 12), maximumgrenzen aan de opnamecapaciteit van rundvee voor ruwvoeders e.a. (13, 14), voortbrenging van en vraag naar intermediaire produkten (15 t/m 17) en, tenslotte, voortbrenging van landbouw-finale produkten (18).

De uit de plantenteelt of processingfase vrijkomende voedermiddelen worden via transportactiviteiten naar de veehouderijbestemming(en) gesluisd. Tussen de aanvoer van veldopbrengsten of bijprodukten en het feitelijk verbruik ervan door het vee zit behalve een transportschakel ook een tijdschakel: de brug tussen de vaak seizoensafhankelijke aanvoer en het meer continue verbruik wordt gevormd door de bewaring. Afhankelijk van de bewaareigenschappen van de diverse produkten betekent dat, dat er verliezen optreden van volume, van inhoud, of beide. Aan de hand van enkele vuistregels met betrekking tot de bruto:netto-verhouding bij conservering van ruwvoedermiddelen in het "Handboek voor de Rundveehouderij" en een serie eigen inschattingen, werden in het model de in tabel 3.8 vermelde percentages van de veldopbrengsten uit paragraaf 3.3 als verliezen ingerekend.

De waarde van de voedermiddelen wordt in het model afgemeten aan de daarin besloten hoeveelheden voederenergie en voedereiwit. In navolging van de literatuur is er verder nog verbijzonderd naar VoederEenheden Melk (VEM), VoederEenheden Vleesvee-Intensief (VEVI), EnergieWaarde voor varkens (EW) en Kcal Omzetbare Energie voor pluimvee (OE): voor wat betreft de energiecomponent - en naar Voedernorm RuwEiwit voor rundvee (VRE-r), Voedernorm RuwEiwit voor varkens (VRE-v) en RuwEiwit voor pluimvee (RE): wat be-

Tabel 3.8 Aangenomen gemiddelde verliezen door bewaring van voedermiddelen

| Voedermiddel (soort) | Verlies als % aanvoer | Als gevolg van |
|---|---|---|
| Granen, peulvruchten, graan/oliezadenschroot, gedroogde bietenpulp | 0% | |
| Aardappelen, snijmais, voederbieten, wei | 20% | Bewaring |
| Graanstro, peulvruchtenstro, natte bietenpulp | 30% | Bewaring, vermorsing |
| Gras, klaver, stoppelknollen + blad, bietenkoppen + blad | 40% | Vertrapping, bewaring en vermorsing |

treft de eiwitcomponent. Zonder hier verder in detail op dit onderscheid in te gaan, kan worden opgemerkt dat het terugvoert op de verschillen in efficiëncy waarmee melkvee, vleesvee, varkens en pluimvee de diverse bestanddelen van het voer (vetten, eiwitten, ruwe celstof, overige koolhydraten) kunnen omzetten in onderhoud, aanwas en produktie. Een meer gedetailleerde verklaring is te vinden in de toelichting op de "Veevoedertabel" van het Centraal Veevoederbureau in Nederland.

Behalve naar hun energie- en eiwitinhoud worden de voedermiddelen in het model ook nog bekeken naar hun eiwitsamenstelling, c.q. hun inhoud aan lysine, methionine en cystine, als ook naar hun inhoud aan (voor rundvee) onverteerbare droge stof. De genoemde aminozuren zijn vooral van belang voor varkens en pluimvee, welke diersoorten niet zelf in staat zijn deze voor groei en produktie nodige eiwitonderdelen aan te maken uit andere in het voedermiddel aanwezige stikstofverbindingen. Wat betreft het gehalte aan onverteerbare bestanddelen in rundveevoeders: rundvee kan veel meer ruwe produkten als stro en bladresten, aan dan de andere diersoorten - gegeven onze probleemstelling ligt het voor de hand dat deze optie zeker door het model zal worden aangegrepen - maar er is wel een grens. Die grens hebben we, conform een advies van A. Eriks (LEI), gelegd bij een hoeveelheid van 4,3 kg onverteerbaar droog materiaal per grootveeëenheid per dag. Aan de hand van de voor de verschillende voederbestanddelen per voedermiddel aangegeven verteringscoëfficiënten volgens de "Veevoedertabel", kon vervolgens ook voor elk in het model meelopend voedermiddel het gehalte aan onverteerbare droge stof worden berekend.

Tabel 3.9 Technische coëfficiënten m.b.t. de inhoud van de in het model meegenomen voedermiddelen aan voederwaarden

| Voedermiddel | Eenheid | Energie-inhoud | | | | Eiwitinhoud en -samenstelling | | | | | Onverteerbare droge stof in kg |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | MEGA VEM | MEGA VEVI | KILO EW | GIGA calOE | kg VRE-r | kg VRE-v | kg RE | kg LYSINE | kg METHIONINE + CYSTINE | |
| Tarwe | Ton | 1,036 | 1,150 | 1,100 | 2,890 | 80 | 91 | 104 | 3,1 | 4,3 | 89 |
| Haver | Ton | 0,824 | 0,863 | 0,880 | 2,510 | 83 | 87 | 107 | 4,0 | 4,5 | 243 |
| Gerst | Ton | 0,934 | 1,019 | 1,010 | 2,683 | 84 | 91 | 114 | 4,3 | 4,7 | 144 |
| Rogge | Ton | 0,979 | 1,082 | 1,040 | 2,660 | 67 | 80 | 95 | 3,7 | 4,4 | 108 |
| Graanstro | Ton | 0,370 | 0,306 | - | - | 6 | - | - | - | - | 512 |
| Erwten | Ton | 0,972 | 1,054 | 1,030 | 2,490 | 196 | 201 | 228 | 16,9 | 5,5 | 131 |
| Bonen | Ton | 0,977 | 1,060 | 1,020 | 2,520 | 185 | 177 | 218 | 14,4 | 5,0 | 149 |
| Peulvruchtenstro | Ton | 0,458 | 0,391 | - | - | 46 | - | - | - | - | 458 |
| Aardappelen | Ton | 0,231 | 0,256 | 0,265 | - | 13 | 8 | - | 0,0 | 0,0 | 35 |
| Bietenkop/blad | Ton | 0,114 | 0,102 | - | - | 13 | - | - | - | - | 85 |
| Gras(weide/kuil) | Ton | 0,158 | 0,160 | - | - | 23 | - | - | - | - | 57 |
| Snijmais | Ton | 0,247 | 0,254 | - | - | 14 | - | - | - | - | 83 |
| Voederbieten | Ton | 0,159 | 0,178 | 0,163 | - | 10 | 7 | - | 0,0 | 0,0 | 24 |
| Klaver | Ton | 0,174 | 0,177 | - | - | 34 | - | - | - | - | 69 |
| Stoppelknollen+blad | Ton | 0,110 | 0,105 | - | - | 19 | - | - | - | - | 72 |
| Afval maïsverwerking | Ton | 0,502 | 0,445 | 0,430 | - | 22 | 22 | - | 0,9 | 1,1 | 503 |
| Afval gerstverwerking | Ton | 0,572 | 0,535 | 0,500 | 1,190 | 64 | 57 | 75 | 3,4 | 3,3 | 444 |
| Natte bietenpulp | Ton | 0,104 | 0,113 | 0,099 | - | 5 | 4 | - | 0,5 | 0,3 | 19 |
| Droge bietenpulp | Ton | 0,925 | 1,001 | 0,880 | - | 52 | 34 | - | 4,8 | 2,6 | 174 |
| Koolzaadschroot | Ton | 0,812 | 0,820 | 0,800 | 1,750 | 299 | 292 | 360 | 18,0 | 16,6 | 289 |
| Natte wei | Ton | 0,065 | 0,073 | 0,070 | - | 7 | 7 | - | 0,6 | 0,3 | 9 |

- = Deze voedermiddelen hebben voor de diersoort waarvoor de energie/eiwitwaarde is gespecificeerd geen betekenis.

Bron: Centraal Veevoederbureau in Nederland, "Voedernormen voor de landbouwhuisdieren en voederwaarde van veevoeders - verkorte tabel 1977", idem, "Veevoedertabel - gegevens over voederwaarde, verteerbaarheid en samenstelling".

Op grond van het bovenstaande is de inhoud van de in het model opgenomen voedermiddelen benoemd als en gedifferentiëerd naar de in tabel 3.9 vermelde kengetallen.

### 3.4.3 Voederbehoeften

De inhoud van de voedermiddelen aan voederwaarden wordt geplaatst tegenover de vraag die de verschillende diersoorten naar die waarden uitoefenen. Voor varkens en pluimvee konden deze behoeften per eenheid activiteit worden afgeleid uit de "Voedernormen voor de landbouwhuisdieren" van het Centraal Veevoederbureau enerzijds en het in de schema's 3.2 t/m 3.4 geschetste verloop binnen de capaciteits-, produktie- en vervangingsfasen anderzijds. Voor het rundvee lag de situatie iets gecompliceerder, omdat voor die veesoort in het model nog een aantal extra keuzemomenten zijn ingebracht: meer of minder melk voortbrengen, respectievelijk korter of langer mesten. Wat betreft de melkproduktie lag de reden voor die extra keuzemomenten in de voornoemde beperkte opnamecapaciteit voor onverteerbare bestanddelen. Zouden we zijn uitgegaan van alleen het produktieniveau dat midden jaren zeventig "normaal" was (circa 4700 kg per koe per jaar), dan zou dat immers automatisch hebben betekend dat rantsoenen met zeer veel (niet of minder met de humane voeding concurrerende) ruwvoederprodukten tegen zo'n capaciteitsgrens aanlopen - en dus niet kunnen worden verkozen. Om het model in deze meer beweeglijkheid te geven zijn er ook een tweetal lagere produktieniveaus als mogelijkheid ingebracht: 4500 respectievelijk 4300 kg melk per koe per jaar. Om een analoge reden is ook voor het mestrundvee een drietal produktie"trappen" aangehouden, zodat het model ruimte heeft om een afweging te maken tussen vleesproduktie en voederregimes aan de ene kant en aanvoer van in de melkveehouderij overbodige kalveren anderzijds: nuchter slachten, 1 jaar mesten dan wel 2 jaar mesten.

Tegen deze achtergrond zijn, aan de hand van de "Voedernormen ect.", de behoeften van de diverse veehouderijactiviteiten berekend zoals in tabel 3.10 is weergegeven.

De confrontatie van de voederwaarden en de voederbehoeften zal - zo wordt verondersteld - bij de intensieve veehouderijvormen leiden tot een niet alleen genoegzaam maar ook evenwichtig rantsoen. Deze aanname lijkt door de uitkomsten van de gedraaide scenario's ook niet te worden geloochenstraft. Alleen voor het rundveerantsoen zijn nog een aantal extra condities ten aanzien van de samenstelling van kracht. Die voeren zowel terug naar de beperkte opnamecapaciteit voor onverteerbare bestanddelen, alsook naar de negatieve fysiologische effecten die overdosering met bepaalde voedermiddelen tot gevolg kan hebben: "branderigheid", "windzucht", etc. In tabel 3.11 is aangegeven welke produkten in het rantsoen zijn beperkt en tot hoever die beperking per eenheid rundveehouderijactiviteit in het model gaat.

Tabel 3.10 Technische coëfficiënten m.b.t. de behoeften van de onderscheiden veehouderijactiviteiten aan voederwaarden

| Activiteit | Niveau | Ingerekende voederbehoeften | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | energie | eenheid | eiwit | eenheid |
| 100 koeien + aanhang | 430 ton melk | 473,86 | MEGA-VEM | 51,71 | TON VRE-r |
| | 450 ton melk | 483,07 | MEGA-VEM | 52,97 | TON VRE-r |
| | 470 ton melk | 492,29 | MEGA-VEM | 54,23 | TON VRE-r |
| 100 mesterij-kalveren | 0 mestdagen | 0 | MEGA-VEVI | 0 | TON VRE-r |
| | 1 jaar mesten | 89,83 | MEGA-VEVI | 11,43 | TON VRE-r |
| | 2 jaar mesten | 353,17 | MEGA-VEVI | 31,97 | TON VRE-r |
| 100 fokzeugen + aanhang | - | 663,70 | KILO-EW | 82,99 | TON VRE-v |
| 100 slacht-kuikenmoeder-dieren + aanhang | - | 166,65 | GIGA-CAL OE | 11,30 | TON RE |
| 1000 leghennen + aanhang | - | 147,57 | GIGA-CAL OE | 8,67 | TON RE |

Bron: Berekend uit "Voedernormen voor de landbouwhuisdieren", Centraal Veevoederbureau in Nederland.

Tabel 3.11 Technische coëfficiënten m.b.t. het maximale aandeel van bepaalde voedermiddelen in het rantsoen van rundvee

| Voedermiddel | Maximale verstrekking in tonnen per jaar aan: | | |
|---|---|---|---|
| | 100 koeien + aanhang | 100 mesterij-kalveren bij 1 jaar mesten | 100 mesterij-kalveren bij 2 jaar mesten |
| Onverteerbare droge stof | 186,00 | 45,80 | 177,60 |
| Rogge, koolzaadschroot | 86,44 | 21,28 | 82,68 |
| Aardappelen | 302,55 | 74,48 | 289,38 |
| Voederbieten, klaver, wei | 1296,63 | 319,19 | 1240,20 |
| Bietekoppen + blad | 1728,84 | 425,59 | 1653,60 |
| Stoppelknollen + blad | 1080,20 | 265,99 | 1033,50 |

Bron: Berekend aan de hand van normen per g.v.e., opgegeven door S. de Jong, Centraal Veevoederbureau in Nederland en A. Eriks, Landbouw-Economisch Instituut.

