

Het stikstofvraagstuk in de land- en tuinbouw:
Is stikstof de achilleshiel van de biologische landbouw?

Presentatie door Anton Nigten,

Zelfstandig onderzoeker van bemesting, voeding en gezondheid.

Het Zout der Aarde
23 januari 2020.

BIObeurs.

De biologische vakbeurs.

Wij mensen zijn domme en kortzichtige wezens.

De kunst is om daar verstandig mee om te gaan.

Het grootste gevaar komt van wetenschap die zichzelf overschat en denkt het beter te kunnen dan de natuur. We overzien de gevolgen niet van chemie, gentech en Knisper kras in de landbouw en de natuur.

Laten we daarom pas op de plaats maken en de dingen doen die we wel begrijpen.



In de lucht om ons heen zit ongeveer 78% stikstof (**N₂**), 21 % zuurstof, 1 % argon en 0,04 % CO₂.

De uitdaging is om de microben in en om de planten weer volledig in te schakelen voor de stikstofverzorging van de planten, en de stikstof in de mest en de compost zo goed mogelijk te beheren.

Dan oogsten we meer eiwit per hectare en worden onze producten gezonder.

(het plaatje komt van Wikipedia, NI.)

Het stikstofvraagstuk.

Het debat over stikstof in de landbouw is al meer dan 250 jaar oud en nog steeds niet beslecht. De eerste generatie natuurkundigen (1760 – 1790), waaronder Sennebier en Ingenhousz, de ontdekker van de fotosynthese, dachten dat de planten hun stikstof **direct uit de lucht** haalden. Daarover ontstond echter steeds meer twijfel. Vervolgens verschoof de aandacht naar **ammoniak en salpeterzuur** (de Saussure en Liebig) in de lucht, en naar mest en plantenresten. Ammoniak en salpeterzuur waren volgens Lawes en Gilbert volstrekt onvoldoende voor een hoogproductieve landbouw. Daarvoor was stikstof uit de bodem, aangevuld met stikstof(kunst)mest onmisbaar: **guanomest** en **chilisalpeter**. Dit gaf een heftige ruzie met Liebig, die zich in allerlei bochten draaide, omdat hij zijn ongelijk omtrent ammoniak uit de lucht niet wilde toegeven. De jonge Boussingault (1838) en later Ville (1853) richtten echter de aandacht (weer) op de luchtstikstof.

Ville gaf wetenschappelijk gezien de doorslag: met een ingenieuze proefopstelling toonde hij aan dat **alle planten** N_2 én ammoniak uit de lucht op konden nemen. De oudere Boussingault had toen echter al afstand genomen van zijn eerdere opvattingen en verklaarde dat dit voor N_2 onmogelijk was. Een commissie van wijzen (Chevreul, 1855) stelde echter Ville in het gelijk. Maar de andere landbouwkundigen weigerden zich daarbij neer te leggen. En Ville wist ook nog niet hóe de planten luchtstikstof assimileerden. [Way 1856].

Een kleine groep onderzoekers bleef onderzoek doen naar **directe stikstofassimilatie** (N_2) vanuit de lucht (Stoklasa, Frank, Mameli, Pollacci; Hassid, Ruben en Kamen; Lipman en Taylor, en Schanderl). In 1947 gaf Schanderl een overzicht van de resultaten.

Ondertussen ontdekten Willfahrt en Hellriegel in 1888 hoe **vlinderbloemigen** luchtstikstof in de bodem vastlegden. Daarmee leek de discussie beslecht. In 1909 ontdekten Haber en Bosch een chemische methode om stikstof uit de lucht om te zetten in ammoniak. Hun procedé werkte beter dan het oudere Noorse procedé. **De moderne stikstofkunstmestindustrie** was geboren en verdrong het chilisalpeter van de markt.

De aandacht voor directe N_2 assimilatie uit de lucht door alle planten verschoof naar de marge. Een klein aantal onderzoekers ging er echter mee door. Op dit moment wordt o.a. de betekenis van **azoarcus en azospirillum** voor de opname van luchtstikstof door grasachtigen onderzocht (Hurek; ...). De draad is weer opgepakt.

