

## Boeren in Beweging met Biochemie

**Mijn motivatie.** Het “stikstofprobleem” is, voor zover het de veehouderij betreft, een biochemisch en microbiologisch probleem. Beide woorden komen niet voor in het Remkes-rapport “Wat wel kan” ([zie hier](#)). Datzelfde geldt voor het CLM-rapport, gemaakt in opdracht van RVO, en getiteld “Melkveestal van morgen” (zie [hier](#)). Ook hier ontbreken de woorden “biochemie en microbiologie”. Het woord “urease” ontbreekt eveneens in beide rapporten terwijl dit het enige enzym is waar alles om draait wat het Nederlandse “stikstofprobleem”, lees NH<sub>3</sub> emissieprobleem, betreft. Dat is kwalijk want bij de oplossing staat het enzym urease centraal.

Biochemie is de chemie van alles wat leeft: dus ook van koeien, mest, bacteriën, bodemleven enzovoort. Biochemie is de chemie van stikstof (N); koolstof (C); fosfaat (P); zwavel (S) en zuurstof (O). Bij alles wat er, qua stikstof, gebeurt achter de koe, op de stalvloeren, in de mestput en op het land, heerst biochemie en microbiologie met ureases in het middelpunt.

Het Remkes rapport heeft als titel: “Wat wel kan”. De subtitel van het Remkes-rapport had moeten zijn: “Hoe het verder moet” en dan met inachtneming van de biochemie en microbiologie. Dat rapport schrijft: “Ook moet de overheid openstaan voor ieder ander voorstel dat leidt tot de gegarandeerde reductie binnen een jaar”. Dat is dit.

Veehouders stellen investeringen in hun bedrijf uit omdat zij geen duidelijk richtinggevend overheidsbeleid zien. Vaak gaat het bij veehouders o.a. om implementatie van innovaties die emissiereductie; verlaging van de milieubelasting en welzijnsverbetering van de dieren als doel hebben. In essentie gaan dergelijke investeringen over de biochemische kant van de veehouderij. Dit document geeft veehouders richting en houvast (deze website: [www.boerenbiochemie.nl](http://www.boerenbiochemie.nl)).

**Inhoudsopgave:** Geen. Het lezen van alleen de “headings” is voldoende. De meeste paragrafen kunnen afzonderlijk van elkaar, en in willekeurige volgorde, worden gelezen.

**Trefwoorden:** gebruik de woordzoekfunctie (Ctrl F) en dan het gezochte woord intypen:

*Ammoniak; ammonium; ureum; drijfmestput; gierput; mestmanagement; ammoniakdepositie; ammoniakemissie; gezinsdrama's; klimaatimpact; Natura 2000; IASI; Remkes-rapport; mestverwerkingssysteem; mest-opzuigrobot; semi-doorlaatbare vloeren; dikke fractie; dunne fractie; rubbertegels; aanzuren; zwavelzuur; urease remmers; urease; enzym; DNA; eiwit; kunstmestproductie; Haber-Bosch proces; PM<sub>2.5</sub>; agro-industrie; aardgasgebruik; lachgas; kunstmest; guano; fosfaat; methaan; ureumcyclus; urine-ureum; drijfmeststallen; RAV-waarde; emissiearm; roosters; guano; klauwproblemen; mastitis; antibioticagebruik; wildplassen; pollution-swapping; weidegang; uitlogen; weidevogels; bodemgezondheid; reactief stikstof; slurry-pond; biochemie; microbiologie; evolutie; bacteriën; aminozuren; evolutie; ganzen; cloaca; ganzenstikstofproblematiek; mestschuivers; mestrobots; urease-remmer; investering; mest-opzuigrobot; koe-zindelijkheid; landschap; RIVM; WUR; Dairy Campus (DC); Hanskamp-Agrotech; HK-systeem; HK-urine; Lely Sphere; N capture-systeem; HansKamp zandstallen; HansKamp VrijLevenStallen; HansKamp BeddingCleaner N capture-systeem; mest-opzuigrobot; luchtwassysteem.*

**Sponsors:** geen

Prof. Dr. Herman A. de Boer emeritus-hoogleraar Medische Biotechnologie Universiteit Leiden. Ondernemer en oprichter van Pharming bv. (stier Herman); Prosensa bv. (exon skipping technologie t.b.v. Duchenne spierdystrofie medicatie) en Mastivax bv (antibiotica vervangers voor melkvee) ([www.mastivax.com](http://www.mastivax.com)).

Augustus 2023. Oosterwolde (fr). [ha46boer@gmail.com](mailto:ha46boer@gmail.com)

**Veehouderij is toegepaste biochemie.** Veehouders zijn praktiserende biochemici. Alles wat er in de koe gebeurt is biochemie; de voervertering; de aanmaak van melk, vlees, eieren; allemaal het resultaat van een enorm aantal, in harmonie verlopende, biochemische processen. Hetzelfde geldt voor alles wat er op en in zijn/haar grond gebeurt en de gewassen die er groeien. Niets in de levende materie onttrekt zich aan de wetten en regels van de biochemie; ook niet de productie van feces en urine. Het is om biochemische redenen dat deze twee eindproducten van nature apart uitgescheiden worden. En dat werkt al miljoenen jaren zo. Vanaf de jaren 60 is het misgegaan. Mest en urine van miljoenen koeien (en varkens, maar daarover gaat dit verhaal niet) belandden vanaf die periode samen op de vloeren. Eén biochemisch proces dat niet in de koe mag plaats vinden, gebeurde ineens wel op duizenden stalvloeren met als gevolg een enorme emissie van gasen m.n.  $\text{NH}_3$ . En dat is te voorkomen.

**Samenvatting toegespitst op ammoniakemissie:**

- De wereldwijde emissie van ammoniak bedreigt de gezondheid van mens en dier, klimaat en ecosystemen; het Nederlandse ammoniak emissieprobleem is daarbij vergeleken "peanuts"
- De wereld wordt, via kunstmest, gevoed door aardgas
- De wereldwijde bevolkingsexplosie en massale consumptie van dierlijke producten is de aanjager van de mondiale  $\text{NH}_3$  explosie tezamen met de kunstmestproductie-industrie en kunstmestaanwending op landbouwgrond; omschakeling van die industrie naar waterstof hoort de topklimaatmaatregel te zijn voor zover het de landbouw betreft
- Overheden, landbouworganisaties en banken hebben vanaf de jaren '60 het huidige stikstofprobleem gezaaid; niet de veehouders, zij waren volgers
- De onzin-term "stikstofruimte" creëren is niets anders dan "pollution-swapping"
- De wetten van de biochemie en microbiologie dicteren dat, zodra mest en urine bij elkaar komen, het urine-ureum meteen omgezet wordt in ammoniak wat vervolgens meteen de lucht in gaat
- De enige echte oplossing voor het "stikstofprobleem", wat melkveehouders betreft, is dat urine en mest van koeien nooit bij elkaar mogen komen en bij de bron gescheiden moet worden opgevangen; dat is wat anders dan scheiding van drijfmest in een "dunne en dikke fractie"
- Vrijwel alle vloer en mestmanagementsystemen overtreden de wet der biochemie en deugen daarom niet
- Er zijn twee stal- vloer- en mestmanagementsystemen die gehoorzamen aan deze wetten en door toepassing daarvan kan het Nederlandse "stikstof" emissieprobleem binnen een jaar en met relatief weinig geld opgelost worden; althans wat de melkveehouderij betreft.
- Koeien zijn gemakkelijk te trainen tot zindelijkheid; de huidige ligboxenstallen maken hen dat onmogelijk
- Gescheiden opvang van urine en mest en aanwending op het land leidt tot een 1:1 (N:N) verlaging van het N-kunstmestgebruik
- Aanwending van eigen ureum-urine en mest leidt tot 1:1 (N:N) verlaging van het aardgasgebruik en dito verlaging van de  $\text{CO}_2$ -emissie door de kunstmestindustrie
- Nederland heeft, net als in het verleden, nu weer de kans de wereld te tonen hoe schone, milieuvriendelijke, veehouderij eruit zou kunnen zien

**Gebruiksaanwijzing bij het lezen van dit document.** Verwijzingen naar de literatuur zijn aangegeven met hyperlinks. Verwijzingen naar elders in dit document zijn aangegeven met een ster (\*).

**Leeswijzer.** Het is niet nodig om dit verhaal van voren naar achteren te lezen; de lezer kan met elke willekeurige paragraaf beginnen. Het beetje chemie kunt u gerust overslaan behalve  $\text{NH}_3$ , dat is ammoniak. U kunt ook alleen de vetgedrukte kopjes lezen.

**Melkveehouders:** In dit document wordt uitgelegd wat de biochemische en microbiologische grondslag van ammoniakemissie is en hoe emissie op basis van die grondslag aangepakt moet worden en welk pad daarvoor kan worden doorlopen voor de korte termijn, om bedrijven uit acute vergunningsproblemen te helpen, en voor de lange termijn t.b.v. bijvoorbeeld stalaanpassingen en het ontwerp van nieuw te bouwen stallen en vloersystemen.

**Collega Biotechnologen/microbiologen:** heb je suggesties of tref je onzin aan die aanpassingen/correcties in deze tekst en inhoud vergen, doe dat dan liefst via een e mail naar: [ha46boer@gmail.com](mailto:ha46boer@gmail.com).

**Onderzoeksprojecten.** Soms geef ik aan wat nader onderzocht zou kunnen worden en dat m.i. zou kunnen uitmonden in een afstudeerproject of promotieonderzoek ("onderzoeksproject").

**Nederlandse Agro-industrie.** De uit biochemie en microbiologie voortvloeiende technologische en methodologische aanpak zal uitstralen naar de buitenlandse melkveehouderij waar de emissie problemen vaak veel groter zijn; niet onderkend worden, of niet op de politieke agenda staan. Het gaat om mondiale emissie problemen die qua impact op klimaat en milieu veel groter zijn, zoals de uitstoot van methaan en lachgas door vee, en waarbij de huidige Nederlandse ammoniak emissieproblematiek in het niet valt.

**Tekstvakken:** De lezer kan de tekstvakken overslaan.

**Toegiften:** Na het einde staan nog een paar toegiften die relevant zijn voor dit verhaal maar niet goed passen in de lijn van het betoog.

## De $\text{NH}_3$ -emissie van de Nederlandse landbouw in wereldperspectief.

Jaarlijks wordt ca 150 megaton stikstofgas (niet reactief stikstof) aan de atmosfeer onttrokken door natuurlijke processen voor en door alles wat groeit en bloeit. Dit wordt aangedreven door zonlicht c.q. fotosynthese. In de afgelopen decennia wordt ook ongeveer 150 megaton/jaar op kunstmatige wijze stikstofgas aan de atmosfeer onttrokken (zie [hier](#) en [hier](#)) door de ammoniak en kunstmestindustrie met aardgas als grondstof, en aangedreven door aardgas. Dit ten behoeve van de voedselproductie voor de mens en vee. Ruwweg 90% van deze 150 megaton belandt uiteindelijk in bodem, water en lucht in de vorm van reactief stikstof ( $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  enz. zie tabel). De tweede gigantische vorm van  $\text{N}_2$  omzetting naar reactief stikstof betreft verbranding van stikstof dat in motoren etc. verbonden wordt met zuurstof tot reactief stikstof, in dit geval vnl.  $\text{NO}_x$  (\*) en dat ook de lucht in gaat. Beiden zijn met elkaar verstrengeld tot één wereldomvattend, door de mens gecreëerd, probleem dat een wereldomvattende oplossing (zie [hier](#)) vereist. Wereldwijd is ruwweg 70% van de totale  $\text{NH}_3$  afkomstig van mest en kunstmest (zie [hier](#)).

In snel ontwikkelende landen zijn de wereldwijde  $\text{NH}_3$  emissies toegenomen met 10-30% per decennium, soms tot 60% per decennium (IASI satelliet observaties zie [hier](#) en [hier](#)). Opvallend zijn de grote verschillen in metingen vanaf de grond t.o.v. die vanuit de ruimte (20-50%; zie [hier](#)). Dit wordt veroorzaakt door een slecht meetnetwerk in veel gebieden vooral buiten Europa. De satelliet  $\text{NH}_3$  emissie-metingen betreffende grote gebieden waar überhaupt geen agrarische activiteit is (woestijnen e.d.) bewijst dat  $\text{NH}_3$  transport over grote afstanden een

Wereldwijd is de totale emissie van  $\text{CO}_2$  ruwweg 9 gigaton per jaar. Dit is 10% van de hoeveelheid  $\text{CO}_2$  die per jaar vastgelegd wordt (zie [hier](#)) door natuurlijke processen, dus door alles wat leeft, groen is en aan fotosynthese doet: planten, algen, mossen enzovoort. Verhoging van de atmosferische  $\text{CO}_2$  concentratie is het broeikaseffect. Dit document gaat niet over  $\text{CO}_2$  maar over reactief stikstof zoals ammoniak,  $\text{NH}_3$ .

belangrijke factor is. Voor NH<sub>3</sub> transport over korte afstanden, veebedrijven/Natura 2000 gebieden zie [hier](#).

Ten opzichte van de gigantische NH<sub>3</sub> uitstoot in veel landen is, vanuit de ruimte gezien, de Nederlandse NH<sub>3</sub> emissie een nauwelijks zichtbaar rood puntje (zie [hier](#) fig 2 en [hier](#)). Dit stipje is, voor zover het de melkveehouderij betreft, het onderwerp van dit document. De huidige Nederlandse “Mickey-mouse” ammoniak aanpak t.a.v. veehouders; dwang tot vermindering; geen oplossing bieden; wel uitkoop veebedrijven, doen er in mondiale opzicht niet toe (\*). Het verschuift een lokaal agrarisch probleem naar elders of naar de niet agrarische sector. Desalniettemin is er, althans t.a.v. de melkveehouderij, wel een oplossing (\*) die als voorbeeld kan dienen voor de rest van de wereld en dus mondiaal wel impact kan hebben op. De Nederlandse veehouderij is in het verleden vaak leerschool geweest voor het buitenland; hier ligt weer een kans.

**De drie-eenheid: droge depositie; natte depositie en de grootste killer: PM<sub>2.5</sub> fijnstof.** Ammoniak treft mens en natuur op drie fronten (zie [hier](#)). Directe emissie van NH<sub>3</sub> dat vooral geassocieerd is met lokale en regionale (\*) droge depositie direct op planten. In aanwezigheid van water, waterdamp en luchtvocht staat NH<sub>3</sub> in evenwicht met NH<sub>4</sub><sup>+</sup> en dat zorgt voor, weer gerelateerde, natte deposities op planten en gronden en over grotere gebieden. Het belangrijkste milieudelict van NH<sub>3</sub> op wereldschaal is dat het gaat reageren met de grote vervuilende stoffen uit verkeer, industrie en verbrandingsprocessen waarbij kleine deeltjes gevormd worden, de zgn. PM<sub>2.5</sub> (particulate matter kleiner dan 2.5 micron zie [hier](#)) die diep in de longen belanden. Het gaat dus om de combinatie van NH<sub>3</sub> met vervuilende stoffen uit de industrie (zoals NO<sub>x</sub> en SO<sub>2</sub>) die een reeks gezondheidsproblemen veroorzaken; vooral long gerelateerd ziekten (zie [hier](#)) met ca 250.000 doden per jaar in Europa (zie [hier](#)). Op grond van deze drie punten zou het logisch zijn om agrarische grootuitstoters (“piekbelasters”) te weren uit gebieden met grootuitstoters uit verkeer en industrie, en omgekeerd, en dat een hogere prioriteit geven dan het weren of uitkopen van grootuitstoters bij Natura 2000 gebieden. Nog veel beter is ervoor te zorgen dat NH<sub>3</sub> van de (melkvee)houderijen überhaupt niet in het milieu komt. Hoe dat moet staat in dit artikel beschreven.

**Het agrarische ammoniak emitterende trio: kunstmest, urine en mest.** Ammoniak, NH<sub>3</sub>, wordt geëmitteerd door natuurlijke bronnen en door menselijke activiteiten. Ongeveer 80% van de wereldwijde NH<sub>3</sub>-emissie is afkomstig van de landbouw. Dit is de optelsom van NH<sub>3</sub> emissies door kunstmest aanwending, mest- urineproductie door vee, mest en urine management en mest en urine aanwending op het land (zie hier). Ongeveer een derde daarvan (1/3 van 80%) is afkomstig van de productie, management en aanwending van mest- en urine (zie hier). Ruwweg de helft is afkomstig van melk- en vleeskoeien (zie hier). De overige tweederde (2/3 van 80%) is afkomstig van de aanwending van kunstmest; m.a.w. de inefficiëntie van kunstmest. Dit document richt zich vooral op NH<sub>3</sub> emissiekwesties in relatie tot melkkoeien in ligboxenstallen in Nederland en hoe deze emissie sterk verminderd kan worden met biochemie en microbiologie als leidraad. De biochemie en microbiologie van mest en urine in potstallen, vleeskoeien, geitenmelkerijen, varkens- en kalvermesterijen is in grote lijnen hetzelfde en daarom moet bij de aanpak van die emissieproblemen de biochemie, microbiologie de boventoon voeren. Dit geldt voor veehouderij overal ter wereld. Voor de pluimveesector ligt het wat anders omdat de mest-biochemie van vogels verschilt van die van koeien. Zie het ganzenverhaal verderop (\*).

De enorme wereldwijde verstoring van de stikstofcyclus, veroorzaakt door het kunstmestproductieproces (\*), de bevolkingsexplosie en de explosieve toename van consumptie van dierlijke producten wereldwijd, is destructief voor de aarde (zie hier). De te hoge veedichtheid in Nederland is daar ook debet aan. Een piepklein onderdeel van deze wereldwijde verstoring van de stikstofcyclus is de lokale NH<sub>3</sub> emissie naast Natura 2000 gebieden. Die emissie kan regionaal verlaagd worden en met gemak (\*) en (zie hier). Dat staat in dit document. Om de veehouderij in te perken simpelweg door uitkoop en op grond van stikstof-emissie-argumenten is visieloos, cynisch, onwetenschappelijk en zonder klimaatwinst voor de wereld temeer omdat in Nederland de

gecreëerde  $\text{NH}_3$  “stikstofruimte” ingeruild wordt tegen bijvoorbeeld  $\text{NH}_3$  emissie, door vee, vlak over de grens of tegen  $\text{NO}_x$  belasting door de niet-agrarische sector (zie hier). Er zijn andere wegen te gaan die wel effectief zijn en ook wereldwijd zijn te implementeren. Daar gaat dit document over.