### 3.4.4 Opbrengsten van veehouderijactiviteiten

We zijn dan tenslotte aanbeland bij het laatste onderdeel van de databasis van het veehouderijblok: de per eenheid activiteit te verwachten opbrengsten aan hoofd- en bijprodukten: melk, kalveren, vleessoorten, consumptie-eieren en dierlijke mestsoorten. In tabel 3.12 wordt een overzicht gegeven van de hoeveelheden van die produkten die per eenheid veehouderijactiviteit mogen worden verwacht. Voor een aanduiding van de wijze waarop deze cijfers tot stand zijn gekomen lopen we de onderdelen van het overzicht hieronder nog eens af.

Melk

Zoals hiervoor reeds werd aangegeven is het niveau van de melkproduktie gesteld op 4.7, 4.5 of 4.3 ton melk per koe per jaar. Voor de opstart van de voor de regeneratie nodige kalveren is een aftrekpost van 10 ton melk per eenheid melkveehouderijactiviteit ingerekend, zodat de netto-produktie uitkomt op een peil van 460, 440 of 420 ton per jaar. Voorzover die hoeveelheid niet wordt aangesproken voor de opstart van de kalveren in de mesterijfase (35 ton per 100 aangehouden dieren) kan de melk direct aan de zuivelfabrieken worden geleverd.

Tabel 3.12 De per eenheid veehouderijactiviteit ingerekende fysieke opbrengsten

| Activiteit | Verwachte opbrengsten in tonnen: 1) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | melk | kalveren | vlees | eieren | mest |
| 100 koeien | 430 - 10 | 63 | 8,30 | | 1080 |
| + aanhang | 450 - 10 | 63 | 8,30 | | 1080 |
| | 470 - 10 | 63 | 8,30 | | 1080 |
| 100 mesterijkalveren | - 0 | -100 | 2,44 | | 0 |
| | - 35 | -100 | 18,32 | | 292 |
| | - 35 | -100 | 36,63 | | 1044 |
| 100 fokzeugen + aanhang | | | 150,34 | | 1430 |
| 100 slachtkuiken-moederdieren + aanhang | | | 16,31 | 2,00 | 14 |
| 1000 leghennen + aanhang | | | 1,10 | 15,52 | 36 |

1) Kalveren in aantallen stuks.

Kalveren

Uit schema 3.1 blijkt dat er per 100 koeien 63 kalveren beschikbaar komen voor de mesterijfase. Deze laatste is weer uitgedrukt in eenheden van 100 stuks ingezette dieren die of nuchter kunnen worden geslacht, dan wel gedurende één of twee jaren kunnen worden gebruikt voor de vetweiderij. Mesterij op "melk"-basis - nu erg gangbaar - wordt voor autarkische omstandigheden niet opportuun geacht.

Vlees

De in tabel 3.12 vermelde volumina hebben betrekking op de hoeveelheden geslacht gewicht inclusief been, afsnijvetten en consumabele slachtafvallen (orgaanvlees, los slachtvet). Het voert te ver om hier in detail in te gaan op de rekengang waarlangs dit is becijferd. Volstaan wordt met het noemen van de belangrijkste publikaties waaraan de gebruikte gegevens werden ontleend: "Voedernormen voor de landbouwhuisdieren, verkorte tabel 1977" van het Centraal Veevoederbureau in Nederland; "Rapport inzake produktie en consumptie van vlees 1955-1967" van het Produktschap voor Vee en Vlees; "Vademecum Pluimveehouderij" van de Rijksvoorlichtingsdienst voor de Pluimveeteelt; en - tenslotte - "Landbouwcijfers 1977" van het Landbouw-Economisch Instituut. De opstelling in tabel 3.12 zou nog de suggestie kunnen wekken dat alle vlees op één noemer is gebracht. Vanwege de verschillende voedingswaarden van de diverse vleessoorten wordt in het model echter wel degelijk met meerdere maten gemeten: er wordt onderscheid gemaakt tussen rundvlees, varkensvlees en pluimveevlees.

Eieren

De volumina in tabel 3.12 hebben uitsluitend betrekking op consumptie-eieren. De belangrijkste producent is natuurlijk de legpluimveehouderij; daarnaast vindt er ook enige toelevering plaats vanuit de legstapel van de slachtkuikensector.

Mest

Ook de dierlijke mest wordt in het model niet op één hoop gegooid, maar onderscheiden naar rundveemest, varkensmest en kippemest. De vermelde volumina zijn becijferd aan de hand van normen in de volgende publikaties: S.F. Kuipers, "Bemestingsleer"; Consulentschap in Algemene Dienst voor de Varkenshouderij, "Handboekje voor de varkenshouderij 1977"; Rijksvoorlichtingsdienst voor de Pluimveeteelt, "Vademecum Pluimveehouderij".

Tabel 3.13 Technische coëfficiënten m.b.t. het energieverbruik en het fysieke rendement bij industriële verwerking van granen, oliezaden, suikerbieten en melk

| Tonnen grondstof | Tonnen tussenprodukten | Tonnen eindprodukten | Aardgasequivalenten energie voor procesgang 1) |
|---|---|---|---|
| 1,00 tarwe | | 1,44 volkorenbrood | 111 totaal |
| 1,00 rogge | | 1,50 roggebrood | Idem |
| 1,00 haver | | 0,65 havermout + 0,35 moutafval | Idem |
| 1,00 gerst | | 0,70 gort + 0,30 gerstepelafval | Idem |
| 1,00 koolzaad | | 0,44 margarine + 0,60 koolzaadschroot | 98 totaal |
| 1,00 suikerbiet | | 0,135 witsuiker + 0,60 natte pulp | 46 voor witsuikerproduktie |
| | 1,00 natte pulp | 0,10 droge pulp | 32 voor pulpdroging |
| 1,00 melk | 0,04 wbvet + 0,96 ondmelk 2) | | 16 voor algemeen fabrieksgedeelte |
| | 0,04 wbvet + 0,96 ondmelk | 1,00 volle consumptiemelk | 44 voor consumptiemelkbereiding |
| | 1,00 ondmelk | 1,00 magere consumptiemelk | Idem |
| | 0,29 wbvet + 9,01 ondmelk | 1,00 volvette kaas + 8,30 wei | 192 voor kaasbereiding |
| | 14,00 ondmelk | 1,00 magere kaas + 13,00 wei | Idem |
| | 0,26 wbvet + 7,98 ondmelk | 1,00 vol poeder | 463 voor poederbereiding |
| | 10,82 ondmelk | 1,00 mager poeder | Idem |
| | 0,83 wbvet + 0,17 ondmelk | 1,00 boter | 39 voor boterbereiding |

1) De gegevens hebben alleen betrekking op het directe energieverbruik in de procesgang.
2) wbvet = winbaar vet; ondmelk = ondermelk

Bronnen: Berekend aan de hand van gegevens in "Landbouwcijfers", 1977 t/m 1980, LEI, en opgaven van de volgende personen: J. de Vries - Instituut voor Graan Meel en Brood TNO; F. Bruckman - Oil Milling Division Unimills; L. Giljam - Suiker Unie; J. Pierot en H. Broekhuijse - Produktschap voor Zuivel.

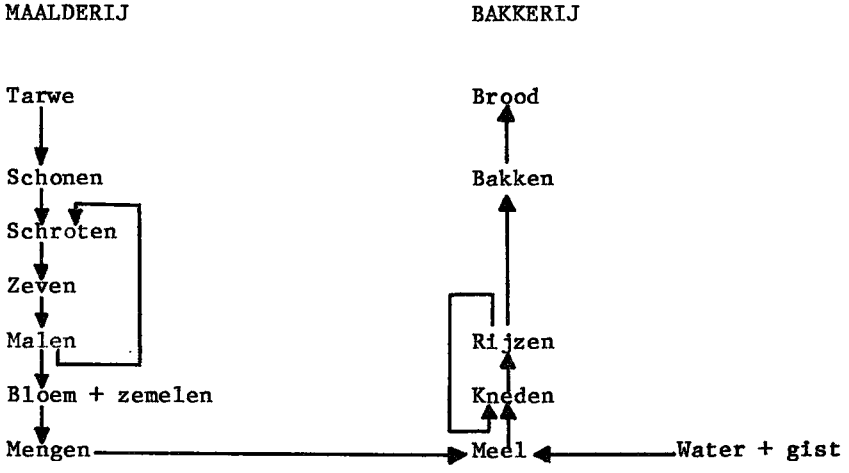
## 3.5 Data in het onderdeel "Processing"

De voor finaal verbruik bestemde voortbrengselen van plantenteelt- en veehouderijactiviteiten worden, voorzover ze zijn uitgedrukt in eenheden van een nog niet direct consumabele vorm, doorgestuurd naar het activiteitenblok "Processing". In het model omvat dat blok de volgende onderdelen: graanverwerking, oliezadenverwerking, suikerbietenverwerking en melkverwerking. Volgens bijlage 1 van "Horizonten etc." omvat het databestand voor deze activiteitengroepen slechts twee soorten gegevens: over het per ton eindprodukt opgeroepen energieverbruik (vergelijking 30) en over het gemiddelde fysieke rendement bij de verwerking van de aangevoerde grondstoffen (vergelijkingen 20 t/m 24). Beide soorten van gegevens en de bronvermeldingen zijn opgenomen in de overzichtstabel 3.13. Ter toelichting op dit overzicht is het wellicht nuttig hier iets meer in detail in te gaan op de verschillende bewerkingsgangen die de grondstoffen moeten ondergaan voordat zij als consumabel produkt vorm hebben gekregen. We lopen de in de tabel genoemde grondstoffen daarvoor successievelijk af.

### Granen

In het model kunnen uit granen 4 soorten voedingsmiddelen worden gewonnen: volkorenbrood, roggebrood, havermout en gort. Bij gebrek aan gegevens m.b.t. het gemiddeld te verwachten energieverbruik bij de "kleinere" produkties uit dit scala, is verondersteld dat dit verbruik gelijk zal zijn aan dat bij de broodbereiding. Wel hebben die "kleinere" produkties een ander fysiek rendement.

Schema 3.5 Verloop van het verwerkingsproces van tarwe

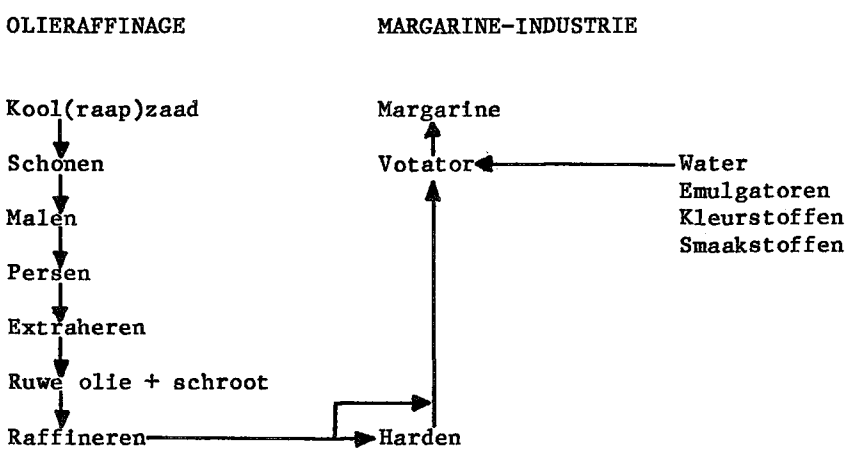


De broodbereiding vindt gefaseerd plaats in een maalderij- en bakkerijfase, zoals in schema 3.5 is weergegeven. In de maalderij wordt de tarwe na geschoond te zijn een aantal keren geschroot, gezeefd en gemalen, waardoor bloem- en zemeldelen worden gescheiden. Na afloop van dit proces worden beide onderdelen gemengd tot volkorenmeel dat - onder toevoeging van water, zout en gist - in de bakkerijfase een aantal malen wordt gekneed en tenslotte gebakken. Uiteindelijk resulteert zo uit 1 ton tarwe een hoeveelheid van rond 1800 broden (800 gram). In dit totale verwerkingsproces wordt naast gas (circa 80 m3 per ton tarwe) ook veel electra verbruikt voor pneumatisch transport, maal- en kneedbewerkingen (circa 97 Kwu per ton tarwe).

Oliezaden

De oliezaden worden in het model vertegenwoordigd door het gewas koolzaad dat na verwerking tot het spijsvet margarine aan het consumptieblok kan worden doorgegeven. Bij die verwerking zijn, als bij granen, twee fasen te onderscheiden: raffinage en de eigenlijke margarinebereiding - zoals te zien is in het verwerkingsschema 3.6.