Gelukkig ging in de 19^e en begin 20^e eeuw niet alle aandacht uitsluitend naar ammoniak en nitraat uit (kunst)mest en naar bemesting met zouten. Er waren nog andere sporen:

1. De organische en anorganische stikstof in **dierlijke mest**;
2. Het gebruik van **gesteentemelen** als plantenvoeding;
3. De directe opname van **aminozuren** door planten;
4. En de rol van **wormen**.
5. In Normandië werd naast stalmest ook bemest met **zeewier, met de resten van het haringpekelen** en guano.
6. In delen van Engeland (Lincoln en York o.a.) bemestten boeren hun land met **rivierslib** (Herapath, 1850);

In Amerika bloeide in de 19^e eeuw **de klassieke homeopathie** als nooit tevoren (en daarna). De **kruidengeneeskunde** was nog niet volledig verdrongen, en de aandacht voor **puur voedsel** was bloedserieus. De Pure Food Act van Harvey Wiley dateert van 1908. En werd onder druk van grote voedselbedrijven in 1912 alweer ongedaan gemaakt. Harvey Wiley werd aan de kant gezet.

Ik ga de belangrijkste resultaten even langs:

Er blijkt een rijke literatuur voorhanden over **stikstof in dierlijke mest**. In de 19^e eeuw concentreerden onderzoekers zich op het vraagstuk van de verschillende stikstofvormen in de mest van dieren en mensen, en met name op de vraag hoe we de ammoniak die vrijkomt uit de urine vast kunnen houden (Wolff 1840; Strumpf 1853; Girard 1891). Tal van 'producten' werd uitvoerig onderzocht op hun vermogen om te voorkomen dat de ammoniak vervliegt. In de 20^e eeuw sloten Howard en Steiner, de grondleggers van de biologische landbouw, hierop aan. En in Nederland werkte Cleveringa hieraan (1941).

Julius Hensel ontdekte rond 1890 bij toeval **de grote bemestende waarde van gesteentemeel**. De opkomende kunstmestindustrie liet het er daarom niet bij zitten, en sleepte hem als 'bedrieger' voor de rechter. Maar toen de boeren, die zijn producten afnamen het voor hem opnamen, werd Hensel door de rechter in het gelijk gesteld. Maar daarmee stopte de oorlog van de kunstmestindustrie tegen Hensel en tegen het gebruik van gesteentemeel niet. De gesteentemeelbemesting verschoof naar de achtergrond.

Pas in de zeventiger en tachtiger jaren van de 20^e eeuw herontdekte men de mogelijkheden van bemesting met gesteentemelen. Het onderzoek van **Hamaker** droeg hier in belangrijke mate aan bij. In de VS inspireerde hij de beweging van "Remineralize the Earth". Hamaker voorspelde de volgende ijstijd, voorafgegaan door enorme **bosbranden** wereldwijd. En zijn remedie was om op grote schaal gesteentemelen uit te strooien. Nu gaat de aandacht uit naar olivijn.

In Oostenrijk wordt gesteentemeel aan de **drijfmest** toegevoegd om de ammoniak te binden.

Ondertussen kreeg Schreiner in de VS met zijn collega's vanaf 1905 alle ruimte en financiële middelen van het ministerie van landbouw om **de rechtstreekse opname van aminozuren** door planten te onderzoeken. In Finland deed Virtanen voor en na de tweede wereldoorlog hetzelfde. Hun conclusie staat als een huis: planten kunnen aminozuren rechtstreeks opnemen. Vanaf 1915 bevroren de gelden voor verder onderzoek naar organische stikstofbemesting in de VS. De aandacht werd als gevolg van de 1^e wereldoorlog gericht op productieverhoging. Nu lopen er weer veelbelovende proeven.

Onlangs heeft Lonhienne aangetoond dat planten zelfs **complete eiwitten** direct op kunnen nemen. Hiermee is ook het onderzoek naar de organische stikstofbemesting opnieuw op gang gekomen. In de praktijk wordt er al mee gewerkt.

Wat **de wormen** betreft mogen twee onderzoekers uit de 19^e eeuw vermeld worden:

1. Darwin die op het einde van zijn leven (1881) zijn onderzoek naar de rol en betekenis van de wormen publiceerde;
2. En Sheffield, een boer in Ohio, die een methode ontwikkelde om zijn stalmest **direct door wormen** te laten omzetten. Met het eindproduct, wormencompost, boekte hij zeer opmerkelijke resultaten (1830 – 1890). Zijn werk is de landbouwwetenschappers volledig ontgaan. Ook in de biologische landbouw. In de dertiger jaren pakte zijn kleinzoon de draad weer op. En dankzij hem weten we van het werk van Sheffield (Barreth, 1947). Door selecteren en kruisen kweekte hij een nieuwe aangepaste worm voor de landbouw. De laatste vijftig jaar wordt enorm veel onderzoek gedaan naar wormen en wormencompost. Wormencompost geeft veel betere resultaten dan warme compost.

