

Aquarius landbouw klinkt als een klok ...

Jaap van Bruchem

I. Hoe een nieuwe manier van denken ontstond ...

De eerste kwartjes vielen in de tropen, in Indonesië, op de Brawijaya Universiteit in Malang (Oost Java), en in Sri Lanka, de Universiteit van Peradenya, waar ik betrokken was bij een door de EU gesubsidieerd onderzoek naar het gebruik van laagwaardige gewasresiduen, *i.c.* rijstestro, als basisrantsoen voor herkauwers (schapen, koeien). Met behulp van een bijproduct van het pellen/malen van rijst (rijstevoermeel) en bladeren van vlinderbloemige – stikstofbindende - bomen en struiken, *e.g.* Leucaena en Gliricidia, slaagden we er in een rantsoen samen te stellen goed voor een productieniveau van circa 1.75 maal de onderhoudsbehoefte van de dieren, bij koeien zo'n 7.5 kilo melk per dag.

Qua voederwaarde is rijstestro verre van toereikend om in de onderhoudsbehoefte van de dieren te voorzien, en voor de productie van melk en vlees al helemaal niet. Daarvoor zijn zowel de verteerbaarheid, *i.c.* de energiedichtheid, als het eiwitgehalte te laag. Bovendien wordt rijstestro gekenmerkt door een heel hoog asgehalte, vooral bestaand uit silicaten.

Bij de interpretatie van de onderzoeksresultaten ontstond een discussie over de best te volgen strategie. Het schaarse krachtvoer van rijstafval en bladeren verdelen over (1) weinig dieren (kiezen voor een hoger productieniveau) of (2) meer dieren (kiezen voor een lagere productie variant op dierniveau). Het antwoord op deze vraag luidde: dat hangt af van de doelstellingen die je wilt optimaliseren, (1) de productie van melk en vlees en het boeren inkomen van nu, of (2) de productie van zoveel mogelijk mest en een beter inkomensperspectief voor de boeren in de toekomst. Dit laatste doordat meer dieren meer en kwalitatief betere mest produceren, mest met een ruimere koolstof-C/stikstof-N-ratio. Dit resulteert in een gezondere en biologisch diverser en beter functionerende bodem, in een van nature vruchtbaarder bodem. Voor de kleine Javaanse boeren betekende dit in feite dat door het laten prevaleren van de melk/vlees productie, hun inkomen van nu op gespannen voet kwam te staan met het veilig stellen van hun toekomst. Ergo, balanceren van hun *low-input* bedrijfssysteem vergt het optimaliseren van de revenuen in het nu, zonder te anticiperen – een wissel te trekken – op de toekomst ...

II. Leren systeemdenken in een Westerse context ...

Terug in het Nederland van de jaren '90, raakte ik verzeild in een op het eerste gezicht totaal verschillende, doch bij nader inzien een - in principe - soortgelijke discussie. In Nederland ging de discussie over de ammoniak- en nitraatproblemen in de Nederlandse landbouw, in het bijzonder de melkveehouderij. Dit was het gevolg van (te) overmatige externe inputs aan kunstmest-N en krachtvoer-N, die het natuurlijk draagvermogen van de bedrijven – van de agro-ecosystemen – van de Nederlandse groene ruimte - verre te boven gingen.

Welnu, welke strategie zouden de boeren het best kunnen volgen? Het Nederlandse melkquotum van circa 11 miljard kilo melk vullen met (1) een kleiner aantal hoogproductieve dieren, bijvoorbeeld van elk 12.500 kilo melk per lactatie (jaar), of (2) met een groter aantal lagerproductieve dieren, bijvoorbeeld van 7-8.000 kilo melk per lactatie. Het resultaat van mijn in de tropen ontwikkelde kringloop analyse op systeemniveau – *i.c.* bedrijf, regio, natie - luidde: “Het Nederlandse melkquotum melken we het milieuvriendelijkst vol met een groter aantal lagerproductieve dieren en aanzienlijk lagere niveaus van externe inputs, in de vorm van kunstmest-N en krachtvoer-N! Toen stond m'n wereld op z'n kop, en had ik een serieus probleem. Want het resultaat van mijn analyse – vanuit systeemperspectief - stond haaks op de reguliere adviezen en de uitkomst van vrijwel alle rekenmodellen. En eveneens op het

generieke fokkerijbeleid, gericht op het als maar verder verhogen van de melkproductie van de dieren, van gemiddeld zo'n 6.000 kilo in de jaren '60 tot circa 9.000 kilo in de jaren '90.

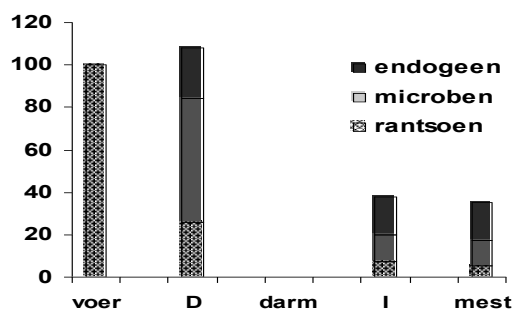
Op 29 september 1995 organiseerde ik – samen met Ab Groen - een symposium. In 'De Vredehorst' in Wageningen werd van gedachten gewisseld over een betere benutting van regionale voedermiddelen in de melkveehouderij. Herman van Keulen drukte ons met de neus op de feiten. Sinds de jaren '50 bleek de stikstofbenutting in de Nederlandse melkveehouderij drastisch te zijn gedaald, van meer dan 40% naar minder dan 20% (tabel 1). Die conclusie klonk voor mij als een donderslag bij heldere hemel. Hadden al mijn pientere voedingsfysiologische experimenten met schapen en koeien, voorzien van canules (in 't maagdarmkanaal) en katheters (in de bloedbaan), naar een efficiëntere omzetting van de voedingsstoffen in melk en vlees, dan in de praktijk het averechtse effect gesorteerd? Hoe was het in vredesnaam mogelijk dat ik een veel milieubelastender – een veel inefficiënter - boer was geworden dan mijn vader, stammend uit een oud Gelre's boerengeslacht. Die boerde in de Alblasserwaard, en had nota bene niet eens een landbouwopleiding genoten, want die waren er toen nog nauwelijks. Daar begreep ik in eerste instantie dus helemaal niks van. Via de Hogere Landbouw School in Dordrecht, waar ik me in de breedte had bekwaamd – in gemengde bedrijfssystemen - was ik immers naar Wageningen getogen om mijn studie verder te verdiepen, met de intentie een betere boer te worden, om ons voedsel nog efficiënter te produceren, om het voedselprobleem in de wereld te helpen oplossen. Vakinhoudelijk – qua praktijkvakken - stelde de studie in Wageningen – na Dordrecht - weliswaar enigszins teleur, maar op het gebied van de statistiek, de biochemie en de voedingsfysiologie had ik veel bijgeleerd. En ook had ik het nodige bijgedragen aan het vernieuwen van het curriculum. En de studie en het onderzoek in Wageningen waren immers van een internationaal eminent niveau

Tabel 1. N-benutting (%) Nederlandse melkveehouderij, het quotient van de outputs (melk/vlees, miljoen kg) en de externe inputs (kunstmest/krachtvoer, miljoen kg). Milieubelasting is gelijk aan externe inputs minus outputs (miljoen kg)

	kunstmest	krachtvoer	melk/vlees	benutting	milieu
1950	70	8	36	46	42
1960	138	25	45	28	118
1970	277	52	56	17	273
1980	356	117	77	16	396
1985	379	153	83	16	449

Nog maar eens gerekend aan de data in tabel 1 – nu met behulp van een zogenaamde multiple regressie analyse. Deze biedt de mogelijkheid om voor de kunstmest-N en de krachtvoer-N afzonderlijk het zogenaamde marginale effect te berekenen, ergo de benutting van de laatst toegevoegde kilo N. De economische analyses van de jaren 90 baseerden zich op het zg. N_{7.5} principe. Zolang de stijging in gras-drogestof opbrengst per kilo N meer bedroeg dan 7.5 kilo zat het economisch wel goed. Het korte-termijn economische maximum rijmde – naar thans blijkt - echter in het geheel niet met het ecologische optimum. De marginale benutting van de kunstmest-N bedroeg slechts 5% en die van de krachtvoer-N 21%. Veel en veel te laag! Dit toonde tevens aan dat een analyse van de praktijkresultaten haaks kan staan op de uitkomst van veldproeven. En wat te denken van 1 kilo N-opname per 7.5 kilo drogestof – dat impliceert een ruweiwitgehalte van $1 \cdot 6.25 / 7.5$: meer dan 80% - maar dat is puur vergif!

Definitief terug in Nederland – in de 90-er jaren - ging ik een samenwerkingsverband aan met Jürgen Voigt uit Rostock, in de voormalige DDR. Jürgen labelde biergist met een stabiel N-isotoop, N^{15} , en in Wageningen voorzag ik de schapen van een infuuslang in de lebmaag en canules in de dunne darm. Wat wij beiden eigenlijk al wel wisten, zagen we nu onomstotelijk bevestigd. Vrijwel de helft van de met de mest uitgescheiden stikstof (N) bleek afkomstig te zijn van de dieren zelf (figuur 1). Ik weer aan het rekenen. De dunne darm bij het schaap is zo'n 25 meter lang, en de diameter circa 2 cm. Dat resulteert in een oppervlak van $2 \cdot \pi \cdot r \cdot l$, circa 15000 cm^2 , zo'n anderhalve vierkante meter dus. Maar het effectieve oppervlak is nog vele malen groter, vanwege de plooien (van Kerckring), de villi (vingervormige uitstulpingen van ~1 mm) en de nog veel kleinere microvilli, het oppervlak van een grotere tuin, wel zo'n 1000 m^2 . Een soortgelijke berekening kwam bij koeien zelfs uit op zo'n driekwart hectare. En deze binnenbekleding van de darm - het darmslijmvlies - wordt gemiddeld over een periode van drie dagen vernieuwd, en er worden aanzienlijke hoeveelheden slijm afgescheiden, om het slijmvlies te beschermen, en daarnaast nog - in grote overmaat - de verteringsenzymen. Globaal berekende ik dat de in het maagdarmkanaal afgescheiden hoeveelheid eiwit – het zogenaamde endogene eiwit - van eenzelfde grootte orde moest zijn als het met het rantsoen opgenomen hoeveelheid – exogene - eiwit. Dus, wat efficiënte dieren? Het bleek dus een illusie te denken dat we de landbouwmilieuproblemen op zouden kunnen lossen door efficiëntere dieren. De dieren bleken helemaal niet bedoeld om efficiënt te zijn!!!