Schema 3.6 Verloop van het verwerkingsproces van koolzaad




Het in de raffinaderij ontvangen zaad wordt, gedroogd en geschoond, een aantal keren gemalen en geperst. Wat aan olie in de schrootresten achterblijft wordt door doorspoeling met hexaan vervolgens geëxtraheerd. De hexaan wordt - evenals de overige toevoegingen bij de navolgende raffinage - goeddeels weer teruggewonnen; de ontvette schrootresten worden verkocht als veevoer. In dit stadium bevat de ruwe olie nog een aantal verontreinigde elementen als eiwitten, vrije vetzuren, kleur- en smaakstoffen, die in een aantal raffinagestappen: ontslijmen, ontzuren, bleken

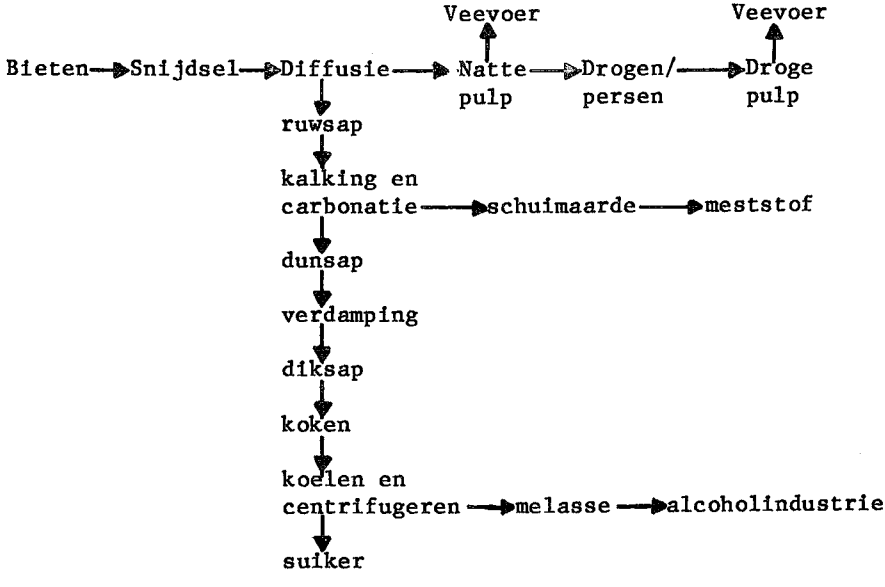
en desodoriseren (via toevoeging van natronloog, zwavelzuur, bleekaarde, etc.) worden verwijderd. De uiteindelijk "neutrale" olie wordt - in de margarinefabriek - deels met waterstof doorblazen en door een katalisatorfilter van nikkel gevoerd, wat tot gevolg heeft dat de olie "hardt": een lager stollingspunt krijgt. Onder toevoeging van geringe hoeveelheden emulgatoren, kleur- en smaakstoffen, wordt de vetfase vervolgens in een continue procesgang met een waterfase in emulsie gebracht (in een verhouding 83:17, als bij boter) en gekneed tot margarine. Hiervoor gebruikt men z.g. votatorapparatuur. Per ton aangevoerd zaad is dan uiteindelijk circa 440 kg margarine en 600 kg schroot vrijgekomen.

In dit totale verwerkingsproces wordt behalve electra voor pneumatisch transport, malen, persen en voteren (101 Kwu/ton zaad) ook veel stoom gebruikt (670 kg normaal stoom/ton zaad; 1 kg normaal stoom vertegenwoordigt een warmte-inhoud van 600 Kcal) dat via verbranding van stookolie wordt opgewekt (rendement daarbij rond 85%), alsmede een - geringe - hoeveelheid dieselolie (4 liter/ton zaad) voor intern transport van raffinaderij naar margarinefabriek.

Suikerbieten

De aangevoerde suikerbieten worden - van tarra (20%) geschoond - versneden en getransporteerd naar z.g. diffusietorens. Hierin wordt het snijdsel doorspoeld met warm water, waardoor de

Schema 3.7 Verloop van het verwerkingsproces van suikerbieten



suiker in oplossing gaat. De bieten zijn nu gescheiden in z.g. ruwsap en natte pulp. Het laatstgenoemde produkt kan - al dan niet verder ingedroogd - worden teruggeleverd aan de landbouw. Het ruwsap wordt vervolgens gereinigd door menging met kalkmelk (waaraan eiwitten en zouten zich binden) dat na doorblazen met koolzuurgas als schuimaarde weer van de suikeroplossing wordt gescheiden. Het overblijvende dunsap wordt verder ingedampt tot de z.g. masse cuite: een brij van suikerkristallen met daaromheen een laagje stroop. Door koeling wordt de suiker nog verder uitgekristalliseerd, waarna in een centrifugegang de stroopdelen (melasse) van de suikerkristallen kunnen worden gescheiden. Zo resteert dan gemiddeld uit 1 ton biet een hoeveelheid van rond 135 kg witsuiker en 600 kg natte pulp. De melasseproduktie blijft in het model verder buiten beschouwing.

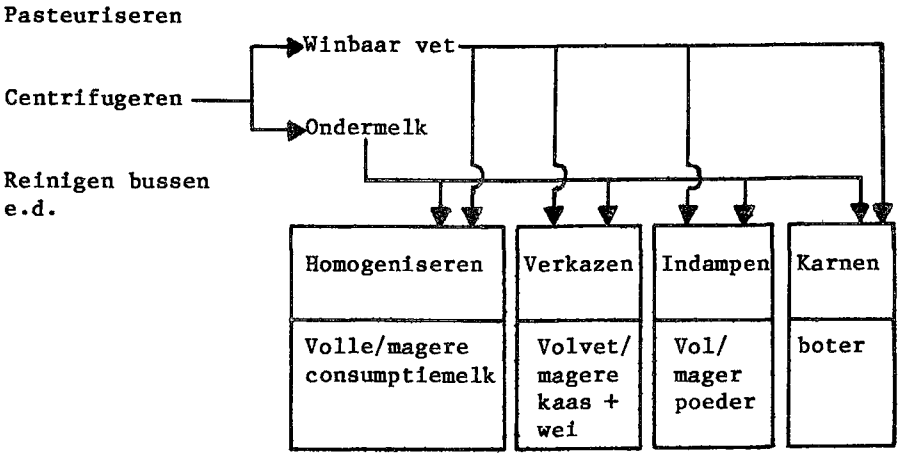
Olie, aardgas en cokes vormen de belangrijkste energiedragers die in dit produktieproces worden ingezet. De eerste twee voor de opwekking van de benodigde electra en de verhitting van water (280.000 Kcal/ton biet), de laatste voor de winning van kalkmelk en koolzuurgas in de kalkovens (67.000 Kcal/ton biet). Eventuele pulpdroging vraagt daarnaast nog olie of gas (246.700 Kcal/ton natte pulp) voor het in bedrijf houden van een aparte indampinstallatie.

Melk

In het model kan de in de zuivelfabrieken aangevoerde melk tot de volgende eindprodukten worden verwerkt: consumptiemelk, kaas, poeder en boter. Voor de drie eerstgenoemde produkten is bovendien nog een onderscheid gemaakt naar "vol" en "mager". In de optiek van het model worden die eindprodukten "geassembleerd" uit de twee hoofdcomponenten van de melk: winbaar vet (4% van het volume) en ondermelk (96% van het volume). Deze componenten worden in een "algemeen fabrieksgedeelte" middels een centrifugeproces van elkaar gescheiden om vervolgens op afzonderlijke "assemblage"-lijnen weer bij elkaar te komen in de voor het betreffende eindprodukt nodige verhouding.

Het energieverbruik - in de vorm van olie en gas voor warmte-installaties en electra voor (pneumatisch) transport, e.d. - is conform dat onderscheid dan ook verbijzonderd naar een "algemeen" (bussen reinigen, transport, koelen, pasteuriseren, centrifigeren, e.d.) en een "specifiek" gedeelte (transport, verpakken, verpoederen, karnen, etc.). Ditzelfde onderscheid werd ook gehanteerd door de ten behoeve van tabel 3.13 geraadpleegde bron.

Schema 3.8 Verloop van het verwerkingsproces van melk




## 3.6 Data in het onderdeel "Consumptie"

De uit de voorgaande schakels vrijgekomen finale produkten worden aan het eind van de rit tussen grond en mond toegewezen aan consumptie-activiteiten. Die moeten - als totaal pakket - van zodanige omvang en samenstelling zijn, dat in ieder geval aan de gestelde voedselbehoeften van de bevolking tegemoet wordt gekomen. Uit de behoeften ontstaat ook de feitelijke trekkracht op het in het model geschetste kettingpatroon van activiteiten.

Behalve de voedingseisen - die in "Horizonten etc." al uitgebreid aan de orde zijn gesteld - spelen volgens bijlage 1 van die publikatie ook nog een aantal andere data een rol in het "Consumptie"-blok: het energieverbruik bij de bereiding van nog niet geheel gerede produkten (vergelijking 30); de volumeverliezen tijdens transport, bewaring of bereiding van voedingsmiddelen (25); en de te verwachten inhoud aan nutriënten per eenheid van de onderscheiden voedingsmiddelen (27, 29). We zullen deze drie soorten van data hieronder nog eens afzonderlijk de revue laten passeren.

Over het energieverbruik dat door het klaarmaken van warme maaltijden in de gezinshuishoudingen wordt opgeroepen, is zeer weinig bekend. Helemaal niets is bekend over de hoeveelheid energie die de bereiding van de afzonderlijke (groepen van) nog-niet-gerede-produkten gemiddeld vergt. Niettemin was het toch nodig om hiervoor een verbruikscijfer in te voeren, omdat anders de wèl gerede produkten uit de processingfase bij voorbaat een "concurrentie"-achterstand zouden hebben.

In de publikatie "Energieverbruik in de huishouding" (W.A. Alting) wordt gesproken over een gemiddeld verbruik per gezinshuishouding van 160 m3 gas per jaar voor de voedselbereiding. Combineren we dit met het gegeven dat het gemiddelde gezin in het midden van de jaren 70 3,5 personen omvat, die volgens de statistiek "Consumptie van voedingsmiddelen 1975" elk zo'n 210 kg aan groenten, vlees, aardappelen, en andere niet-gerede-produkten verbruiken, dan kan het energieverbruik voor de huishoudelijke bereiding worden geschat op circa 216 m3 gas per ton produkt. Ditzelfde cijfer werd in het model gehecht aan alle produkten die "thuis" hun laatste bewerking moeten ondergaan: aardappelen, peulvruchten, vlees en eieren.

Bij de bereiding, bewaring of aanvoer, dan wel bij de eigenlijke consumptie is een zeker volumeverlies onontkoombaar. Te denken valt dan aan botresten, schillen, schalen, etc. In het model is dat verlies ingerekend aan de hand van de in tabel 3.14 genoemde percentages.

Tabel 3.14 Aangenomen gemiddelde volumeverliezen bij consumptie van voedingsmiddelen

| Voedingsmiddel (soort) | Verlies als % aanvoer | Als gevolg van: |
|---|---|---|
| Graanprodukten, suiker, spijsvetten, peulvruchten, melkprodukten (excl. kaas) | 0% | |
| Kaas, eieren | 10% | Korsten, schalen |
| Rundvlees, pluimveevlees | 17% | Botafvallen |
| Aardappelen | 20% | Schillen; indroging |
| Varkensvlees | 21% | Botafvallen |

Bron: Berekend naar gegevens van o.a.: Voorlichtingsbureau voor de voeding, "Voedingsmiddelentabel 1977"; Produktschap voor Vee en Vlees, "Rapport inzake produktie en consumptie van vlees 1955-1967"; "Rijksvoorlichtingsdienst voor de pluimveeteelt, "Vademecum Pluimveehouderij".

Wat betreft de inhoud van de voedingsmiddelen aan nutriënten, tenslotte, wordt in het model alleen gelet op de totale calorische waarde en de verhouding waarin eiwitten, koolhydraten en vetten daarin deelnemen. Het gehalte aan micro-nutriënten: mineralen, vitaminen en sporenelementen, komt verder niet aan bod. Er wordt verondersteld dat de behoeften aan deze elementen zo ze al niet helemaal kunnen worden gedekt uit basisvoedingsmiddelen, toch wel zekergesteld zijn door eventuele bijkomende consumptie van niet in het model betrokken - "vrije" - produkten: fruit, groenten, vis en, zonodig, farmaceutische concentraten (vitamine-

Tabel 3.15 Technische coëfficiënten m.b.t. de inhoud van de in het model meegenomen voedingsmiddelen aan voedingswaarden

| Voedingsmiddel | Calorische inhoud in Gigacaloriën per ton (netto): | | | |
|---|---|---|---|---|
| | eiwit | meervoudig onverzadigde vetzuren | overige vetbestanddelen | koolhydraten |
| Volkorenbrood | 0,280 | 0,072 | 0,108 | 1,600 |
| Roggebrood | 0,200 | 0,036 | 0,054 | 1,600 |
| Havermout | 0,520 | 0,252 | 0,378 | 2,480 |
| Gort | 0,400 | 0,072 | 0,108 | 2,800 |
| Suiker | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 4,000 |
| Margarine | 0,000 | 3,004 | 4,506 | 0,000 |
| Volle melk | 0,136 | 0,011 | 0,349 | 0,184 |
| Vol poeder | 1,040 | 0,065 | 2,095 | 1,520 |
| Magere melk | 0,140 | 0,000 | 0,009 | 0,188 |
| Mager poeder | 1,400 | 0,002 | 0,061 | 2,000 |
| Volvette kaas | 0,920 | 0,076 | 2,444 | 0,000 |
| Magere kaas | 1,280 | 0,002 | 0,053 | 0,024 |
| Boter | 0,020 | 0,225 | 7,245 | 0,020 |
| Vet 1) rundvlees | 0,720 | 0,052 | 2,018 | 0,000 |
| Vet 1) varkensvlees | 0,560 | 0,340 | 2,810 | 0,000 |
| Pluimveevlees | 0,800 | 0,198 | 0,702 | 0,000 |
| Eieren | 0,520 | 0,207 | 0,783 | 0,000 |
| Aardappelen 2) | 0,080 | 0,000 | 0,000 | 0,760 |
| Erwten | 0,840 | 0,078 | 0,056 | 1,720 |
| Bonen | 0,800 | 0,078 | 0,056 | 1,720 |

1) Er is gekozen voor deze kwaliteit, omdat ook de aanvoer is uitgedrukt in vlees inclusief consumabel slachtvet.
2) Gemiddelde kwaliteit.