**Het kunstmest productieproces: van aandrijver van de groene revolutie naar klimaatproblemen.**

Het Haber Bosch proces, zie [hier](#) speelde een sleutelrol in de groene revolutie (zie hier). Het heeft, samen met andere landbouwmethoden en veredelings technieken, ervoor gezorgd dat het grootste deel van de wereldbevolking gevoed is. De wereldwijde bevolkingsexplosie was een gevolg hiervan (zie hier en [hier](#)). Dit, in combinatie met de welvaartstoename, dus vleesconsumptie (zie [hier](#)), heeft geleid tot de explosie van de veehouderij: kippen, varkens, vlees en melkkoeien (zie hier). De explosie in voedselproductie heeft een enorme versturende invloed op de wereldwijde stikstofcyclus (zie [hier](#)). Verstoring van de wereldwijde huishouding van reactief-stikstof ligt aan de basis (zie [hier](#)) van klimaatverandering, verlies van biodiversiteit, grondwatervervuiling, eutrofiering van oppervlaktewateren, meren en zee estuaria (zie [hier](#)) en verstoringen in de ozonlaag.

**Veertig procent van de wereldwijde kunstmestproductie belandt onbenut in het milieu.** De helft van de wereldvoedselproductie komt tot stand met N-kunstmest (zie [hier](#)). Ongeveer 70% van wereldwijde agrarische productie wordt direct aan vee gevoerd (zie [hier](#)). De productie hiervan vergt altijd stikstofhoudende kunstmest ongeacht of het lokaal dan wel in verre landen verbouwd wordt.

Wereldwijd is 60-80% van de N-output in producten afkomstig van N-houdende kunstmeststoffen als input (zie [hier](#)). Zodoende verbruikt de landbouw ongeveer 75% van de wereldwijde N-houdende kunstmestproducten (\*). De efficiëntie van de omzetting N in kunstmest naar N in eiwit is laag. Slechts ca. 35% van die N belandt in eiwitten in de voeding voor vee en mensen (zie [hier en hier](#)). De rest, dus ca 40%, gaat verloren en belandt hoe dan ook in het milieu; in de grond, het water, de lucht. Vooral  $\text{NO}_3^-$ , en in mindere mate  $\text{NH}_4^+$ , geven grondwatervervuiling en eutrofiëring van watersystemen en rivieren, met dode zones in kustgebieden als gevolg. Uiteindelijk komt slechts ca. 10% van de N van kunstmeststikstof in mensen terecht en 90% komt in het milieu terecht (zie [hier](#)).

Van elke 1000 kg eiwit gevoerd aan koeien komt ca. 100 kg eruit als stikstof in mest, als organisch gebonden N, en in urine als ureum; ruwweg in een 50/50 verhouding (zie hier). Van de 50 kg N in urine-ureum vervluchtigt ca 70% meteen als  $\text{NH}_3$  op de meeste gangbare stalvloeren die biochemisch gezien niet deugen.

Voor de  $\text{NH}_3$  emissie geeft lokale luchtvervuiling; reacties met industriële vervuilende stoffen ( $\text{SO}_2$  en  $\text{NO}_x$ ) en  $\text{NH}_3$  neerslag, conversie naar  $\text{NH}_4^+$  en grondverzuring. Lachgas,  $\text{N}_2\text{O}$ , naast o.a.  $\text{CH}_4$  en  $\text{CO}_2$ , beïnvloeden het klimaat. Dit alles betreft zowel lokaal als ver weg verbouwd voer en voedsel. Dit betekent dat agro-N (\*) gerelateerde milieu- en klimaatproblemen op wereldschaal aangepakt moeten worden o.a. op het niveau van kunstmestproductieprocessen, nu nog uit aardgas, en op het niveau van de efficiëntie van het kunstmestgebruik in de veeteelt en akkerbouw. Voor de landbouw betreft dat a) de applicatie van kunstmest via precisiebemesting en b) het hergebruik/terugwinning van N houdende afvalstromen. I.g.v. de veeteelt gaat het dus om mest en urine; het hoofdonderwerp van dit document.

**Zeventig procent van de N in voer en voeding belandt in de mest.** Aminosuren, dus eiwitten bestaan voor ca 10% uit het stikstofatoom (N). Slechts ca 40% van de stikstof toegediend als kunstmest komt terug als eiwitstikstof in het voer voor vee (zie [hier](#)). In geval van melkkoeien komt slechts een klein deel hiervan, een kwart, zie hier) terecht in melk en vlees; i.g.v. vleeskoeien is dit minder dan 5%. Het grootste deel (ruwweg driekwart, zie [hier](#)) komt er aan het achtereind weer uit als organisch gebonden N (vnl. in eiwitten) in feces en als ureum in urine.

Dus al met al eindigt slechts hooguit 10% van die kostbare kunstmeststikstof-input in vlees, melk, eieren etc. De rest, dus 90% komt terecht in de mest en urine (ruwweg 50/50). De urine N ontsnapt vrijwel geheel als ammoniak ( $\text{NH}_3$ ) omdat mest en urine in de meeste stallen samen komen als

drijfmest. Het laatste staartje, de NH<sub>3</sub> emissie en depositie (als NH<sub>3</sub> of derivaten daarvan), van deze afvalrace van kunstmest naar vlees, melk en eieren is in Nederland het grote politieke hangijzer. Aanpak van dit kleine onderdeel heeft geen klimaatimpact. Maatregelen met klimaatimpact liggen in het traject daarvoor en dat zijn: a) inperking van massale productie van kunstmest uit aardgas b) omschakeling van kunstmestproductie naar waterstof en c) inperking van N-kunstmestgebruik en d) en een uitbreiding van hergebruik van stikstof in urine-ureum (\*) en stikstof in mest o.a. ter compensatie voor kunstmestgebruik. Afschaffing van het derogatiebeleid en het daar onderliggende Europese beleid gaat precies de andere kant op dus ten faveure van de kunstmestproductie en het kunstmestgebruik. In de wetenschappelijke literatuur heet dat "Pollution swapping" (zie [hier](#)). Dat is goed voor de kunstmestindustrie maar slecht voor het klimaat. Gescheiden opvang van feces (fosfaat) en urine (geen fosfaat) jaarrond geeft de veehouder de mogelijkheid om onder dat onlogische Europese beleid uit te komen en zelf het heft in eigen handen te nemen (\*). Over dit alles heen staat het grote verband tussen de energiecrisis, de kunstmestproductie, de productie van dierlijke producten en waar het naar toe moet (zie hier).

**De overheden, banken en landbouworganisaties als initiator en aanjager van het huidige emissieprobleem.** De melkveehouderij heeft een emissieprobleem veroorzaakt door systemen en bedrijfsvoeringen die in het verleden, in de jaren 60, aan veehouders zijn aanbevolen en gestimuleerd door overheden, adviseurs en banken en gericht op schaalvergroting, efficiëntie en intensivering. Aldus zaaiden die instanties de kiemen van het huidige NH<sub>3</sub>-emissieprobleem. De veehouders waren "slechts" uitvoerders. Het advies van het Remkes rapport, en dit kabinet, is dat de overheid met veel geld het probleem kan verkleinen door opkoping van minstens 500 bedrijven, vooral van veehouders. Boeren uitkopen: weg probleem. Het kabinet neemt de aanbevelingen over en zegt in feite: we hebben geen idee hoe we het stikstof probleem moeten oplossen maar we hebben wel veel geld beschikbaar om de "piekbelasters" uit te kopen en dat doen we snel; binnen een jaar jassen we dat wel door de kamer; de tweede kamer wel te verstaan, dit ten koste van de kamer van de veehouder en zijn gezin. Wat piekbelasters zijn wordt in het "wat-wel-kan" rapport niet gedefinieerd. Elders in dit document (\*) staat een NH<sub>3</sub> productie berekening gebaseerd op biochemie en een simpele rekensom. Dit betreft de koeienhouderij. Het stikstofprobleem veroorzaakt door industrie, verkeer e.d. is geen biochemisch probleem maar een chemisch probleem en dat vergt een chemische oplossing en dat komt daarom niet aan de orde in dit document. De term "stikstofruimte creëren" scheert die twee zaken over één kam en dat wekt, zeer terecht, veel frustratie en woede op bij veehouders. De onzin-term "stikstofruimte creëren" suggereert dat er een probleem opgelost wordt terwijl het je reinste "Pollution Swapping" is. Daarvan zijn talrijke voorbeelden in de (wetenschappelijke) literatuur (zie [hier](#)) beschreven. De overheid gebruikt dus "pollution swapping" als politiek gereedschap om niets op te lossen. De term "stikstofruimte" moet in ieder geval opgesplitst worden in "NH<sub>3</sub>-ruimte" en "NO<sub>x</sub>-ruimte".

**Toegepaste biochemie in plaats van gezinsdrama's.** De biochemie wijst de weg naar hoe de (melk)veehouderij eruit moet gaan zien (\*). Met het geld gereserveerd om "piekbelasters" uit te kopen kunnen honderden koeienstallen worden aangepast (\* en [hier](#)). Zo kan NH<sub>3</sub> emissiereductie van meer dan 50% (\*) bereikt worden zonder gezinsdrama's. Bovendien veehouders willen NH<sub>3</sub> reducerende aanpassingen maar al te graag doorvoeren zeker als dat het toekomstperspectief voor hun bedrijf herstelt. Verbouwingen van stalvloeren en aanpassing van de bedrijfsvoering is "alles" wat nodig is en die kunnen, per bedrijf, binnen een paar jaar uitgevoerd worden, te beginnen met koe-houderijen naast Natura 2000 gebieden.

Daardoor zullen, zodoende, hun kunstmestkosten fors dalen (\*). De melkveehouderijsector en stalmechanisatie bedrijven hebben nu al voldoende innovatieve oplossingen voortgebracht (\*). Dus we hoeven anno 2023 niet te wachten op innovaties die nog bedacht moeten worden. Het gaat om oplossingen en aanpassingen van bestaande stallen en erf-indelingen plus aanpassingen van de mestbedrijfsvoering (\*).



**Overheid, van verleider naar schuldige.** Overheden, banken en allerlei aan de veehouderij gelieerde instanties en bedrijven hebben de veehouders vanaf de jaren 60 verleid om groots te investeren in, biochemisch gezien, miskleunen zoals ligboxenstallvloeren, mestopslagsystemen, mest uitrij- en mestverwerkingssystemen (\*) en met kers op de taart de milieuvriendelijke mesthandel en mesttransporten. Dit alles met als resultaat de huidige NH<sub>3</sub> emissie problematiek; problemen met de bodemgezondheid, de biodiversiteit in de weilanden en vertrek van weidevogels. Dit terwijl er in de jaren 70 al allerlei voorbodes bekend waren op het ministerie van landbouw en haar R&D instanties, over de nadelige milieugevolgen van dat, op drijfmest gebaseerd, beleid. Juristen die het stikstofdebat de afgelopen jaren van munitie hebben voorzien, met de verstrekkende gevolgen voor veehouders, zouden zich nu ook over de consequenties van die druk van bovenaf, door bovengenoemde instellingen, moeten buigen om dan ook de aansprakelijkheidsstelling aan de orde te stellen. Misschien komt daaruit voort dat veehouders recht hebben op een financiële vergoeding voor de investeringen van toen en die nu nodig zijn om hun bedrijf en bedrijfsvoering om te bouwen en biochemisch gezond te maken en daarmee de ammoniak uitstoot drastisch te verminderen (\*). Dan kunnen die familiebedrijven blijven bestaan ook pal naast Natura 2000 gebieden. Dit kan gerealiseerd worden in één of twee jaar tijd vooral als de overheid financiële hulp levert uit bijv. het transitiefonds. Dat alles i.p.v. executie van de visieloze, niets oplossende uitkoopregeling (zie ook [hier](#)).

**Van goud naar afval; van afval terug naar goud.** Mest is door de eeuwen heen goud geweest voor de boeren vooral op armere gronden; geen mest betekende armoede en soms honger. Nu is mest een milieuprobleem geworden; liever kwijt dan rijk? Of toch niet? (\*). In plaats van door mest wordt de wereld nu gevoed door aardgas (zie Haber Bosch proces\*). Dat moet anders en dat kan (\*).

**Stikstofverbindingen staan centraal in alles wat leeft.** Het atoom stikstof (N) is één van de het meest veelzijdige atomen van alle elementen in het “periodieke systeem der elementen”. Leven is ontstaan dankzij die veelzijdigheid. Het woord “stikstof” wordt in vrijwel alle gevallen door publiek en politici misbruikt voor alles wat het stikstof atoom bevat. Dat alleen al leidt tot verstrekkende vervelende maatschappelijke consequenties. Hier volgt een, weliswaar incompleet, lijstje van verbindingen die met elkaar gemeen hebben dat ze een N-atoom bevatten maar verder totaal verschillende eigenschappen hebben met een veelzijdigheid aan functies in alles wat leeft. Dit overzicht (tabel 1) zal helpen bij het lezen in dit document.

**Het leven is geëvolueerd rondom het stikstof atoom.** Het N atoom staat centraal in alles wat leeft op aarde. Vanwege deze veelzijdigheid zijn er zo veel verschillende stikstofverbindingen in levende cellen w.o. DNA, RNA, aminozuren en nog veel meer. Alles wat leeft is geëvolueerd rondom dit N atoom. Het is één van de cruciale bouwstenen van de scheppende evolutie naast C, O, P en S. De termen die beginnen met “stikstof” zijn mede daarom onzinwoorden (zie tekst vak).

**Koeien en stallen stoten geen stikstof uit.** Alles wat leeft bestaat uit koolstof-, zuurstof- fosfaat- zwavel- en talrijke stikstofhoudende verbindingen zoals: DNA en RNA, eiwitten, aminozuren in melk, vlees enzovoort. Aminozuren zijn verbindingen tussen N (de amino-groep van elk aminozuur) met C en O ([zie hier](#)) en een enkele S. Door stofwisseling (productie en vervanging van eiwitten, RNA, DNA en nog veel meer) of onbalans in de aminozuursamenstelling in het voer, moet het lichaam de N-houdende verbindingen weer kwijt. Dat doet de lever en het eindproduct, ureum, belandt in de urine. De stikstofhoudende verbindingen worden niet uitgescheiden als N<sub>2</sub>, niet als nitraat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>), niet als ammoniak (NH<sub>3</sub>) niet als ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) maar voor ca. 80 % als ureum (H<sub>2</sub>N-CO-NH<sub>2</sub>) opgelost in water met wat zouten; dit is urine. Koeienurine bevat geen ammoniak (NH<sub>3</sub>); dat zou dodelijk zijn voor de dieren omdat ammoniak een giftig gas is. Ureum is geurloos en in fysiologische concentraties niet giftig. Kortom de koe zelf is niet de veroorzaker van de “stikstof” problematiek, ook niet van de NH<sub>3</sub> emissie problematiek. Ze is producent van melk, vlees en ureum.

**De veehouderij heeft geen “stikstofprobleem” maar een gemakkelijk op te lossen ammoniak-emissieprobleem.** De lucht die we inademen bestaat voor 90% uit stikstof; twee aan elkaar

gekoppelde N-atomen ( $N_2$ ); dit is stikstofgas. Alleenstaand N (atomair stikstof) bestaat niet behalve in het periodiek systeem.  $N_2$  is een reukloos gas dat de longen in- en uitgaat zonder dat het lichaam er iets mee doet. Planten kunnen  $N_2$  niet gebruiken. Om  $N_2$  te kunnen gebruiken moet het eerst verbonden worden met bijv.  $H_2$  tot  $NH_3$ . Dit kan via de Haber-Bosch reactie (\*). De  $H_2$  wordt aan  $CH_4$  (methaan, dus aardgas) onttrokken. Dit vergt een hoge energie input. Stikstofbindende planten, zoals klaver, laten dit chemische werk doen, aangedreven door zonlicht, door bacteriën die in symbiose leven met hun wortels. Die bacteriën doen dat energetisch zware chemische werk door verbranding van suikers die ze van de plant krijgen en ruil voor de  $NH_3/NH_4^+$  en, indirect,  $NO_3^-$  dat de wortels op kunnen nemen (zie [hier](#)).

**De huidige Nederlandse politieke “oplossing” van het stikstofprobleem valt in het niet bij het klimaatbedreigende lachgas probleem.** De omvang van dit klimaatbedreigende probleem komt later aan de orde (\*). Lachgas is  $N_2O$  niet te verwarren met  $NO_2$  en  $NO_3$  (nitriet en nitraat). Lachgas ontstaat als tussenproduct van het nitrificatie- en denitrificatieproces. Nitrificatie: de omzetting (oxidatie) van  $NH_3$  naar  $NO_3$ . Denitrificatie: de omzetting (reductie) van  $NO_3$  naar  $N_2$ . Beiden zijn processen die vnl. door bodembacteriën worden uitgevoerd. Zij gebruiken o.a.  $NH_3$  en  $NO_3$  als uitgangsmateriaal; de stikstofbestanddelen van mest en kunstmest (zie WUR-rapport [hier](#)). Lachgas tast de ozonlaag aan op dezelfde manier als CFK's (uit koelvloeistoffen) en die al ca. 30 jaar geleden verboden zijn. Lachgas is het op twee na meest belangrijke klimaatgas naast  $CO_2$  en methaan maar 300 - 800 keer sterker dan  $CO_2$ . Lachgas heeft een levensduur van 114 jaar in de stratosfeer (zie hier, en hier). Ruim 70% van de  $N_2O$  emissie komt uit landbouwgronden bemest met mest of kunstmest (zie [hier](#)). Desalniettemin wordt landbouw-lachgas vrijwel genegeerd in de Nederlandse politieke discussie terwijl o.a. de WUR hier veel over heeft gepubliceerd (zie [hier](#)). In dit WUR-artikel is helder uitgelegd wat de agrarische lachgasbronnen zijn en de landelijke en wereldwijde trends. Aan het eind van dit artikel wordt aangegeven wat hier landbouwkundig aan te doen is (\*).