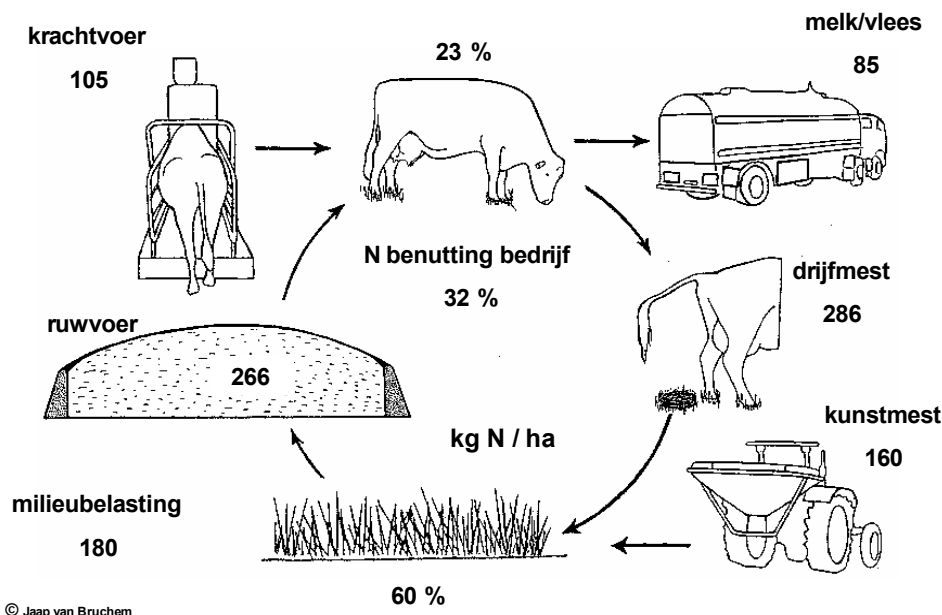
Figuur 1. Ruweiwit: Opname bij schapen (= 100%), passage aan het begin van de dunne darm (duodenum: D) en aan het eind van de dunne darm (ileum: I) en uitscheiding in de mest.

Mede door deze bevindingen, begon halverwege de 90-er jaren, het licht aan het einde van de tunnel een klein beetje te gloren. Samen met Marlou Bosch en Simon Oosting werd in 1995, tijdens het 'De Vredehorst' symposium een poster gepresenteerd, over de N-benutting in de melkveehouderij, over nieuwe inzichten door een integrale bodem-plant-dier aanpak, over de differentiaal analyse van de nutriënten kringlopen.

Figuur 2 geeft daarvan een voorbeeld, van een bedrijf met een N-benutting op bedrijfsniveau van 32% - verdubbeld ten opzichte van de 80er jaren in het vorige millennium (tabel 1). Dit is bij benadering het niveau waartoe melkveehouders in het Friese project VEL/VANLA en het Drentse project Bedreven Bedrijven reiken. Linksboven is de hoeveelheid eiwit stikstof (N) aangegeven, die wordt aangevoerd in de vorm van krachtvoer. Deze is berekend als de hoeveelheid krachtvoer (ton/ha) * ruw-eiwitgehalte (kg/ton) / 6.25 (= 105 kg/ha). Het gehalte aan (ruw)-eiwit is immers gedefinieerd als $N * 6.25$. N in ruwvoer wordt in de praktijk berekend op basis van de energiebehoefte in kVEM, volgens Handboek Melkveehouderij van

Praktijkonderzoek Veehouderij in Lelystad. VEM staat voor Voeder Eenheden Melk – de ‘calorie’ maat voor melkkoeien. 1000 gVEM (= 1 kVEM) is bij benadering gelijk aan 1 kg graan.

Een rekenvoorbeeld: (1) een melkquotum van 15000 kg melk per hectare, (2) 2 koeien - @ 7500 kg melk per jaar - per hectare: 2*5650 kVEM, (3) 1 stuks jongvee per hectare, 0.5 van 0-1 jaar (685 kVEM) en 0.5 van 1-2 jaar (1270 kVEM). Brengen we op de totale energie-behoefte van 13255 kVEM/ha de kVEM aangevoerd met het krachtvoer in mindering, dan kunnen we de hoeveelheid N in ruwvoer berekenen op basis van de geschatte gemiddelde N/VEM ratio in het ruwvoer (= 266 kg/ha).

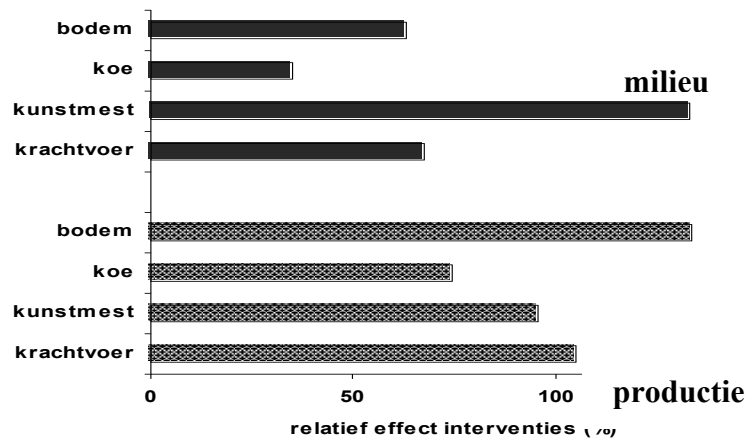


Figuur 2. N-kringloop melkveehouderijbedrijf, met een verdubbeling van de N-benutting ten opzichte van de jaren 1980/90.

Vervolgens is het mogelijk om de hoeveelheid N in drijfmest te berekenen als de hoeveelheid N in het voer (ruwvoer + krachtvoer) minus de hoeveelheid N in product (melk + vlees). De benutting op dierniveau benadert – inclusief jongvee opfok en droogstand van het melkvee – de 23%. De benutting van N in de bodem kunnen we inschatten als N in ruwvoer als fractie van de hoeveelheid N verstrekt in de vorm van kunstmest (= 160 kg/ha) en dierlijke mest (= 286 kg/ha). Tenslotte worden de N verliezen naar het milieu berekend als N-aanvoer (krachtvoer + kunstmest) minus N-afvoer (melk + vlees). De werkelijke verliezen, naar het milieu, kunnen lager zijn als een deel van het N overschot netto wordt vastgelegd in de bodem organische stof. En als netto een deel van de organische stof wordt gemobiliseerd – doordat het bodem-organische-stof gehalte terugloopt – is de werkelijke milieubelasting hoger.

Figuur 3 geeft de resultaten van een gevoeligheid - van een differentiaal - analyse (zie kader) – geeft een eerste indruk van het relatieve effect van krachtvoer, dier, kunstmest en bodem op enerzijds de productie en anderzijds de milieubelasting. Naast de benutting van het voerwit door de dieren, blijkt de productie van het bodem-plant-dier-mest systeem primair bepaald te worden door de opname – de benutting - van voedingsstoffen (stikstof) uit/in de bodem. De emissie van nutriënten, *i.c.* stikstof (N) in de vorm van ammoniak, nitraat en lachgas, naar het milieu wordt echter vooral veroorzaakt door de overmatige kunstmestgift. Boeren voelen dat op hun klompen aan. Voor de wetenschap is iets echter pas waar nadat statistisch een (curve)-

lineair verband is aangetoond, en nadat deze effecten onder gecontroleerde condities zijn gereproduceerd. In de complexe omgeving van de boerenpraktijk is dit niet doenlijk. En daarmee voldoet de gevoeligheidsanalyse niet aan de normen van het geldende regulier-wetenschappelijke paradigma (dogma). Dit vormt de kern van een probleem.



Figuur 3. Het resultaat van de gevoeligheidsanalyse figuur 2 – de relatieve impact van krachtvoer, kunstmest, koe en bodem op de productiviteit en de belasting van het milieu.

Evenals het gehele universum, is een boerenbedrijf fractaal georganiseerd, in interactie met de boerenfamilie en in interactie met de omgeving. Daarnaast vertonen experimenten - onder gecontroleerde niet-interactieve omstandigheden uitgevoerd - doorgaans een bolvormige (convexe) responscurve. Dit komt doordat de experimenten worden uitgevoerd in het domein van de afnemende meeropbrengst. De convexe vorm ontstaat vanwege negatieve hogere-orde interacties, met $'1+1<2'$ als resultaat. Om deze reden besloot ik door te gaan op de ingeslagen weg – en nauw samen te blijven werken met de praktijk, om te laten zien dat de convexe – *i.c.* yang/mannelijke/bolronde – relaties gespiegeld worden door concave – *i.c.* yin/vrouwelijke/holronde – samenhangen, en ik inmiddels in de gaten had gekregen dat we hele/holistische oplossingen moeten zoeken rond het buigpunt van de curve – in het centrum (groen) dat yin (rood) met yang (violet) verbindt.

De analyse van de natuurlijke N-kringloop toont aan dat voor productie de bodem het belangrijkste is, daarna de krachtvoer-N en de kunstmest-N, en pas in laatste instantie de koe. Een verlaging van de N-emissies naar het milieu kan vooral worden bereikt door het stap voor stap afbouwen van de kunstmest-N gift. Daardoor wordt ruimte gecreëerd voor een hogere N-benutting in de bodem, zodat een niet-lineair $'1+1>2'$ effect kan ontstaan. Relatief ten opzichte van de bodem, hebben de dieren echter een betrekkelijk gering effect op het milieu. De conclusie moet daarom luiden dat de N-benutting op bedrijfsniveau, *i.c.* de productiviteit, vooral bepaald wordt door de dynamische balans (samenhang - wederkerigheid) in het bodem-plant-dier systeem. Het is dus zaak om een kwalitatief positieve spiraal te doen ontstaan, met bodem $+ \rightarrow$ planten, planten $+ \rightarrow$ dieren, dieren $+ \rightarrow$ mest, en mest $+ \rightarrow$ bodem. Met andere woorden, als we er in slagen om de dieren (drijf)mest te laten produceren van een kwaliteit beter dan kunstmest, moet het mogelijk zijn om de kunstmestgift stap voor stap af te bouwen, zonder dat de productiviteit van het systeem hoegenaamd daalt, en belangrijker nog, zonder dat we een wissel trekken op onze toekomst. Wat een feest! De milieuproblemen in de melkveehouderij bleken dus eenvoudig oplosbaar!

Kader 1

Gevoeligheidsanalyse als eerste globale mathematische analyse

Een globale benadering geeft een eerste indruk van die deelprocessen waaraan we in eerste instantie het effectiefst kunnen gaan sleutelen. Om deze reden heeft het de voorkeur om maatregelen op het niveau van het bodem-plant-dier-mest productiesysteem te onderbouwen met een analyse op datzelfde niveau. Tot deze conclusie ben ik gekomen op basis van mijn ervaring dat het extrapoleren – het veralgemeniseren - van resultaten van detail onderzoek – *e.g.* in de voedingsfysiologie, op proefveldniveau - niet betrouwbaar bleek – soms zelfs averechts bleek uit te werken op het 2⁴ niveau van het bodem-plant-dier-mest systeem. Deze overwegingen vormen tevens de legitimatie van een analyse op basis van schijnbare coëfficiënten – op de subsysteemniveaus dier en bodem. Bijvoorbeeld, blijkens figuur 1 bestaat op dierniveau een essentieel verschil tussen de schijnbare en de werkelijke ruweiwit verteringscoëfficiënt, al naar gelang we in de mest rekening houden met het eiwit van endogene en microbiële oorsprong. In eerste instantie volstaat echter het schijnbare resultaat. Evenzo is het – ter onderbouwing van fenomenen op 2⁴ niveau – niet nodig om het verteringsproces onder te verdelen in de compartimenten voormagen, dunne darm (D-I) en dikke darm. Soortgelijke overwegingen gelden ten aanzien van de dynamiek van de bodem organische stof en de bodemflora/fauna. En in feite ook voor de subsystemen (ruw)voer en (drijf)mest. In beide systemen spelen fermentatieve processen een belangrijke rol.

Op basis van deze overwegingen is gekozen voor het volgende sterk vereenvoudigde model

De N-stromen in het bodem-plant-dier-mest systeem worden enerzijds bepaald door de externe inputs aan krachtvoer-N en kunstmest-N en – anderzijds - de benutting in de deelsystemen mest-bodem-plant en dier. Dit zijn de onafhankelijke (X) variabelen. De productiviteit en de N-emissies naar het milieu kunnen we beschouwen als de afhankelijke (Y) variabelen.