Bron: Berekend naar gegevens in "Nederlandse Voedingsmiddelentabel 1977", Voorlichtingsbureau voor de Voeding, en "Onderzoek naar het vetgehalte en de vetzuursamenstelling van voedingsmiddelen", P. v.d. Bovenkamp.

pillen e.d.). Wel wordt ten aanzien van de vetten nog een onderscheid gemaakt naar de inhoud aan meervoudig onverzadigde vetzuren enerzijds en overige vetbestanddelen anderzijds.

Tabel 3.15 geeft een overzicht van de specifieke voedingswaarden die in het model aan de verschillende voedingsmiddelen zijn toegekend, alsook van de verdeling daarvan over de belangrijkste nutriënt-groepen.

## 3.7 Data in het onderdeel "Transport"

De koppeling tussen de activiteiten in de blokken Plantenteelt, Veehouderij, Processing en Consumptie wordt in het model gelegd door z.g. transportactiviteiten. Die zorgen niet alleen voor een geregelde overloop van de produktie van een vorige fase naar een volgende, maar ook voor een eventueel nodige overbrugging tussen de verschillende plaatsen van handeling. In hoofdstuk 4 van "Horizonten etc." is aangegeven hoe een en ander in het model is gestyleerd in de vorm van externe verbindingslijnen (c.q. afstanden) tussen centrale plaatsen in produktie- en consumptie/verwerkings-1) gebieden enerzijds en interne verbindingslijnen (afstanden) tussen centra en omliggende plaatsen anderzijds.

Bij de positionering van die centrale plaatsen 2) werd gebruik gemaakt van een door H.W. Kuhn en R.E. Kuenne ontwikkeld algoritme, dat is uitgewerkt in een bijlage bij dit onderzoekverslag. De daaruit afgeleide relevante externe en interne afstanden staan vermeld in tabel 3.16.

Naarmate de afstand en het te vervoeren volume groter wordt zal ook het energieverbruik dat (in vergelijking 30 van bijlage 1 van "Horizonten etc.") door transport wordt opgeroepen toenemen. In de modelberekeningen wordt uitgegaan van een door J.M. Lange, IMAG, geschat gemiddeld verbruik van 8 MJ (0,252 aardgasequivalenten) per tonkilometer getransporteerde landbouwprodukten, waarbij verder geen onderscheid wordt gemaakt naar de vervoersmodus. Vergeleken met de opgaven in de buitenlandse literatuur over het energieverbruik bij bulktransport van landbouwprodukten (Werschitzky, Schnack), is dit cijfer nogal aan de hoge kant. Bedenken we echter dat - conform de voetnoot bij tabel 3.16 - in het model vooral transportkosten worden geëffectueerd als het om hoogwaardiger produkten gaat en dat het vervoer in de laatste fasen van de voorziening (van winkel naar consument) aanzienlijk minder energie-efficiënt zal zijn dan aan het begin (van boer naar industriële verwerker), dan lijkt dit cijfer echter niet onaannemelijk.

1) Met uitzondering van de verwerking van melk en suikerbieten. Het eerstgenoemde produkt wordt verwerkt in de produktieregio zelf; het laatstgenoemde op aparte lokaties: Groningen (GR), Halfweg (HW), Standaarbuiten (SB), Sas van Gent (SG) en Puttershoek (PH).
2) Zie de figuren 4.2 en 4.3 in "Horizonten etc.".

Tabel 3.16 De berekende afstanden tussen centrale plaatsen van produktie- en consumptiegebieden (en verwerkingslokaties suikerbieten) en (tussen haakjes) de berekende gemiddelde afstanden van centra tot omliggende plaatsen 1) in kilometers

| Van/ naar 2) | Centra van produktiegebieden | | | | | | | | | | | | Centra consumptiegebieden | | | | Verwerkingslokaties suikerbieten | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | HYP | ZZK | NZK | RK | ZL | NZ | OZ | CZ | ZZ | VK | NW | WW | NOORD | OOST | WEST | ZUID | GR | HW | SB | SG | PH |
| HYP | (36) | 130 | 117 | 67 | 181 | 83 | 85 | 42 | 112 | 114 | 55 | 50 | 96 | 59 | 53 | 112 | 112 | 42 | 111 | 177 | 94 |
| ZZK | 130 | (31) | 247 | 103 | 144 | 212 | 179 | 125 | 97 | 240 | 185 | 81 | 226 | 155 | 79 | 83 | 242 | 96 | 30 | 47 | 37 |
| NZK | 117 | 247 | (32) | 169 | 273 | 44 | 122 | 137 | 213 | 47 | 62 | 166 | 24 | 122 | 168 | 218 | 16 | 154 | 227 | 294 | 211 |
| RK | 67 | 103 | 169 | (29) | 114 | 127 | 77 | 32 | 46 | 149 | 113 | 55 | 145 | 55 | 64 | 49 | 159 | 74 | 74 | 141 | 69 |
| ZL | 181 | 144 | 273 | 114 | (11) | 229 | 155 | 143 | 70 | 241 | 224 | 157 | 248 | 151 | 165 | 76 | 260 | 180 | 122 | 147 | 136 |
| NZ | 83 | 212 | 44 | 127 | 229 | (27) | 79 | 96 | 170 | 33 | 38 | 132 | 20 | 78 | 136 | 175 | 32 | 125 | 190 | 258 | 175 |
| OZ | 85 | 179 | 122 | 77 | 155 | 79 | (23) | 58 | 108 | 86 | 91 | 114 | 99 | 28 | 122 | 117 | 108 | 121 | 151 | 218 | 144 |
| CZ | 42 | 125 | 137 | 32 | 143 | 96 | 58 | (21) | 77 | 119 | 82 | 56 | 114 | 31 | 64 | 80 | 128 | 66 | 98 | 166 | 88 |
| ZZ | 112 | 97 | 213 | 46 | 70 | 170 | 108 | 77 | (34) | 189 | 159 | 88 | 189 | 94 | 95 | 14 | 202 | 110 | 68 | 121 | 75 |
| VK | 114 | 240 | 47 | 149 | 241 | 33 | 86 | 119 | 189 | (18) | 70 | 161 | 35 | 95 | 166 | 196 | 31 | 156 | 216 | 284 | 203 |
| NW | 55 | 85 | 62 | 113 | 224 | 38 | 91 | 82 | 159 | 70 | (32) | 104 | 44 | 77 | 106 | 162 | | | | | |
| WW | 50 | 81 | 166 | 55 | 157 | 132 | 114 | 56 | 88 | 161 | 104 | (36) | 146 | 86 | 9 | 82 | | | | | |
| NOORD | 96 | 226 | 24 | 145 | 248 | 20 | 99 | 114 | 189 | 35 | 44 | 146 | (35) | | | | | | | | |
| OOST | 59 | 155 | 122 | 55 | 151 | 78 | 28 | 31 | 94 | 95 | 77 | 86 | | (39) | | | | | | | |
| WEST | 53 | 79 | 168 | 64 | 165 | 136 | 122 | 64 | 95 | 166 | 106 | 9 | | | (37) | | | | | | |
| ZUID | 112 | 83 | 218 | 49 | 76 | 175 | 117 | 80 | 14 | 196 | 162 | 82 | | | | (51) | | | | | |
| GR | 112 | 242 | 16 | 159 | 260 | 32 | 108 | 128 | 202 | 31 | 59 | 161 | | | | | (0) | | | | |
| HW | 42 | 96 | 154 | 74 | 180 | 125 | 121 | 66 | 110 | 156 | 92 | 23 | | | | | | (0) | | | |
| SB | 111 | 30 | 227 | 74 | 122 | 190 | 151 | 98 | 68 | 216 | 166 | 64 | | | | | | | (0) | | |
| SG | 177 | 47 | 294 | 141 | 147 | 258 | 218 | 166 | 121 | 284 | 232 | 128 | | | | | | | | (0) | |
| PH | 94 | 37 | 211 | 69 | 136 | 175 | 144 | 88 | 75 | 203 | 149 | 46 | | | | | | | | | (0) |

1) Voor intern transport binnen landbouwgebieden wordt in het model alleen dàn energieverbruik aangerekend als het betreffende produkt elders is voortgebracht.

2) Zie voor een verklaring van de afkortingen "Horizonten etc.", hoofdstuk 4.

# 4. Gevoeligheidsanalyse

## 4.1 Inleiding

De in het vorige hoofdstuk behandelde databasis van het model bevatte, zoals we zagen, een aantal onderdelen die minder "hard" waren dan we ons eigenlijk wel zouden wensen. De vraag dringt zich dan al gauw op, in hoeverre de voor die data aangenomen waarden cruciaal zijn geweest voor de configuratie van de oplossing van een van de vier modelscenario's. Of, anders gezegd, tot hoever naar boven of naar beneden kunnen die waarden worden aangepast aan andere inzichten, zonder daarbij ook de oplossing fundamenteel aan te tasten?

Het zal duidelijk zijn dat een volledige gevoeligheidsanalyse op ons modelsysteem niet doenlijk is vanwege alleen al de omvang van dat systeem. Daarnaast hebben we nog te maken met niet één maar een viertal oplossingen uit evenzovele scenario-opstellingen. Tenslotte is ook de tot nu toe ontwikkelde methodiek van gevoeligheidsanalyse niet zover ontwikkeld, dat daarmee alle belangrijke themata uit het databestand van een lineair programmeringsmodel kunnen worden bestreken.

Niettemin kunnen we toch wel enig licht - al is het zoeklicht - werpen op een aantal onderdelen uit ons databestand: met name op de doelfunctiecoëfficiënten, de centrale beschikbaarheden en de belangrijkste eisen. We zullen daarbij gebruik maken van de resultaten van de in de lp-programmatuur gebruikte z.g. rangeoptie, waarvan de wiskundige achtergronden worden geschetst in de volgende paragraaf.

## 4.2 Methodologische achtergronden van de techniek van de gevoeligheidsanalyse

In hoofdstuk 2 hebben we de achtergronden geschetst van de wijze waarop lineaire programmeringsvraagstukken door de Simplexmethode worden aangepakt. Centraal bij die aanpak was de herformulering van het programmeringsvraagstuk in het z.g. getransformeerde probleem, dat tevens licht werpt op de figuur van de oplossing:

(17c) $$D = c_B' \, B^{-1} \, b - (c_B' \, B^{-1} \, N - c_N') \, x_N$$

onder

(14) $$x_B = B^{-1} \, b - B^{-1} \, N \, x_N$$

en

(10) $$x = \begin{bmatrix} x_B & \geq 0 \\ \hline x_N & = 0 \end{bmatrix}$$

In dit stelsel staan $x_B$ en $x_N$ voor de vector van basis- respectievelijk niet-basisvariabelen; $c_B$ en $c_N$ voor de vector van hun respectievelijke doelfunctiecoëfficiënten; B en N voor de matrix van hun respectievelijke technische coëfficiënten; en b voor de vector van beschikbaarheden.

In de eindoplossing is bekend welke variabelen bij de optimale waarde van D tot de basis $x_B$ behoren en welke variabelen in de $x_N$-vector zijn geplaatst. Bij de gevoeligheidsanalyse volgens de range-optie wordt van dit gegeven gebruik gemaakt door de waarde van een afzonderlijke coëfficiënt in $c=(c_B|c_N)$ of b zover te variëren tot het moment is aangebroken dat een van de $x_B$-elementen van plaats moet ruilen met een $x_N$-element. Alleen het feit dàt er dan moet worden omgewisseld is in de optiek van de gevoeligheidsanalyse bepalend voor wat we in de vorige paragraaf een "fundamentele" aantasting van de oplossing hebben genoemd. Over de daadwerkelijke consequenties voor de $x_B$-waarden en het doelfunctieniveau nà de wisseling spreekt de gevoeligheidsanalyse zich verder niet uit.

Intussen dient het moment van uitwisseling in het geval van variatie van een c-coëfficiënt zich aan zodra één van de tot dan toe positief of nul zijnde elementen van de reduced-cost-vector

(18) $(c_B' \, B^{-1} \, N - c_N')$

negatief gaat worden. Bij de variatie van een b-coëfficiënt vindt het moment van omslag plaats zodra een tot nog toe positief (of nul) element in de basisoplossing

(14) $x_B = B^{-1} \, b - B^{-1} \, N \, x_N$

een negatieve waarde gaat krijgen.

Het valt op dat de gevoeligheidsanalyse zoals boven omschreven geen uitspraken doet over de elementen uit de matrices van technische coëfficiënten B en N, terwijl die toch het leeuwedeel van het databestand van elk lp-model zullen vormen. De reden daarvan is puur kosten-technisch. Waar de effecten van een variatie in c-of b-elementen kunnen worden getraceerd via een relatief eenvoudige bewerking op de in het computergeheugen vastgehouden gegevens in òf de reduced-cost-vector òf de basisoplossing, is dat bij variatie van althans de B-elementen niet meer mogelijk. Ook de inverteerprocedure $B \longrightarrow B^{-1}$ zou dan immers opnieuw moeten worden doorlopen en dat vraagt in feite net zoveel rekencapaciteit en tijd als een geheel nieuw modelscenario. Variatie in de elementen van N is in dat opzicht minder problematisch, maar ook minder interessant als aan hun complementen in B moet worden voorbijgegaan.