Ook een ander opmerkelijk onderzoek werd vrijwel onmiddellijk bijgeschreven in de vergeetboeken, het werk van Jamieson (1910), een onafhankelijk denkende onderzoeker aan het proefstation van Aberdeen.

Dankzij de inspanningen van hem en zijn collega's leerden we twee dingen:

1. Het is veel veiliger voor de planten om met natuurfosfaat te bemesten dan met superfosfaat. Superfosfaat verzwakt de planten. Dit resulteerde in de '**Phosphate battle**', de engelse fosfaatorlog (1880 – 1910). In 1910 meende Jamieson dat hij het pleit beslecht had, maar hij had duidelijk buiten de macht van de kunstmestindustrie gerekend. Het reactieve superfosfaat (Lawes) ging de markt compleet domineren.
2. En Jamieson ontdekte in 1910 ook **welk orgaan** op het blad en de stengels van de planten luchtstikstof vastlegt – de fijne haartjes aan de buitenzijde van de bladeren en stengels van de planten. Met een eenvoudige microscoop lukt het hem om gedetailleerd vast te leggen wat er in deze haartjes gebeurt.

In Normandië werd tot pakweg 1900 naast stalmest aanvullend bemest met **zeewier**, met de resten van het **haringpekelen** en met guano. Vrijwel alle producten uit deze regio laten een andere mineralensamenstelling zien dan producten die met alleen stalmest of met stalmest plus kunstmest werden bemest – de praktijk indertijd in grote delen van Europa en de VS.

De producten uit Normandië hadden **een veel evenwichtiger mineralenbalans** dan elders.

Met name valt op dat deze producten verhoudingsgewijs minder kalium en meer calcium, magnesium en natrium bevatten. Het fosforgehalte is betrekkelijk laag.

En dat gold ook voor de meeste producten die in Engeland geteeld werden op gronden die **met rivierslib** verrijkt waren. Herapath heeft in 1850 deze methode beschreven en de resultaten in de gewassen geanalyseerd.

Al dit onderzoek geeft de moderne biologische landbouw (aanvullende) 'instrumenten' voor een hoogwaardige bemesting:

- Elementen uit echte mineralen: veldspaat (kalium; natrium); apatiet (fosfor); andesiet; greensand; olivijn;
- Aangevuld met Gesteentemelen: granitisch lavameel; basaltisch lavameel;
- Bemesting met organische stikstof;
- Het vastleggen van ammoniak in dierlijke mest;
- Assimilatie van luchtstikstof door alle cultuurgewassen;
- Wormencompost van mestwormen (koude compostering), en de rol van aardwormen;
- Het gebruik van hulpstoffen uit de zee;

En hier kunnen we het belang van vrijlevende stikstofbindende bacteriën in de bodem nog aan toevoegen. Daar wordt momenteel ook heel veel onderzoek naar gedaan.

In het biologisch onderzoek in Nederland is er voor zover mij bekend te weinig aandacht voor deze mogelijkheden. **Men lijkt tevreden met potstalmest en drijfmest van het eigen bedrijf, en warme compost.**

Zonder gerichte maatregelen **verdwijnt er heel veel stikstof uit drijfmest, potstalmest en warme compost**, en is de kans op het stimuleren van de verkeerde bacteriën door rottingsprocessen heel groot. Met warme compost hebben we indertijd ook de verkeerde afslag genomen.

Samenvattend voor wat betreft de stikstofproblematiek:

Er zijn minimaal acht vormen waarin de planten stikstof op kunnen nemen:

1. **In zoutvorm:** nitraat en ammonium;
2. Direct **in organische vorm:** aminozuren; eiwitten. Waarschijnlijk afkomstig van uiteenvallende bacteriën rond de wortelpunten;
3. Indirect in organische vorm met behulp van de **rhizobiabacteriën** in de wortelknolletjes in de bodem;
4. Indirect via **de vrijlevende stikstofbindende bacteriën:** cyanobacteriën; azotobacter; azospirillum;
5. Indirect via stikstofbindende bacteriën die zijn verbonden **aan de draden van de mycorrhizaschimmels;**
6. Indirect door **vrijmaking door de mycorrhizaschimmels** van aan klei en humus gebonden organische stikstof;
7. Rechtstreeks uit de lucht **via de eigen haartjes** op de bladeren;
8. Rechtstreeks uit de lucht door speciale bacteriën die **in de wanden van de cellen** van het blad leven: azoarcus bijv.;