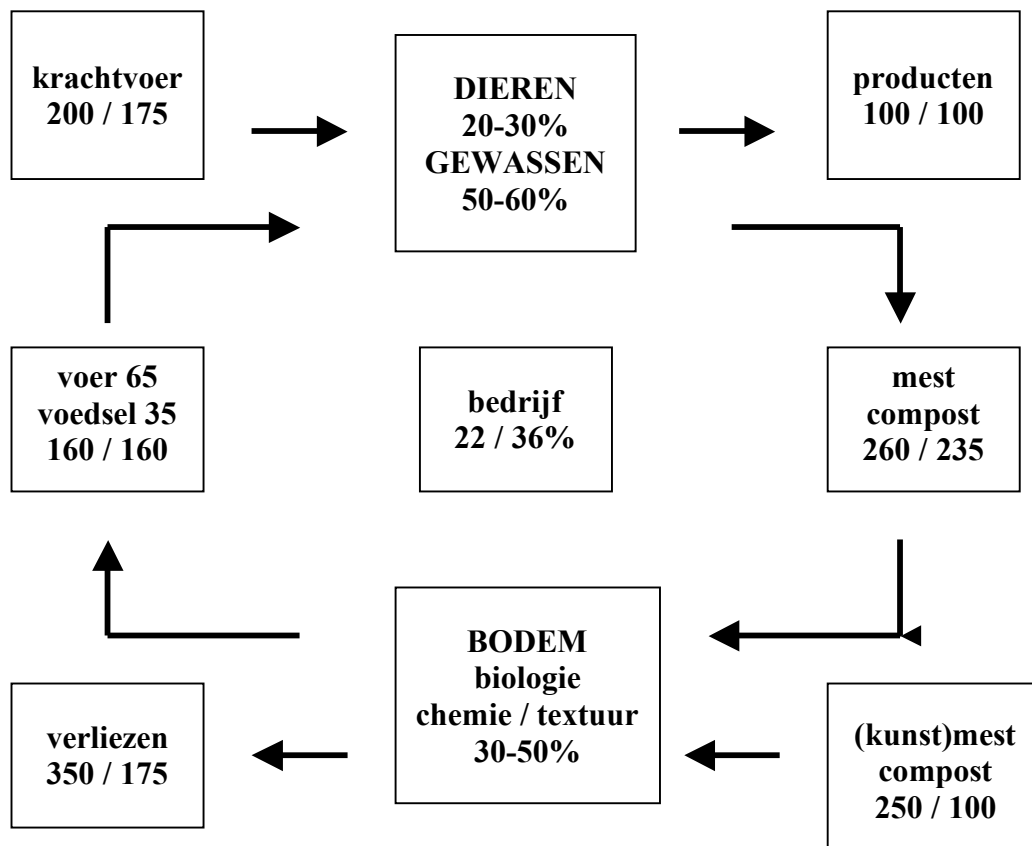
De gevoeligheidsanalyse – de differentiaal analyse - berekent het effect van een procentuele verandering in X op de procentuele verandering van Y: $\%Y/\%X$. Een rekenvoorbeeld: Laten we de krachtvoergift dalen van 5 naar 4 kilo (20%) per koe per dag en daalt de gemiddelde melkgift van 25 naar 24 kilo (4%), dan is de gevoeligheidscoëfficiënt $(4/20) = 0.2$ (of 20%).

III Leren voeren voor een betere kwaliteit dierlijke mest.

In 1995 raakte ik betrokken bij het onderzoek op de APMinderhoudhoeve in Swifterbant, een prototype proefbedrijf van Wageningen Universiteit. Op dit bedrijf werd begonnen met een onderzoek naar moderne gemengde bedrijfssystemen. Van het totale areaal werd 55% voor akkerbouw (primaire productie) bestemd en 45 % voor de (melk)veehouderij (secundaire productie). Het idee was om het kunstmest-N verbruik sterk te reduceren, zo mogelijk zelfs tot nul, en de dierlijke mest optimaal te benutten, ergo maximaal in te spelen op de synergie (positieve interactie) tussen de plantaardige (primaire) en dierlijke (secundaire) productie. Ik aan het piekeren, met een kokospalmen plantage op m'n netvlies. Daarin werkt het zo dat je een diercomponent – *e.g.* schapen - kunt inpassen zonder dat dit ten koste gaat van de productie aan kokosnoten. In tegendeel, het gras wordt door de dieren omgezet in groei (vlees) en de bomen profiteren van de mest. Ergo, de dieren versnellen het weer beschikbaar komen van de voedingsstoffen uit gras met als resultaat een +++ bodem-plant-dier verhaal.

In 1996 verscheen een rapport van de Nationale Raad Landbouwkundig Onderzoek (NRLO) dat de nutriëntenstromen van de Nederlandse landbouw / veehouderij gedetailleerd in kaart bracht. Ik aan het puzzelen, aan de hand van een bodem-plant-dier diagram (figuur 4). Gemiddeld per hectare cultuurgrond - in totaal ~2 miljoen hectare - werd in de vorm van

krachtvoer grondstoffen globaal zo'n 200 kilo N (stikstof) en 35 kilo P (fosfor) – inclusief voedermineralen – geïmporteerd. De kunstmest aanvoer bedroeg circa 250 kilo N – inclusief de depositie uit de lucht - en 20 kilo P. In de vorm van producten werd per hectare gemiddeld 100 kilo N en 20 kilo P afgevoerd. Het surplus, de balans van aanvoer en afvoer, *i.c.* de verliezen naar het milieu, bedroeg ongeveer 350 kilo N en 35 kilo P. De benutting van N en P bedroeg op nationaal niveau dus niet meer dan 22, resp. 36%. Extreem laag! Dit betekende ondergronds (in de bodem) een benutting van niet meer dan 30-50 procent en bovengronds (planten/dieren) niet meer dan 25-30 procent.



Figuur 4. Een globale indicatie van de N en P-stromen in de Nederlandse landbouw in de jaren 1980/90 – voor N absoluut (kg/ha) en voor P relatief t.o.v. product (100% ~ 20 kg/ha).

Tabel 2. Relatief effect – gevoeligheidscoëfficiënt – van management maatregelen op de productiviteit van de Nederlandse groene ruimte als gemengd bedrijfssysteem en de belasting van het milieu – in 1980/90 (data in figuur 4).

		productie	milieu
N	krachtvoer	134 (1)	76 (2)
	dieren	61 (4)	17 (4)
	gewassen	26 (5)	7 (5)
	kunstmest	67 (3)	125 (1)
	bodem	68 (2)	19 (3)
P	krachtvoer	153 (1)	114 (1)
	dieren	55 (3)	31 (4)
	gewassen	21 (5)	12 (5)
	kunstmest	48 (4)	87 (2)

De gevoeligheidsanalyse resulteerde in de volgende volgorde van effectiviteit (tabel 2):

- De productie wordt vooral bepaald door de aanvoer van krachtvoer. Dit geldt zowel voor N als voor P. Dit komt doordat in deze analyse – op nationaal niveau - de intensieve veehouderij is meegenomen, en die drijft vrijwel geheel op geïmporteerde krachtvoer grondstoffen. Om het milieu te ontlasten valt er evenwel niet aan te ontkomen deze externe input stap voor stap te beperken. Ten aanzien van de milieubelasting scoort krachtvoer een (2; N) en een (1; P).
- Bij kunstmest ligt deze keuze wat eenvoudiger. Ten aanzien van het milieu scoort kunstmest een (1; N) en een (2; P). Ook ten aanzien van kunstmest is een geleidelijke beperking dus onontkoombaar. Deze beslissing heeft echter minder impact op de productie, met kunstmest in positie (3; N) en (4; P).
- De dieren en de bodem blijken elkanders tegenvoeter. Ten aanzien van productie scoren de dieren een (4; N) en een (3; P). De bodem scoort een (2; N) en een (2; P). Ten aanzien van het milieu scoren de dieren een (4; N) en een (4; P). De bodem scoort een (3; N) en een (3; P). Deze rangorden worden vooral bepaald door de mate waarin een (dierlijke) sector grondgebonden is, produceert op basis van eigen (ruw)voer of voedergrondstoffen uit de regio.

Drastisch lagere externe inputs in de vorm van krachtvoer en kunstmest vormen dus een voorwaarde om de bodem in staat te stellen de nutriënten – de voedingsstoffen - efficiënter te benutten. Daar is ruimte genoeg voor bij een benutting in de bodem van niet meer dan 30-50%. Maar hoe valt zo'n lage benutting te rijmen met de sterk verfijnde bemestingsadviezen? Het zal toch niet waar zijn dat bij de implementatie van de resultaten van de met kunstmest uitgevoerde veldproeven onvoldoende rekening werd gehouden met de dierlijke mest. Maar daar leek het wel op! En als de bodem al kans zag om een gewas voort te brengen met een nauwere energie / nutriënt, *e.g.* VEM/eiwit ratio, dan daalde de benutting op dierniveau weer. Maar hoe spelen ze het dan in de biologische landbouw klaar een hogere nutriënten benutting te realiseren? Dat bracht me op het idee om eens te gaan kijken naar de samenstelling van compost. Maar natuurlijk, compost heeft een veel ruimere C : N ratio, en het merendeel van de N is aanwezig in organische vorm. Maar N in organische vorm is toch niet werkzaam? In de biologische landbouw kennelijk wel ...

Hoe zagen de structuurrijke/eiwitarmer rantsoenen van vroeger er ook alweer uit? Sinds de 80-er jaren was de snijmaïs sterk in zwang gekomen om het uit de hand gelopen ruweiwit (N*6.25) gehalte in de grasproducten te compenseren. Maïs levert weliswaar voldoende structuur, maar de maïsstengels zijn nogal verhout, en dus zijn de vezels in de voermagen en de dikke darm minder goed beschikbaar als energiebron voor de micro-organismen. De oogst in het najaar leidt ook vaak tot structuurbederf. En het 'overvoeren' van de dieren met (maïs)-zetmeel zou de kwaliteit van de mest, *i.c.* de verhouding tussen eiwit en ruwvezels, negatief beïnvloeden. En daarnaast ook de ratio tussen nuttige (zoals in yoghurt, yaourt, zuurkool en grassilage) en pathogene (ziekteverwekkend - rotting) micro-organismen in de dikke darm, met uiteindelijk een negatieve uitwerking op het biologisch functioneren van de bodem, de natuurlijke bodemvruchtbaarheid, en in het verlengde daarvan de vitaliteit van de gewassen. Om deze redenen werd besloten te kiezen voor een combinatie van stro en bietenpulp, en werd de snijmaïs vervangen door tarwesilage (TS). In tabel 3 is de globale samenstelling van het rantsoen weergegeven. In vergelijking met het weideseizoen, minimaal 10 uur grazen per etmaal, bevat het stalrantsoen relatief meer stro en minder krachtvoer en bijproducten van de

voedings- en genotsmiddelen industrie, *i.c.* bietenpulp en bierbostel (BP), bijproducten van resp. de suikerbereiding uit suikerbieten en de bierbereiding uit brouwergerst. Deze tabel laat zien dat het APMinderhoudhoeve rantsoen op drogestof basis gemiddeld voor meer dan de helft uit akkerbouw (bij)producten bestaat, een formule die in principe ook geschikt is voor de betere zandgronden. Voor de veengronden mogelijk niet, waar teveel graan resulteert in een te snelle daling van de bodem (meer dan een centimeter per jaar).

Tabel 3. APMinderhoudhoeve (APM): Rantsoen drogestof opname (DS; kg/dag) en in de componenten tarwesilage (TS; kg/dag), gras-silage (GS; kg/dag), stro (kg/dag), pulp/bierbostel (agro-industriële bijproducten, BP; kg/dg) en krachtvoer (KV; kg/dg).