## 4.3 De gevoeligheid van de oplossing voor veranderingen in de aangenomen waarden van doelfunctiecoëfficiënten

De gevoeligheidsanalyse met betrekking tot de energieverbruikdata hebben we beperkt gehouden tot de elementen van de $c_B$-vector: die data die gekoppeld zijn aan de ook werkelijk in de oplossing gekozen activiteiten ($x_B$). In de grafieken 4.1 t/m 4.4 is voor elk van de vier doorgerekende scenario's opgetekend tot hoever het directe energieverbruik van een bepaalde naar de WAT- en HOE-dimensie globaal overeenkomstige soort van modelactiviteiten (teelt van granen, aardappelen, etc.) boven of beneden de aangenomen waarde kan variëren, voordat zich een "fundamenteel" andere oplossing gaat aandienen. De betreffende speelruimte kan worden afgelezen uit de verticale afstand tussen de verdikte punten in de grafieken. Op de betekenis van de kruisjes zullen we straks ingaan.

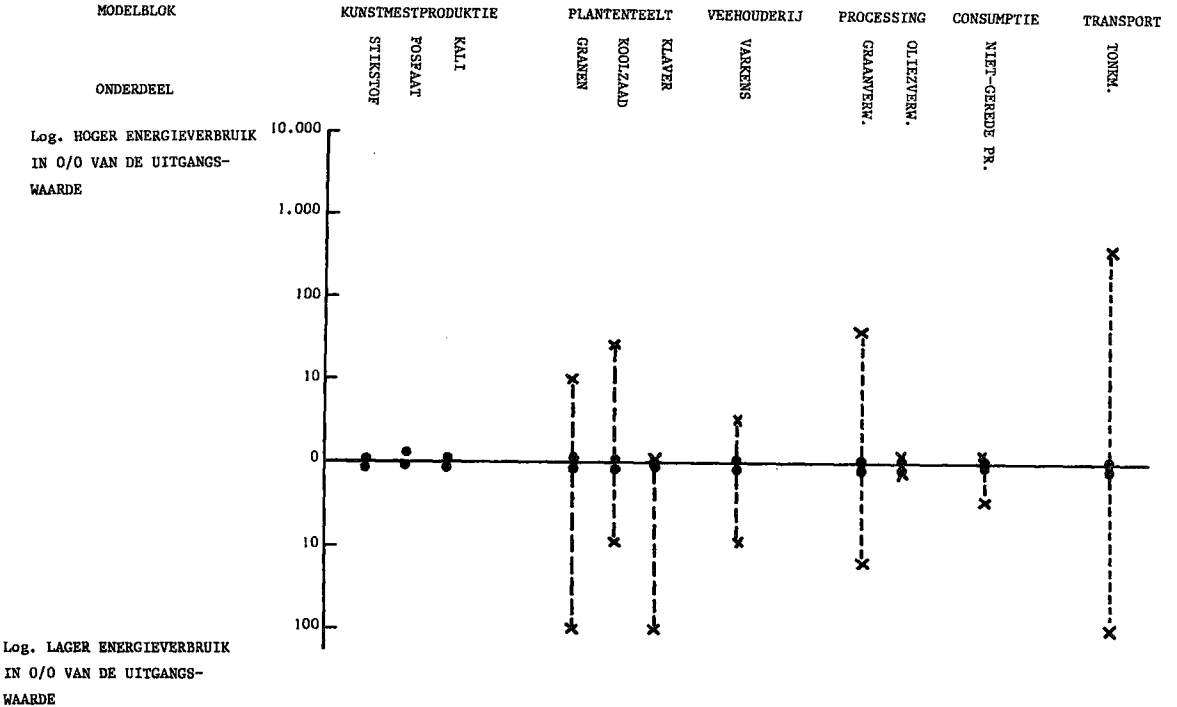
Het valt direct op dat de speelruimte bij de vier scenario's zeer verschillend is. Zo blijkt het ondergrensscenario (grafiek 4.1) op alle onderdelen uitermate gevoelig voor veranderingen in de energiedata, terwijl het bovengrensscenario (grafiek 4.2) zich daar op de meeste onderdelen weinig van aantrekt. De twee andere scenario's nemen een tussenpositie in, waarbij de vertrouwde variant (grafiek 4.4) nadrukkelijk méér dan de verantwoorde variant (grafiek 4.3) aanligt tegen de ondergrensopstelling.

We zouden daaruit kunnen concluderen dat het optimale voorzieningsplan volgens het ondergrens- en vertrouwde scenario al onderuit gaat bij een kleine zucht in de $c_B$-vector, het plan volgens het verantwoorde scenario pas bij een lichte bries, en het optimum volgens het bovengrensscenario eerst bij een zware storm. Niet echter mogen we daar het oordeel aan koppelen dat de extreem gevoelige varianten dan maar beter niet gepresenteerd hadden moeten worden. Er zijn namelijk zeer legitieme redenen/oorzaken voor die extreme gevoeligheid.

Ten eerste is de nadruk op het belang van energiezuinigheid niet in alle scenario's gelijk. Zo is dat belang in het bovengrensscenario veruit ondergeschikt aan dat van de maximale voedselwinning. Het is dan ook niet meer dan logisch dat juist dit scenario minder pijn heeft van veranderingen in de energieverbruikdata dan de andere en omgekeerd.

Ten tweede wordt de gevoeligheid gemeten door variatie van één $c_B$-coëfficiënt, waarbij de andere coëfficiënten in $c_B$ en $c_N$ niet veranderen - met andere woorden: de gevoeligheid wordt ceteris paribus gemeten. De variatiebreedte van de betreffende coëfficiënt is zo beperkt tot het voordeel dat zijn in de oplossing gekozen $x_B$-complement heeft op het meest dichtbij gelegen alternatief in $x_N$. Door de in ons model ampele detaillering van allerlei activiteiten in subactiviteiten - welke nodig was om behalve een WAT-ook een WAAR- en een HOE-dimensie aan de oplossing te kunnen meegeven (zie ook blz. 16) - is die afstand dan ook vaak zeer klein.

Grafiek 4.1 ONDERGRENS-SCENARIO - GEVOELIGHEID VAN DE OPLOSSING VOOR VARIATIE IN DE WAARDE VAN DE (DIRECTE) ENERGIEVERBRUIK-COËFFICIËNTEN

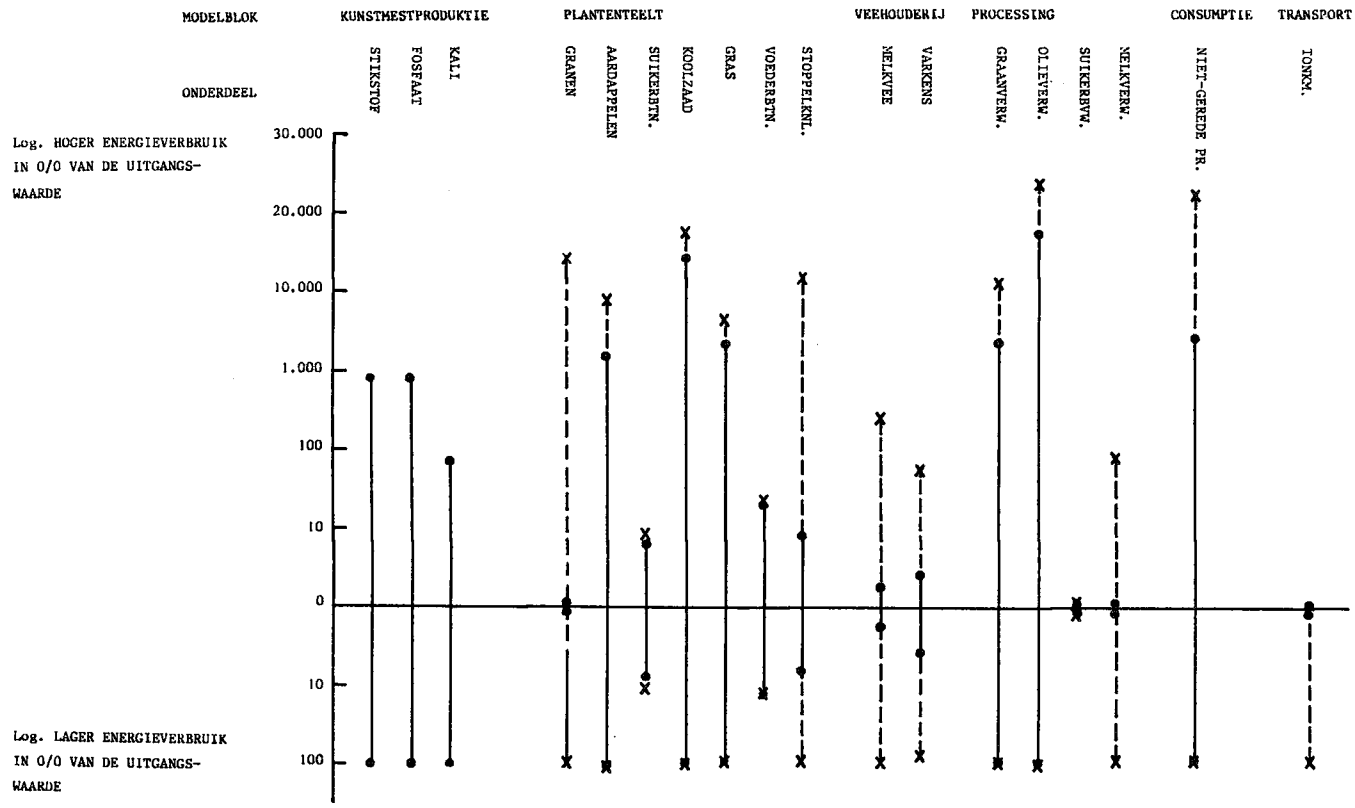



VOOR TOELICHTING: ZIE TEKST



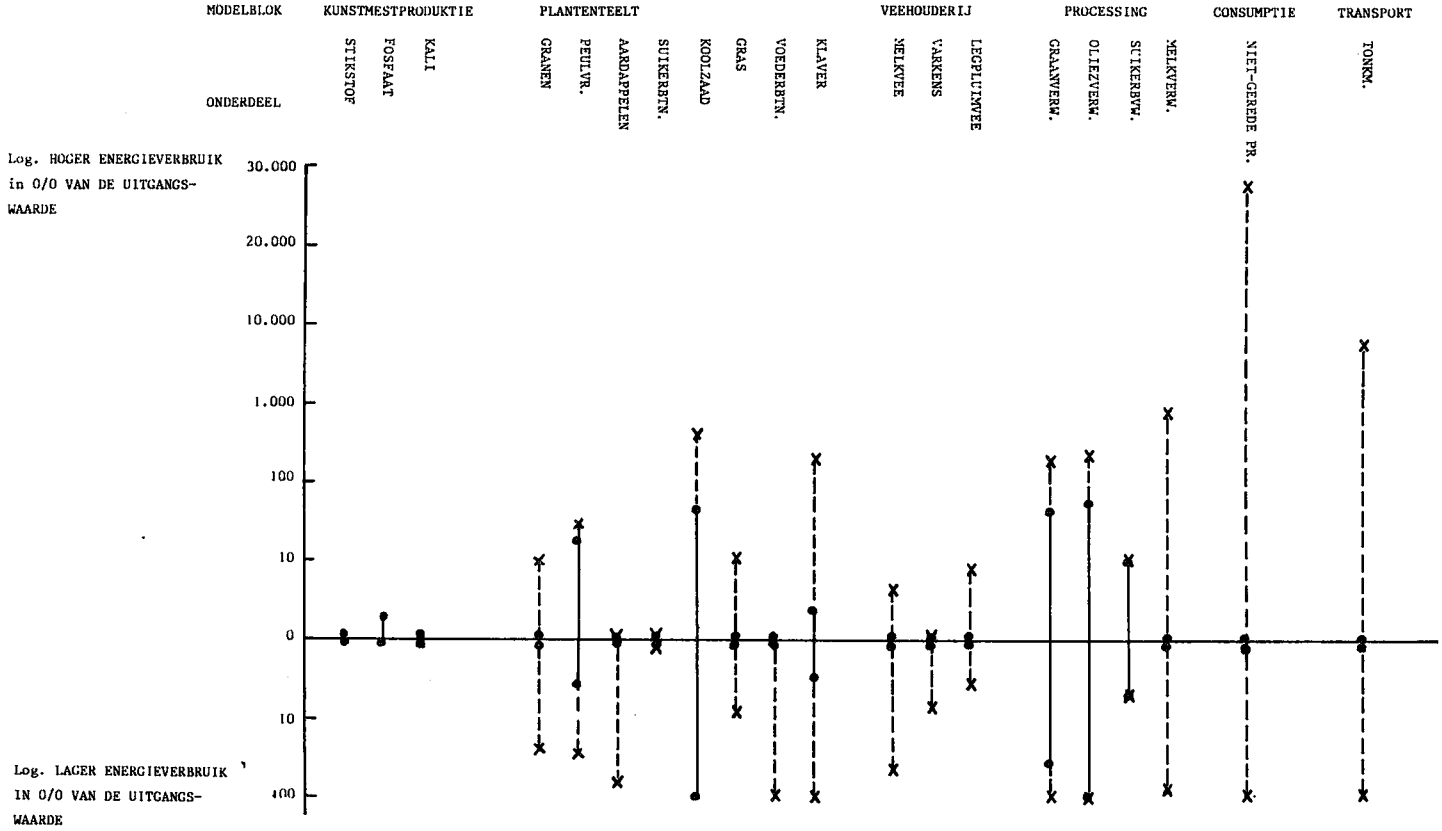
55

Grafiek 4.2 BOVENGRENS-SCENARIO - GEVOELIGHEID VAN DE OPLOSSING VOOR VARIATIE IN DE WAARDE VAN DE (DIREKTE) ENERGIEVERBRUIK-COËFFICIËNTEN