De vormen 2. tot en met 8. vereisen wel **speciale omstandigheden**. Zoals een goed functionerend bodemleven, humine- en fulvinezuren, niet te veel opgeloste zouten, en de aanwezigheid van alle benodigde sporenelementen. Ook activatoren spelen een belangrijke rol. **Sherrygist en Pseudomonas** (behorend tot de proteobacteriën) zijn veelbelovende promotoren.

De zouten – ammonium en nitraat – zijn de meest schadelijke stikstofvormen voor planten. Daarvoor zijn twee redenen: a. de planten krijgen er **heel snel te veel** van binnen zonder dat ze dat kunnen verhinderen. Dat verzwakt de planten, en dan moeten de gangbare boeren naar bestrijdingsmiddelen of gentech grijpen, of de bioboeren naar de brander (aardappelen) of koperverbindingen, en b. ze **belemmeren de andere vormen van stikstofopname**. De planten sturen **geen of weinig suikers** meer naar de bodem. De bodem verarmt aan levende humus.

Bovendien belemmert ammonium in de bodem de groei van mycorrhizaschimmels. En daardoor krijgt de plant niet alleen te weinig fosfor, maar ook **te weinig sporenelementen**. Daarnaast zorgen de mycorrhizaschimmels voor de levering van aminozuren, die ze vrijmaken uit de eiwitten in de bodem. Dat valt dan ook weg.

En ammonium, nitraat en (rottende) stalmest **verlagen de biodiversiteit** in het weiland. Vooral ammonium reduceert het aantal plantensoorten drastisch (Lawes, 1863). Slecht voor de groei van kruiden, goed voor zuring.

Anorganische stikstofbemesting zorgt voor ophoping in de planten van nitraat en ammonium, maar ook van stikstofmonoxide, aminozuren en nitrosaminen. De laatsten zijn kankerverwekkend. De verzamelnaam voor deze stikstofverbindingen is non protein nitrogen (NPN), of **niet eiwit stikstof (NES)**. Insecten, schimmels en bacteriën zijn dol op NES, maar kunnen geen eiwitten consumeren. **Een lage NES is daarmee een maat voor plantgezondheid**.

Bijkomend effect is ook dat dieren en mensen die deze gewassen eten, teveel NES binnenkrijgen, en op hun beurt ziek worden. Ze gaan er niet onmiddellijk van dood, maar worden geleidelijk aan **chronisch ziek**.

De meeste Nederlandse onderzoekers in de biologische landbouw veronderstellen dat organische stikstofverbindingen altijd eerst omgezet moeten worden in ammonium of nitraat voordat de planten ze op kunnen nemen. Men spreekt dan van **stikstofmineralisatie**. Dat is zeg maar het misschien wel belangrijkste geloofsartikel van het Wageningse model, of nauwkeuriger:

Stikstofmineralisatie is een belangrijk ingrediënt van het dominante bemestingsparadigma.

Hiermee hebben we de kern van het probleem te pakken: onjuiste of onvolledige veronderstellingen over stikstof. Zelfs de term mineralisatie is fout, omdat stikstofzouten geen mineralen zijn.

In de biologische landbouw van de toekomst moet het vertrekpunt zijn dat planten het best en het veiligst gevoed worden met organische stikstof. Of nauwkeuriger geformuleerd: **planten zorgen er voor dat ze de beschikking krijgen over organische stikstof door hun nauwe samenwerking met microbiële symbionten, ondergronds maar ook bovengronds, mits wij voor de goede randvoorwaarden zorgen.**

In dat proces komen ook nitraat en ammonium voor, maar alleen als tussenstap naar organische stikstof. Luchtstikstofassimilatie bijvoorbeeld kent altijd de omzetting van N_2 in ammonium. Maar in fracties van een seconde wordt dit omgezet in aminozuren. Ammonium is domweg te riskant om als zodanig te laten bestaan. Maar dat vereist wel voldoende magnesium en sporenelementen. Met name kobalt, ijzer en molybdeen. Plus nog 70 anderen.