## Stellingen

### NH<sub>3</sub> emissie en melkveehouderijen

- koeien produceren geen stikstof, geen ammoniak en geen NO<sub>x</sub>
- de totale NH<sub>3</sub> emissie per bedrijf/jaar kan simpelweg berekend worden, zonder sensoren, zonder wiskundige modellen
- overheden, agro-research instellingen en banken zijn, historische gezien, de aanjagers van de huidige NH<sub>3</sub> problematiek; de veehouders zijn de volgers.
- mest en urine mogen nooit bij elkaar komen; daarom hebben zoogdieren twee aparte openingen;
- het mest-urine mengsel op huidige stalvloeren is tegennatuurlijk
- De enige weg waarlangs het NH<sub>3</sub> emissieprobleem opgelost kan worden moet conform de wetten van biochemie en microbiologie
- vogels, w.o. ganzen, hebben het NH<sub>3</sub> emissie probleem langs biochemische weg opgelost, miljoenen jaren geleden

### De oplossingen zijn er al

- de veehouderijsector plus daaraan gelieerde agro-tech bedrijven hebben oplossingen nu al in huis
- met bestaande innovaties kan meer dan 50% NH<sub>3</sub> reductie bereikt worden
- voor nieuwbouw zijn zandstallen en stallen met koeientoiletten de enige optie
- voor bestaande stallen zijn installatie van afzuigsystemen vanuit de mestput in combinatie met luchtwassing en mest opraap robots, de meest voor de hand liggende optie
- met een éénmalige investering van €100.000 tot €200.000 /bedrijf, uit het transitiefonds, kan elk melkveebedrijf emissiearm worden ook die pal naast Natura 2000 gebieden staan.

### Koeienurine en feces in; kunstmest en drijfmest uit

- koeienurine als stikstofmeststof moet in eer hersteld worden
- koeienurine moet in de grond gebracht worden en niet op de grond
- het gebruik van urine-vrije vaste mest als organische meststof moet in eer hersteld worden
- het gebruik van drijfmest kan dientengevolge gaandeweg uitgefaseerd worden
- het gebruik van kouterbemesters kan gaandeweg uitgefaseerd worden
- het gebruik van kunstmest kan gaandeweg verminderd worden
- de biodiversiteit in bodemleven en grasmat hersteld daardoor en de weidevogels zijn daarmee gebaat
- het gebruik van chemische urease remmers, en andere remmers van de bodemstikstofcyclus, in kunstmest en in stallen moet verboden worden

### Koe-zindelijkheid

- koeien zijn van nature zindelijk; miljoenen jaren evolutie liggen hieraan ten grondslag;
- hedendaagse koeien zijn onzindelijk omdat ze in de huidige stallen niet anders kunnen
- koeien incl. jongvee responderen beter op zindelijkheidstrainingen dan kleine kinderen
- "Clever cattle can help in resolving the climate killer conundrum"

### Vee dichtheid in Nederland

- de vee dichtheid is in Nederland op veel plekken veel te hoog. Er zijn verschillende manieren om verlaging te bewerkstelligen; om dat te doen op basis van "stikstof", NH<sub>3</sub> wordt bedoeld, is dom en kortzichtig; de natuur heeft er niets aan en het wereldklimaat ook niet

### Veehouderijbedrijven in het landschap

- op gronden naast gevoelige natuurgebieden, moet de mate van vee-intensiviteit bepaald worden door de beschikbare hoeveelheid vaste mest en urine (niet te verwarren met "de dunne fractie") van het bedrijf zelf, met minimalisering van kunstmest
- stallen en boerenerven moeten zodanig ontworpen/opgeknapt worden dat ze een sieraad worden voor het platteland te beginnen bij bedrijven naast natuur gebieden.
- vermindering van kunstmest door toepassing van eigen vaste mest en schone (!) urine-ureum leidt tot verhoging bodemgezondheid, diversiteit in het grasland en terugkeer weidevogels

### De overheid

- het overheidsbeleid heeft de huidige "stikstofproblematiek" veroorzaakt door vanaf de jaren 60, de veehouders, hun adviseurs, hun organisaties en de banken, massaal te verleiden naar NH<sub>3</sub> emissiesystemen; de ligboxenstallen.
- Het stikstofbeleid van de overheid wordt gedictieerd door o.a. juristen; niet door de (bio)chemici
- Veel Haagse politici proberen alle vormen van stikstof door één gat te duwen; ganzen doen dat ook. Echter zij hebben, in de loop van hun evolutie, een biochemische oplossing ontwikkeld zonder stikstofproblematiek.

### Waarom? zie tekst

Tabel 1. De voornaamste stikstofhoudende verbindingen waar veehouders mee te maken hebben (zie ook [hier](#)).  $N_2$  (luchtstikstof) is "niet-reactief" stikstof. De anderen samen "reactief stikstof". Alles wat leeft bevat nog veel meer, en veel complexere, verbindingen met stikstof. Bij al die verbindingen is het N-atoom verbonden is met H, C, P, O, of S maar nooit met  $N_2$ . Het betreft complexe verbindingen zoals DNA, RNA, eiwitten, aminozuren, purines en pyrimidines, vitaminen en veel meer. H = waterstof. C = Koolstof. P = fosfaat. O = zuurstof. S = zwavel (zie [hier](#)). Ureum bevat twee N atomen met aan elke kant een C-atoom. Structuurformule is:  $NH_2-CO-NH_2$

naam	formule	vluchtig	in wateroplosbaar	opneembaar voor planten *	relevantie voor rundveehouderij
stikstof (atoom)	N	nvt	nvt	nee	nee
stikstof (gas)	$N_2$	ja	amper	nee	nee
ammoniak	$NH_3$	ja	ja	nee	ja
ammonium	$NH_4^+$	nee	ja	ja	ja
nitriet	$NO_2^-$	nee	ja	ja	ja
nitraat	$NO_3^-$	nee	ja	ja	ja
lachgas	$N_2O$	ja	ja	nee	ja
ureum	$CH_4N_2O$	nee	ja	ja	ja
stikstof di-oxyde *	$NO_2$	Ja	ja	nee **	nee
<b>Niet N-houdend, maar wel van belang voor de veeteelt</b>					
methaan(aardgas)	$CH_4$	ja	nee	nee	ja
koolzuurgas	$CO_2$	ja	amper	ja	ja

\*  $NO_x$  is een familie (zie hier) van stikstofverbindingen tezamen aangeduid als  $NO_x$ .  $NO_x$  wordt niet uitgestoten door vee, wel door landbouwdiesels, door tabak rokers ([zie hier](#)) en veel meer. Het beschadigt de longen.

\*\* $NO_x$  kan weliswaar niet direct door de planten opgenomen worden, maar wel als het neerslaat (depositie) en verder oxideert naar nitriet en nitraat.  $NO_x$  moet niet verward worden met nitriet ( $NO_2^-$ ) en nitraat ( $NO_3^-$ ). Dat is een kunstmestbestanddeel.

$NH_4^+$  en  $NO_3^-$  hebben een lading, zijn daarom wateroplosbaar en kunnen door de wortels opgenomen worden om er o.a. eiwitten van te maken. Beide ionen zijn de relevante stoffen in CAN-kunstmest. In mest zit vooral  $NH_4^+$  (lees [hier](#) verder).

$NH_3$  wordt vrijwel niet rechtstreeks opgenomen maar moet eerst gereduceerd worden tot  $NH_4^+$ . Dat gebeurt bij een lage pH (zuurgraad).

$NH_3$  is bijzonder. Het is een gas, dat vluchtig is, maar evenwel goed oplosbaar, tot 300 g/l, in water. Daarom kan drijfmest veel  $NH_3$  bevatten. Dit komt omdat  $NH_3$  een dipool is net als water. Methaan en  $CO_2$  zijn geen dipolen en lossen dus slecht op in water. Zo zijn er nog honderden N bevattende verbindingen; veel ervan zijn van levensbelang

Door elkaar halen van ammoniak en ammonium? (zie hier). Voor een uitleg over de banden die stikstof kan aangaan en over de rol van N in alles wat leeft zie (hier)

**De Hollandse “stikstof” kwestie; buitenlands bezoek aan uitgekochte melkveehouderijbedrijven.** NH<sub>3</sub> is vluchtig, het gaat de lucht in. Wereldwijd is ca. 85% van alle uitgestoten NH<sub>3</sub> afkomstig van de landbouw (zie [hier](#)). Van de totale emissie (100%) zorgen koeien en mest samen voor ca. 50% en kunstmest voor ca. 17% (zie [hier](#)). Daarom kan alleen de agrarische sector zelf, inclusief de daarbij behorende industrie, zorgen voor forse vermindering van haar eigen uitstoot, dat is NH<sub>3</sub> en N<sub>2</sub>O naar boven en NO<sub>3</sub><sup>-</sup> naar grond en water. Zij moet daar zelf voor zorgen met haar eigen expertise in agro-technologie en management (\*). Dit naast drastische vermindering van consumptie van dierlijke producten, maar dit document gaat daar niet over.

Een innovatieve aanpak in Nederland, met stikstof-biochemie en microbiologie centraal, kan technisch, methodologisch, commercieel en economisch uitstralen naar de veehouderij in de rest van de wereld. De uitkoop van een stel koebedrijven maakt op niemand in het buitenland enige indruk. Gelukkig weet men in het buitenland niet dat hier enorm veel tijd van kabinet en kamer aan besteed wordt aan onze lokale N-issues. Dit is jammer want op grote delen van de wereld is de emissie van NH<sub>3</sub>, methaan en lachgas emissie (zie [hier](#)) in de afgelopen decennia vanwege de intensivering van de landbouwproductie fors toegenomen vooral in de VS, India, Brazilië, centraal Afrika en China (zie [hier](#)). Op veel plekken staan gigantische melkveebedrijven met duizenden koeien in semi openlucht stalling. Bijvoorbeeld in California, Texas en Canada en wordt de drijfmest weggespoeld met een water tsunami (“open lot runoff”). De ureases hebben dan al lang hun werk gedaan en de gassen, zoals NH<sub>3</sub>, zijn dan allang de lucht in. De verdunde drijfmest belandt vervolgens in een openlucht “slurry-pond” of wordt meteen over het land uitgespoten. Ook daar staat inmiddels de overheid en agrosector onder druk (zie [hier](#)) om met regelgeving en technologie de emissie van CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, NH<sub>3</sub> en CO<sub>2</sub> te verminderen (zie [hier](#) en [hier](#)). En ook die landen worden, net als in Europa, de NH<sub>3</sub> stikstofverliezen via drijfmest gecompenseerd met kunstmest stikstof (zie [hier](#)). Dat is bizar want de kunstmestproductie industrie hoort bij de top NO<sub>x</sub> en NH<sub>3</sub> emitters (zie [hier](#)) en kunstmestaanwending is een enorme bron van NH<sub>3</sub> emissie is (\*).

Als Nederland haar NH<sub>3</sub> zaken op biochemische orde krijgt (\*) dan kan het zijn dat buitenlandse agro delegaties bij de Nederlandse veehouderij en agro-industrie te rade gaan. Zij zullen de uitgekochte veehouderijbedrijven dan niet met een bezoek vereren.

### Lijst van onzin-woorden

- stikstofuitstoot
- stikstofproblematiek
- stikstofruimte
- stikstofvraagstuk
- stikstofproblematiek
- piekbelasters
- reductiedoelstellingen
- versnellingsakkoord
- stikstofminister
- toekomstbestendigheid

Waarom? zie tekst.

**Stellingen.** Het “hoe-het-wel-kan” rapport gaat vooral over de ammoniak (NH<sub>3</sub>) uitstoot. Een emissie die op plekken verstoring teweegbrengt in de buurt van de emissiebron. Het rapport zwijgt over de emissie van CH<sub>4</sub> (methaan) CO<sub>2</sub> en N<sub>2</sub>O (lachgas), het broeikasgas dat 300 x keer sterker is dan CO<sub>2</sub>. Die uitgestoten gassen zijn mondiaal schadelijk; voor alle natuurgebieden wereldwijd. Het rumoer rond de Hollandse ammoniakemissies zijn daarmee vergeleken “peanuts”.

De spraakverwarring, misverstanden, frustraties en woede van veel veehouders, en burgers die zich met hen verbonden voelen, worden gevoed door het feit dat de stikstofhoudende verbindingen die in drijfmest, grond en kunstmest zitten enerzijds, en de stikstofhoudende gassen, uitgestoten door industrie, verkeer en transport anderzijds, allemaal worden aangeduid met het woord “stikstof”. En dat is onzin en daarmee ook de term “stikstofproblematiek”.

**NH<sub>3</sub> is wereldwijd het grootste chemische bulkproduct.** Industrieel wordt op enorme schaal NH<sub>3</sub> gemaakt ([zie hier](#)). Dit gebeurt altijd via het Haber-Bosch proces (\*) met aardgas als enige grondstof naast stikstof (N<sub>2</sub>) uit de lucht. De H-atomen worden uit aardgas (CH<sub>4</sub>) losgerukt en verbonden met N<sub>2</sub>. Beide reacties vergen hoge druk en temperatuur, dit ook m.b.v. aardgas. Aardgas is de grondstof voor alle stikstofhoudende kunstmest ([zie hier](#)). De C die overblijft (dus de C van CH<sub>4</sub>, aardgas) wordt hierbij omgezet naar CO<sub>2</sub>. Door dit energie-intensieve proces is de ammoniak productie-industrie (voor o.a. kunstmest waaronder ureum) goed voor 1.4% van de wereldwijde CO<sub>2</sub>-emissie onder verbruik van 1-2% van de totale energieproductie, vnl. aardgas ([zie hier](#)). Een transitie van die industrie naar waterstof uit zon-, wind- en kernenergie ([zie hier](#)) behoort, alleen al om die reden, topprioriteit te hebben ([en hier](#)) in combinatie met vermindering van het kunstmestgebruik.

**Ammoniak** is: NH<sub>3</sub> (dit is een gas: ammoniakemissie)

**Ammonium** is: NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (dit is ammoniak in zure mest)

**Ammonia:** dit is verzamelnaam voor beiden

**Ureum** is CO(NH<sub>2</sub>)<sub>2</sub>

Er zijn meer schrijfvormen voor ureum zoals:

NH<sub>2</sub>-CO-NH<sub>2</sub>

**Industrie en energieproductie hebben geen stikstof probleem maar een NO<sub>x</sub> emissieprobleem.** De andere vormen van een stel stikstofhoudende verbindingen, kortweg NO<sub>x</sub> genoemd, ontstaan door verbranding van fossiele brandstoffen. Voor die verbranding is zuurstof nodig. Dit is zuurstof uit de lucht. Het O<sub>2</sub> gehalte in lucht is ca. 20%. De overige 80% is N<sub>2</sub>, stikstofgas. Dat gas lift mee naar de verbrandingskamers en gaat daar een stel reacties aan met O<sub>2</sub> en zo ontstaat er een familie van stikstofverbindingen; de NO<sub>x</sub> familie ("x" kan van alles zijn). Dit betreft niet alleen de verbrandingskamers van energiecentrales, verkeer, zware industrie, vliegtuigen, scheepvaart maar ook bosbranden, verbranding van huizen en bedrijfspanden en verbranding van biomassa in energiecentrales. Deze sectoren ([zie hier](#)) moeten zorgen voor vermindering van de uitstoot van hun eigen soorten gassen op basis van hun specifieke technologieën. De technologieën van beide sectoren verschillen fundamenteel van elkaar ([zie ook hier en hier](#)). Het opkopen van boeren om "stikstofruimte" te creëren voor andere industrieën lost niets op; in het beste geval verplaatst dit slechts het emissieprobleem; in het ergste geval maakt het een valse aanname dat NO<sub>x</sub> en NH<sub>3</sub> uitwisselbaar zijn. Zie [hier](#) voor de lijst van grote NO<sub>x</sub> en NH<sub>3</sub> uitstoters

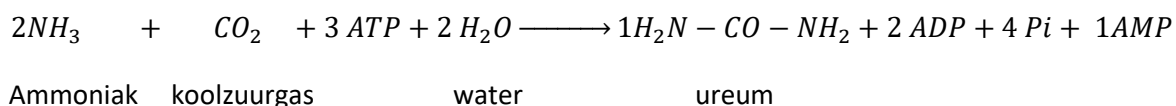
Chemisch gezien is gelijkstelling van ammoniak en stikstofoxiden onzin; het is een ramp voor de veehouders; en breekpunt voor onderhandelingen tussen landbouw en overheid. Alle argumenten zijn tegen gelijkstelling; de meeste politici willen daar niet aan. Dit is bizar terwijl onderzoeksinstituten van de overheid zelf, TNO bijvoorbeeld, op grond van natuurwetenschappelijke argumenten, het tegenovergestelde adviseert.