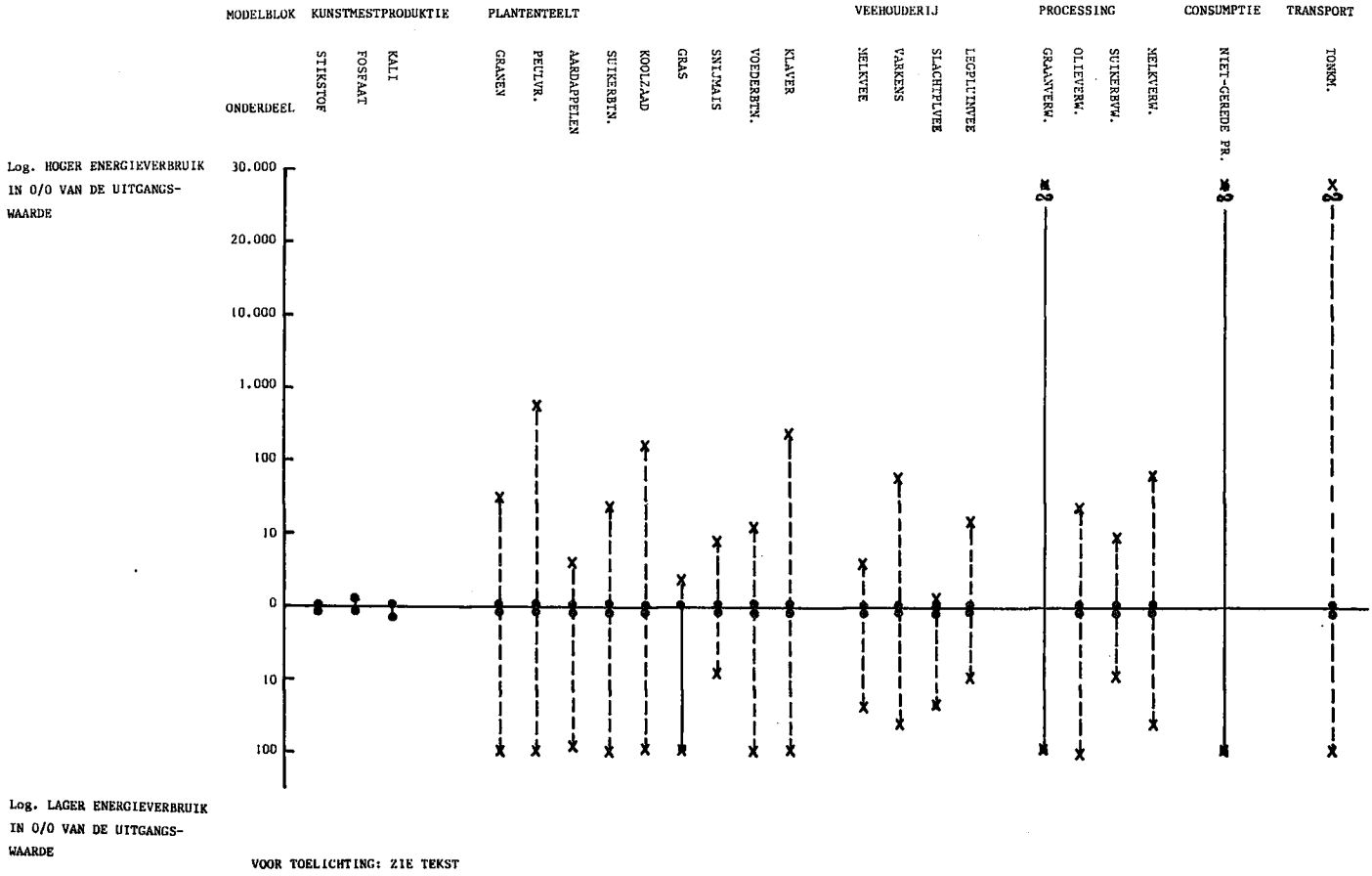

VOOR TOELICHTING: ZIE TEKST

Grafiek 4.3 "VERANTWOORD"-SCENARIO - GEVOELIGHEID VAN DE OPLOSSING VOOR VARIATIE IN DE WAARDE VAN DE (DIREKTE) ENERGIEVERBRUIK-COËFFICIËNTEN




VOOR TOELICHTING: ZIE TEKST

Grafiek 4.4 "VERTROUWD"-SCENARIO - GEVOELIGHEID VAN DE OPLOSSING VOOR VARIATIE IN DE WAARDE VAN DE (DIREKTE) ENERGIEVERBRUIK-COËFFICIËNTEN




VOOR TOELICHTING: ZIE TEKST

Een voorbeeld: Als in de oplossing wordt gekozen voor tarweteelt in het ZZK met 60 kg N per ha, is bij verhoging van de directe energiekosten van alleen die teelt al gauw een overstap naar tarweteelt in het ZZK met 80 kg N (waarvan de directe energiekosten gelijk zijn gebleven) gemaakt, dan wel een overstap naar tarweteelt met 60 kg N (en gelijk gebleven directe energiekosten) in een ander gebied. Mits, natuurlijk, in het scenario nog ruimte voor zulke "switches" aanwezig is.

Zo'n overstapje van de ene subactiviteit naar een andere (of, wat ook vaak voorkomt, een marginale verlegging van transportstromen) mag wiskundig gezien een "fundamenteel" nieuwe oplossing inluiden, gevoelsmatig is die toch echt niet wezenlijk anders dan de oude. Om die reden is in de grafieken 4.1 t/m 4.4 dan ook niet alleen de minimaal mogelijke variatie van de $c_B$--coëfficiënten van een groep gelijksoortige $x_B$-activiteiten ingetekend: de (zo mogelijk) door verticale lijnstukken aangegeven afstand tussen de verdikte punten - die dus aangeven wanneer de meest gevoelige subactiviteit bij een hogere/lagere $c_B$-waarde uit de $x_B$-vector moet verdwijnen. Ook de maximaal mogelijke variatie is daarin uitgebeeld: de verticale afstand tussen de kruisjes. Als de betreffende $c_B$-coëfficiënt daarbuiten zou vallen, zal ook de minst gevoelige subactiviteit - die overigens op het bovenste kruispunt een andere kan zijn dan op het onderste kruispunt - uit de basis worden gewipt. Dat laatste betekent dan dat voor een nieuwe basis wordt overgestapt naar ðf een wezenlijk andere HOEdanigheid van de betreffende activiteiten: een intensievere of extensievere bemesting, dierlijke conversie, etc. - ðf naar een totaal andere groep van activiteiten: andere teelten, andere veehouderijvormen, etc.

Vanuit deze - wellicht wat meer aansprekende - invalshoek: de gevoeligheid van de meest robuuste subactiviteiten in de oplossing, valt uit de grafieken 4.1 t/m 4.4 op te maken dat het ook bij de andere varianten dan het bovengrensscenario wel meevalt met het op-scherp-staan van de $c_B$-coëfficiënten. Zelfs in het ondergrensscenario is er nog wat speelruimte aanwezig, terwijl de robuustheid van de vertrouwde variant ook niet meer onderdoet voor die van de verantwoorde variant.

## 4.4 De gevoeligheid van de oplossing voor veranderingen in de aangenomen waarden van beschikbaarheden en eisen

Het tweede terrein waarop het databestand met succes aan een gevoeligheidsanalyse kan worden onderworpen heeft betrekking op de elementen van de beschikbaarheidsvector b. Nu zijn er in ons model - in elk model trouwens - twee soorten van beschikbaarheden. Aan de ene kant - en dat is veruit de grootste groep - zijn er beschikbaarheden die intern worden gegenereerd via de technische coëfficiënten van gekozen ($x_B$-) activiteiten in een blok dat functioneel voorafgaat aan dat waar het feitelijk ver-

bruik plaatsvindt. Deze z.g. endogene beschikbaarheden vormen geen deel van de eigenlijke b-vector. In de structuurschets van het vergelijkingenstelsel van het model in bijlage 1 van "Horizonten etc." komt dit tot uiting in een 0-waarde ter rechterzijde van het teken van de betreffende randvoorwaarden. Anderzijds kent het model ook beschikbaarheden die van buiten het systeem worden aangereikt. Het is met deze exogene beschikbaarheden dat de b-vector feitelijk wordt gevuld.

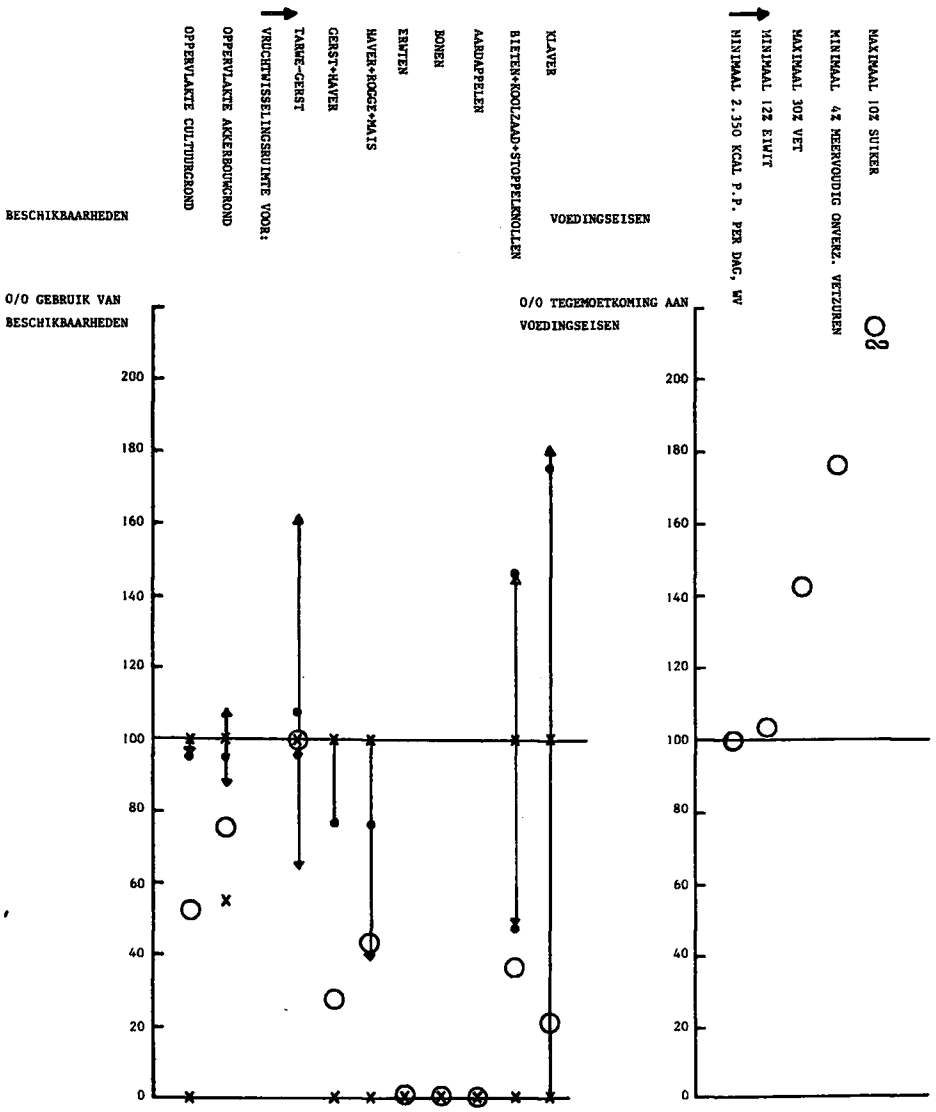
Ons model houdt slechts rekening met de exogene beschikbaarheid van grond - in de hoedanigheid van teeltruimte, akkerbouwruimte en vruchtwisselingsruimte - en met de exogene (negatieve) beschikbaarheid van voedingswensen. Het is dan ook dit kleine - maar vanuit "strategisch" oogpunt wel eminent belangrijke - scala van beschikbaarheden, waar we de in de grafieken 4.5 t/m 4.8 opgetekende b-gevoeligheidsanalyse van de vier scenario's op hebben gericht.

In de bij een modelscenario gekozen oplossing zijn er beschikbaarheden die volledig worden gebruikt - de daarmee te associëren randvoorwaarden heten "bindend", terwijl andere nog geheel of gedeeltelijk onaangesproken blijven - de bijbehorende randvoorwaarden zijn dan "niet-bindend". Evenzo zijn er "bindende" eisen: waar nog nèt aan tegemoet wordt gekomen, en "niet-bindende" eisen: waaraan ruim wordt voldaan. Het zal duidelijk zijn dat bij niet-bindende beschikbaarheden en eisen de oplossing ongevoelig is voor een eventuele bijstelling van de b-data, zolang die de ruimte die nu nog onaangesproken blijft niet teniet doet. Alleen de bijbehorende verschilvariabelen in $x_B$ zullen een andere waarde krijgen 1). Bij een bindende beschikbaarheid of eis zal èlke bijstelling - hoe gering die op zich ook moge zijn - wèl tot een andere configuratie van de oplossing nopen, in de zin dat ook de èchte variabelen in $x_B$: de gekozen activiteiten, een andere waarde moeten aannemen 1).