Hiermee hebben we ook **een instrumentarium** om te begrijpen waarom de biologische landbouw de hoop op hoogwaardige producten die onze gezondheid helpen versterken tot nu toe onvoldoende waargemaakt heeft: er zitten te veel niet eiwit-stikstofverbindingen in onze gewassen. In het jargon: te veel NPN of NES.

In combinatie met de **te lage gehalten aan sporenelementen** en **een onbalans van de macro-elementen** kunnen we nu begrijpen waarom de hoop op gezond makende gewassen uit de biolandbouw nog niet, of onvoldoende, is waargemaakt.

Planten moeten, om royaal hoogwaardige verbindingen te kunnen maken, niet gehinderd worden door te hoge gehalten aan niet eiwit stikstof, of te weinig natrium, calcium en magnesium, en te veel kalium. En er moeten voldoende sporenelementen voorhanden zijn. Mogelijk zal ook blijken dat de gewassen te veel fosfor opnemen en ook het zwavel onvoldoende omzetten in echte – zwavelhoudende – eiwitten, als je beide elementen **in zoutvorm** geeft.

Ik vermoed dat de gehalten aan vitamines en enzymen en andere complexe verbindingen in de gewassen, pas toe zullen nemen als aan deze randvoorwaarden is voldaan.

In de West-Europese biologische landbouw kennen we twee grote problemen:

- Achterblijvende opbrengsten in vergelijking met de conventionele landbouw;
- En gewassen die qua samenstelling weinig afwijken van de conventionele landbouw, en daardoor de gezondheidsclaims onvoldoende waar maken.

We gaan nu kijken of we dit met een andere kijk op stikstof kunnen begrijpen en kunnen veranderen.

De grondgedachte is dus dat de gewassen in de biologische landbouw onvoldoende stikstof op het juiste moment krijgen waardoor de opbrengsten achterblijven, en dat de stikstof die ze krijgen niet organisch is maar anorganisch waardoor de gewassen kwetsbaar worden voor virussen, bacteriën, schimmels en vraat.

De opbrengsten in de biologische landbouw in vergelijking met die in de conventionele landbouw.

In 2012 publiceren Verena Seufert en haar collega's een degelijke overzichtsstudie naar de verschillen in opbrengsten tussen de biologische en de gangbare landbouw. Een zogeheten meta-analyse. Dit zijn hun resultaten:

- Alles bijeen genomen zijn de opbrengsten in de biologische landbouw **25 % lager** dan in de gangbare landbouw.
- Maar er zijn wel grote verschillen als we kijken naar **de verschillende teelten en de verschillende praktijken**: met name groenten en enkele granen vertonen grote opbrengstverschillen. Voor fruit en oliehoudende zaden zijn de verschillen veel kleiner.
- **Vijf procent lagere opbrengsten** voor niet geïrrigeerde vlinderbloemigen en meerjarige gewassen op lichtzure tot lichtbasische gronden;
- **Dertien procent lagere opbrengsten als de beste organische praktijken worden toegepast**;
- En **34 procent lagere opbrengsten** als de organische en de conventionele systemen het meest vergelijkbaar zijn. Dit legt zij niet goed uit;
- In ontwikkelde landen is **gemiddeld 20 %** en in ontwikkelingslanden is **gemiddeld 43 %** minder opbrengst voor de biologische landbouw. Maar de data voor de ontwikkelingslanden zijn om meerdere redenen niet erg betrouwbaar, noch voor de conventionele, noch voor de biologische landbouw;

Seufert en haar collega's komen ook uit bij **stikstof als dé beperkende factor**:

“When organic systems receive higher quantities of N than conventional systems, organic performance improves, whereas conventional systems do not benefit from more N. In other words, organic systems appear to be N limited, whereas conventional systems are not. **Indeed, N availability has been found to be a major yield-limiting factor in many organic systems**⁹. The release of plant-available mineral N from organic sources such as cover crops, compost or animal manure **is slow and often does not keep up with the high crop N demand** during the peak growing period”.

Maar Seufert wijst er ook op dat **fosfor** in bepaalde situaties de opbrengsten beperkt. Met name op te zure of te basische gronden, omdat daar de fosfor moeilijker vrijkomt.

Beide conclusies voor stikstof komen ook naar voren in de studie van **Opdebeek en zijn collega's** uit 2006. Daarom zochten deze auteurs de oplossing in het toelaten van **chilisalpeter** voor de biologische landbouw. De stikstof in chilisalpeter komt snel vrij en kan daarom de tijdelijke tekorten overbruggen. Aldus de auteurs.