TNO schrijft: *Stikstofoxiden en ammoniak zijn niet volledig uitwisselbaar. Bovendien zijn emissies van stikstofoxiden betrouwbaarder te meten dan die van ammoniak. Dit kan bij gecombineerde saldering leiden tot juridisch kwetsbare situaties als minder zekere waarden gecombineerd worden met cijfers met een hogere betrouwbaarheid. Het is logischer om doelstellingen voor stikstofoxiden en ammoniak apart vast te stellen. Zo kunnen de goed inzichtelijke stikstofoxiden van nieuwe activiteiten overgecompenseerd worden met reductie van bestaande stikstofoxiden" ([zie hier](#)).*

**De productie van ureum door koeien.** Wat de koe zelf niet gebruikt voor melk- en vleesproductie, bijv. vanwege ongebalanceerde aminozuur samenstelling van het voer, en vanwege herstelwerkzaamheden in het lichaam moet het lichaam weer kwijt ([zie hier](#)). Overtollige en "versleten" eiwitten worden afgebroken tot aminozuren en deze worden hergebruikt of verder afgebroken waarbij NH<sub>3</sub> vrijkomt. Deze NH<sub>3</sub> producerende lichaamscellen moeten NH<sub>3</sub> meteen kwijt omdat het giftig is. Ze dumpen het in de bloedbaan. In de lever wordt het NH<sub>3</sub> verbonden met CO<sub>2</sub> tot ureum in de zg. ureumcyclus ([zie hier](#)). Vanuit de lever gaat het ureum naar de nieren ([zie hier](#)). Zo komt ureum in de urine. Ongeveer 80% van de uitgescheiden stikstof in de urine is in de vorm van

ureum (zie hier). Een klein deel van het ureum in de bloedbaan lekt naar de uier en komt zo in de melk ([zie hier](#) en [hier](#)) net als veel andere bloedcomponenten (zie tekst vak: “Fokken op basis van MUN”).

**De energiewaarde en het stikstofgehalte van een kg ureum gemaakt door de koe is gelijk aan die van een kg ureum gemaakt uit aardgas door de chemische industrie.** Ureum wordt gemaakt door levercellen uit  $\text{NH}_3$  en  $\text{CO}_2$  via de ureumcyclus. De netto input en output van de ureumcyclus is:



Twee  $\text{NH}_3$  moleculen worden verbonden met één  $\text{CO}_2$  molecuul tot één ureum molecuul. ATP is de universele energiedrager voor alle levensprocessen. Het lichaam maakt dit aan bij verbranding van suikers. ATP drijft de ureumcyclus aan net als alle andere levensprocessen, dus ook de productie van melk, vlees en eieren. En wat voor het éne proces aan ATP gebruikt wordt kan niet nog eens voor een ander proces, zoals melkvorming, gebruikt worden.

In bovenstaande reactievergelijking staat dat er voor elke 2  $\text{NH}_3$  moleculen 3 ATP moleculen nodig zijn om 1 molecuul ureum te maken ([zie hier](#)). Ter vergelijking: de energieopbrengst van één molecuul glucose levert 30 ATP moleculen op; dus een verhouding van 1 op 10. Deze biochemische beveiliging kost de koe veel energie, misschien wel tot 10%, dat de boer er als voer moet instoppen en waar hij/zij geen melk of vlees voor terugkrijgt. In een onderzoeksproject zou men eens moeten uitrekenen hoeveel voer, in procenten van de totale vooropname, de koe moet opnemen om een jaar lang haar giftige  $\text{NH}_3$  kwijt te raken door er 100 kg ureum per koe per jaar van te maken (\*) en dat met de huidige stallen als  $\text{NH}_3$  de lucht in gaat. Dat kan anders met bestaande technologie en systemen (\*).

**Ureum is ook voor de koe zelf kostbaar spul.** Dat ureum kostbaar is “weet” de koe zelf ook. Herkauwers zijn zo geëvolueerd dat zij een deel van het ureum, vanuit de bloedbaan, sturen naar de pens en darmen. Ureum dient hier als voeding (stikstofbron) voor pensbacteriën (zie hier). De pensbacteriën en de andere microben van de pens- en darmflora, zetten ureum om in  $\text{NH}_3$  (daarom maken bacteriën ureases) en gebruiken dat voor de bouw van aminozuren en eiwitten. Dit wordt weer gebruikt door de koe (zie hier, en hier). Dit heet dan microbieel eiwit. Kortom ureum is behalve afval ook essentiële voeding voor de pens en darmflora en dus voor de koe zelf. In de evolutie heeft zich dit kringloopsysteem ontwikkeld als een manier om periodes van eiwit schaarste te kunnen overleven. De hoeveelheid ureum die de koe naar de pens en darm stuurt wordt sterk beïnvloed door o.a. het eiwitgehalte in de voeding. Bij laag eiwit-voeding springt het dier zuiniger om met haar eigen ureum. Dan wordt er minder ureum via de urine afgevoerd en wordt er meer naar de pens en darm gestuurd (zie hier en hier). Ureum wordt zelfs gebruikt als het voedings-supplement voor koeien (zie hier en hier) vooral in het buitenland.

Deze niet-eiwit stikstofbron is voor het Nederlandse koe-rantsoen overbodig (zie hier). Deze handelwijze is ook dwaas omdat voeder-ureum industrieel gemaakt wordt uit aardgas (\*). Een koe die extra ureum in het voer toegediend krijgt scheidt ook meer ureum uit en emitteert dus meer  $\text{NH}_3$ . Het is ook onzinnig omdat ureum, uit schone urine van de koe zelf (\*) een prima N-bron is om graseiwit te produceren, met zonlicht als gratis energiebron. Zonodig kan het graseiwit beter verteerbaar gemaakt worden door bijv. Grassa-technologie (zie hier en hier).

**De waarde van de ureum productie is ca. €200/koe/jaar.** Elke koe produceert ca. 20 liter urine per dag ([zie hier](#)); 365 dagen per jaar met een ureum concentratie van ca 15 g/liter ([zie hier](#)). Een WUR rapport gebruikt 40 liter urine/dag (zie [hier](#)) met een ureum concentratie van 8 g/l ([zie hier](#)). In beide

gevallen komt dit uit op ruim 100 kg ureum per koe per jaar. Een bedrijf met 200 koeien, produceert dus ca. 20 ton ureum/jaar. Met 100 ha grasland kan de veeboer in principe 200 kg/ha/jaar ureum opbrengen; ureum dat het bedrijf zelf kan produceren; mits het alle urine opvangt (\*).

**Van kunstmest terug naar mest en urine.** Een koe produceert ca 100 kg urine-ureum/jr. Dat is ca.50 kg N/jr. De andere helft zit als organisch gebonden N in de vaste mest. Daarmee komt de totale N output per op 100 tot 150 kg N per koe/jaar bij een melkgift van 5000 en 12000 l/jr. respectievelijk (zie hier). Een bedrijf met 200 koeien, produceert dus ca. 20 ton ureum/jaar; dat is 10 ton N/jr. Als de melkveehouder die ureum urine terugwint levert dat:

- a) een besparing van 10 ton N/jr. aan kunstmest
- b) bereikt hij een NH<sub>3</sub> stalemissiereductie in de orde van grootte van 50% (mest-N/urine-N verhouding ca 50/50) en
- c) bestaanszekerheid ook pal naast Natura 2000 gebieden en
- d) indirecte verlaging klimaatbelasting door vermindering kunstmestgebruik.

**De jaar ureum productie van 200 koeien is equivalent aan 30 miljoen kuub aardgas.** Ureumkunstmest, in bulk, kost ongeveer €1000/ton. De waarde van de 20 ton ureum geproduceerd door 200 koeien is dus 20.000€ per jaar. Voor de chemische bereiding van één kg ureum is 1500 kuub aardgas nodig. Dus de ureum productie van deze 200 koeien is het equivalent van 20.000 x 1500 =30 miljoen kuub aardgas.

**De ureum productie van de Nederlandse koeien tezamen is het equivalent van 450 miljard kuub aardgas per jaar.** Het aantal koeien in Nederland is ca. 3 miljoen (melkvee, jongvee en vleeskoeien). De totale jaarlijkse ureum productie door alle Nederlandse koeien is dus: 300 miljoen kg/jaar.

Dit is het equivalent van  $300 \cdot 10^6 \times 1500 = 450$  miljard kuub aardgas. Maar de koeien-ureum van de koeien wordt niet gebruikt als meststof, het gaat vrijwel allemaal de lucht in. Om dit verlies aan N te compenseren wordt kunstmest gebruikt waarvoor 450 miljard kuub gas nodig is. Dit betreft ureumkunstmest. Het energie- en aardgasgebruik voor alle andere N-houdende kunstmeststoffen zit in dezelfde range qua energieverbruik per kg N meststof.

Hier valt zowel maatschappelijke als economische grote winst te behalen. Daar komt nog bij dat de 300 miljoen kg/jaar ureum niet meteen in de stallen, als NH<sub>3</sub>, de lucht in gaat maar op het land gebracht wordt. Daar wordt het ureum omgezet in NH<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> en nitraat. Ammonium en nitraat is meteen beschikbaar voor opname. Uiteraard gaat ook hier een deel van de NH<sub>3</sub> de lucht in maar dat is een fractie van wat er in de stallen de lucht in gaat. Bij uitrijden bij regenachtig weer wordt deze NH<sub>3</sub> landemissie minimaal.

Kortom door urine-ureum niet te benutten wordt 450 miljard kuub aardgas verkwanseld via kunstmest terwijl ca. 200 miljoen kg NH<sub>3</sub> de lucht in gaat.

Bij de bovenstaande berekening is ervan uitgegaan dat alle urine opgevangen kan worden. Dat is uiteraard niet het geval; maar het is een mooi doel. *Het 2016 WUR rapport nr 1041 stelt dat als 80% van de urinelozingen per dag opgevangen zou kunnen worden en niet op de stalvloer terecht komt*

**Evolutie, klimaat, mest en urine in wereldperspectief.** In de loop van de evolutie hebben zoogdieren twee afzonderlijke openingen ontwikkeld om vorming van giftig NH<sub>3</sub> in de darm te voorkomen. Vogels en reptielen hebben één opening maar hebben dit dilemma biochemisch opgelost (\*). Verkwanseling van gefixeerde stikstof in de mest- en urinefase van de veehouderij betreft al het opgestalde vee wereldwijd. Een stel melkveehouders in Nederland uitkopen dient geen "klimaatdoel"; het valt in het niet bij de wereldwijde klimaat- en milieuproblemen veroorzaakt door de enorme productie en gebruik van reactief stikstof gemaakt uit aardgas.



dan is de verwachte emissiereductie in de gangbare ligboxenstal met roostervloer ca 56% ([zie hier](#)). Maar dat percentage kan gemakkelijk richting 100% gebracht worden. Daarover later (\*).

**Tachtig procent van de ammoniak is zoek.** De emissienorm veehouderijen is gedaald van 12.2 naar 8.5 kg NH<sub>3</sub> per dierplaats per jaar; de RAV-regeling (zie hier), omgerekend is dat bijna 20 kg ureum/dier per jaar. Vrijwel alle ureum dat de koe uitscheidt valt uiteen in NH<sub>3</sub> en CO<sub>2</sub>; 70% binnen een uur op de vloeren en de rest in de put (\*). In een vorige paragraaf is uitgerekend (\*) dat de totale ureum productie ca. 100 kg/koe/jaar is. Dat is 5 x meer. Waar komt die grote discrepantie, 20 kg versus 100 kg, vandaan? Die discrepantie moet wel afkomstig zijn van de berekening/meetmethoden die ten grondslag ligt aan de RAV-norm omdat de berekening op basis van ureum output geen ruimte biedt voor grote fouten.

**Bacteriën maken urease zodat ze ureum kunnen splitsen tot één van hun primaire levensbehoeften t.w. NH<sub>3</sub>.** De urease die de bacteriën maken belandt in, op en buiten de celwand (zie [hier](#)). Daar wordt het ureum gesplitst. De NH<sub>3</sub> wordt gebruikt voor de synthese van **aminozuren, eiwitten, RNA, DNA en nog veel meer** zodat de bacteriën zich elke 30-60 minuten kunnen verdubbelen. Als ze geen NH<sub>3</sub> kunnen maken hebben zij een “stikstofprobleem” en sterven ze af. De geproduceerde NH<sub>3</sub> dat niet wordt gebruikt voor bacteriegroei vliegt de lucht in. Afgestorven bacteriën laten hun urease los. Dit enzym gaat evenwel door met ureumsplitsing.

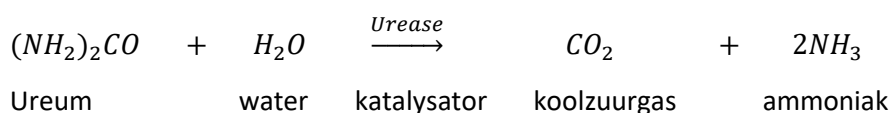
**Urine ureum gaat als NH<sub>3</sub> de lucht in.** Helaas heeft onze koeboer geen 20 ton ureum/jr. tot zijn beschikking omdat zijn ureum bij contact met mest snel omgezet wordt naar NH<sub>3</sub>. Dat gas gaat de lucht in en komt elders weer naar beneden ([zie hier](#)).

Het grootste deel vervliegt meteen al in de stal; de rest raakt opgelost in de urine en het spoelwater van bijv. de mestrobot en belandt in de put. Samen met andere ter plekke gevormde gassen, zoals methaan en lachgas, wordt NH<sub>3</sub> gevangen in minibubbels die naar de

- Een enzym is een biologische katalysator (zie hier)
- Urease is een enzym (zie hier)

oppervlakte komen, schuim vormen en dan hun gas w.o. NH<sub>3</sub> loslaten. Dat proces wordt versneld als de boer de mest gaat rondpompen of gaat overpompen naar een opslag buiten de tank. Afhankelijk van de zuurgraad van de mestput verbindt een deel van de NH<sub>3</sub> zich met H<sup>+</sup> tot ammonium (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>). Dit positief geladen molecuul is niet vluchtig en blijft opgelost in water, zolang de pH laag is en kan, na het uitrijden op het land, binden aan de negatief geladen gronddeeltjes en plantenwortels.

Dat het kostbare ureum van de boer vervluchtigd wordt uitsluitend veroorzaakt door één biochemische reactie. Deze reactie wordt gekatalyseerd door het enzym urease ([zie hier](#)). Urease zorgt ervoor de pijl naar rechts gaat; het is éénrichtingsverkeer; er is geen weg terug en het is de enige route van ureum naar ammoniak



Rechts van de pijl moet altijd evenveel staan als links. Dus gewoon atomen tellen; niets raakt zoek. Links staan 2 N atomen, rechts dus ook. Links staan 6 H atomen, rechts dus ook 6. Links staan 2 O atomen, rechts dus ook.

De ureum concentratie en de temperatuur zijn de voornaamste factoren die bepalend zijn voor de omzetsnelheid mits er een overmaat aan water is en de zuurgraad (de pH) niet buiten de 4 – 9 range zit. Het “enige” wat de veehouder moet doen is ervoor te zorgen dat zijn ureum nooit, maar dan ook nooit in aanraking komt met bacteriële ureases in de mest. En hier gaat het mis in vrijwel alle stallen op een paar uitzonderingen na (\*). Hieruit volgt de noodzaak tot een strikte scheiding van mest en urine aan de bron, dus vanaf de vulva en alleen daar, en niet nadat de urine al in de mest gevallen is. Alle pogingen van veehouders en hun stal-inrichtingsbedrijven om mest en urine naderhand te scheiden tot een dikke en dunne fractie werken, qua emissiereductie, daarom niet (\*). Het is dan te laat.

**De ureum productie bepaalt de NH<sub>3</sub> productie.** Niets gaat verloren bij (bio) chemische reacties; ook niet bij de ureum splitsing in de stal. De hoeveelheid ureum die per jaar gemaakt wordt bepaalt eenvoudigweg de hoeveelheid NH<sub>3</sub> die gemaakt wordt. De ureum productie per bedrijf is de ureum concentratie in de urine vermenigvuldigd met de urine output/jr. in liters van alle koeien samen. Ca.70% komt meteen vrij na het urineren; de rest belandt, opgelost in de waterfase, in de put. Een deel daarvan komt langzaam vrij en wat er dan nog over is komt op het land terecht. Daar wordt het verdeeld tussen emissie en opname, als NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, door de wortels.

In 1946 is onderzoek aan urease bekroond met de Nobelprijs. Urease is al miljarden jaren lang één van de belangrijkste enzymen in grond en mest (zie hier) (wat is urease? zie hier en hier).

**Het MUC-melktankgetal voor berekening jaarproductie van ureum en NH<sub>3</sub>.** Hoewel de ureumconcentratie en de urineproductie per dag verschilt tussen de koeien onderling, kan de totale ureum output per bedrijf afgeleid worden uit het MUC-getal (Melk Ureum Concentratie). En dat getal krijgt elke boer voor elke tank afgeleverde melk. Er is een verband (zie [hier](#)) tussen de ureum concentratie in het bloed, de urine en de melk (zie [hier](#) en [hier](#)). De NH<sub>3</sub> jaarproductie kan in principe dus berekend worden op basis van het melktank-MUC- getal jaargemiddelde (zie [hier](#) p 49). Dat is eenvoudig en zal ongetwijfeld nauwkeuriger zijn dan NH<sub>3</sub> emissiemetingen met sensoren en modellen. Bovendien kan elke veeboer dan zelf de NH<sub>3</sub> productie uitrekenen, althans in drijfmeststallen.

**Ureum wordt afgebroken worden door het enzym urease; nergens anders door.** Ureum is superstabil. Zonder het enzym urease (een eiwit) wordt het niet afgebroken en kan het tientallen jaren bewaard worden. Dit geldt uiteraard voor zowel urine-ureum als voor kunstmest-ureum. Als daar geen urease bij komt, dan gebeurt er niets. Maar zodra er urease (de katalysator) bij komt wordt de afbraakreactie in een paar miljard (!) keer versneld. Ureases zijn gespecialiseerde eiwitten die uitsluitend deze éne reactie uitvoeren. Deze enzymen zitten in talrijke bacteriën in de grond en in het maagdarmkanaal en feces van dieren en mensen (maar niet in urine). De bacteriën hebben ureases nodig om ureum om te zetten in NH<sub>3</sub>; de enige bouwsteen voor aminozuur- en eiwitsynthese. Als bacteriën kapot of doodgaan, komen de ureases naar buiten en gaan door met ureum splitsing. Ureases zijn stabiele eiwitten (zie [hier](#)). Planten maken ook ureases en kunnen daarom ureum gebruiken als stikstofbron via wortels en blad. Gras, mais en bomen bijvoorbeeld, kunnen ureum en NH<sub>3</sub> gebruiken als stikstofbron o.a. via opname door de huidmondjes van het blad (zie [hier](#)). Zoogdieren zelf produceren geen urease, hun bacterie gasten in het maagdarmkanaal wel. Steriele urine bevat, uiteraard, geen urease en daarom ook geen NH<sub>3</sub>.