De mate waarin de oplossingen van de vier modelvarianten gevoelig zijn voor een eventuele verkrapping van exogene beschikbaarheden (grond, rotatieruimten) of verscherping van (voedings) eisen, kan in de grafieken 4.5 t/m 4.8 worden afgelezen uit de plaats van de circeltjes onder respectievelijk boven de 100%-lijn. De betreffende lijn markeert in de linker figuur van de grafiek het bindend - dus maximaal - gebruik van de diverse beschikbaarheden en in de rechter figuur het bindend - in onze context: minimaal vereist - tegemoetkomen aan de diverse voedingswensen. De plaats van de circeltjes ten opzichte van die 100%-lijn komt dan overeen met het gemiddelde niveau waarop in de oplossing van een specifieke beschikbaarheid gebruik wordt gemaakt, respectievelijk waarop aan een bepaalde voedingswens wordt voldaan. Op de betekenis van de andere tekens in de grafieken zullen we straks ingaan.

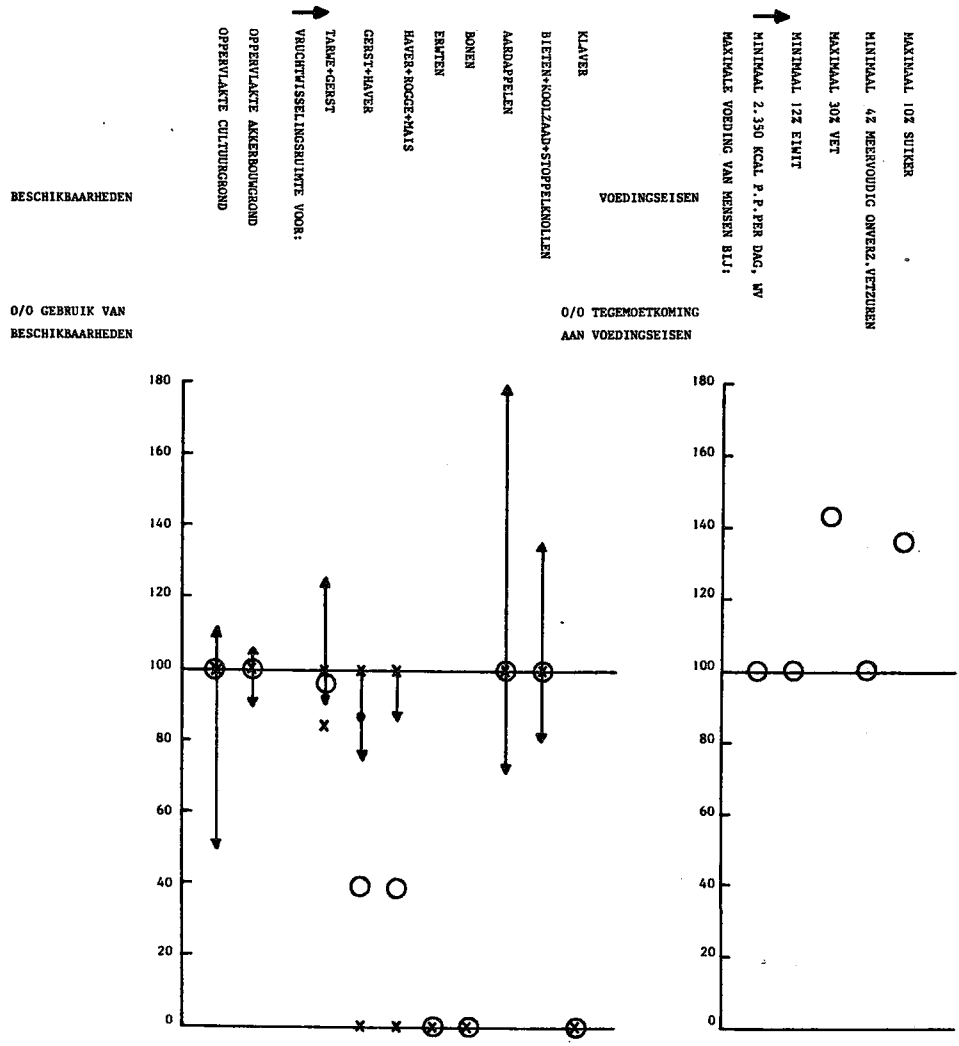
1) Dit in tegenstelling tot de situatie bij de gevoeligheidsanalyse over c-coëfficiënten: de $x_B$-waarden bleven daar onveranderd, omdat c-elementen in (14) geen rol spelen.

Grafiek 4.5 ONDERGRENS-SCENARIO GEVOELIGHEID VAN DE OPLOSSING VOOR VARIATIE IN DE WAARDE VAN EXOGENE BESCHIKBAARHEDEN EN -VOEDINGSEISEN



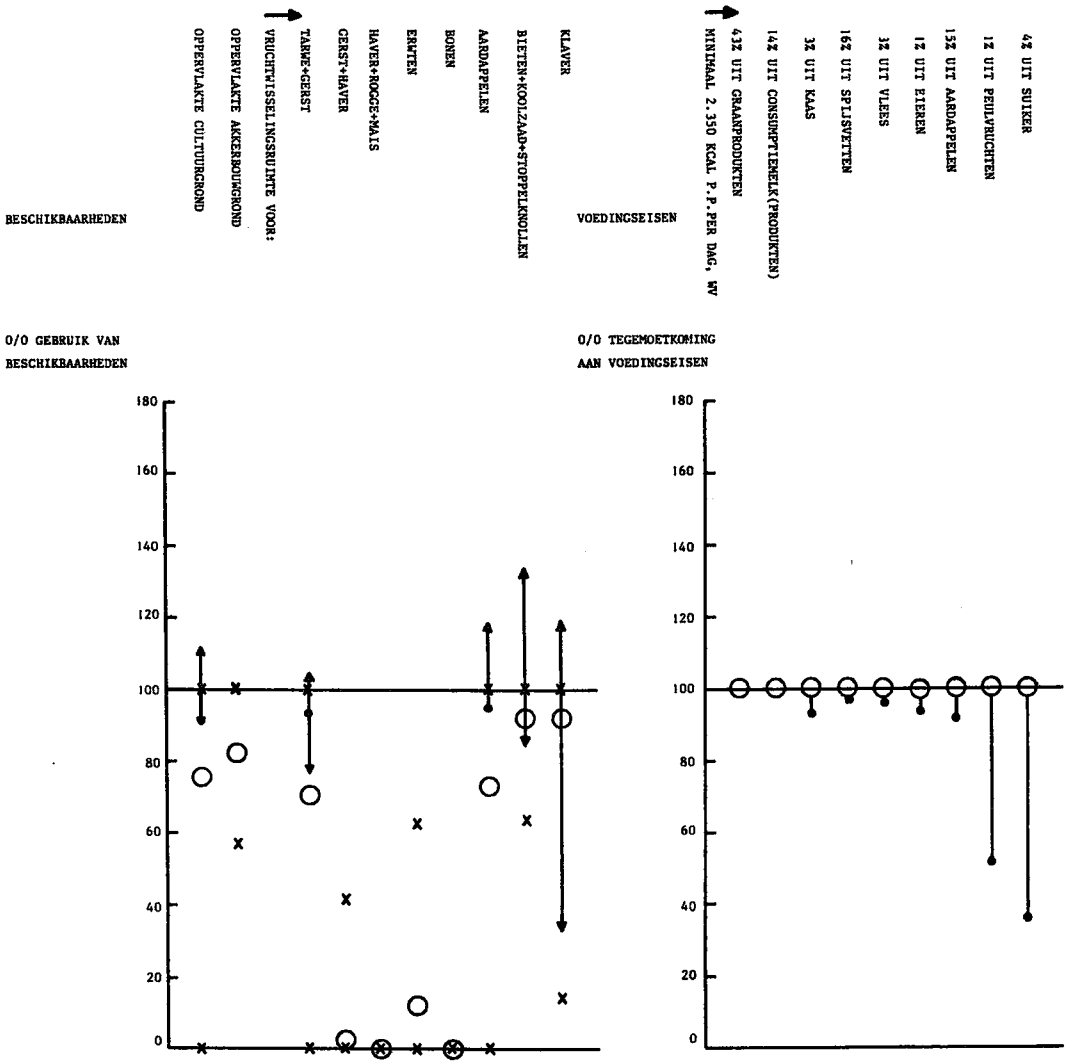

VOOR TOELICHTING: ZIE TEKST

Grafiek 4.6 BOVENGRENS-SCENARIO GEVOELIGHEID VAN DE OPLOSSING VOOR VARIATIE IN DE WAARDE VAN EXOGENE BESCHIKBAARHEDEN EN -VOEDINGSEISEN



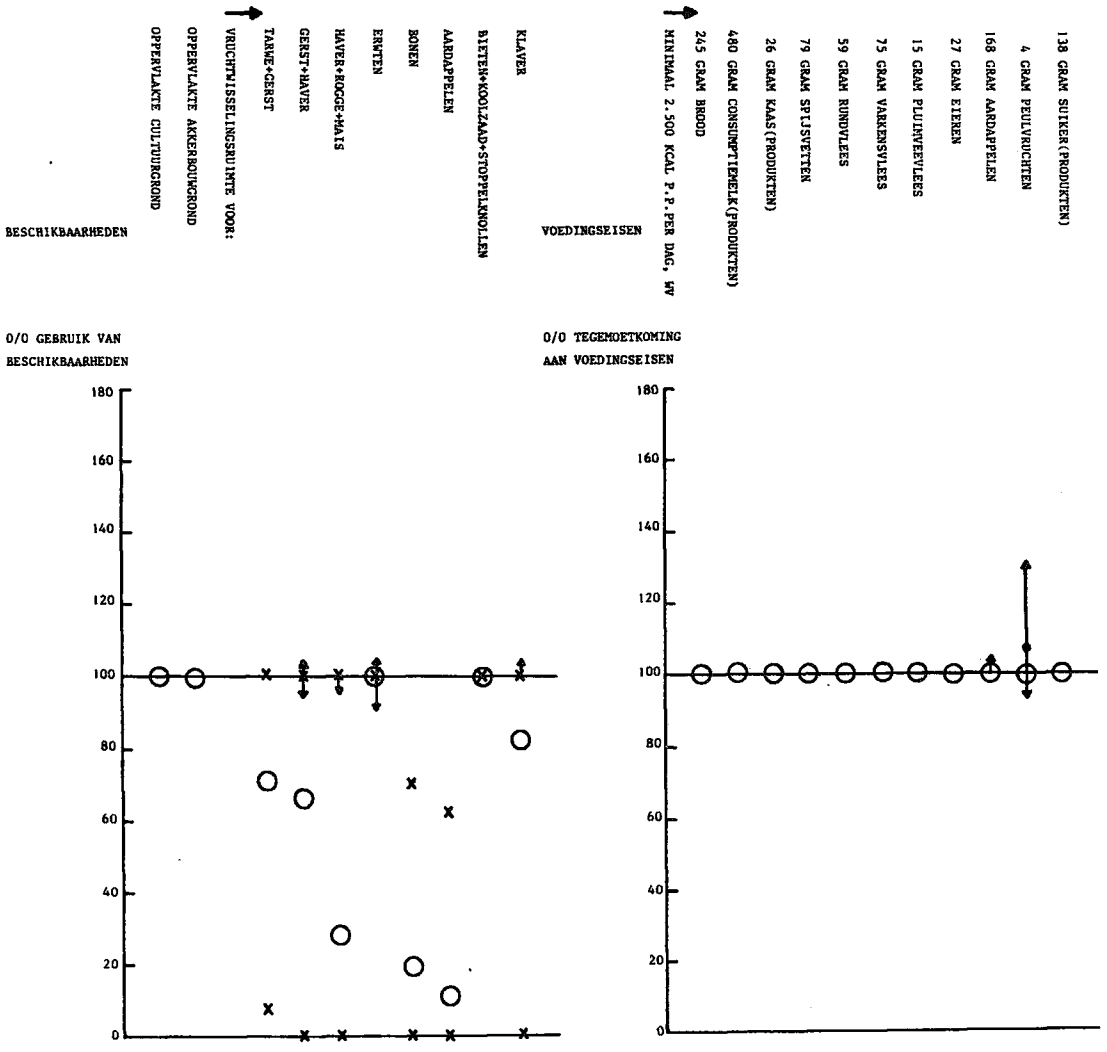

VOOR TOELICHTING: ZIE TEKST

Grafiek 4.7 "VERANTWOORD"-SCENARIO GEVOELIGHEID VAN DE OPLOSSING VOOR VARIATIE IN DE WAARDE VAN EXOGENE BESCHIKBAARHEDEN EN -VOEDINGSEISEN




VOOR TOELICHTING: ZIE TEKST

Grafiek 4.8 "VERTROUWD"-SCENARIO GEVOELIGHEID VAN DE OPLOSSING VOOR VARIATIE IN DE WAARDE VAN EXOGENE BESCHIKBAARHEDEN EN -EISEN




VOOR TOELICHTING: ZIE TEKST

Gemeten naar de ruimte tussen het niveau waarop gemiddeld van de beschikbaarheid van grond en rotatieruimten gebruik wordt gemaakt en de 100%-lijn, blijkt de gevoeligheid van de vier scenario's voor verkrapping van deze b-data het tegenbeeld op te leveren van wat we eerder bij de gevoeligheidsanalyse met betrekking tot de $c_B$-coëfficiënten zagen: Nu is de ondergrensvariant het meest robuust, terwijl het bovengrensscenario juist zeer gevoelig is. De gevoeligheid van de twee andere varianten ligt daar weer tussenin, waarbij de verantwoorde versie in dat opzicht meer bij het ondergrensscenario aansluit en de vertrouwde versie meer bij het bovengrensscenario. Over de achtergronden van een en ander is in de hoofdstukken 5 t/m 8 van "Horizonten etc" al uitvoerig gefilosofeerd, zodat ze hier onbesproken mogen blijven.