Inmiddels mag chilisalpeter in de biologische landbouw in de VS gebruikt worden. Het is immers een ‘natuurproduct’. Maar wel eindig. En het zijn weer snelle zouten, met alle risico's van dien.

In de Nederlandse biologische landbouw is chilisalpeter sinds 2013 niet meer toegestaan ‘omdat het minerale stikstof is’. De aanleiding was het hoge gehalte perchloraat dat ophoopte in de bodems waar chilisalpeter was gebruikt. Tussen 2010 en 2012 was Chilisalpeter namelijk wel toegestaan. Chilisalpeter bevat perchloraat.

De **verliezen aan anorganische stikstof – ammoniak en nitraat** - zijn zowel in de biologische als in de conventionele landbouw hoog. Voor de conventionele landbouw komt Christine Jones uit Australië op **60 – 90 %**. In de biologische landbouw gaat veel stikstof verloren **als de urine van de dieren vrijkomt**. De stikstof in de poep is organisch gebonden. Hoeveel er verloren gaat vanaf het moment van vrijkomen (urine) tot het begin van het volgende groeiseizoen is voor de biologische landbouw niet precies bekend. Maar daar kom ik zo op. De verliezen uit groenbemesters (klavers) moeten daarbij ook niet onderschat worden. De **organisch gebonden stikstof in de poep gaat verloren als er rottingsprocessen** op gang komen. Zowel in de stalmest als in de drijfmest.

In de urine zitten de volgende stikstofverbindingen: ureum; ureumzuur; hippuurzuur en creatinine. De verliezen ontstaan als deze verbindingen worden omgezet in ammoniak en CO_2 . En het vervluchtigen gaat snel. Een flink deel van de ammoniak ben je al in enkele dagen kwijt. En ook de CO_2 . Dan volgen er nog de verliezen tijdens de verdere opslag, bij het uitrijden en in de grond. Ook tijdens het warm composteren ontstaan grote verliezen.

Zoals aangegeven was er al in de 19^e eeuw veel aandacht voor het binden van de vrijkomende ammoniak uit de urine. Wat kunnen we van hen leren?

Girard geeft in zijn overzichtsstudie uit 1891 de meest complete resultaten:

Cijfers en inzichten uit 1891:

- Een melkkoe geeft in die tijd plusminus 28 kg poep en 8 kg urine per dag. Het soort voer zorgt echter voor grote variaties;
- De poep bevat 0,36 % stikstof en de urine 0,81 %. Fosfor zit vrijwel alleen in de poep: 0,15 %. Ook hier finke variaties.
- **De meeste stikstof zit in de poep: 100 gr/dag en minder in de urine : 65 gr/dag. Dus 0,47 % N in allebei samen.**
- **Zaagsel en veen** absorberen de urine het beste. bijv. beter dan stro. Veen nog iets beter dan zaagsel. Van stro heb je grofweg twee keer meer nodig. Koeien hebben 3 – 5 kg stro per dag nodig.
- Als **stro** niet beschikbaar is of duur, dan kan men ook **aarde** nemen waar de dieren op kunnen liggen. Het moet wel regelmatig losgemaakt en aangevuld worden. Als er tien cm ligt moet je het weghalen. Zo luidde toentertijd het advies.
- **Aarde absorbeert de vruchtbare bestanddelen van de urine beter dan het stro.** Het stalklimaat is er beter. Een kleine strolaag erbovenop werkt ook uitstekend. Andere boeren leggen stro en aarde laag om laag;
- De mest die zo verkregen wordt is van een goede kwaliteit. Het enige nadeel is dat er grote hoeveelheden aarde heen en weer getransporteerd moeten worden. Dat was toen nog werk voor 'den arbeider' en de paarden of ossen.
- Het beste resultaat wordt verkregen met **aarde die rijk is aan humus**. En lichte grond is beter dan zware, compacte grond. Kalkgrond houdt de ammoniak minder goed vast. En het is belangrijk om de grond al in de zomer te laten drogen.

Bij een proef met een koppel vleeschapen gedurende 6 maanden onder praktijkcondities was het verlies als volgt:

De aanvoer van de stikstof was als volgt: via de luzerne; voerbieten; graan; meel; perskoeken; strooisel (stro)

balans	Kg N
voer	94,867
strooisel	3,075
Aanvoer totaal	97,942
Afvoer via het vlees	8,185
Afvoer via de wol	2,720
Terug aangetroffen in de mest	35,425
subtotaal	46,330
Totale verlies	51,612 = 52 %

Het verlies via verdamping van ammoniak is dus $51,612 - 10,9$ (vlees en wol) = **40,7 kg = 41,5 %**. En **36% zit in de mest**.