**Urease is het meest efficiënte enzym op aarde.**

Urease is voor het eerst gezuiverd en gekristalliseerd in 1926 (zie hier). Urease is het eerste eiwit waarvan men ontdekte dat een eiwit een katalysator kon zijn. Dat werd een enzym genoemd (zie hier). Sindsdien zijn er duizenden enzymen ontdekt; vrijwel alles wat er in levende cellen plaatsvindt wordt uitgevoerd door enzymen. Veelvuldig bacteriesoorten maken ureases w.o. die in mest. Het is verbazingwekkend dat, bij de overgang van vaste stalling naar ligboxenstallen met drijfmest, men zich toen, een halve eeuw geleden, niet gerealiseerd heeft wat de mest doet met urine-ureum.

Ureases werken optimaal bij 37 graden. De reactiesnelheid gaat naar beneden met het dalen van de temperatuur. De reactie stopt onder de 5°C. Urease werkt het beste bij een pH tussen 5 tot 9 (zie hier). De pH van mest, die 7- 8 is, is dus optimaal voor een snelle afbraak van ureum. De afbraak begint meteen en loopt uren door totdat het ureum verbruikt is. Voor urease enzymkinetiek in verse koe- en varkensmest (zie hier). Een WUR-studie (zie hier) heeft aangetoond dat het grootste deel van de urine op roosters binnen minuten/uren na de lozing al is omgezet naar NH<sub>3</sub> (zie [hier](#)). Daar staat: *bijna de helft van alle ammoniakemissie van de melkveehouderij komt uit de stal. Binnen een paar uur is alle ureum in een plas urine omgezet naar ammoniak en kooldioxide. Onder normale*

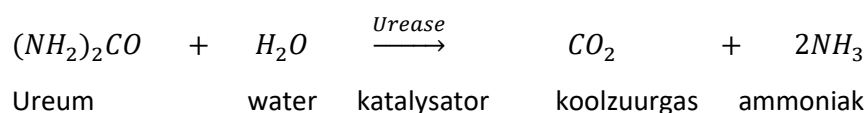
omstandigheden komt de eerste 5% ammoniak binnen 3 minuten vrij voor verdere emissie. Kortom, al deze informatie zegt dat urine nooit in contact moet komen met mest; en ook niet even en dat mest en urine scheiding door speciale vloertypen nooit kan werken (\*). En zolang als er geen drastische maatregelen getroffen worden om ureum en urease nooit en te nimmer met elkaar in contact te laten komen zal het NH<sub>3</sub> emissieprobleem ook nooit opgelost kunnen worden en stagneert de emissiedaling uit de landbouw [hier](#). Geen wonder! Er wordt niet gehoorzaamd aan de wetten van de biochemie en microbiologie. Feces en urine vallen conform de zwaartekrachtwet; daarna neemt de wet van de biochemie en microbiologie het over. Deze wet kan men net zomin negeren als die van de zwaartekracht.

**Melkveehouders laten eigen ureum als NH<sub>3</sub> vervluchtigen en vullen het ontstane tekort aan met kunstmest, uit aardgas.** De veehouder met 200 koeien (en 100 ha land), produceert ca. 20 ton ureum/jaar. Als de boer deze urine zou kunnen opvangen d.m.v. het Hanskamp VrijLevenStal BeddingCleaner als dan niet in combinatie met het CowToilet systeem (zie later \*) dan zou de boer 200 kg/ha/jaar ureum kunnen opbrengen dat is ca. 133 kg N/ha.

Die boer met dat systeem heeft naast urine-ureum ook nog de vaste mest met daarin de organische stikstofverbindingen (dat is geen ureum). De veehouder kan het N-tekort dan aanvullen met deze vaste mest. Het is nog niet bekend hoeveel organische N in dat soort zuivere mest zit. De aankoop van industriële stikstofkunstmest, aardgas dus, kan door dat HK-systeem flink verminderen en met klimaatwinst. Dit is een grote stap naar echte circulaire rundveehouderij. Verlaging van de derogatienorm dwingt koeboeren nu hun drijfmest te verkopen en te vervoeren naar elders of zelfs te exporteren naar het buitenland (zie [ook hier](#)). Ook dat is dan niet meer nodig en daarmee klimaatwinst.

De kunstmestindustrie is niet gebaat bij de winning van ureum uit koeienurine en de productie van kunstmestvervangers uit NH<sub>3</sub> op eigen erf. Zij zijn wel gebaat bij een verlaging van de derogatienorm (zie hier) want dat moedigt boeren aan om het N tekort aan te vullen met kunstmeststikstof.

**Tachtig procent van de geproduceerde NH<sub>3</sub> is zoek.** Vrijwel alle NH<sub>3</sub> die geëmitteerd wordt is afkomstig van de urine ureum. De stikstofverbindingen in mest zijn organisch en die moeten eerst afgebroken worden tot NH<sub>3</sub> en nitraten. Dat is relatief langzaam proces, dagen en weken, die vnl. plaatsvinden na het uitrijden. Dus om te weten hoeveel NH<sub>3</sub> een bedrijf produceert, dan moet dat berekend worden op basis van de hoeveelheid ureum die een bedrijf per jaar produceert wetend dat alle ureum omgezet wordt tot NH<sub>3</sub> en CO<sub>2</sub>. Dat is de eerdergenoemde (\*) rekensom: het aantal koeien x de urineproductie per koe en de gemiddelde ureum concentratie van alle koeien x 365 dagen. In het bovengenoemde voorbeeld komt dat uit op 100 kg ureum per koe per jaar. De uitstoot van NH<sub>3</sub> is dus ruwweg 2/3 x 100 kg = 66 kg NH<sub>3</sub> per koe/jaar. Uit (gas)metingen van NH<sub>3</sub> emissies door ligboxenstallen zegt de literatuur dat het ca 18 kg NH<sub>3</sub> per koe/jaar is (WUR-studie 1998). In de geactualiseerde versie komt de WUR uit op 13 kg NH<sub>3</sub> per koe (opgesteld) per jaar ([zie hier](#)). Dit betekent dat de metingen op basis van NH<sub>3</sub> gas emissies ruim een factor 5 lager uitkomen. Hoe kan dat? Er is ammoniak zoek (\*). Dit is een onderzoekproject. De totale NH<sub>3</sub> emissie moet mol-voor-mol gelijk zijn aan de totale ureum productie van een bedrijf. D.w.z. voor 1 molecuul levert 2 moleculen NH<sub>3</sub>. Alleen deze chemische vergelijking regeert en niet NH<sub>3</sub> metingen met sensors, berekeningen en modellen.



**Metingen van de totale NH<sub>3</sub> uitstoot per bedrijf zijn futiel.** Hoe kan men bij NH<sub>3</sub> emissiemetingen ooit voldoende rekening houden met dagelijks wisselende windrichting/windkracht/turbulentie in de lucht/thermieken en luchtvochtigheid en de buitentemperatuur. Vooral de windrichting speelt een dominante rol (zie hier) in de mate van NH<sub>3</sub> depositie en die heel lokaal is ([zie hier](#)). De urease reactie

verloopt maximaal bij 37 gr en staat nagenoeg stil bij minder dan 4 gr. Hoe wordt bij de emissiemetingen rekening gehouden met hete zomers of lange koude winters? Ook de diffusiesnelheid van  $\text{NH}_3$  in de mestfase naar de luchtfase is temperatuur afhankelijk; sneller bij hoge temperatuur (zie hier). Af en toe wordt de mest in de mestput geroerd om de gevormde koek te verbreken. Bij roeren en overpompen zal op die momenten de  $\text{NH}_3$  emissie pieken. De in de waterfase van de mest opgeloste  $\text{NH}_3$  en de  $\text{NH}_3$  die gevangen zit in bubbels en schuim komt bij roeren en mengen ook versneld naar buiten. En hoe hoog is tijdelijke  $\text{NH}_3$  emissie bij overpompen naar mestopslag-silo's en naar transportauto's? En in welk model is dat te vangen? De  $\text{NH}_3$  die in het voorjaar nog in de mest zit (als bubbels op of in de drijfmest) vervliegt bij het uitrijden binnen 24 uur. De  $\text{NH}_3$  die opgelost is de waterfase vervliegt bij het indrogen. Alleen bij uitrijden bij regenachtig weer zal een deel de grond intrekken en omgezet worden naar  $\text{NH}_4^+$  of nitraten en dus bruikbaar voor de wortels. Hoe snel dit gaat is sterk temperatuur afhankelijk ([zie hier](#)).

$\text{NH}_3$  pieken en dalen, veroorzaakt door de boer en het weer, zijn door geen model te vangen. Ook om andere redenen zijn de meet- en rekenmethoden aanvechtbaar ([zie hier](#) en [hier](#)) en onderwerp van politiek geharrewar ([zie hier](#) en [hier](#)). Hoe kan men, met gesofisticeerde meetapparatuur, wiskundige berekeningen en modellen, en rekening houdend met allerlei, van uur tot uur wisselende, variabelen tot een betrouwbaar eindresultaat komen? Hoe kan men meenemen in de berekening wanneer de veehouder besluit de mest te mengen, over te hevelen naar een andere opslag of op het land te brengen? Voor inzicht in de complexiteit van de meet- en rekenmethoden ([zie hier](#)). Ureum is vrijwel de enige bron van  $\text{NH}_3$ ; er komt ook nog een paar procent bij van de  $\text{NH}_3$  uit de organische fractie van de mest zelf. Elders in dit document staat een simpele berekening van de maximale  $\text{NH}_3$  emissie gebaseerd op de totale ureum productie per bedrijf (\*) die gemakkelijk uit te rekenen is. Dit zou melkveehouders kunnen helpen de totale  $\text{NH}_3$  uitstoot op stal, land en opslag vast te stellen. Dit als vervanging van een complex, voor velen onbegrijpelijk stelsel van (wiskundige) berekeningen en aannames, metingen die aanvechtbaar zijn en ook niet overeenkomen met berekeningen van andere instellingen (zij bijv [hier](#)). Kortom  $\text{NH}_3$  uitstoot metingen per melkveehouderij zijn dubieus. Dit in tegenstelling tot metingen van de  $\text{NH}_3$  uitstoot over grote regio's; voor heel Nederland en voor heel Europa. Die collectieve metingen vanaf de grond komen goed overeen met de  $\text{NH}_3$  metingen vanuit de ruimte via IASI (zie [hier](#)). Die laten zien dat heel Nederland (en heel veel andere landen) een "piekbelaster" is van het milieu en klimaat van de hele aarde.

**De meeste "emissiearme" roosters, eco-roosters; tegelvloeren, rubbervloeren met mestscheiding enzovoort, kunnen geen emissiereductie geven.** Voor het staven van deze bewering [zie hier](#). De hoeveelheid ureum dat omgezet wordt, en daarmee de geproduceerde hoeveelheid  $\text{NH}_3$ , wordt bepaald door de hoeveelheid aanwezige ureum en water. De snelheid waarmee dat gebeurt wordt bepaald door de pH en de temperatuur. Het enzym werkt optimaal bij een pH tussen 6 en 8.5 en een temperatuur tussen de 10 en 40 °C. De reactie loopt door totdat het ureum op is. De reactie stopt ook als het water op is. Dit is het geval van uitgedroogde of aangekoekte mest. De bacteriegroei, en dus de urease productie, stopt dan ook. Zodra er weer water, of urine, bij komt gaat de urease reactie onmiddellijk, in seconden, verder. De groei van de bacteriën, en dus de aanmaak van nieuwe urease, duurt wat langer omdat de bacteriën eerst weer "wakker" moeten worden. Dit neemt 1 of 2 uur in beslag. De  $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$  concentratie heeft geen enkele invloed op deze reactie; de pijl gaat naar rechts; het is geen evenwicht; het is éénrichtingsverkeer. Dat betekent dat als het ureum gesplitst is, er geen weg terug is. De reactie trekt zich niets aan van het stal- of roostertype. Ook in de z.g. emissiearme stallen met geperforeerde roosters; rubbervloeren met mestscheiding enzovoort (zie hier) en [hier](#)) verloopt deze reactie normaal door totdat het ureum "op" is. Dit is zo omdat op elk type roosters de urine in contact komt met mest. De koeien plassen en ontlasten her en der en de urine komt hoe dan ook in contact met mest en wordt daarmee microbiologisch zwaar verontreinigd met de urease producerende bacteriën. Elke milligram mest bevat ruwweg een miljard bacteriën! In geval van geperforeerde roosters e.d. blijft de besmette urine, al  $\text{NH}_3$  emitterend, extra lang hangen

voordat het in de mestput valt. De vloeren veranderen nogal eens van rangorde op de RAV lijst (zie [hier](#)), soms na uitspraken van juristen (zie [hier](#)) maar de biochemie blijft altijd hetzelfde.

**Mestschuivers verhogen de NH<sub>3</sub> productie.** In de biochemie is mixen en mengen altijd nodig om een optimale reactiesnelheid te krijgen. Mestschuivers doen het mixen en mengen op de stalvloer (zie [hier](#)). De frequentie waarmee een mestschuif, of een mestschuifrobot, verse mest en urine over de vloer schuift, en dus mengt, op weg naar de put vermindert de NH<sub>3</sub> aanmaak niet; bevordert het mogelijk zelfs. Mest en met mest besmette urine worden zo innig gemengd voor maximale urease werking en snelle groei van mestbacterien die dientengevolge nog meer urease vormen. Dat men claimt dat de emissie met dat soort roostersystemen minder is dan in gewone stallen is een farce omdat de emissie later of elders alsnog plaatsvindt. De urease reactie stopt pas als het ureum “op” is. Als het niet meteen op de vloer is, dan wel in de spleten, de gleuven in de vloer of in de put zelf. Dat men soms minder meet in de stal zelf heeft te maken met de opstelling van de meetapparatuur; de luchtcirculatie enzovoort. De urease splitsingsreactie trekt zich hier niets van aan. Alleen de temperatuur speelt een rol; bij lage temperatuur verloopt de reactie langzamer. Dat betekent vertraagde en uitgestelde NH<sub>3</sub> emissie. De NH<sub>3</sub> productie stopt pas als het ureum op is. Hoeveel NH<sub>3</sub>, en waar het buiten de stal uiteindelijk weer op de grond komt, wordt voor een groot deel bepaald door weersomstandigheden en dan vooral door de overheersende windrichting (WUR-proefschrift, zie hier). De totale ureum productie bepaalt de NH<sub>3</sub> output per bedrijf; niet de metingen.

**RAV-waarden; zo zacht als drijfmest.** De gangbare aanpak is om de NH<sub>3</sub> belasting per bedrijf vast te stellen met metingen door sensoren. Deze sensoren worden geplaatst in en rond de boerderij. Modellen en simulaties, die zijn ontwikkeld in gecontroleerde omgeving, worden zo goed mogelijk aangepast aan weer en wind parameters en het type stalventilatie. Evenwel zijn ze aanvechtbaar (zie [hier](#)) zo niet zinloos wanneer toegepast op ligboxenstallen gevuld met levend vee en mestmanagement handelingen van de veehouder die van dag tot dag kunnen verschillen. Het huidige systeem voor berekening van de NH<sub>3</sub> emissie (zie [hier](#) en [hier](#)) is gebaseerd op het aantal dieren op stal keer het aantal staldagen keer de emissiefactor van de vloer, de RAV-waarde. De eerste twee parameters zijn hard; de derde, de RAV-waarde, is zacht, aanvechtbaar en dus omstreden.

**De omvang van de Nederlandse NH<sub>3</sub> emissie; een multiple choice.** De totale hoeveelheid NH<sub>3</sub> die dagelijks vrijkomt wordt voor 80-90% bepaald door de totale hoeveelheid ureum die de koeien uitscheiden via hun urine (zie [hier](#)). Alle ureum wordt gesplitst in NH<sub>3</sub> dat de lucht in gaat of opgelost blijft in de drijfmest. Daar kan het gereduceerd worden tot NH<sub>4</sub><sup>+</sup> wat, na het uitrijden, bindt aan de grond of opgenomen wordt door de planten; dit zijn de enige aftrekposten. Dus de totale jaar NH<sub>3</sub> emissie kan direct afgeleid worden uit de ureum jaarproductie/bedrijf. In het groeiseizoen moet daar de NH<sub>4</sub><sup>+</sup> opname door planten, binding aan grond en nitrificatie van af getrokken worden (een onderzoeksproject). Het resultaat van een dergelijke berekening is net zo goed, zo niet beter, dan andere NH<sub>3</sub> emissie berekeningen. Dat blijkt ook uit de enorme marge die het CBS en PBL/LEI opgeven en die variëren van 64 miljoen kg/jaar tot 92.5 miljoen kg voor heel Nederland (zie hier). Naar aanleiding van dit “stikstof gat” heeft een derde studie dit verschil weten te verkleinen met 4.5 miljoen kg/jaar. Kortom veel onzekerheden. De emissieberekening op basis van ureum productie per bedrijf, c.q. voor alle Nederlandse koeien, is allicht veel nauwkeuriger omdat het een simpele rekensom is.

**De urease reactie is koning.** De snelheid waarmee NH<sub>3</sub> vrijkomt wordt helemaal bepaald door kenmerken van het enzym urease in een mestomgeving en de ureum concentratie. De temperatuur van de enzymreactie speelt een grote rol. De druk (over- of onderdruk in de mestput of mestsilo's met overspanning) speelt geen rol. Mest rondpompen of overpompen ook niet. Sommige vloeren hebben roosterspleetkleppen, zodat NH<sub>3</sub> niet naar boven de stal in kan gaan, terwijl de dunne fractie, dus altijd met mest besmet, de mestput in valt. Dat kan zorgen voor een emissieverlaging van 40-50 % in de stal zelf (zie [hier](#)). Maar de urease reactie als zodanig trekt zich niets aan van de vorm van de



roosters of de grootte van de spleten of de aard van het vloer en roostermateriaal. De urease reactie volgt haar eigen regels (kinetiek) en dus is het uiteindelijke effect van ook deze vloeren over tijd nul. Roosterspleetkleppen krijgen pas zin, qua effect op  $\text{NH}_3$ -emissie, niet qua  $\text{NH}_3$  vorming als zodanig, als de lucht in de ruimte tussen de vloer en bovenlaag van drijfmest in de put actief weggezogen wordt. Maar ook dat heeft op zichzelf geen invloed op de urease reactie. Kortom, alleen de totale ureum productie per bedrijf per jaar bepaalt de  $\text{NH}_3$  output; niet de metingen. Alleen de HansKamp systemen (\*) kunnen voorkomen dat er  $\text{NH}_3$  geproduceerd wordt. Het Lely Sphere systeem (\*) doet beoogt dat ook maar in mindere mate.