Ook ten aanzien van de voedingseisen: 2.350 of 2.500 Kcal per persoon per dag, opgebouwd uit een specifiek pakket macronutriënten of voedingsmiddelen - blijkt het ondergrensscenario het meest robuust. Althans, wanneer het niet gaat om de primaire eis van Kcal-produktie: die is in alle opstellingen bindend, maar om de flankerende eisen met betrekking tot de samenstelling van die produktie. Veel gevoeliger voor die flankerende eisen is het bovengrensscenario, terwijl de twee andere versies extreem gevoelig blijken. Dat is natuurlijk ook niet zo erg verwonderlijk, gezien de veel gedetailleerder specificatie van die eisen in juist die twee versies.

Zoals hiervoor aangegeven, staan de circeltjes in de grafieken voor het gemiddelde niveau waarop van een beschikbaarheid gebruik wordt gemaakt of waarop aan een eis wordt tegemoet gekomen. Aangezien de beschikbaarheden in het model verder zijn verbijzonderd dan in de grafieken: namelijk ook naar de regio's waar er gebruik van kan worden gemaakt, kan het voorkomen dat een bepaald type beschikbaarheid gemiddeld genomen voor een deel onaangesproken blijft, maar voor een specifiek(e groep van) gebied(en) juist wel bindend is. Daarom is in de grafieken behalve het gemiddelde gebruik, ook het onderste en bovenste niveau van het gebruik van beschikbaarheden aangegeven: de kruisjes onder en boven de circeltjes.

Betekent het bindend-zijn van een beschikbaarheid of eis automatisch dat de oplossing anders zal worden zodra het betreffende data-element in de b-vector moet worden bijgesteld, niet altijd betekent dat ook dat de oplossing fundamenteel zal veranderen in de zin dat de basis $x_B$ uit andere elementen gaat bestaan. In sommige gevallen is er een traject waarbinnen een bindende b-coëfficiënt zodanig gevarieerd kan worden dat alleen de waarden van de $x_B$-elementen veranderen, maar nog geen uitwisseling tussen $x_B$- en $x_N$-elementen hoeft plaats te hebben. In de grafieken 4.5 t/m 4.8 is dit traject bij voorkomende gevallen aangegeven door middel van een verticaal lijnstuk boven en onder de 100% lijn die het "bindend-zijn" markeert.

Een voorbeeld: In grafiek 4.5 is de beschikbaarheid van rotatieruimte voor bieten+koolzaad+stoppelknollen gemiddeld nog lang niet ten volle aangesproken: het circeltje ligt onder de 100%-lijn, maar in sommige gebieden toch wel bindend: het bovenste kruisje ligt op de 100%-lijn. De verticale lijn door dat kruisje duidt dan aan dat zelfs al zou de rotatieruimte in die gebieden 50% kleiner of 50% groter zijn, de oplossing niet fundamenteel hoeft te veranderen: de betreffende gewassen blijven in dezelfde HOE-danigheid in dat gebied voorkomen. Pas bij een nog kleinere respectievelijk nog grotere omvang van de betreffende rotatieruimte zou er een basiswisseling moeten plaatsvinden.

Conform de voorgaande presentatie van de gevoeligheid voor variatie in c-coëfficiënten in de grafieken 4.1 t/m 4.4, is ook deze in de grafieken 4.5 t/m 4.8 door verticale lijnstukken aangegeven speelruimte voor een groep "gebonden" gebieden (zo mogelijk) nog iets verder gedetailleerd: naar de speelruimte in het meest "gebonden" - d.i. voor die b-variatie meest gevoelige - gebied en de speelruimte van het minst "gebonden" - d.i. voor die b-variatie minst gevoelige - gebied. In de grafieken is dat onderscheid aangegeven door de verdikte punten op de verticale lijnstukken respectievelijk door de pijlen aan de uiteinden daarvan. Waar punten en pijlen samenvallen is of de bindendheid van de betreffende beschikbaarheidssoort in alle gebieden even groot, dan wel is er maar één gebied dat aan die beschikbaarheidssoort is "gebonden".

Tegen deze achtergrond van de ook bij sommige bindende beschikbaarheden en eisen nog mogelijke speelruimte, lijken de oplossingen van niet alleen het ondergrens-, maar ook - in die volgorde - van het verantwoorde- en bovengrensscenario behoorlijk bestand tegen eventuele wijzigingen die bij nieuwe inzichten in de b-vector zouden moeten worden doorgevoerd. Zeker als dat niet al te rigoreuze wijzigingen betreft in die data die betrekking hebben op uit de aanwezigheid van grond afgeleide beschikbaarheden. Het meest gevoelig voor een zodanige bijstelling is het vertrouwde scenario - hoewel ook daar kleine aanpassingen mogelijk blijven, zonder dat de oplossing direct op losse schroeven komt te staan.

# Bijlage

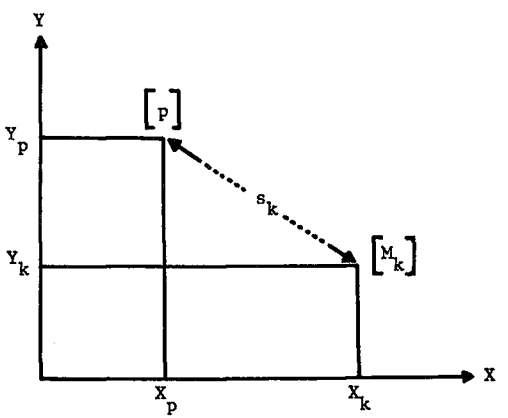
De positionering van centrale plaatsen in de voor het model onderscheiden landbouw- en consumptiegebieden

Voor het vaststellen van de plaatsen die als centrum van de in het model onderscheiden produktie- en consumptiegebieden moesten fungeren, werden de betreffende gebieden eerst topografisch in kaart gebracht. Over dat kaartbeeld werd vervolgens een fijnmazig raster gelegd zodanig, dat elke cel van dat raster een oppervlakte van niet meer dan 2 x 2 km omspande. Zo'n kleine cel kon dan worden beschouwd als een punt en een gebied als een wolk van (j) punten die aaneenliggen op het coördinatenvlak tussen een (denkbeeldige) x-as en een y-as. Elk punt oefent een zekere trekkracht ($w_j$) uit, welke - althans in de consumptiegebieden waar de vraag naar voedsel duidelijk niet egaal maar nodaal is gespreid - in verschillende plaatsen in zo'n wolk anders kan zijn.

We zochten nu binnen de voor elk gebied specifieke wolk van punten $[M_j]$ naar een punt $[p]$ met coördinaten $(X_p, Y_p)$, waarvoor geldt dat de som van de met hun trekkracht ($w_j$) gewogen afstanden tot de andere punten in de wolk, minimaal is: het centrum.

Deze probleemstelling werd langs de volgende lijnen uitgewerkt:

Neem aan, dat $[p]$ op een afstand $s_k$ ligt van een punt $[M_k]$, zoals in de onderstaande figuur is aangegeven.




Volgens Pythagoras zal $s_k$ nu gelijk zijn aan:

$$(1)\ s_k = \sqrt{(X_p - X_k)^2 + (Y_p - Y_k)^2}$$

Analoog geldt dan voor de som van de met de trekkrachten $w_j$ gewogen afstanden $s_j$:

$$(2)\ \Phi = \sum_j s_j . w_j = \sum_j \left[ w_j \sqrt{(X_p-X_j)^2 + (Y_p-Y_j)^2} \right]$$

Er is sprake van een minimum als:

$$(3)\ \partial\Phi/\partial X_p = \sum_j \left[ w_j(X_p-X_j) \ / \ \sqrt{(X_p-X_j)^2 + (Y_p-Y_j)^2} \right] = \sum_j \left[ w_j(X_p-X_j)/s_{pj} = 0 \right]$$

$$(4)\ \partial\Phi/\partial Y_p = \sum_j \left[ w_j(Y_p-Y_j) \ / \ \sqrt{(X_p-X_j)^2 + (Y_p-Y_j)^2} \right] = \sum_j \left[ w_j(Y_p-Y_j)/s_{pj} = 0 \right]$$

Ofschoon we hier te maken hebben met een stelsel van 2 vergelijkingen en 2 onbekenden, is dit stelsel algebraïsch niet oplosbaar - de vergelijkingen zouden daartoe van de eerste orde moeten zijn; dit is duidelijk niet het geval.

Voor dit probleem introduceerden H.W. Kuhn en R.E. Kuenne in 1962 een iteratieve oplossingsprocedure, welke als volgt verloopt:

a) Een eerste schatting van de coördinaten van [p] : $(X^*_p \ ; \ X^*_p)$ wordt verkregen als niet de met de trekkrachten gewogen som van de afstanden wordt geminimaliseerd, maar de met deze trekkrachten gewogen som van de kwadraatafstanden.

$$(5)\ \Phi^* = \sum_j w_j \left[ (X^*_p-X_j)^2 + (X^*_p-Y_j)^2 \right]$$

Differentiatie van deze functie levert nu wèl twee eerste-ordevergelijkingen op:

$$(6)\ \partial\Phi^*/\partial X^*_p = 2 \sum_j w_j(X^*_p-X_j) = 0$$

$$(7)\ \partial\Phi^*/\partial Y^*_p = 2 \sum_j w_j(Y^*_p-Y_j) = 0$$

De coördinaten $X^*_p$ en $Y^*_p$ worden dan ingeschat op de volgende waarden:

$$(8)\ X^*_p = \sum_j (w_j . X_j) \ / \ \sum_j w_j$$

$$(9)\ Y^*_p = \sum_j (w_j . Y_j) \ / \ \sum_j w_j$$

b) Herschrijven we (3) en (4) nu als:

$$(10)\quad \sum_j \left[(w_j/s_{pj}).X_p\right] - \sum_j \left[(w_j/s_{pj}).X_j\right] = 0$$

$$\text{dus: } X_p = \sum_j \left[(w_j/s_{pj}).X_j\right] \Big/ \sum_j (w_j/s_{pj})$$

$$(11)\quad \sum_j \left[(w_j/s_{pj}).Y_p\right] - \sum_j \left[(w_j/s_{pj}).Y_j\right] = 0$$

$$\text{dus: } Y_p = \sum_j \left[(w_j/s_{pj}).Y_j\right] \Big/ \sum_j (w_j/s_{pj})$$

En noemen we:

$$(12)\quad w_j^0 = w_j/s_{pj}$$

Dan zijn (10) en (11) te herschrijven als:

$$(13)\quad X_p = \sum_j (w_j^0.X_j) \Big/ \sum_j w_j^0$$

$$(14)\quad Y_j = \sum_j (w_j^0.Y_j) \Big/ \sum_j w_j^0$$

Een eerste schatting van de waarde van $w_j^0$, $w_j^{0.1}$, is nu te maken op basis van de berekende $X^*_p$ en $Y^*_p$ en de daarbij behorende waarden $s_{pj}^*$.

c) Een tweede schatting van de coördinaten van [p] volgt uit een herhaling van de bewerkingen onder a), wanneer wordt gewogen met $w_j^{0.1}$ in plaats van met $w_j$. Deze tweede schatting draagt nu ook weer de middelen aan voor een hernieuwde schatting van $w_j^0$ : $w_j^{0.2}$.

d) Na zes à zeven iteraties vindt bij volgende herhalingen geen merkbare verschuiving meer plaats in de waarden van $X^*_p$ en $Y^*_p$. De oplossing convergeert dus naar het gezochte centrale punt.

Met behulp van een op dit algoritme geënt computerprogramma konden de locaties worden gepositioneerd van de centrale plaatsen die in het model als begin- en eindpunten van transportstromen fungeren 1). Door de nogal vele punten die per gebied ("wolk") werden onderscheiden, liep het aantal iteraties overigens wel aanzienlijk hoger op dan boven aangegeven: soms tot 21 iteraties aan toe.

1) Onder de veronderstelling dat de vervoersinfrastructuur zodanig fijnmazig is, dat de ruimte kan worden opgevat als Euclidische ruimte.

## Curriculum vitae

Drs. Theodorus Maria Bakker werd in 1952 geboren te Haarlem. Na in 1969 zijn diploma HBS-A te hebben behaald aan het Mendel-College in die stad, studeerde hij tot 1976 Algemene Economie aan de Vrije Universiteit te Amsterdam. Hij koos daarbij voor de zogenaamde "ruimtelijke variant" en volgde Agrarische Economie als keuzevak.

In november 1975 trad hij in dienst van het Landbouw-Economisch Instituut te Den Haag, waar hij meewerkte aan de totstandkoming van het Landbouw-Economisch Bericht - een kroniekschrijving over de landbouw, welke jaarlijks door het LEI wordt uitgebracht.

Vanaf medio 1977 werden deze werkzaamheden gaandeweg uitgebreid met een opdracht tot onderzoek naar "de mogelijkheden voor landbouw en voedselvoorziening in Nederland onder bijzondere omstandigheden". Uit dit door het Ministerie van Landbouw geëntameerde onderzoek werd dan het zogenaamde "autarkie-model" geboren.

Na de voorlopige afsluiting van dat onderzoek begin 1981 werd aan dit model-concept verder gewerkt binnen het kader van een door de Wetenschappelijke Raad voor het Regeringsbeleid aangevraagd nieuw onderzoek naar de "mogelijkheden van een Geïntegreerde Landbouw". Een en ander ter voorbereiding op de WRR-publikatie "Beleidsgerichte Toekomstverkenningen - deel 2: een verruiming van perspectief". Zowel de redactie van deze publikatie als het onderzoek naar de Geïntegreerde Landbouw stonden daarbij onder toezicht van Prof.dr.ir. C.T. de Wit.