	DS	TS	GS	stro	BP	KV
voorjaar	23.2	4.5	6.3	2.8	3.6	5.9
zomer	23.3	6.3	10.1	0.8	2.6	3.5
herfst	22.4	9.0	7.2	0.9	2.7	2.5
winter	21.8	4.2	8.4	2.7	2.6	3.8

Om al deze redenen ontspoon zich in de herfst van 1996 de volgende discussie tussen mij en Joop Overvest, de bedrijfsleider van de APMinderhoudhoeve (APM): “Als we de melk-koeien nu eens zouden gaan voeren als vanouds - zodat ze weer welriekende mest gaan produceren, (drijf)mest met een hogere C : N ratio, min of meer vergelijkbaar met de functie van compost in de ecologische landbouw?”. Ik aan het rekenen, en kwam tot de conclusie dat het energie- en eiwitrijke ‘wittebrood’ rantsoen een ‘verrijking’ behoefde met zo’n 3 kilo stro per dier per dag. Daarmee zou een gezonde vezelrijke/eiwitarme ‘bruinbrood’ mix ontstaan. Joop echter had z’n twijfels ... “Dat lukt je nooit om de koeien zoveel stro in hun maag te splitsen. Deze koeien zijn juist geselecteerd op het benutten van snel verteerbare rantsoenen. Kijk maar in de computer, die koeien vallen allemaal om ...”.

Ik weer aan het delibereren. Als we de dieren zouden gaan voeren op een VEM-niveau van 850-900 per kilo drogestof, in plaats van 950-1000, hoeveel drogestof (voer) zouden ze dan extra op moeten nemen bij een melkproductie van circa 30 kilo melk, *i.c.* een VEM-behoefte van zo’n 20.5 kVEM per dag. In drogestof opname zou dat een stijging betekenen van zo’n 2.5 kilo per dag, van ~20,5 naar ~23 kilo per dag, ergo zo’n 10%. De pensnetmaag heeft een volume van wel zo’n 150 liter, en daar maakt het voer maar zo’n 10% van uit, ergo zo’n 15 kilo drogestof. Vervolgens vroeg ik me af of de pensnetmaag in staat zou zijn om per dag 23 kilo voer te verwerken, per dag 1.5 maal (150%) de inhoud, ergo zo’n 6 procent per uur? Zou dat mogelijk zijn? Welnu, over de manier waarop dieren hun voeropname reguleren, daar was het laatste woord per slot van rekening nog niet over gezegd (zie kader 2). In de pensnetmaag wordt het voer als het ware voorverteerd – gefermenteerd - door micro-organismen, met een snelheid van zo’n 3 procent per uur, en de inhoud van de pensnetmaag wordt intensief herkauwd, de gehele pensnetmaag inhoud wel zo’n vier keer per dag. Daardoor worden de voerdeeltjes verkleind, en worden ze soortelijk zwaarder doordat de ‘methaangas’ belletjes verwijderd worden. Weer doorgeslikt ondergaan de voerdeeltjes een selectieproces. De nieuwere (van de laatste voeding) - nog grotere - soortelijk lichtere deeltjes hebben nog een aantal rondjes pens (maag 1) voor de boeg. De oudere (van de voorlaatste voeding) - kleinere en soortelijk zwaardere - reeds vrijwel volledig voorverteerde voerdeeltjes worden

naar de bodem van de netmaag (maag 2) geëxpedieerd, het vertrekpunt naar de boekmaag (maag 3), gemiddeld wel zo'n 500 gram per uur. De vertering in de pensnetmaag is circa 50%. Dat wil zeggen, gemiddeld per uur wordt ook zo'n 3 procent van de pensinhoud afgebroken door bacteriën (~500 gram per uur). In totaal is dat per dag 24 maal (500 + 500), en dat komt uit op circa 24 kilo per dag. Maar dan moet het dus toch kunnen!!!

Kader 2

De regulatie van de voeropname wordt door vele factoren bepaald – kan dus met recht worden geduid als een multifactorieel – complex - gereguleerd fysiologisch proces. De uiteindelijke beslissing – te starten of te stoppen met eten - wordt bepaald door het hongergevoel – de balans tussen hongercentrum en verzadigingscentrum in de hersenen – in de hypothalamus. Naast de beschikbaarheid van de voedingsstoffen op het niveau van de stofwisseling speelt bij herkauwers de capaciteit van de pensnetmaag een belangrijke rol. Deze wordt gedefinieerd als de drogestof inhoud van de pensnetmaag (kg) vermenigvuldigd met de fractionele snelheden (%/uur) waarmee (i) de voerpartikeltjes worden gefermenteerd, en (ii) de partikeltjes vanuit de netmaag naar de boekmaag worden getransporteerd. Tussen dieren worden aanzienlijke verschillen in voeropnamecapaciteit waargenomen. Dit bracht me op het idee, dat 10% meeropname aan drogestof mogelijk zou moeten zijn. Kleinere koeien – met een kleinere pensnetmaag – blijken soms in staat opmerkelijke hoeveelheden voer te kunnen verstouwen, doordat het drogestofgehalte in de pensnetmaag te verhogen van 10 →→ 12% of meer ... Daarnaast had ik het idee – het gevoel – dat de dieren van niet-snijmaïs rantsoenen meer zouden opnemen, minder snel verzadigd zouden raken. Deze gevoelens stoelden op mijn ervaring met voeropname van laagwaardiger – energiearmere – rantsoenen, in het kader van het promotieonderzoek van resp. Marlou Bosch, Siti Chuzami, Azizolah Kamalzadeh, Henri Leuvenink en Simon Oosting, Bij sommige proefrantsoenen vraten de dieren zich tonnetje rond ...

Ik dus weer naar Joop ... “Joop, als we eens een voermengwagen aan zouden schaffen?”. “Jaap, dat lukt je nooit om die dieren meer te laten eten van minder energierijk voer. Maar ja, jij bent de onderzoeker, en als je er op staat zullen we het uitproberen op voorwaarde dat je minstens twee keer per week komt kijken ...”.

De moraal van dit verhaal luidt als volgt: Van 1996 tot 2001 hebben we ervaring opgedaan met deze ‘nieuwe’ manier van voeren, met de productie van waardevolle welriekende mest als natuurlijke basis voor een gezondere – biologisch actievare – en meer zelfregulerende bodem. Gelukkig hadden onze koeien de computermodellen nooit gelezen. Tegen alle voorspellingen in aten ze zich tonnetje rond, en stonden heel tevreden te herkauwen. En Joop werd een fervent voorstander van deze manier van voeren. En de boeren excursies reden af en aan ...

In het najaar van 1996 werd begonnen met het bijmengen van stro in de voermengwagen. Om mest te produceren met een hogere koolstof (C) / stikstof (N) ratio is het nodig om rantsoenen te voeren met een lager eiwitgehalte, en een hoger ruwvezel gehalte. In de winter en het voorjaar namen we zo'n drie kilo stro op in het rantsoen, per dier per dag (tabel 3). De melkkoeien compenseerden de energiearmere rantsoenen door een extra hoge drogestof opname. Om de honger te stillen – je verzadigd te voelen - heb je van bruinbrood nu eenmaal meer nodig dan witbrood! Blijkens tabel 4 werd voldoende energie opgenomen (VEM-2). In het voorjaar was de energievoorziening wat lager (VEM-2 = 99%), maar dat heeft er mee te maken dat de meeste dieren in het voorjaar kalfden, en dus in het eerste deel waren van hun lactatieperiode van gemiddeld 305 dagen. De overige 60 dagen staan de dieren droog – produceren geen melk. In tabel 5 wordt dit geïllustreerd aan de hand van de gemiddelde melkgift per koe per dag. In het begin van de lactatie mobiliseren de dieren een deel van hun lichaamsreserves, opgebouwd tijdens de twee maanden droogstand – ‘zwangerschapsverlof’ - voor het afkalven.

Tijdens de stalperiode (november tot april) slaagden we er in om de energie inhoud van het rantsoen terug te brengen tot minder dan 900 gVEM per kilo drogestof. In de weideperiode

lukte dat niet zo, doordat de dieren zich tonnetje rond aten in de gras/klaver standweide. In de stal – gedurende de nacht – werd onvoldoende vezelrijk voer opgenomen in aanvulling op het lekkerdere gras. Daardoor bleven in de (voor)zomer – vooral in de maanden mei en juni - de energie- en eiwitgehalten aan de hoge kant (tabel 4).

Tabel 4. APM: Energiegehalte rantsoen (VEM-1; g/kg drogestof), energievoorziening (VEM-2; %), ruweiwit gehalte (RE; g/kg drogestof), onbestendig eiwit balans (OEB; g/dag), voorziening darmverteerbaar ruweiwit (DVE; %) en N-benutting (NB; %).

	VEM-1	RE	OEB	VEM-2	DVE	NB
voorjaar	875	132	-179	99	107	30.9
zomer	945	152	129	110	108	24.7
herfst	916	133	-119	115	111	26.3
winter	858	132	-83	115	118	29.0

Tabel 5. APM: Melkproductie (kg/dag), krachtvoer (KV; kg/kg melk), ureum (mg/kg melk), vet (g/kg melk), lactose (g/kg melk) en eiwit (g/kg melk).

	melk	KV	ureum	vet	lactose	eiwit
voorjaar	30.7	0.19	167	43.4	45.9	33.5
zomer	27.2	0.13	235	41.2	45.9	33.7
herfst	22.7	0.11	226	42.1	45.3	33.8
winter	22.8	0.16	139	48.0	45.6	35.6

Herkauwers zijn bij uitstek geschikt om vezelrijk voer te benutten, dankzij de in de voor-magen, *i.c.* de pens en de netmaag, aanwezige micro-organismen. Deze breken de celwand-structuren af en produceren microbiële biomassa, voor 60% bestaand uit eiwit met een hoge biologische waarde. Op deze manier zijn herkauwers – in symbiose met deze microflora - in staat om voeders die niet geschikt zijn voor humane consumptie om te zetten in een voor mensen hoogwaardig product. Ze produceren voedsel met een efficiëntie – als het ware – van meer dan 100%.

In de lebmaag (maag 4) en in de dunne darm wordt het eiwit verteerd door enzymen, en in de vorm van aminozuren opgenomen in de bloedbaan. Meer dan de helft daarvan wordt in de uier omgezet in melkeiwit. Het overige deel wordt verbrand, door de stofwisseling verbruikt als energiebron. Daarbij ontstaat ammoniak als nevenproduct. Dat is giftig, en wordt daarom in de lever omgezet in ureum, dat wordt uitgescheiden met de urine. Bij eiwitarmere rantsoenen arriveren relatief minder aminozuren in de bloedbaan. Hiervan wordt echter een groter deel benut, zodat minder ammoniak wordt gevormd, waardoor het ureumgehalte in het

bloedplasma en de melk daalt. In de reguliere praktijk wordt een ureumgehalte van meer dan 200 mg/liter geadviseerd; worden gehalten van minder dan 200 mg/liter niet wenselijk geacht!

Tegen alle voorspellingen in, begon de melkproductie zelfs te stijgen, van ~7.000 kg per koe per jaar in 1996/7 tot ~9.000 kg per koe per jaar in 2000/01. De prijs van de melk wordt vooral bepaald door de gehalten aan vet en eiwit. Van groot belang was dus het effect van de 'nieuwe' manier van voeren op de samenstelling van de melk. Aan de hand hiervan krijgen we tevens een indruk van de stofwisseling van de melkkoeien, *i.c.* de verhouding waarin de lipogene / vetvormende; glucogene / glucosevormende en aminogene / eiwitvormende nutriënten beschikbaar komen (zie kader 3).