**Sprookjes over emissiearme vloeren.** Bedrijven en ook de overheid promoten nu nog steeds ([zie hier](#)) “emissiearme” stalvloeren. Diverse, urine doorlaatbare, tegels worden aan veehouders aangeboden, soms van rubber of van een andere kunststof, soms met daarover een doek dat enkel vocht doorlaat (zie hier) Het idee is dat alleen urine door dat materiaal wordt doorgelaten en de mest niet. Dat heet dan “mest van urine” scheiden. Maar zo werkt het net niet. De urine op de tegels is, hoe dan ook, in contact met mest. Binnen seconden wordt die urine zwaar besmet met urease producerende bacteriën. Ze gaan zelfs nog beter groeien omdat ze volop een stikstofbron aangeboden krijgen, namelijk  $\text{NH}_3$ . Omdat de tegels poreus zijn, krijgen de bacteriën en hun urease een nog veel langere tijd en gelegenheid om het ureum te splitsen dan op hard materiaal. Bacteriën worden niet tegengehouden door welk poreus doek dan ook. Om bacteriën tegen te houden zijn kostbare bacteriefilters nodig. Dergelijke filters hebben gaatjes die kleiner zijn dan bacteriën, dus minder dan 0.001 mm diameter. Anders gezegd, rubbertegels met “gaatjes” van bijvoorbeeld 1 mm<sup>2</sup>, kunnen clusters van 10000 bacteriën per gaatje in één keer doorlaten. Omdat de urease-bacteriën niet meteen in de mestput vallen, maar een veel langere weg doorlopen in het poreuze materiaal, hebben ze een veel langere tijd tot hun beschikking om ureum te splitsen tot  $\text{NH}_3$ . Dat is in overeenstemming met de teleurstellende resultaten van de emissiemetingen ([zie hier](#) en [hier](#)). Hier komt nog bij dat de  $\text{NH}_3$  veel langer blijft hangen in de holten van het poreuze materiaal en dat het een soort slow-release systeem van  $\text{NH}_3$  is geworden waardoor eventuele  $\text{NH}_3$  metingen minder pieken en dalen vertonen en onderschat worden ([zie hier](#)). Kortom, semi-doorlaatbare vloeren hebben geen enkele zin (zie [hier](#) en [hier](#)). Ondertussen worden dergelijke vloeren nog wel gepropageerd door o.a. door RVO (zie [hier](#)). De verkoop van doorlaatbare tegels, en andere vloeren met klinkende suggestieve namen, gaat ook gewoon door. Dit alles neemt niet weg dat de nieuwere vloeren weldadiger zijn voor de koeienhoeven dan strak beton. Later meer over  $\text{NH}_3$  productie en klauwproblemen (\*).

Zo zijn er nog een dozijn vloeren met emissiereductieclaims; urine doorlaatbaarheid en urinegoten etc. (zie hier). Geen daarvan kunnen de biochemische toets doorstaan. In alle gevallen wordt de urine zwaar besmet met ureases en daarom kunnen die vloeren geen enkel  $\text{NH}_3$  reducerend effect hebben. Wel kan het zijn dat er i.g.v. sommige vloeren minder  $\text{NH}_3$  in de stal gemeten wordt. Dat betekent automatisch dat er meer  $\text{NH}_3$  onder de vloeren zit, als gas of opgelost in de drijfmest, en dat vroeg of laat elders een uitweg vindt. Veel van die vloeren zijn hoefvriendelijk, maar niet meer dan dat. Op sommige vloeren is de gemeten  $\text{NH}_3$  emissie van vers gevallen urine lager dan op andere vloeren maar dat heeft meer te maken met de snelheid waarmee urine in de put valt dan met de totale  $\text{NH}_3$  emissie per liter urine. Immers de urease reactie gaat gewoon door in de gaatjes of sleuven in de vloer en in de put. Deze vloeren leveren hooguit een vertraging op van de  $\text{NH}_3$  emissie (zie hier pag. 141). Het maakt qua  $\text{NH}_3$  emissie ook niet uit of de urine rechtstreeks in een koeienvlaai belandt of op de vloer vlak voor of vlak na het passeren de mestschuif of mestrobot (zie [hier](#), [hier](#) en [hier](#)).

**Innovatieve mestschuivers bestaan niet.** Tenslotte; mestschuivers zorgen voor intensieve menging van mest en urine en hebben daarom geen  $\text{NH}_3$  emissie reducerend effect ([zie hier](#)). Dit was ook de conclusie van een Deense studie; juist door vaker de mestschuiver zijn werk te laten doen werd de  $\text{NH}_3$  emissie bevorderd (zie [hier](#)). Mestschuivers, mestroeders, mestpompen en mesttransporten zorgen voor het roer- en mengwerk en bevorderen dus de  $\text{NH}_3$ -emissie.



Ook vandaag de dag worden nieuwe subsidies verleend voor “innovaties” op bovengenoemde systemen (zie [hier](#) en [hier](#)). Het mengwerk gebeurt op alle vloeren ongeacht wat rechterlijke uitspraken hierover te zeggen hebben (zie [hier](#) en [hier](#)) en ongeacht wat landbouworganisaties hiervan vinden en ongeacht of er wel of geen label “toekomstbestendigheid” aangehangen wordt (zie [hier](#)). Ze zijn in strijd met de biochemie en microbiologie. De enige uitzondering is de Lely Sphere vloer met onderdruk (zie [hier](#)) in combinatie met hun mest- opzuigrobotsysteem (\*).

**Mest scheiden in bestaande stallen is geen oplossing terwijl overheden dit blijven propageren en subsidiëren.** Er zijn momenteel meerdere projecten gaande bij veehouders en bij overheidsinstanties onder de titel “mestscheiding bij de bron in melkveestallen” en met financiering door LNV, Zuivel-NL, RVO en bedrijfsleven (zie [hier](#)). Het thema wordt dan omschreven als: “een snellere primaire scheiding van feces en urine en afvoer” (zie [hier](#)) met als eindproduct een mestfractie en een urinefractie. Hier gaat de beeldvorming helemaal mis. Zodra feces en urine bij elkaar komen, dan kan men niet meer spreken van urine. Dan is het inmiddels een “dunne fractie” geworden en dat is urine vol met urease bacteriën en waarin de ureumsplitsing al in volle gang is en doorgaat totdat het ureum op is. Kortom, geldverspilling en overtreding van biochemische wetten. Ook InfoMil formuleert vier onzinnigheden (zie [hier](#) en tekst vak). Gelukkig wordt op internet ook al volop getwijfeld (zie [hier](#)). Desalniettemin kunnen bedrijven anno 2023 subsidies aanvragen bij het RVO (zie [hier](#)) en dus worden veehouders, die graag emissie-vermindering willen, op het verkeerde been gezet door de overheid. De enige systemen die geen last hebben van overtredingen van de biochemische wetmatigheden worden hieronder beschreven (\*).

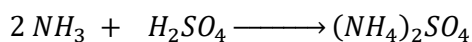
*De aanbevelingen van InfoMil:*

*Emissiearme vloeren worden toegepast in rundveestallen. Emissiereductie wordt bereikt door een combinatie van:*

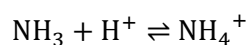
- *versneld afvoeren van urine naar de mestkelder of mestopslag door specifieke vloeruitvoering*
- *beperken luchtuitwisseling tussen de stal en de kelder door maatregelen in de roosterspleten en bij de mestafstorten*
- *beperken mest en urine op de vloer door regelmatig schoon schuiven met een mestschuif of mestrobot*
- *beperken mestbesmeurd oppervlak per koe.*

**Drijfmest aanzuren met zwavelzuur: de (bio)chemie.** Er zijn systemen, vooral in Denemarken, waarbij de mest aangezuurd; meestal met zwavelzuur ( $H_2SO_4$ ). Hiervoor wordt de mest naar een tank gepompt en gemengd met verdund zwavelzuur en teruggepompt naar de mestput onder de koeien. De ammoniak gevormd in het urine-mest mengsel dat door de roosters valt wordt meteen omgevormd naar  $NH_4^+$ . Bij een pH van < 5.5 veranderd 99% van de  $NH_3$  in  $NH_4^+$  (zie [hier](#)).

Dit is de reactie die plaatsvindt:



Twee ammonia moleculen reageren met 1 molecuul zwavelzuur tot 1 molecuul ammoniumsulfaat. Zelfs verdund zwavelzuur is een gevaarlijk en corrosief goedje. Verdund zwavelzuur moet direct aan de drijfmest worden toegevoegd of indirect via een mix-tank (zie [hier](#)) totdat de pH gezakt is naar 5 of lager. Hoeveel, qua volume, er moet worden toegevoegd per  $m^2$  mest hangt af van de zwavelzuur sterkte en het aantal  $m^3$  mest. Omdat er continue nieuwe mest en urine bij komt moet de pH in standgehouden worden met continue toediening van extra zwavelzuur. Het netto-effect van  $H_2SO_4$  toevoeging is de verschuiving van het evenwicht tussen  $NH_3$  en  $NH_4^+$  naar rechts.



Dit houdt ook in dat, zodra de zuurgraad weer omhooggaat na het uitrijden over het land, bijv. door kalk te strooien, deze reactie weer naar links verschuift en dat de  $NH_4^+$ , voor zover het niet is

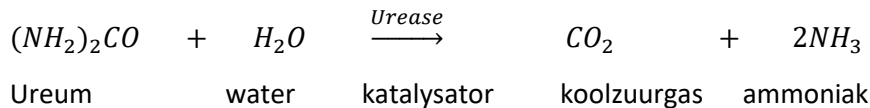
opgenomen door de planten, alsnog als  $\text{NH}_3$  de lucht ingaat vooral op niet zure, of bekalkte, gronden. Dit is uitgestelde en verplaatste  $\text{NH}_3$  emissie dat waarschijnlijk ontsnapt aan elke meting.

**Aanzuren van drijfmest heeft geen perspectief.** Aanzuren van drijfmest wordt nog steeds gepropageerd door adviesbureaus die werken in opdracht van de overheid (zie [hier](#)). Argumenten tegen het aanzuursysteem zijn:

- Om de pH van drijfmest in de put onder de 5 te krijgen is het nodig de  $\text{NH}_3$  te voorzien van een  $\text{H}^+$ , afkomstig van het toegevoegde zuur, zodat  $\text{NH}_4^+$  ontstaat. Maar in drijfmest zitten legio stoffen die  $\text{H}^+$  kunnen aannemen.  
Mest als zodanig heeft van nature een bufferende werking die pH daling tegengaat en waar het zuur “doorheen moet drukken”. En “last but not least”, de producten van de ureum splitsing,  $\text{CO}_2$  en  $\text{NH}_3$  vormen ammoniumcarbonaat en dat is een buffer met een pH van 8-10. Kortom, er is veel meer zuur nodig dan alleen t.b.v. de  $\text{NH}_3$  naar  $\text{NH}_4^+$  omzetting. En als de veehouder mest scheidt van de urinefractie, m.b.v. doorlaatbare vloeren of met een “urine-mest scheidingssysteem”, dan heeft die urinefractie hetzelfde probleem want diezelfde biologische bufferende stoffen bevinden zich ook in deze dunne fractie.
- Om de pH van een kuub mest te verlagen naar 5 is 5.7 kg zwavelzuur per  $\text{m}^3$  mest nodig (zie [hier](#) en [hier](#)). Een veehouder met 200 koeien produceert 5000 ton mest per jaar (200 x 25 ton drijfmest per koe per jaar). Dit is gelijk aan 28.500 kg per jaar  $\text{H}_2\text{SO}_4$  (100%). De veehouder moet die aangezuurde drijfmest kwijt op het land. De WUR berekent dat de zwavelgift op het land daardoor 300-400 kg  $\text{SO}_4$ / per hectare wordt (zie [hier](#)). Een deel van de  $\text{SO}_4$  zal in het oppervlaktewater belanden.
- Het WUR-rapport (zie [hier](#)) stelt dat de maximale  $\text{NH}_3$  emissiereductie, die bereikt wordt met aanzuren, ca 25% is en dat dit onvoldoende is om als een op zichzelf staande maatregel te kunnen gelden en vergt dus nog andere maatregelen vergt (\*).
- De omzetting van ureum door urease is snel; een kwestie van minuten na urinelozing. Ongeveer 70% van het ureum wordt al meteen op de stalvloer omgezet naar  $\text{NH}_3$  en dat gaat meteen de lucht in. De rest belandt in de ruimte tussen de vloer en mestlaag en dat staat in evenwicht met de  $\text{NH}_3$  die is opgelost de drijfmest. Dit is het enige deel van de  $\text{NH}_3$  pool dat überhaupt omgezet kan worden naar  $\text{NH}_4^+$  met zuur en dat is ca 30% (100%-70%) van alle gevormde  $\text{NH}_3$ ; de kelderemissie. Dit komt overeen met de praktijkproeven met drijfmest aanzuursystemen waarbij een ammoniakemissiereductie van slechts 25 % werd gemeten (zie [hier](#), [en hier](#)). De hoeveelheid zwavelzuur die nodig is voor  $\text{NH}_3$  naar  $\text{NH}_4^+$  omzetting is i.g.v. het Lelysphere systeem uiteraard veel en veel lager (\*).
- Zwavelzuur is een uiterst gevaarlijk (zie [hier](#)) en corrosief goedje en moet 24/7 gedoseerd toegevoegd worden aan de drijfmest.
- De kosten: aanleg van een mest aanzuring- doseer- en mengsysteem; het tankautotransport naar de boeren, de opslagtank op het erf.
- Veel energie, aardgas dus, is nodig om zwavelzuur te maken; de winning van zwavel uit de mijnen; het transport naar de fabrieken; de fabricage  $\text{H}_2\text{SO}_4$  zelf.
- Aanzuren is uitstel van executie want bij uitrijden komt de drijfmest in en op de grond die doorgaans een zuurgraad heeft hoger dan 5.0 waardoor een deel van de  $\text{NH}_4^+$  alsnog omgevormd wordt naar  $\text{NH}_3$ .
- De S gift die via aangezuurde drijfmest op het land gebracht wordt is groot ook qua toegestane S-gift normering (zie [hier](#) en [hier](#) en [hier](#)). Zie de berekening eerder op deze pagina (\*). Aanzuren van drijfmest wordt evenwel nog steeds gepropageerd (zie [hier](#)).
- Aangezuurde mest op het land vraagt om zuurcorrectie door bekalking (zie [hier](#)). Dit gebeurt met bijvoorbeeld calciumcarbonaat  $\text{CaCO}_3$  oftewel  $\text{CO}_2$  dat in de afgelopen miljoenen jaren is gefixeerd door levende organismen (zie [hier](#)). Deze  $\text{CO}_2$  gaat na toediening aan mest langzamerhand de lucht weer in (zie [hier](#)). M.a.w. aanzuren van drijfmest leidt indirect tot verhoogde emissie van  $\text{CO}_2$ .

Kortom in een poging een emissieprobleem op te lossen wordt een nieuw milieuprobleem gecreëerd.

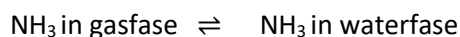
**Verdunnen van drijfmest met water verfrist de stallen maar verlaagt de NH<sub>3</sub> emissie niet.** De ureum splitsingsreactie heeft water nodig en NH<sub>3</sub> lost heel goed in water tot 30%. In afwezigheid van water, bijvoorbeeld in droge aangekoekte mest, verloopt de reactie niet totdat er met water gesproeid wordt. Dat activeert het enzym en herstart de groei van urease producerende bacteriën.



Het is dus niet zo dat water de NH<sub>3</sub> emissie kan verminderen. Sommige veehouders en sommige mestschuifrobots besproeien de vloeren met water. Hierdoor gaat de stal frisser ruiken maar dat komt niet doordat er minder NH<sub>3</sub> gevormd wordt, integendeel.

Het grootste deel van de NH<sub>3</sub> dat uit de afbraak van ureum ontstaat vervluchtigd meteen (ca. 70%) nadat mest en urine op de vloer met elkaar in contact zijn gekomen. De rest, 30%, lost op in de urine en in het spoelwater en belandt zo in de drijfmestput. En daar is een evenwicht tussen NH<sub>3</sub> in de drijfmest en de NH<sub>3</sub> in de bovenstaande lucht:

NH<sub>3</sub> heeft de eigenschap dat het heel goed oplost in water (zie hier) dit i.t.t. vrijwel alle andere gassen. Het lost dus ook goed op in drijfmest dat voor meer dan 90% water is. NH<sub>3</sub> is, net als H<sub>2</sub>O, een polair molecuul d.w.z. ze hebben aan weerszijden een beetje + en - lading. NH<sub>3</sub> is als een vis in het water.



Hoe meer water toegevoegd wordt des te mee NH<sub>3</sub> opgelost kan worden, dus vanuit de lucht. Maar verdunning heeft geen enkele invloed op de reactiesnelheid van de ureum splitsing als zodanig. Door verdunning met water, bijvoorbeeld 1: 1, wordt het ureum 2x verdund. Dit heeft geen invloed op de ureum omzettingssnelheid. Daar is een verdunning van ca. 50 liter water per 1 liter mest nodig zijnen dat lukt uiteraard niet.