De schapen waren gehuisvest in een schapenpotstal op stro, dat steeds aangevuld werd zodra dit nodig werd geacht. In andere vergelijkbare proeven met schapen varieerde het verlies licht, maar steeds rond de 50%. Fosfor en kalium bleven geheel behouden (Gironde 1891 pag 258.).

In een potstal met schapen gaat dus al gemiddeld 41,5 % van alle aangevoerde stikstof verloren als ammoniak. Verlies door regen e.d. of via lekkend gier speelt hier vrijwel geen rol. Schapen piesen heel weinig en dus gaat er ook weinig naar de ondergrond. Bij dit verlies in de stal komt het verlies op de mesthoop nog bij.

Bij lagere temperaturen - januari 1886 - zijn de verliezen iets lager, namelijk 45 %.

Terzijde zij opgemerkt dat de benutting van de stikstof in vlees en wol heel laag is nl **11,5 %**.

De lucht in de schapenstal bevatte 400 keer meer ammoniak dan de lucht buiten. Schapen hebben weinig liters urine per dag, maar wel zeer geconcentreerd.

Bij melkkoeien zonder een strobed **was in een proef het ammoniakverlies 25%**, mede omdat de ammoniak in de urine van koeien veel minder geconcentreerd is.

Bij een andere proef met melkkoeien met haverstro als strooisel **was het ammoniakverlies 32 % . 20% ging naar de melk en het vlees. Dus 50% van de aangevoerd stikstof kwam in de stalmest.**

Maar hoe hoog zijn de verliezen verderop in de keten?

Hier deed men drie proeven:

1. Een mestvaalt onder een afdak: **na 6 maanden 8 % verlies**; na 9 maanden 22 % verlies;
2. Een mestvaalt in de buitenlucht: **na 6 maanden < 1 %**; en na 9 maanden een verlies van 35 %
3. En een mestvaalt verspreid over een groot oppervlak; **na 6 maanden 27 % verlies**; na 9 maanden 61 % verlies;

Onder een afdak geeft het minste, en veel regen het meeste verlies. Ook een klein oppervlak is belangrijk.

De grootste verliezen vinden dus in de stal plaats. We moeten dus rekening houden met al gauw plm. 60% verlies.

Wat willen we?

1. Een betere benutting van de stikstof in het voer;
2. En veel minder verliezen, vooral in de stal;

De verliezen van **methaan** (100 kg/jaar, 2019), **ammoniak** ($\text{NH}_4\text{-N} = 10$ kg/jaar/koe, 1863) en **waterstofsulfide** uit de bek zijn een belangrijke aanwijzing voor een slechte spijsvertering. Hier kun je al beginnen om te corrigeren of te verbeteren:

- Kleimineraal bindt de schadelijke stoffen in het voer, zoals stikstofverbindingen die geen eiwit zijn;
- En zeemineralen stimuleren de omzetting van de stikstof in echte eiwitten. Met name magnesium en sporenelementen;
- Het voer moet over een goede C/N verhouding beschikken. Niet te eiwitrijk, maar ook niet te rijk aan zetmelen;
- Natrium op het grasland gestrooid verlaagt het kaliumgehalte, en maakt het gras smakelijker;

Daardoor vinden er in de koe **minder rottingsprocessen** plaats, en dat resulteert in een betere spijsvertering. En de mest gaat op zijn beurt niet rotten. De eiwit in de poep blijft behouden. In totaal bevatten poep en urine minder stikstof. En dat geeft ook minder verliezen. Het najaar is een riskante periode als er veel eiwitrijke klaver groeit.

De ammoniak in de mest die uit de urine komt is ook minder geconcentreerd, en deze kun je binden met bagger of gesteentemeel. Dat kan zowel in een potstal als in de drijfmest (alleen gesteentemeel). Je moet de bagger in je sloten eerst beoordelen op giftigheid, en zware metalen. Die kan van elders komen (bollenvelden; aardappels; fruitboomgaarden) of van riooloverstort). Of van je eigen bedrijf: formaline; reinigingsmiddelen; geneesmiddelen; antibiotica). Aan aarde en humus gebonden stikstof gaf in mijn veldproeven **een 20% hogere opbrengst binnen het eerste jaar**, op Droevendaal.