Kader 3

Herkauwers beschikken – evolutionaire gezien – over een uiterst modern maagdarmkanaal. Zij leven in symbiose met een microflora in de voormagen en in de dikke darm. Ter vergelijking – een olifant beschikt niet over voormagen – wel over een omvangrijke dikke darm – evenals het paard.

De bacteriën in de pensnetmaag hebben een voorkeur voor koolhydraten – *i.e.* $(C_6H_{10}O_5)_n$. Daar zijn twee vormen van beschikbaar: resp. de fibrillaire (hemi)cellulose en het globulaire zetmeel. Fibrillaire koolhydraten – ook wel ruwvezel genoemd – worden relatief langzaam door de cellulolytische bacteriën verteerd. Zetmeel wordt sneller afgebroken, door de amylolytische bacteriën.

De in de pensnetmaag levende bacteriën hebben een voorkeur voor koolhydraten, omdat deze meer zuurstof bevatten, in vergelijking met eiwitten en vetten. In een anaërobe omgeving hebben ze deze zuurstof (O) nodig om hun waterstof (H) weg te werken: $\rightarrow H_2O$ (water). In een aërobe omgeving worden koolhydraten volledig afgebroken tot H_2O en CO_2 (kooldioxide). In de anaërobe pensnetmaag omgeving lukt dat slechts ten dele, kan door de bacteriën slechts een deel van de energie worden benut. Het overige deel wordt omgezet in CH_4 (methaan), en de vluchtige vetzuren $C_2H_4O_2$ (azijnzuur), $C_3H_6O_2$ (propionzuur) en $C_4H_8O_2$ (boterzuur). De vetzuren worden opgenomen in het bloed. Daarvan kan alleen propionzuur weer omgezet worden in glucose.

Hoe komt de melkkoe dan aan de glucose, voor de vorming van lactose (melksuiker)? Volgens onderstaande chemische vergelijking is dat slechts mogelijk door aminozuren om te zetten in glucose. Maar dat is natuurlijk niet de bedoeling. Want daarbij komt ammoniak vrij, en die wordt in de vorm van ureum uitgescheiden in de urine ...

aminogene \rightarrow glucogene \rightarrow lipogene nutriënten

In de reguliere praktijk wordt dit opgelost door bestendig eiwit en bestendig zetmeel in het rantsoen op te nemen, eiwit en zetmeel die voor een deel aan afbraak in de pensnetmaag ontsnapt. Nutriënten die evenals bij niet-herkauwers in de dunne darm beschikbaar komen. In evolutionaire zin zetten we daarbij de klok in feite terug, in termen van de efficiëntie waarmee we voedsel produceren. Koolhydraten en eiwitten die in de dunne darm kunnen worden verteerd, zijn in principe ook geschikt voor humane consumptie. En als we deze voedingsstoffen al om willen zetten in hoogwaardiger producten, dan doen niet-herkauwers, *e.g.* varkens en kippen – dat effectiever. Bij herkauwers gaat immers een deel van de energie verloren in de vorm van fermentatiewarmte en methaan.

Herkauwers zijn echter in het voordeel in regio's waarin voer wordt geproduceerd dat niet direct geschikt is voor humane consumptie, zoals gras bijvoorbeeld. Vervolgens dringt zich de standaardvraag weer op, de vraag van het aantal dieren, en het productieniveau per dier. Op dit punt geldt de fysiologische wetmatigheid dat een groter aantal kleinere lager-productieve dieren tot meer in staat zijn dan een kleiner aantal grotere hoger-productieve dieren. Het is dus een kwestie van zoeken naar het optimale productieniveau, zowel op het niveau van de dieren als van het bodem-plant-dier systeem ...

Structuurrijker en eiwitarmere rantsoenen zorgen er voor dat bij de microbiële celwandafbraak – fermentatie – in de pens relatief meer azijnzuur (C_2) en boterzuur (C_4) ontstaat en minder propionzuur (C_3). Slechts C_3 kan door de dieren worden benut voor de vorming van glucose

(C₆), nodig voor de synthese van melksuiker (lactose; C₁₂). Bij een tekort aan glucose ontstaat een te lage bloedsuikerspiegel – een hypoglycaemie - in de praktijk bekend staand als slepende melkziekte. Ook de meeste aminozuren, *i.c.* de glucogene aminozuren, kunnen worden gebruikt als bouwsteen voor de vorming van glucose in de lever. Dit resulteert echter in de *overall* reactievergelijking:

eiwit → melksuiker + ammoniak

En ammoniak is giftig. Deze stofwisselingsroute wordt door de ‘nieuwe’ manier van voeren echter voor een deel de wind uit de zeilen genomen. Immers, de vorming van te grote hoeveelheden ammoniak (uit ureum in de urine) zou de kwaliteit van de mest doen dalen. Echter, bij een lage (<100 gr/dag) tot licht negatieve Onbestendig Eiwit Balans (OEB) in de pensnetmaag ontstaat een eiwittekort, relatief ten opzichte van de beschikbare energie in de vorm van verteerbare/fermenteerbare organische stof. Dit betekent dat een aanzienlijk deel van de ureum via het speeksel kan worden herbenut in de pensnetmaag. Koeien herkauwen uren per dag en produceren daarbij grote hoeveelheden speeksel, bij structuurrijke rantsoenen wel zo’n 250 liter per dag. Uit tabel 5 valt de onderlinge beschikbaarheid van de nutriënten af te leiden, aan de hand van het lactosegehalte en het eiwitgehalte in de melk. Bij lactose streven we naar een gehalte van 46 g per kilo melk. En een hoger eiwitgehalte in de melk is vooral een kwestie van fokkerij. In de praktijk blijkt dat 38 g per kilo melk mogelijk is bij structuurrijke en eiwitarme rantsoenen. Tenslotte wordt in deze tabel nogmaals geïllustreerd dat een hogere benutting van de eiwit-N – vanwege de eiwitarme rantsoenen - gepaard gaat met lagere ureum gehalten in de melk. Ook dan geldt echter nog steeds dat de N-benutting op het niveau van de melkveestapel vrij laag blijft – niet veel hoger dan 30%. Zo’n 70% van de opgenomen eiwit-N wordt uitgescheiden in de mest – in de vorm van eiwit - en de urine – in de vorm van ureum en nucleïnezuren. In de juiste verhoudingen – bij drijfmest met een C : N ratio van meer dan 10 - ontstaat een waardevolle en welriekende voedingsbron voor de microflora in de bodem.

Het onderzoek op de APMinderhoudhoeve is inmiddels afgerond. Tijd om de balans op te maken. De uitkomsten zijn uitermate positief. Agro-ecosystemen kunnen we beschouwen – gedragen zich - als niet-lineaire levende complexe systemen. Voor de praktijk betekent dit een cultuuromslag, vergt andersom leren denken, en vergt een persoonlijke ontwikkeling, zowel voor de boer als de boerin. Vergt ook een andere wetenschappelijke insteek, en een andere manier van coaching. Slagen we daarin, dan ontstaat uitzicht op een reeks van positieve ontwikkelingen – op een meervoudig-win toekomstperspectief (zie kader). Een complexe – integrale - aanpak maakt het mogelijk om multifactoriële problemen te vertalen in complexe – in hele/holistische - oplossingen, waarbij gestaag een toenemende meerwaarde kan ontstaan – een positieve spiraal/cascade - volgens het principe: door meer reciprociteit – wederkerigheid – creëren we allengs meer ruimte voor synergie in de vorm van positieve hogere-orde interacties. Inmiddels is duidelijk dat op dierniveau een benutting van N, het meest ‘vluchtige’ nutriënt, van 25% tot de reële mogelijkheden behoort (inclusief dracht en opfok), en in de bodem van meer dan 75%. Voor het melkveehouderijbedrijf betekent dit dat een N-benutting van aanzienlijk meer dan 50% in het verschiet ligt, zonder dat (al te veel) hoeft te worden toegegeven aan het hoge productieniveau. Ik vind dat belangrijk, we hebben per slot van rekening – wereldwijd – zo’n 6 miljard mensen te voeden. De APMinderhoudhoeve als gemengd bedrijf realiseerde een N-benutting van ~70%. Op basis van deze positieve resultaten hebben we in 2005 de Aquarius Alliance opgericht. Deze stelt zich ten doel de bodem-plant-dier-mest verhalen op te schalen naar hogere integratie

niveaus. Op regionale schaal biedt de Aquarius landbouw uitzicht op een geïntegreerde vorm van akker/tuinbouw en (intensieve) veehouderij, hoogproductief en milieuverantwoord. Bij

Kader 4

In de praktijk van het boerenbedrijf – en in de coaching - betekent dit leren acteren in reeksen (kettingen) van effecten, beginnend bij het laten ontstaan van een positieve bodem-plant-dier-mest spiraal, in de melkveehouderij bijvoorbeeld door:

1. vezelrijke/eiwitarmer voeding als basis voor hoogwaardige primaire producten,
2. welriekende (drijf)mest en compost als hoogwaardige nevenproducten,
3. een hoge productiviteit bij een drastisch (meer dan 75%) beperkte belasting van het milieu,
4. een gezondere biologisch diversere en actievere en meer zelfregulerende bodem, met een sterk verbeterde benutting van de nutriënten (75% en hoger),
5. vitaler gewassen en dieren,
6. aanzienlijk lagere dierenartskosten,
7. verbeterd dierenwelzijn (gezondere voeding, meer rust in de stal, weidegang vormt niet langer probleem, gesloten stallen zijn niet langer nodig),
8. veiliger producten van biologisch betere kwaliteit,
9. een zichzelf versterkende regionale economie door een netwerkondersteunde eerlijke prijsvorming,
10. inpasbaarheid hoogwaardige complementaire functies/diensten in de groene ruimte (natuur/recreatie sluiten naadloos aan bij hoogproductieve landbouw),
11. minder stress en meer wederzijds begrip en vertrouwen – reciprociteit - tussen producenten en consumenten, en
12. meer ruimte voor creativiteit, eigen initiatief en zelfrespect/bewustzijn.

een 50/50 ratio tussen primaire/secundaire productie ligt een N-benutting van meer dan 75% binnen bereik, en emissies naar het milieu van minder dan 50 kg.ha⁻¹. Wellicht ligt een benutting van 100% zelfs in het verschiet. De natuur – de evolutie – streeft immers naar steeds complexere structuren. Door meerfactor (3 of meer) interacties ontstaat een natuurlijke basis voor meer zelfregulerende *low external input - high output* agro-ecosystemen, waarin dieren (ruw)voer en agro-industriële bijproducten benutten en waardevolle organische mest produceren, terwijl onze *waste* kan worden herbenut in de vorm van hoogwaardige compost.

Zo ontstaat een co-productie van voedsel en groen ...

Kader 5

Op de APMinderhoudhoeve in Swifterbant verdwenen de milieuproblemen als sneeuw voor de zon. Structuurrijke (VEM → 850-900) en eiwitarme (RE → 12-14%) rantsoenen vormen de basis voor hoogwaardige welriekende (drijf)mest met een C:N ratio van meer dan 10. De schijnbare N-benutting uit de bodem is gestegen naar ~75%. Het bodem organische stof gehalte stijgt ~0.25% per jaar. De uienproductie steeg 15-20%, relatief t.o.v. gangbare drijfmest. Ecotech en hoogwaardige GFT-compost deden de aardappelbrenst toenemen met meer dan 50%. Nitraat in het drainwater ligt ~50% onder de EU-norm. De ammoniak emissie uit de stal bedraagt ~2 kilo per koe (forfaitair 8 kilo).