Behalve dat het geen emissiereductie effect kan hebben, zal deze verdunningsoperatie, aangedreven door pompen, zeker leiden tot een nieuwe ronde NH<sub>3</sub> vervluchtiging van onder de vloer en vanuit de mest-water-mengput. Rondpompen en overpompen van drijfmest geeft al meteen een NH<sub>3</sub> verlies van 11% (zie hier p 49). Een deel van de NH<sub>3</sub> zit opgesloten als gasbellen in de drijfmest zelf. Zodra de boer de mest gaat rondpompen verdwijnen deze gasbellen en de daarin opgesloten NH<sub>3</sub> gaat dan alsnog de lucht in. Desalniettemin zal de NH<sub>3</sub> emissie in de stal zelf fors dalen met 40% (zie [hier](#)) maar de NH<sub>3</sub> verdwijnt niet en gaat later of elders alsnog de lucht in buiten het snuffelveld van eventuele sensoren.

Om die reactie echt met water af te kunnen remmen, dan moet de ureum concentratie ver onder de K<sub>m</sub> gebracht moeten worden (de K<sub>m</sub> is enzym-technische term en refereert naar de ureum concentratie waarbij de reactiesnelheid half-maximaal is). De K<sub>m</sub> is 2.5 mM; dat is 150 mg ureum/liter. De ureum concentratie in urine is 8000 mg/l (zie hier). Dat betekent dat het ureum met water verdund moet worden tot ze in de buurt komt van 150 mg/l (8000: 150 = ruim 50)

**Stalvloeren ontsmetten en ureases remmen is futiel.** Het WUR-rapport 1162 "Environmental dairy design for 2020" (zie [hier](#)) beschrijft een brede aanpak van de vele aspecten van de NH<sub>3</sub> emissie problematiek, variërend van voeren tot vloeren. Een interessant rapport dat vanuit de praktische kant van de melkveehouderij in veel opzichten aansluit op de biochemische/microbiologische kant van de zaak zoals in dit document beschreven, maar met uitzondering van het volgende. Op pagina 115 en 116 (zie [hier](#)) wordt uiteengezet hoe men de stalvloeren wil schoonmaken met een desinfectiemiddelen en hoe men hoopt de urease activiteit te kunnen verminderen onder verwijzing

naar o.a. de levensmiddelenindustrie waar apparatuur en contactoppervlakken uiteraard aseptisch moeten zijn. Die methodieken kunnen niet werken in ligboxenstallen vanwege:

- Desinfectiemiddelen werken doorgaans niet op bevulde oppervlakken; vaak reageren de actieve stoffen met allerlei troep in complexe mengsels zoals drijfmest, of ze binden eraan, en kunnen dan het desinfectie werk niet meer doen. De algemene stelregel is: eerst reinigen en pas daarna desinfecteren; niet omgekeerd. Anders gezegd; eerst de massa aan bacteriën verwijderen en pas daarna de nog overblijvende bacteriën afdoden. Dit lukt nooit i.g.v. stalvloeren.
- Tijdelijk zullen deze middelen, in combinatie met spoelwater, een achteruitgang in het bacterie bestand op vloeren kunnen opleveren en zal de stal even frisser ruiken, maar over een aantal uren of dagen zal de bacterie-populatie zich herstellen, met verdubbelingstijden van ca een half uur, zodra de bacteriën meteen weer gevoerd worden met verse mest en urine als koolstof- en stikstofbron.
- De desinfectiemiddelen komen in de mest terecht. Dat moet so-wie-so niet. Melkapparatuur desinfecteren is noodzaak; vuile vloeren desinfecteren is futiel. Bacteriën die voortdurend in contact komen met desinfecterende middelen kunnen daartegen ook nog resistent worden. Dat is op zichzelf misschien niet zo'n probleem maar de bacteriën kunnen bij langdurige blootstelling aan schoonmaakmiddelen ook antibiotica resistentie opleveren (zie [hier](#)) omdat de desbetreffende genen als "gen-clusters" bij elkaar liggen en samen overgedragen kunnen worden (zie [hier](#)) naar andere bacteriën en zelfs naar andere bacteriesoorten (zie [hier](#)).
- Het eerste geldt ook voor de toepassing van geëlektrolyseerd water aangeduid met EOW 1 en 2). Dit zijn systemen die o.a. gebruikt worden om zwembaden aseptisch te houden. Dat is heel wat anders dan mestputten. Ook hier geldt dat de actieve componenten zoals ozon, of waterstofperoxide reageren met van alles en nog wat, en instabiel zijn, en dus in een vieze omgeving allang uitgewerkt zijn voordat ze bacteriën kunnen aanpakken.
- Verder wordt in dat rapport gemeld "dat 2 EOW vloeistoffen met elkaar zullen worden vergeleken t.a.v. het effect op verlaging van de urease activiteit" (zie [hier](#) pag 116-117). Nooit en te nimmer kan met genoemde middelen de activiteit van urease specifiek geremd worden, hooguit de productie daarvan door tijdelijk urease producerende bacteriën uit te schakelen.

**De hygiëne van de pre-1960 grupstal.** Twee enorme verschillen met de ligboxenstallen met drijfmest: a) ze poepten en plasten in de grup en b) de koeien stonden niet in hun eigen mest en urine. Een paar keer per dag duwde de veehouder de feces, dat per ongeluk wel op de staplaats van de koe was beland, naar de grup. Deze grup had een lichte helling in de breedte, van de koe af, en in de lengte naar de gierput toe. De veehouder hield dat gootje zo goed en zo kwaad als dat ging vrij van mest zodat de urine uit zichzelf naar de gierput kon stromen. De mest werd twee keer daags met de kruiwagen afgevoerd; het was stapelbaar. In de loop van het winterseizoen ontstond er een hoge mestvaalt. De kwaliteit van de boer kon in zekere zin afgelezen worden aan de hoogte van de mestvaalt. De afvoer van dat grup-gootje was ook in het belang van de boer zelf, want anders zou hij de urine, drijvend in de mest, ook in de kruiwagen moeten scheppen en dat betekende meer en zwaarder werk plus veel viezigheid op het gangpad. Wekelijks werden de staarten en de poten schoongemaakt en de rest van de koe afgeborsteld. Nog belangrijker in deze context is dat ook de achterkant van de koe (de achterhand) werd schoongemaakt zodat er geen contact was tussen feces en urine tijdens de val. De staarten waren met een flexibel lijntje aangebonden zodat de pluim van de staart niet in de mest en urine kon zwiepen. De hoeven waren altijd droog. Hierdoor waren mastitis en hoefinfecties een zeldzaamheid evenals het gebruik van antibiotica. Die boerenhandelwijze is in de loop van vele honderden jaren en vele generaties ontstaan. De komst van ligboxenstallen hebben die functionele traditie in één klap tenietgedaan (zie [hier](#)) (\*).

**Het mysterie van de boerderij gierput van weleer.** De urine van de pre-1960 stallen stroomde uit zichzelf naar de gierput soms met een bezinkput ertussen. De gierput was een ondergrondse

betonnen put met een afmeting van ca. 2 x 5 x 10 meter afhankelijk van de grootte van het melkveebedrijf. Deze gier, ureum, fosfaten, kalium en andere mineralen, opgelost in water, was voor de boer een kostbaar goedje. Land dat hij met gier bemestte, althans in het groeiseizoen en bij regen, had geen of weinig aanvulling nodig van stikstofkunstmest.

Die koeienurine moet wel enigszins besmet zijn geraakt met de mest in de grup, dus met urease producerende mestbacteriën. Er zijn twee argumenten op grond waarvan men kan vermoeden dat er in die gierputten weinig ureum werd gesplitst a) gier bevat veel stikstof, in de vorm van ureum, genoeg voor een snede gras en b) de koeienstallen van toen roken naar koeien; er hing geen stank van ammoniak. De gierput zelf gaf ook geen stank/ ammoniak af naar de omgeving; dat gebeurde pas bij het oppompen en uitrijden. Dit betekent dat er niet veel ureum werd afgebroken naar  $\text{NH}_3$  (en  $\text{CO}_2$ ). Hoe kon dat? Twee veronderstelling c.q. aannames:

- a) de put bevatte vrijwel geen mest en de organische stof in het beetje mest werd meteen opgebruikt door de bacteriën als enige koolstofbron. Beperkte koolstofbron is beperkte bacteriegroei, is beperkte urease productie (het mestdeel is de enige bron van urease (\*)).
- b) er werd niet in de put geroerd; dus de gier was anaeroob (zuurstofarm); dus weinig bacteriegroei; dus weinig urease productie.
- c) omdat de gier anaeroob (zuurstofarm) is groeien daar vnl. Archea bacteriën. Dit zijn methaan producerende bacteriën met mest als koolstofbron. Hun groeisnelheid, en hun urease-productie is meer dan 100 keer lager (zie [hier](#)) dan die van gewone mestbacterien. Kortom de urease productie in gier was waarschijnlijk heel laag (onderzoeksproject: urease activiteit in methaan producerende mestvergisters).

**Schone koeienurine verdient hernieuwde aandacht als biomeststof.** Met weinig urease is er bij het uitrijden van de gier-van-vroeger weinig ureum splitsing dus weinig  $\text{NH}_3$  emissie. Splitsing vindt later plaats na contact met de ureases gemaakt door groundbacterien. Dit is dan een slow-release systeem van  $\text{NH}_4^+$ , en nitraten, in synchronie met hun opname snelheid door de wortels, althans bij warm groeizaam weer. Vroeger werd gier ook uitgereden op bevroren land als de put vol was geraakt. Dat mag niet meer en was, achteraf bekeken, milieuvriendelijk en biochemisch gezien onjuist. Kortom, de gierput van weleer was rijk aan ureum en het werd daar niet omgezet in het vluchtig  $\text{NH}_3$ .

In het bovenstaande staan diverse aannames die zich lenen voor een interessant onderzoeksproject. Gier van voor de jaren 60 is er niet meer, maar wel de koeienurine die afkomstig is van het Hans-Kamp systeem en waarbij dezelfde vragen, qua ureum gehalte, afbraak en  $\text{NH}_3$  emissie, aan de orde zijn. Dit geldt ook voor de urine die in de put met het Lely Sphere systeem is beland. Zie elders in dit document (\*).

**Hoeveel ureum had die boer van toen in zijn gierput?** Vanaf het voorjaar werd de gier over het verspreid. Verstandige boeren deden dit bij regenachtig, groeizaam weer. In chemische termen: bij regen verdween de gier meteen in de grond; pas daar werd ureum gesplitst in  $\text{NH}_3$  (en  $\text{CO}_2$ ). De  $\text{NH}_3$  werd in de wat zuurdere grond omgezet in  $\text{NH}_4^+$ en, na nitrificatie, in  $\text{NO}_3^-$  dat direct opgenomen kan worden door de planten.

Een boer met 30 koeien (melk- en jongvee) had een gierput van pakweg 100.000 liter (2 x 5 x 10 meter) en ca 10 ha grasland. De urine staljaarproductie was dan 30 x 20 liter/dag x 175 dagen = 105.000 liter per jaar. Met een ureum concentratie van ca. 10 g/ l is dit 1050 kg ureum/jaar. Dit is 735 kg stikstof (70%). Hiermee kon hij 5 ha van zijn land één keer per jaar voorzien van een stikstofgift van 735 kg: 5 ha = 147 kg/ha. Voor die percelen was kunstmest niet nodig. Daarnaast had de boer nog de ruige stalmest met organisch gebonden stikstof (vnl. als eiwitten). We beginnen nu in te zien dat we deze honderden jaren oude kringloop weer moeten herstellen maar dan met moderne methoden en systemen.

**De grupstallen-ligboxenstallen transitie; van laag naar hoge NH<sub>3</sub> emissie per koe.** Rond 1960 zijn koeboeren door overheden, adviseurs en organisaties massaal verleid om van vaste stalling naar ligboxenstallen over te schakelen, dit op grond van productie efficiëntie en schaalvergroting. Deze overgang werd gepropageerd door overheidsinstanties w.o. de WUR, landbouwvoorlichtingsdiensten, de zuivelindustrie en, last-but-not-least, de banken met Rabo als koploper. Daarom zijn in de jaren 60 gaandeweg nagenoeg alle grupstallen vervangen door ligboxenstallen. En daarmee zijn gaandeweg de mestvaalten, de bergen met strorijke, vaste, stapelbare mest, achter elke boerderij, verdwenen. In plaats daarvan kregen we drijfmest, verborgen in een open put onder de roostervloeren en soms zelfs in afgedamde sloten. Hier mag dat allang niet meer maar supergrote bedrijven in bijv. de VS en Canada hebben zelfs “slurry ponds”.

Met het dramatische verschil in de biochemie tussen vaste mest en gier enerzijds en de biochemie van drijfmest anderzijds, werd bij deze grote omschakeling geen rekening gehouden. Dit is vreemd want de supersnelle enzymatische afbraak van ureum door ureases is al meer dan 100 jaar bekend. Of werd dit grote verschil willens en wetens onder de mat geschoven door voorlichtingsdiensten, overheidsinstanties en banken? Veehouders gingen meestal graag mee met die krachten; de drang tot productie- en efficiëntie verhoging, in combinatie met hun vakmanschap, zit in hun bloed en beurs. Maar van hen kun je niet verwachten dat zij kennis hebben van enzymkatalyse, chemische evenwichten en microbiologie. En zo verdwenen gaandeweg ook de weidevogels (zie [hier](#) en [hier](#) en [hier](#)).

**De eerste generatie ligboxenstallen: qua hygiëne een middeleeuws systeem.** In ligboxenstallen lopen de koeien door elkaars' ontlasting en urine omdat er voor hen geen andere mogelijkheid is. In de natuur doet vrijwel geen enkel dier dit. Daar heeft de evolutie voor “gezorgd”. Eén van de cruciale aspecten van “survival of the fittest” is preventie van de oraal-fecale infectiecyclus. Voor het eten je handen wassen. Diersoorten met een oraal-fecale infectie cyclus zijn uitgestorven (op een paar uitzonderingen na en waarbij de oraal-fecale route een immunologische functie heeft). Met mensen is het net zo gegaan. De zwervende jagers en verzamelaars kwamen per definitie niet in contact met hun eigen feces en urine. Toen mensen veehouders werden, en zo het zwervende jagende bestaan konden verruilen voor leefgemeenschappen, werden primitieve latrines uitgevonden. Pas veel later, bij verstedelijking belande ontlasting en andere troep in straatgoten, beekjes en rivieren en zo ontstond de oraal-fecale infectie cyclus. Cholera en tyfus kregen vrij spel tot ver in de 19<sup>e</sup> eeuw (zie [hier](#)).

**De grootste medische vooruitgang aller tijden.** De aanleg van riolen ([zie hier](#)) was, in termen van verhoging van de gemiddelde levensduur en ziekte preventie, de grootste medische vooruitgang aller tijden. In de middeleeuwen van 700- 1500 belandde pis en poep gewoon in sloten, kanalen en grachten. Microbiologisch gezien zijn de ligboxenstallen niet anders. De dieren staan in elkaars ontlasting ongeacht het type stalvloer (\*) en ongeacht of er wel of niet, en hoe vaak, er een mestschuif door heen gaat. Mestschuiven, en ook mestschuifrobots, al dan niet met spoelinrichting (de ureum splitsingsreactie heeft water nodig!) zorgen voor maximale menging van mest en urine en dus maximale NH<sub>3</sub> vorming en emissie. Hoewel er vrijwel geen fecale infectiedruk is bij koeien via de mond, vanwege de voerhekken en hygiëne aan de voorkant van de koeien, staan de openingen in de spenen en hoeven permanent onder middeleeuwse infectiedruk. Een groot assortiment bacteriesoorten zijn permanent aanwezig in de ontlasting en op de vloeren en die worden met de poten of mestschuif over de hele mestvloer verspreid. Melkresten op de ligplaatsen zijn plekken waar mastitisbacteriën gedijen. Al deze bacteriën hebben verdubbelingstijden van een half uur tot enkele uren afhankelijk van de temperatuur en de beschikbaarheid van voedingsstoffen, aminozuren, suikers, melk, mineralen en niet te vergeten ureum!

**Drijfmeststallen versus miljoenen jaren scheppende evolutie.** Zo'n 150 miljoen jaar geleden is de evolutie van vogels en zoogdieren, uit reptielachtige dieren, twee verschillende kanten opgegaan; dat heet divergentie. Vogels, en reptielen, ontwikkelden één eindopening, de cloaca, waar alles in



uitkomt. De zoogdieren twee: het rectum en de vulva, dit t.b.v. van een gescheiden afvoer. De lichaamscellen van beide diergroepen hebben beiden een stofwisseling waarbij overtollige stikstofhoudende stoffen afgevoerd moeten worden via de ureumcyclus (\*) met ureum als eindproduct. Maar zodra ureum in contact komt met urease van feces ontstaat het giftige  $\text{NH}_3$  (\*). Vogels, met hun éne opening waar zowel urine als feces doorheen moet, hebben dit dilemma opgelost door ureum en ammoniak biochemisch om te vormen tot o.a. urinezuur dat slecht oplosbaar is en neerslaat op de feces. Urinezuur kan niet door urease afgebroken worden. Vier biochemische stappen zijn nodig om  $\text{NH}_3$  uit urinezuur vrij te maken. Dit gebeurt over tijd in de grond.

Zoogdieren zijn een andere evolutionaire weg ingeslagen; zij hebben twee van elkaar gescheiden openingen ontwikkeld zodat ureum en urease niet bij elkaar kunnen komen. Dat heeft al die miljoenen jaren goed gewerkt: totdat de drijfmeststallen ingevoerd werden. Kortom, de lering van miljoenen jaren evolutie, mest en urine apart houden, is in de jaren zestig teloorgegaan en daarmee was het  $\text{NH}_3$  emissie probleem geboren.