Tot slot de kwaliteit.

De kwaliteit kunnen we verbeteren door de balans te herstellen tussen de macro-elementen: kalium; natrium; calcium; magnesium en fosfor. Verder door het gehalte aan sporenelementen te verhogen, en door ervoor te zorgen dat alle stikstof is omgezet in echt eiwit.

Uit een proef in Polen bleek dat alle drie de onderzochte groenten zowel in de conventionele als in de biologische landbouw nitraat en ammonium bevatten en meer kalium in de biologische dan de drie conventionele producten. Dit zijn de data voor de wortelen:

<u>Mg/kg FM of the juice</u>	Organic carrots	Conventional carrots
N NO ₃	11,7	37,6
N NH ₄	49,4	119
Ca	67,9	54,4
K	2369	2099
Mg	126	166
P	376	384
S	141	194
Na	346	423
Sum of Ca to Na	3425,9	3320,4
Sum of Ca to Na minus K	1056,9	1221,4

**Mg/(K+Na+Ca+P) = 0,038 voor biologisch en 0,052 voor conventioneel. Het zou minimaal 0,10 moeten zijn.
En K/Na voor biologisch 6,8 en voor conventioneel 4,9. De streefwaarde is 2 – 5. De Nederlandse wortel: K/Na =9,8.**

Het gehalte aan ammonium- en nitraatstikstof bedraagt in de biologische worteltjes uit het Poolse onderzoek bijna 40 % van die in de conventionele. Bij de rode bieten was dit 32% en bij de selderie 72%.

Wat zegt de algemene literatuur hierover:

- Volgens een studie van de Soil Association in Groot Brittannië zit er gemiddeld **50 % minder nitraat** in biologische gewassen dan in conventionele gewassen (Shane Heaton)
- In een breed opgezette studie uit 2009 **wordt dit overigens niet bevestigd** (Dangour, 2009):

“The analyses comparing all available data suggest that there is no evidence of a difference between organically and conventionally produced crops in their content of 16 of the 23 nutrient categories analysed”: [among which] nitrates.

Organically produced crops were found to have significantly higher levels of sugars, magnesium, zinc, etc.

- Kathrin Woese concludeert in 1997:

“On the whole, **no unequivocal trend could be identified** in the 13 evaluated studies for the contents of total protein (crude protein), pure protein and relative protein content (**share of pure protein among Total protein**) Consideration of each individual group of vegetable variety did not produce any clear picture either. There was a trend towards **a slightly lower content of free amino acids** in organically cultivated or organically fertilised products”.

De uitdaging is dus om de stikstof uit de urine (ammoniak) te binden aan aarde en humus, en om te voorkomen dat de eiwitten en amiden in de poep worden omgezet in rottingsproducten (skatolen; indolen mercaptanen; putrescinen; cadaverinen) **met ammoniak, cyanide, nitriet, lachgas en waterstofsulfide als giftige eindproducten.**

Zolang de snelle stikstof licht gebonden is aan aardedeeltjes en huminezuren spoelt ze niet uit, maar blijft ze wel snel plant beschikbaar. Dat is ook precies wat wormen voor ons doen. De uitdaging is dus om de snelle stikstof niet te verliezen maar licht te binden.

Wellicht zijn het melkzuurbacteriën en andere microbiële 'collega's' die deze stikstof ophalen en omzetten in bacterieel eiwit. Waarschijnlijk maken bacteriofagen op het wortelslijm dit bacterieel eiwit weer plant beschikbaar, evenals de viroïden in de bacteriën.

Als de eiwitten uit de poep (door de mycorrhizaschimmels ?) worden omgezet in aminozuren komen ze ook geleidelijk beschikbaar.

Met suikers en andere stoffen wordt het microbieel leven van de rhizosfeer door de planten daartoe gestimuleerd.

Als de planten voldoende tot wasdom zijn gekomen met de stikstof uit mest of organische resten, dan kunnen zij zelf aanvullend luchtstikstof assimileren.

We kunnen ze daarbij ondersteunen met bijv. aminozuurbemesting; pseudomonas en sherrygist. De eerste proeven met aminozuurbemesting zijn zeer hoopgevend. Ook sherrygist gaf in het verleden extreem goede resultaten (o.a. bij tarwe).

Dank voor uw geduld en aandacht.

Anton Nigten

(AONigten@hotmail.com)