		1998-2001		referentiejaar 1989		
		N	P	N	P	
Aanvoer	krachtvoer	45	9	200	35 ¹	
	kunstmest/compost	65	1	250 ²	20	
Afvoer	plantaardige &	45	10			
	dierlijke producten	35	7	100	20	
Surplus		30	-7	350	35	kg.ha ⁻¹
Benutting		73	170	22	36	%

IV Het voedselweb in de bodem

Iedere bodem bestaat voor een deel uit organische stof. Dat organische materiaal bestaat voor het grootste deel uit afgestorven plantendelen (stoppel, wortels) en diertjes. Rond 15% bestaat uit levende organismen, zoals bacteriën, schimmels en bodemdiertjes van allerlei soort. De levende fractie in een biologisch actieve bodem kan – op drogestof basis - wel rond de 1% uitmaken van het totale gewicht van de bouwvoor. Afhankelijk van het soortelijk gewicht en de diepte van de bouwvoor komt dit per hectare, $1000 * 1000 \text{ dm}^2$, globaal neer op 1% van 2000 ton = 20 ton, oftewel 10 ton C (koolhydraten/eiwitten bestaan globaal voor 50% uit C) en 1 ton N (bij een C / N ratio van 10). Deze hoeveelheid N kunnen we beschouwen als natuurlijke bodemvoorraad/vruchtbaarheid, die in symbiose beschikbaar komt voor de planten.

We hebben in de bodem te maken met een diversiteit aan levensvormen – die vele malen complexer is dan in de pensnetmaag. De bodemdiertjes die in verreweg de grootste aantallen in de bodem voorkomen zijn protozoën. Dit zijn ééncelligen (oerdiertjes), tot ongeveer 0.01 mm groot, die zich ophouden in de waterfilmpjes rond bodemdeeltjes in en rond bodem-aggregaatjes. Hun dichtheid is enorm. Het kan wel gaan om een aantal van 10000 tot 100000 per gram grond. De meeste protozoën voeden zich met bacteriën en schimmels.

Van de méercellige dieren in de bodem vormen de nematoden of aaltjes de grootste groep. In Nederland zijn zo'n 900 soorten bekend. Ze zijn ongeveer 0.5 mm lang. In een kilo grond komen gemiddeld 30000 nematoden voor. Nematoden voeden zich met levende organismen. De soorten die zich voeden aan plantenwortels zijn het bekendst. Het merendeel van de soorten voedt zich met bacteriën, schimmels, protozoën, algen of ander nematoden.

Springstaarten en mijten zijn met het blote oog goed waar te nemen. Zij komen in dichtheden voor variërend van 1000 tot 10000 per m^2 . De meeste voeden zich met schimmels, maar er zijn ook bacterieëters, planteneters en carnivoren ('vlees' eters). Ze leven in de bestaande poriën in de bodem en zijn evenals protozoën en nematoden niet zelf in staat om gangen te graven. Hierdoor zijn ze heel gevoelig voor allerlei vormen van grondbewerking. Hun uitwerpselen spelen een belangrijke rol bij de aggregaatvorming (korrelstructuur).

Tenslotte zijn er de potwormen en de regenwormen. Deze spelen beide een belangrijke rol bij de bodemvorming door hun graaactiviteit en doordat hun uitwerpselen een belangrijke bijdrage leveren aan de aggregaatvorming. Potwormen zijn 1 tot 40 mm lang. Er zijn enige honderden soorten bekend en zij komen voor in dichtheden van 100 tot 1 miljoen per m^2 . Ook regenwormen voeden zich vooral met bacteriën, schimmels en protozoën, die zij samen met dood organisch materiaal consumeren. Door hun graaactiviteit verplaatsen zij organisch materiaal in de bodem. Regenwormen worden op grond van hun levenswijze ingedeeld in drie groepen, namelijk soorten die oppervlakkig leven in het bladstrooisel, soorten die in horizontale gangen in het bovenste deel van de bodem leven, en soorten die diep in de bodem leven en die via verticale gangen regelmatig naar de oppervlakte komen om dood organisch materiaal de bodem in te brengen. In feite zijn dit drie functionele groepen die elk een eigen specifieke rol spelen in het bodem ecosysteem. Door hun grootte zijn potwormen en regenwormen heel gevoelig voor grondbewerking en structuurbederf door de zware machines.

Voor het merendeel van de bodemfauna geldt dat de aantallen sterk afnemen met toenemende diepte. In ongestoorde bodems worden verreweg de grootste dichtheden aangetroffen in de bovenste 10 cm van de bodem. Het voorkomen van bodemdiertjes wordt in grote mate bepaald door het bodemporiëvolume dat afneemt met grotere diepte en de beschikbaarheid van voedsel, hetgeen gerelateerd is aan het voorkomen van organische stof. Bodemdiertjes kennen daarom een heterogene, sterk geclusterde verspreiding in de bodem. Plaatsen met een

grote activiteit worden aangetroffen rond de wortels (rhizosfeer), nabij gangen van wormen (drilosfeer), en in dood organisch materiaal (detritussfeer). In deze clusters van biologische activiteit is sprake van een uiterst complex voedselweb dat in organische verbindingen vastgelegde voedingsstoffen vrijmaakt (mineraliseert). Er is sprake van een enorme diversiteit aan bodemdierpjes die zich voeden aan plantenwortels, met bacteriën en schimmels, maar ook met elkaar. Hiermee levert de bodemfauna een heel effectieve bijdrage aan de mineralisatie van de voedingsstoffen.

De nutriënten flux, bijvoorbeeld van N, op jaarbasis hangt af van de zogenaamde turnover, de fractie die per tijdseenheid beschikbaar komt. Op jaarbasis kan deze omzetting (wordt mede bepaald door de kwaliteit van de bodem; een biologisch actieve bodem is in het voorjaar vroeger) wellicht groter zijn dan 1. Dit zou betekenen dat gespreid over het groeiseizoen wel meer dan 1000 kg N vrij zou kunnen komen. Een deel hiervan wordt echter weer vastgelegd door bacteriën en schimmels in aanvulling op eiwitarme plantenresten. Ook deze N komt echter op termijn weer vrij. De omzetting van bacteriën en schimmels in protozoën en andere bodemdierpjes geschiedt met een ecologische efficiëntie van naar schatting zo'n 10%. Men spreekt wel van trofische niveaus. Stellen we de biomassa van niveau I op 100%, dan is niveau II gelijk aan 10% en niveau III 1%. Daardoor komen zowel C en N geleidelijk vrij. Om te voorkomen dat N naar het milieu verdwijnt – diffundeert – is het zaak om de vrijkomende N direct weer te benutten, hetzij door planten, hetzij door de bodemflora/fauna. Bodemdierpjes spelen een belangrijke rol bij het instandhouden van de bodemstructuur doordat ze gangen graven (wormen), bodemdeeltjes en organische stof doen samenklonteren tot aggregaatjes (korrelstructuur), en organische stof door de bodem kunnen werken (wormen). Hierdoor bevorderen bodemdierpjes de doorluchting van de grond, de ontwatering, het waterhoudend vermogen en de beworteling. Dit doen zij op een schaalgrootte en met een intensiteit die door welke mechanische bewerking dan ook niet te realiseren valt. Bovendien spelen de bodemdierpjes een belangrijke rol in de afbraak van organisch materiaal, zoals gewasresten en organische mest, en het opnieuw beschikbaar maken van voedingsstoffen. Door hun vraataktiviteit kunnen de grotere bodemdieren organisch materiaal sterk verkleinen. Dit resulteert in een aanzienlijke oppervlaktevergroting waardoor bacteriën en schimmels, de organismen die voor de werkelijke afbraak zorgen, hun werk efficiënter kunnen uitvoeren. Een belangrijk deel van de nutriënten wordt door de bacteriën en schimmels gebruikt om zelf te groeien. Deze nutriënten worden tijdelijk voor een deel vastgelegd in bacterie- en schimmelweefsel. Netto behoeft de voorraad nutriënten in de bacterie/schimmel biomassa echter niet toe te nemen. Doordat een groot aantal bodemdieren leeft van bacteriën en schimmels wordt een deel van deze nutriënten weer vrijgemaakt. Dit is een continu proces, althans in het groeiseizoen. De vrijgekomen nutriënten kunnen vervolgens weer worden opgenomen door plantenwortels. Zo ontstaat als het ware een piramidevormig voedselweb (ketting) met een viertal trofische niveaus, in grasland bijvoorbeeld met weidevogels als de 'toppredatoren', die op hun beurt weer in toom worden gehouden door de kraaien en de vossen. De dynamiek in dit soort systemen wordt *bottom up* vooral bepaald door de hoeveelheid beschikbaar substraat en *top down* door de organisatie aan de top (wie houdt de kraaien en de vossen in toom, en wie zorgt voor faciliterende wet- en regelgeving?). Het managen van dit soort systemen zou je kunnen vergelijken met het stoken van een open haard. Eerst zorgen dat het vuur goed brandt, pas dan kunnen we de schoorsteen helemaal open zetten. 'Het vuur aan de praat houden' lukt niet als we stoppen met het aandragen van hout (voeding) of als we alle vossen maar laten lopen (de schoorsteen wagenwijd open zetten). Op de grens van natuur- en cultuurgebieden kiezen dieren doorgaans voor de cultuurgebieden, vaak tot verdriet van de boeren (ganzen, vossen). In essentie is dit het gevolg van te topzware systemen, waardoor een vorm van *overgrazing* ontstaat. De aantallen ganzen/vossen gaan de

natuurlijke draagkracht van het ecosysteem te boven, waardoor het geheel in een dip belandt. Een positieve spiraal kan ontstaan door het aantal toppredatoren ('rovers') beter te beheren en/of het bodem-ecosysteem beter te voeden, bijvoorbeeld met hoogwaardige compost.

Sinds de 90er jaren is veel gediscussieerd over de voors en tegens van het injecteren van drijfmest in de bodem. Drijfmest kan heel veel schade toebrengen in de top van het voedselweb, aan de aaltjes, de mijten, de springstaarten en de wormen. Deze leggen in grote getale het loodje, (a) door gebrek aan zuurstof, en (b) door giftige stoffen, zoals ammoniak, fenolen en biogene aminen. Ergo, injectie van 'giftige' drijfmest in een biologisch actieve bodem kan per hectare leiden tot het acuut vrijkomen honderden kilo's N, als gevolg van het acuut afsterven van bacteriën, protozoën, aaltjes, mijten, springstaarten en wormen. Als gevolg wordt het voedselweb als het ware op slot gezet, waardoor een zichzelf te gronde richtende batch cultuur ontstaat. Daarbij komen giftige rottingsproducten vrij, bijvoorbeeld cadaverine (lijkengif). Het bodemecosysteem gaat in regressie, valt terug naar een lager zelforganisatieniveau. Dit gaat ten koste van de natuurlijke bodemvruchtbaarheid, van het N leverend vermogen. Daarnaast ontstaat asynchronisatie – ontstaan dissonanten - tussen het ondergrondse en het bovengrondse voedselweb (gewassen-dieren-mensen). Het natuurlijk evenwicht is verstoord. De nutriënten komen vrij op momenten die niet sporen met de behoeften van de gewassen. Daardoor daalt de efficiëntie waarmee de nutriënten uit de bodem worden benut, en stijgt de belasting van het milieu.

Organische stof als voedingsbron voor micro-organismen levert ook een belangrijke bijdrage aan de bodemgezondheid. Plantpathogenen (ziekteverwekkers) kunnen de concurrentie met de saprotrofe (afvalverwerkende) microflora niet aan. Dit mechanisme van de ziektevering kan berusten op parasitisme, op antibiose (vorming van antibiotica) en op probiose (vorming van nuttige micro-organismen).

IV Een blik naar de toekomst ...

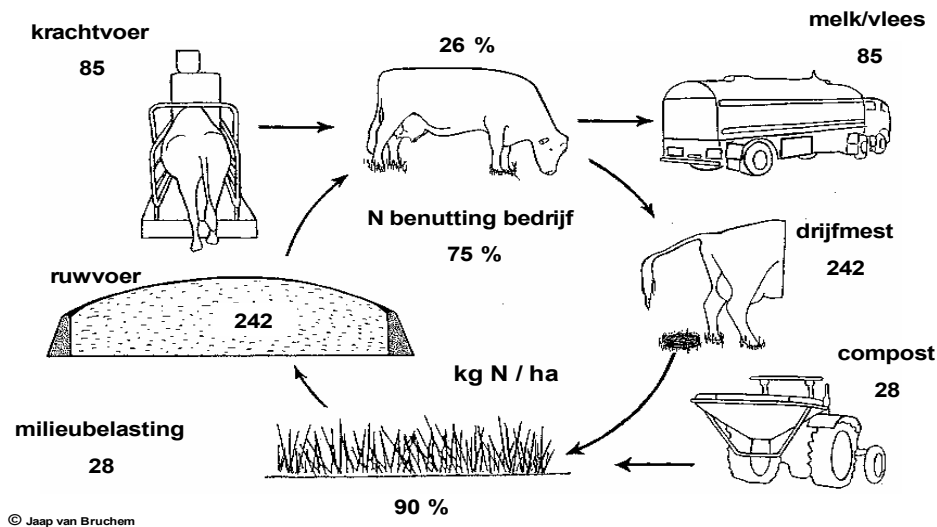
Een mens kunnen we beschrijven als een monomorf (enkelvoudig) levend complex systeem van 10^{18} (bio)chemische interacties per seconde. Om een dergelijke complexiteit aan te sturen blijken neuronale en hormonale regelsystemen verre van toereikend. Daartoe beschikken we over een elektromagnetisch (EM) regelsysteem, waarvan de pacemaker centra – e.g. hart, maag, dunne darm, en het systeem van de chakra's deel uitmaakt. Alle systemen blijken te beschikken over een bereik van 'eigenfrequenties', de longen rondom 0,15 Hz, het hart rondom 1,1 Hz, de hersenen rondom 5 Hz, *et cetera* ...

Het ligt voor de hand dat de polymorfe bodemflora en –fauna door dit soort 'energetische' mechanismen op elkaar worden afgestemd. Naarmate we de cultuurbodem kwalitatief beter voeden – nemen de omvang en de diversiteit van het bodemleven toe. En naarmate het organische-stof-gehalte in de bodem toeneemt, neemt ook de biologisch actieve biomassa toe – tot een niveau dat de dierlijke biomassa bovengronds overtreft. Deze ligt op een melkveehouderijbedrijf – op drogestofbasis – in de orde van grootte van 250 kilo per hectare.

Met de diversiteit van het bodemleven neemt ook het aantal dwarsverbindingen – interrelaties - toe, en ontstaat een netwerk van hoogwaardiger knooppunten – vergelijkbaar met het aantal valenties in de chemie - en een rijker patroon van EM frequenties.

De biomassa in de bodem – als drager van de koolstof (C; yin) – moet ook gezien worden als tegenvoeter van de minerale bodem – als drager van het silicium (Si; yang). Bodems die arm zijn aan organische stof blijken meer yang dan yin – staan niet langer te boek als moeder aarde - en stoten als het ware het wortelstelsel van de planten (yang) af. Daardoor gaan de gewassen oppervlakkiger wortelen ...

Het is inmiddels zo'n 15 jaar geleden dat ik – in de tropen - met een ander bijtje begon te hakken. In Nederland dateert de start van het APMinderhoudhoeve project van zo'n 10 jaar geleden. Aan het einde van het vorige millennium richtten we een platform op voor nieuwe landbouw, voor innoverende boeren, het PMOV. Sommige van deze boeren slagen er in een nutriënten – voedingsstoffen - benutting te realiseren van meer dan 50%. Ze hebben de smaak te pakken gekregen – en zijn op weg naar nog meer (figuur 5). We werken volgens het principe 'meer met minder'. Daartoe werken boeren en boerinnen aan hun persoonlijke – hun intuïtieve - ontwikkeling – op tal van manieren - onder meer een cursus volgend in 'yoga voor koeien'...

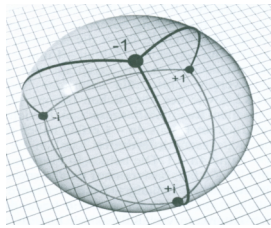


Figuur 5. N-kringloop melkveehouderijbedrijf, met een 4-5 voudige N-benutting ten opzichte van de jaren 1980/90 (vergelijk met tabel 1 en figuur 2).

Voor mij persoonlijk hebben alle ontwikkelingen ook vergaande consequenties gehad, en nog steeds, getuige de inleiding van deze paragraaf ... Naast cursussen zoals – licht en liefde werk - emotioneel lichaamswerk – reiki - 'in resonantie met de natuur' - gericht op mijn intuïtieve ontwikkeling, heb ik me verdiept in de wiskunde en de kwantum fysica, onder meer in het gedachtegoed van Drunvalo Melchizedek – geometrie van de schepping; van Peter Plichta – priemgetallen kruis; van Fritjof Capra – tao van fysica; en *-last but not least-* van Hartmut Müller – *global scaling*. Met behulp van *global scaling* is het mogelijk complexe fenomenen van verschillende aard en verschillend aggregatieniveau – dus zowel de microkosmos als de macrokosmos - rekenkundig onder één noemer te brengen. Zo ontstaat interdisciplinariteit als het ware vanzelf, op basis van de kettingbreuken van Leonard Euler (1707-1783).

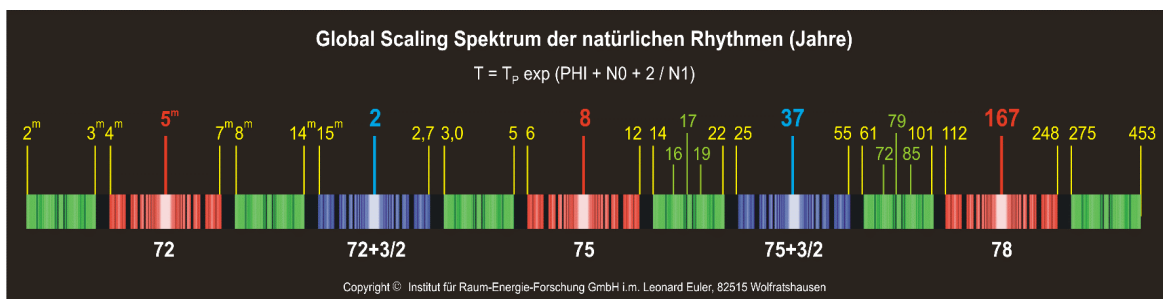
Zo'n 10 jaar geleden was ik furieus, vooral op mezelf. Ik nam het mezelf hoogst kwalijk dat ik er in getuind was – in Wageningen een veel inefficiënter boer te zijn geworden dan mijn vader. Ook was ik uitermate kritisch op de Wageningse reguliere wetenschap – op het in isolement testen van deelsystemen, met het risico een wissel te trekken op de overige deelsystemen, op de gezondheid van het agro-ecosysteem, op de vitaliteit van de bodem, de planten, de dieren, en mogelijk ook van de mensen. Ik kwam tot het inzicht dat de befaamde wet van de afnemende meeropbrengst synoniem staat voor roofbouw op de bodem, de planten, de dieren en de mensen ...

Een cultuuromslag is/was dus dringend gewenst. Dit soort ontwikkelingen voltrekt zich echter langzaam, en het heeft geen enkel effect om al te ver voor de troepen uit te lopen. Ik ben tot de conclusie gekomen dat alle benodigde kennis in Wageningen – en de rest van de wereld – al beschikbaar is. Op de een of andere manier zijn we niet in staat tot een adequate synthese.



Een groot probleem daarbij is dat de ruimte-tijd afhankelijke 3D (driedimensionale) realiteit – de materie – in de beta-wetenschap als referentie geldt. Deze staat echter in wisselwerking met het ruimte-tijd onafhankelijke 4D transcendente - elektromagnetische – energetische - domein, een ruimte die wordt opgespannen door twee loodrecht op elkaar staande lijnen, met als coördinaten resp. de wortels van 1 (1 en -1) en van -1 (i en -i), met i als het imaginaire getal. In z'n meest basale vorm zien we dit principe weerspiegeld in de tetraëder, de ruimtelijk gelijkvormige driezijdige piramide, opgebouwd uit 4 gelijkzijdige driehoeken met hoeken van 60^0 . Dat vergt al enige moeite, leren denken in 3D. Laat staan om je in 4D een beeld te vormen van niet-rechte lijnen en gebogen vlakken, en driehoeken met hoeken van 90^0 . Bovenstaande bolvormige figuur representeert het model dat is ontwikkeld voor het neutron –naar analogie waarvan een tennisbal is geconstrueerd.

Inmiddels ben ik me er ook van bewust geworden dat de kosmos fractaal – niet-ratio - is georganiseerd. Dat geldt ook voor het functioneren/zelfreguleren van agro-ecosystemen en sociale systemen. Geldt ook voor koeien en voor de bodemflora/fauna, en voor de systemen die deze systemen reguleren. Dat geldt ook voor onszelf, opgebouwd uit zo'n 10^{13} cellen en zo'n 10^{18} (= 1.000.000.000.000.000.000) (bio)chemische interacties per seconde. Daartoe is ons zenuwstelsel met een snelheid van zo'n 8-10 m/sec verre van toereikend. En hormonale systemen zijn nog aanzienlijk langzamer. De oplossing voor dit vraagstuk moeten we derhalve niet zoeken in de (bio)chemie, maar in de kwantum fysica. De circa 2 meter lange *double-helix* DNA-strengen functioneren als antenne voor elektromagnetische (EM) frequenties van 150 MHz en hoger. DNA blijkt ook in staat om fotonen – en de bijbehorende EM-velden - op te slaan. Iedere lichaamscel beschikt over een opslagcapaciteit van 3 GB. Dit betekent dat we onszelf moeten leren zien als wandelende bio-computers met rekensnelheden die het 100.000-voudige zijn van onze PC. Dit enorme verschil is mogelijk doordat resonantie patronen informatie uitwisselen - communiceren - onafhankelijk van ruimte en tijd.



Figuur 6. Global scaling (leef)tijd fractal

Deze principes gelden voor een ieder persoonlijk. Ook ons ieders levensverloop wordt fractaal gestuurd. Ons leeftijdsfractal hangt primair samen met onze geboortedatum, in wisselwerking met die van onze sociale omgeving (Figuur 6). Rode (materie, yin) en violette (vacuüm, EM, yang) georiënteerde perioden volgen elkaar op, aanvankelijk heel frequent, en als maar langzamer naarmate je ouder wordt. Daarnaast zijn er groene perioden waarin rood en violet onderling in balans zijn. En tenslotte zijn er de zogenaamde 'leemten', waarin je minder in

resonantie bent met de kosmische materie en vacuüm golven – i.e. kettingbreuken - patronen. Voor een ieder geldt dat voor de perioden 5-6, 12-14, 22-25, 55-61 en 101-112 jaar. In deze perioden ‘leer’ je relatief gemakkelijk ... De groene perioden zijn van 3-5, 14-22 en 61-101. De periode 6-12 jaar is rood (aarde georiënteerd), en die van 25-55 jaar violet (kosmos georiënteerd). Het grootste gedeelte van onze actieve loopbaan worden we dus gedomineerd door een yang grondtoon, door een violette vortex. In met name het tweede deel van deze ‘mannelijke’ periode, van 37-55 jaar is de kans dus relatief groot dat we – zonder dat we ons dat realiseren – neigen bij te dragen aan verval, aan een toename van de chaos, aan destructie.

Wellicht is dit de reden waarom het in westerse culturen loopt zoals het loopt. Sommigen zijn van mening dat we het zo moeten laten/zijn, dat de kosmische basisritmen ons aansturen, in plaats van andersom. Dat zou echter betekenen dat niemand verantwoordelijk is voor wat ie doet. Welnu, dat is niet mijn stijl. Ik sta aan het begin van m’n laatste groene periode, van 61-101 jaar. Ik ga er maar vanuit dat de eerstvolgende van 275-453 jaar wat hoog gegrepen is. Die periode ligt zo ver in het verschieft, en duurt zo lang, omdat we te maken hebben met een niet-lineaire natuurlijke logaritmische schaal. Maar dit soort (leef)tijden is wellicht wel van toepassing voor de ‘Republiek der zeven verenigde Nederlanden’.

Ik heb me voorgenomen om de *global scaling* systematiek te leren toepassen op agro-ecosystemen, en op sociale systemen. Van bijzonder belang is de ontwikkeling van agro-ecosystemen die hoog-productief zijn en geen wissel trekken op de natuur, noch op onze toekomst. Van bijzonder belang is ook dat we – het bodem-plant-dier-mest systeem als uitgangspunt nemend – leren sociale systemen te balanceren – en - op basis van reciprociteit - laten zien dat het mogelijk is om sociaal-economische systemen zo in te richten dat ze centripetaal – middelpuntzoekend – worden. Van belang daarbij is dat de systemen zich openen, dat zelfregulatie en zelfverantwoordelijkheid ontstaan, dat de informatiedichtheid stijgt, en dat we een constructieve periode van opbouw starten, van stijgende eigen-kapitaal reserves naar analogie van een toenemende natuurlijke bodemvruchtbaarheid.

In de eerste helft van mijn violette periode, van 25-37 jaar, hield ik me vooral bezig met de voedingsfysiologie van landbouwhuisdieren, met name bij herkauwers. Daarbij heb ik me onder meer in de principes verdiept van de maag-darm motoriek. Een koe beschikt over een dunne darm van zo’n 40 meter. Over de wand van de dunne darm verlopen pakketten van contractieactiviteit, afgewisseld met perioden van relaxatie. Deze ‘trein’ doet over de eerste 20 meter circa 1 uur en over de tweede helft circa 2 uur. Soms vallen treinen - *i.c.* migrerende motoriek complexen - uit, omdat de behoefte aan transport afneemt naarmate het verteringsproces voortschrijdt. Het feit dat de spijsbrij – de digesta – van voren naar achteren gestuwd worden, heeft er mee te maken dat het contractieritme in het begin van de dunne darm hoogfrequent is dan aan het einde, en een hoogfrequent oscillator is energetisch eenmaal dominant over een lager-frequentie.

Het frequentie principe gaat ook op voor het lichaamsgewicht van dieren. Kleinere dieren zijn hoger-frequent. Dat kun je niet alleen zien aan hun manier van lopen, maar komt ook tot uiting in het feit dat 600 kilo schape (8-10 schapen) meer voer kunnen verstouwen dan 600 kilo koe (1 koe), bij een per eenheid metabool gewicht vergelijkbaar productieniveau. Het is dus helemaal niet zo logisch om steeds grotere koeien te fokken met steeds hogere niveaus van melkproductie ...

Eenzelfde fenomeen zien we bij organisaties. Bij bedrijven is de kans groot dat een als maar grotere schaal ten koste gaat van de dynamiek, de flexibiliteit. Welnu, dit principe maakt het plausibel dat innovaties immer een *bottom-up* oorsprong hebben. Tevens maakt het duidelijk

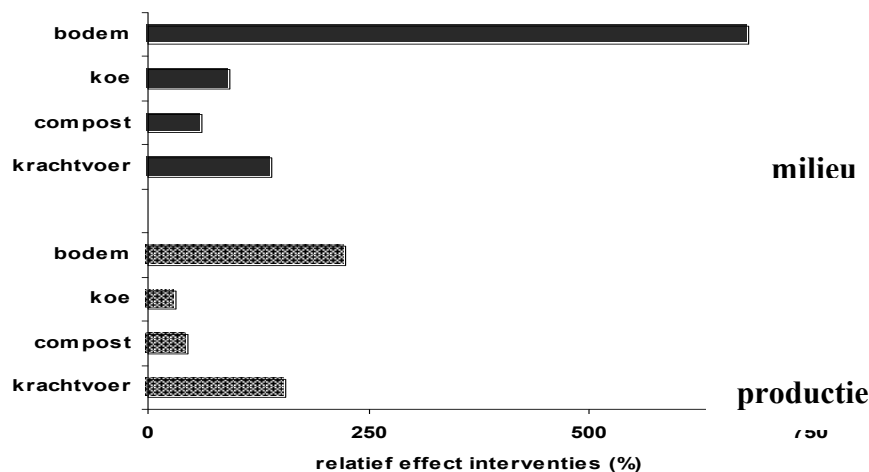
waarom een dualistische (2D) overheid het moeilijk heeft om problemen te tackelen die zich in 3D manifesteren, en vanuit de virtuele 4D ruimte zijn ontstaan.

Een voorbeeld van hoe het ook kan: Onze hersenen hebben dit probleem opgelost door de regulatie van de processen in ons maagdarmkanaal – vertering – voorstuwing – opname – in hoofdzaak te delegeren aan het zg. intramurale zenuwstelsel dat zich bevindt in een tweetal in de wand gelegen neurale netwerken.

Nog een basisgegeven: In een fractale omgeving is – een hogere complexiteit – i.c. meer dimensies – dominant over een geringere complexiteit – i.c. een geringer aantal dimensies. Er is dus geen enkele reden om angstig te worden voor mega-melkfabrieken en transnationale megabedrijven. Net als voor de kippengriep is het zaak om immuniteit op te bouwen, en dat is een kwestie van ‘je bewust worden van’ ...

Je uitdrukken in termen van fractals houdt het risico in van ‘niet begrepen te worden’ – soms zelfs van ‘voor gek te worden verklaard’. Het is om deze reden dat ik blij ben m’n fractal manier van denken te hebben ontwikkeld in nauwe samenwerking met boer(inn)en, met dieren en met de bodem, systemen die nog met de voeten in de grond staan. In de melkveehouderij begint de Aquarius Alliance benadering te leiden tot een ver-5-voudiging van de N benutting, bij behoud van een hoog productieniveau (per hectare!), terwijl de belasting van het milieu met meer dan 90% is teruggebracht (figuur 5).

De gevoeligheidsanalyse laat zien dat de kwaliteit van een uitgebalanceerd bodem-plant-dier systeem primair bepaald wordt in/door de bodem (figuur 7). Krachtvoer en compost leveren een welkome bijdrage, met name als ze afkomstig zijn uit de regio. Dat betekent dat op regio-schaal een situatie van 0-input binnen bereik ligt. Opmerkelijk is dat in een uitgebalanceerd systeem het subsysteem dier – i.c. de koe – per saldo positief bijdraagt aan de ontlasting van het milieu. Dit betekent dat het mogelijk is om de productie van voedsel positief te laten interacteren met de kwaliteit van het milieu.



Figuur 7. Het resultaat van de gevoeligheidsanalyse figuur 5 – relatieve impact krachtvoer, compost, koe en bodem op de productiviteit en de belasting van het milieu (zie figuur 3).

Het vergt voor een ieder een ‘eigen’ ontwikkelingspad – om uitzicht te krijgen op Aquarius landbouw, op Aquarius samenlevingsvormen, op een Aquarius regionale economie van de overvloed. Dat vergt meer yin – meer devotie - meer vanuit je centrum leren acteren ... Het is de kunst om de ervaring op het integratieniveau van bodem-plant-dier toe te leren passen op het niveau van *people-planet-profit-prosperity-patience*. Ik kies daarbij voor een $2^5 = 32$ -ambitieniveau, met een potentieel dat het tweevoudige is van het 2^4 bodem-plant-dier-mest niveau. Naar analogie hiervan kunnen we het potentieel van ruimtelijk regelmatige attractoren leren inschatten (zie kader). Dat vergt het ontwerp van ruimtelijk regelmatige organisatie-structuren, van mensen die minimaal op 3 à 4 kwaliteiten kunnen bogen, om uitzicht te bieden op netwerken met 3-4-waardige knooppunten, zoals het 4-waardige koolstof (C) de ruggengraat vormt van natuurlijke complexe systemen. Zo ontstaat een resonator die bij uitstek in staat is z’n fotonen – z’n informatie - vast te houden, *c.q.* als attractor te fungeren. Dat lijken enorme getallen, maar wat te denken van fotonen met een massa van 10^{-51} kilo in resonantie met het universum met een massa van 10^{55} kilo. Zoals het kader laat zien, is ook het mogelijk om vormen te laten resoneren met geluidsfrequenties. En dit verklaart de titel van het verhaal: De Aquarius landbouw klinkt als een klok ...

kader 6		
platonisch lichaam 3D ruimtelijk regelmatige structuur	potentieel als attractor	in resonantie met
tetraëder	$3^4 = 81$	$2/3$ (kwint) – $3/4$ (kwart) – $8/9$
octaëder	$4^6 = 4096$	$3/4$ – $8/9$
hexaëder	$3^8 = 6561$	$8/9$
dodecaëder	$5^{12} = 244140625$	$2/3$ – $3/4$ – $4/5$ (grote tert))
ikosaëder	$3^{20} = 3486784401$	$2/3$ – $4/5$

Aanbevolen literatuur.en websites

- Alexander Lauterwasser, 2002. Wasser Klang Bilder – Die schöpferische Musik des Weltalls. AT Verlag, Aarau & München.
- Annik Mollen, 2007. Polariteits- en informatiegeneeskunde. Antwerpen – Apeldoorn, Cyclus.
- David Wagner & Gabriel Cousens, 1999. Tachyon Energie – De weg naar totale gezondheid. Uitgeverij Akasha Eeserveen.
- Drunvalo Melchizedek, 2001. De geometrie van de schepping. Metavision Publishing b.v., Baarn.
- Ervin Laszlo, 2006. Het chaospunt – De wereld op een tweesprong. Ankh-Hermes bv, Deventer.
- Fritjof Capra, 1994. De tao van fysica. Kosmos-Z&K Uitgevers BV, Utrecht
- Hartmut Müller cs. Raum & Zeit special 1: Global Scaling – Die neue Dimension der Wissenschaft – Die Basis ganzheitlicher Wissenschaft . Institut für Raum-Energie-Forschung GmbH in memoriam Leonard Euler.

Lynne McTaggart, 2001. The Field – The quest for the secret force of the universe. Harper Collins Publishers Ltd., London.

Peter Plichta cs. Das Primzahlkreuz – Band I – IV. Quadropol Verlag und Patentverwertung GmbH

William McDonough & Michael Braungart, 2002. Douglas & McIntyre, Ltd, Canada

www.cradle.com

www.goldennumber.net

www.globalscaling.de

www.hortinova.nl

www.van-iersel.eu

www.nieuwetijdsegeneswijzen.nl

www.timewaver.de

www.ecotherapie.org

www.nutri-tech.com.au

www.acresusa.com