**Ga naar de ganzen en wordt wijs.** Veehouders staan op gespannen voet met ganzen. Desalniettemin is hun biochemie leerzaam voor stalvloerenbouwers. Het aantal ganzen in Nederland is in de afgelopen jaren gegroeid 2.3 miljoen (zie hier); foeragerend, dus eiwit-N opname vnl. en N- afgifte in landbouwgebieden en rustend en broedend; dat is mest-N afgifte, in natte natuurgebieden. Qua mest- en urineproductie per dier, is de ratio ca 50: 1 (koe: 50 kg urine met mest/dag; gans: ca. 1 kg urine met mest/dag.) Daaruit volgt dat de ganzenexcretie/jr. ruwweg het equivalent is van de excretie van 46.000 koeien/jr. Een deel komt meteen op het land terecht een deel in het oppervlaktewater (zie ook WUR-rapport [hier](#)). Ganzenstikstofproblematiek? Is de  $\text{NH}_3$  emissie door ganzen equivalent aan die van 46.000 koeien? Nee. Hoe kan dat? 1. Ganzen migreren en nemen een deel van hun poep mee; koeien doen dat niet. 2. Een deel van de ontlasting vindt plaats op het water en zinkt naar de bodem. 4 vogels zetten hun giftige  $\text{NH}_3$  niet om in ureum maar in water-onoplosbaar urinezuur i.p.v. ureum. Hierover het volgende.

Net als koeien zetten ganzen graseiwitten om in hoogwaardig eiwit, vlees, veren en eieren en hun ureumcyclus is vrijwel hetzelfde als die van koeien. Bij hun eiwitstofwisseling komt, net als bij koeien, giftig  $\text{NH}_3$  vrij dat in de cellen wordt omgezet in niet giftig ureum. Bij vogels komen de feces en urine uit één gat, de cloaca (zie [hier](#)). Ook deze feces zit vol met urease producerende bacteriën. Hoe kan het dan dat vogels geen  $\text{NH}_3$  emitteren? Biochemie regeert in de evolutie van alles wat leeft. Vogels hebben een biochemische oplossing ontwikkeld. Zij zetten hun overtollige  $\text{NH}_3$  om in urinezuur i.p.v. ureum. Dit kan niet door urease worden afgebroken; het is slecht wateroplosbaar en slaat dus neer. Dit is het witte spul op vogelpoep. Urinezuur is een veel complexere verbinding dan ureum. Het bevat 4 N atomen per molecuul (zie [hier](#)); ureum bevat twee. Urinezuur is het N houdend bestanddeel van guano, bekend uit de pre-kunstmest periode van de landbouw. De N-afgifte gaat langzaam; eerst moet het opgelost worden. Dat vergt water en tijd. Daarna volgen 4 reacties uitgevoerd door 4 enzymen van bodembacteriën. Guano is daarom een prachtige N meststof omdat de stikstof langzaam wordt afgegeven en dus beter in harmonie is met de N-opnamesnelheid door planten. De afbraak van ganzenpoep gaat net zo; het vergt 4 stappen/enzymen om afgebroken te worden tot ureum. En pas dan kan het tussenproduct afgebroken worden door ureases van de bodem en wordt  $\text{NH}_3$  afgegeven (zie [hier](#)). Dit is een slow release systeem en daarom gelden ganzen niet als piekbelasters ondanks dat het totaal aan ureum dat ze in Nederland jaarlijks produceren gelijk is aan dat van 40.000 koeien. Het urinezuur van ganzenpoep dat in het water valt, wordt op dezelfde manier stapsgewijs afgebroken tot  $\text{NH}_3$ . Dit blijft, deels als  $\text{NH}_4^+$ , opgelost in water, belandt in de modder of gaat meteen, of later, de lucht in en draagt bij aan eutrofiering van het water en forse uitstoot van klimaatgassen uit meren, kanalen en sloten (zie [hier](#)). Dit los van de feces, deels verteerd gras, dat in het water wordt achtergelaten (onderzoeksproject: kwantificering N depositie door de ganzenpopulatie).

**De NH<sub>3</sub> emissie begint op de achterhand, de flanken en uier van de koeien.** Wat hygiëne betreft was de omschakeling van vaste stallen naar ligboxenstallen, in de jaren zestig, een grote stap terug. In vaste stallen werd de achterhand, de staart en de rest van de koe wekelijks schoongemaakt met borstels, water en krabbers, meestal op elke zaterdag. Tegenwoordig worden koeien alleen grondig schoongemaakt ter gelegenheid van speciale gebeurtenissen zoals keuringen, tentoonstellingen [hier](#) en [hier](#)) en bij het behalen van de 100.000 liter levensproductie (zie [hier](#)). De gewone koe moet het doen met een automatische borstel voor kop, nek en rug; de enige plekken op het koeienlijf waar geen mest, urine en NH<sub>3</sub> emissie is. De poten van de meeste vrijloop koeien zijn altijd in meer of mindere mate besmeurd met mest. Dit geldt vaak ook voor de achterhand, achterflanken en achterkant van de uier (zie [hier](#)). Of dat nu veel of weinig is, dat maakt microbiologisch en enzymologisch gezien niets uit; de koeien zijn wandelende urease dragers, en de NH<sub>3</sub> emissie begint daar bij elk contact met urine en gaat 24/7 door en ook veel sneller dan op de vloer want de temperatuur op het koeienlijf is optimaal voor urease (\*) te weten 30-37°C. Een met mest bevulde zwiepende staart, die bijvoorbeeld op de mestvloer heeft gelegen (zie [hier](#)), zorgt voor extra mengeffect en extra mestbesmetting van het koeienlijf. Op internet staan tal van foto's van koeien, ook bij onderzoeksinstituten, met een bevulde achterhand, bevulde poten en een bevulde spenen.

Bevuiling van een NH<sub>3</sub> emitterende achterhand en staart wordt ook in de hand gewerkt door een te dunne ontlasting. Dunne ontlasting betekent te veel eiwit in het voer. Daardoor produceert de koe ook nog eens meer urine-ureum. Met aanpassing van het voerregiem, minder eiwit, zouden veehouders ervoor kunnen zorgen dat de ontlasting weer de natuurlijke vastheid herkrijgt zodat ze niet als een dunne smurrie naar beneden kan stromen. Koe feces moet weer een "hanteerbaar" en stapelbaar product worden. Dit is ook cruciaal voor de effectieve werking van de zandstallen van de Hanskamp VrijLevenstal/zandsstallen en Beddingcleaner en voor de mest-opzuig-robot van het Lely Sphere systeem (\*) en uiteindelijk ook voor grondgezondheid en weidevogels (\*).

**Urease-remmers en "pollution swapping"**. In de afgelopen jaren wordt door sommige veehouders de achterhand van koeien (en de roosters) behandeld met een urease remmer (zie [hier](#)); een chemische verbinding, zoals NBPT (zie [hier](#)) en nog dozijn anderen (zie [hier](#)). Sommigen ervan zijn ontwikkeld voor humaan-medische toepassingen (zie [hier](#) en [hier](#)). Producenten zijn doorgeschakeld naar de afzetmarkt in de agrarische sector. Dat is kwaad met een ander kwaad bestrijden. Urease remmers, en ook nitrificatie remmers, worden in kunstmest toegepast (zie hier en hier). Dit is "pollution swapping" (zie bijv. hier en hier). Van nature is ureum aanwezig in de bodem, geproduceerd door allerlei bestjes. Het microbiologische bodemleven gebruikt deze ureum als N-bron voor hun eiwitsynthese met hulp van urease. Deze kringloop mag/moet niet verstoord worden met synthetische urease remmers. Negatieve effecten van urease remmers zijn gemakkelijk te vinden in de wetenschappelijke literatuur zoals de groeiremming van mais door remming van

**Het urease gen van bacteriën wordt op "aan" gezet zodra ureum in de omgeving zit.** De DNA-codering voor urease ligt in het urease-gen. Het enzym urease is, net als elk ander eiwit, opgebouwd uit aminozuren. Bacteriën hebben een gen dat bepaalt hoe, wat en wanneer er urease geproduceerd wordt. Bacteriën hebben een sensor die voelt of er wel of geen ureum in de omgeving is. En als er buiten de bacteriecel ureum is, dan wordt het ureum naar binnen getrokken en afgebroken en de vrijkomende NH<sub>3</sub> wordt door de bacterie gebruikt voor de aanmaak van eiwitten, die de bacterie nodig heeft voor groei. Dit gebeurt niet alleen in de mest maar ook in de pens, de darm en de grond (er zit ook vrije urease in de mest, maar dat is afkomstig van kapotte bacteriën). Sommige bacteriën maken altijd urease, anderen maken alleen urease op afroep. Dat betekent dat ze geen urease maken als er in de omgeving geen ureum is. Bij deze groep staat het urease gen altijd op de stand "uit". Het gen wordt pas aangeschakeld en komt op de stand "aan" te staan zodra ureum in de omgeving is (zie hier). En als alle ureum uit haar omgeving is opgeraakt dan gaat het gen weer op de "uit" stand.

bepaalde genen in mais (zie [hier](#)). De urease processen van het bodemleven moeten met rust gelaten worden. Het probleem ligt bij wat er door mensen op en in de bodem gestopt wordt. Pollution swapping dreigt ook hier. De enige juiste response van de kunstmestindustrie moet de verdere ontwikkeling zijn van hun slow-release meststoffen; niet de verkoop van urease- (en nitrificatie) remmers

**Werk aan de winkel voor innovatieve agro-robot ontwikkelaars.** De achterkant van de koeien kan verschoond worden zodat deze koegebonden emissiebron stopt (\*). Ouderwets en handmatig of uitgevoerd door robots die nog ontwikkeld moeten worden. De ontwikkeling van koe-schoonmaak robots kan geen probleem zijn voor de agrotechbedrijven. Melkrobots kunnen spenen vinden, schoonmaken, melken, en nabehandelen (zie [hier](#)). Robots kunnen auto's maken, aardbeien en tomaten plukken enzovoort. De achterkant van koeien schoonmaken moet voor agrotechneuten relatief eenvoudig te realiseren zijn. Dit moet dan wel in combinatie met permanent schone vloeren, zandstallen en koeientoiletten (\*). Deze ver doorgevoerde hygiënische maatregelen hoeven niet ten koste te gaan van het bedrijfsrendement omdat deze maatregelen elders in de keten kosten- en arbeidsbesparingen zullen opleveren: minder diergeneeskundige kosten, minder antibiotica gebruik, minder antibiotica houdende melk weggooien, minder klauwproblemen, hogere gemiddelde productie/levensduur van koeien, verbetering welzijn van de koeien en minder NH<sub>3</sub> emissie. Dergelijke problemen vergen nu veel tijd en aandacht van de boer naast zijn dagelijkse routine.

**NH<sub>3</sub> emissiereductie en schonere melkwinning gaan hand in hand.** Alle levensmiddelen worden geproduceerd in ruimtes, machines en met procedures die aan hoge eisen moeten voldoen zoals vastgesteld door de NVWA met HACCP-voedselveiligheid (zie [hier](#)). De enige uitzondering is de productie van melk. Dit op zichzelf is bijzonder. De reden hiervoor is dat het niet anders kan; melk komt uit levende dieren en dat betekent een omgeving met mest. De stalvloeren die biochemisch gezien niet deugen omdat ze een hoge NH<sub>3</sub> emissie opleveren (\*) hebben ook als gevolg dat de koeien de melkstal binnenwandelen met mest aan hun poten. Veehouders doen veel om de melk schoon uit de koe te winnen (zie [hier](#)). Maar in de melkstal zijn die maatregelen microbiologisch gezien beperkt in effectiviteit. Tijdens het melken wordt de melk meteen door een filter geperst voordat het de tank in stroomt. Maar dat zijn grove filters bedoeld om zichtbaar vuil te verwijderen. Het zijn geen bacteriefilters. Dus vrijwel alle bacteriën komen ongehinderd in de tank terecht. Het aantal melktank bacteriën/ml loopt uiteen van 25000-100.000 /ml (klasse 1 melk) tot 100-250000/ml (klasse 2 melk) melk (zie [hier](#)) en hoger (klasse 3). Deze kiemgetallen zijn een directe maat voor de hygiëne bij de melkwinning (en de apparatuur) immers melk in de uier zelf is nagenoeg bacterievrij. Hoe viezer de koeien des te lastiger is de winning van schone melk. Bij biologische veehouders is dit probleem even groot zo niet groter dan bij moderne melkveehouderijen. De zuivelindustrie compenseert deze tekortkomingen, die inherent zijn aan de melkwinning, met microfiltratie- en pasteurisatieprocessen om zo tot veilige producten te komen. Evenwel kan het imago van de melkveehouderij verhoogd worden als koeien niet meer gedwongen zijn in hun eigen uitwerpselen te lopen. Hoe kan dit, hand in hand met NH<sub>3</sub> emissiereductie, bereikt worden? Lees verder (\*).

**Imago, kiemgetal in melk en NH<sub>3</sub> emissie.** En hier komen de inherente tekortkomingen m.b.t. de hygiëne van de melkwinning samen met de noodzaak om de NH<sub>3</sub> emissie te reduceren. Beide kwesties kunnen geadresseerd worden door éénzelfde set van maatregelen (\*). Geen mest en geen urine op de vloeren; dus geen koeienpoten die daardoorheen waden; geen vuile koeienuiers en vuile poten in de melkstal. Twee vliegen in één klap. De extra kosten (personeel en/of robots) zouden opgevangen kunnen worden door een hogere melkprijs te betalen voor melk met een superlaag kiemgetal met als bonus de verbetering van de publieksperceptie van de hele melkproductie keten van koe tot eindproduct en een+ veel lagere NH<sub>3</sub> emissie.

De stallen die nu al aan deze punten voldoen zijn Hanskamp VrijLevenStallen (zandstallen en koeientoiletten) en Lely's mest-opzuigrobot vooral als het aangevuld wordt met "koe-achterwerk schoonmaaksystemen". Schone koeien betekent ook een enorme verbetering van het welzijn van de

koeien; in de natuur lopen koeien nooit door hun eigen mest en urine. In ligboxenstallen lopen veel te veel koeien rond met bevuild achterwerk; moeizame gang vanwege zachte en pijnlijke hoefzolen, soms Mortellaro en stinkpoten zie [hier](#)).

**Een nieuw exportproduct.** De bedrijven die deze koe-schoonmaak systemen ontwikkelen hebben meteen een waardevol exportproduct in handen zoals ze eerder hebben gepresteerd met o.a. melkrobots. In de jaren 80 werden melkrobots weggewuifd als zijnde te futuristisch en te duur; nu is er geen veehouder meer te vinden die bij vernieuwing geen robot, of carousel, aanschaft. Dit zou een waardevol exportproduct kunnen worden temeer omdat de koeien en stalvloeren in het buitenland doorgaans veel viezer zijn dan hier.

**De NH<sub>3</sub> emissiezonde komt meteen na de urineval.** Onderzoekers van de WUR hebben gemeten dat ongeveer 70% van alle vers gevallen urine-ureum gesplitst wordt tot NH<sub>3</sub> binnen het eerste uur na lozing op een bevuilde vloer (zie [hier](#) en [hier](#)). Dit is waargenomen op basis van emissiemetingen in de stal en het is dus het stal gemiddelde van alle daar aanwezige koeien. Dat betekent dat dit percentage op het moment dat een koe plast boven op een koeienvlaai, of op een met mest bevuild vloeroppervlak, nog veel hoger moet zijn. Dit is logisch gezien de supersnelle urease activiteit (\*).

Zodra de urine op de vloer belandt, waar altijd mestresten aanwezig (\*) zijn, dan zal ureumsplitsing meteen, seconden, beginnen en dat gaat door totdat alle ureum "op" is. Schone vloeren bestaan microbiologisch en enzymatisch niet (zie [hier](#)). De ureum splitsing houdt pas op als de overige 30% van het ureum, in de mestput, ook is opgeraakt. Als warme urine boven op een warme koeienvlaai belandt dan zal het ureum nog sneller gesplitst worden dan de gemeten 70%. Mogelijk is dan 100% van het ureum gesplitst en is binnen een paar minuten alle gevormde NH<sub>3</sub> volledig de lucht in gegaan ongeacht het vloertype (\*). Maar zie de paragraaf over het Hanskamp VrijLevenstal en Lely Sphere systeem (\*). Ter vergelijking: i.g.v. koeien in het weiland wordt de urine-ureum dat op de grond valt ook afgebroken maar hier door ureases van het bodembacteriën. Dat proces duurt veel langer. Pas na drie dagen is die ureum volledig afgebroken (zie [hier](#)) en een deel wordt meteen opgenomen en benut door de planten.

**De meeste vloeren deugen biochemisch niet.** Geen enkele vloer stopt de ureum splitsing. De splitsing start zodra mest en urine bij elkaar komen. Door beide reactanten goed te mengen c.q. de mest en de urine verloopt het proces nog beter. Dit wordt gedaan door de koeien die in de mengmest rondlopen en door de langskomende mestschuif die dit alles nog eens versnelt (\*). En of de dunne fractie nu wel of niet eerder wegzakt door spleten in de vloer dan de dikke fractie maakt in dit opzicht niets uit. Het kwaad is al geschied; de urine is al besmet met miljarden urease producerende mestbacterien per ml en binnen een uur is alle ureum omgezet tot NH<sub>3</sub> en vervluchtigd; boven in de put blijft hangen of is opgelost en zit in de waterfractie van de drijfmest zelf.

**Mestschuivers, roerders en mixers zorgen voor maximale NH<sub>3</sub> vorming.** Mestschuivers verminderen de NH<sub>3</sub> emissie niet, ongeacht hoe vaak de schuif, of robotschuif, de mest over de vloer naar de put duwt ([zie hier](#)). Elke biochemische reactie vereist goed mengen van de bestanddelen. Voor mest (urease) en urine is dat niet anders. De mestschuivers zorgen voor perfecte menging. Soms wordt (spoel) water toegevoegd. De perceptie is een opgefriste vloer. Maar in de biochemische werkelijkheid bevordert dat de NH<sub>3</sub> productie want voor de ureumsplitsingsreactie is water nodig (\*). De helling in de mestvloer, sleufjes, gaatjes, of wat dan ook maar, hebben ook geen invloed op de reactiesnelheden als zodanig. Hooguit heeft dat invloed op de plek waar de meeste NH<sub>3</sub> ontstaat en de tijd die er ligt tussen NH<sub>3</sub> vorming en ontsnapping naar de buitenlucht (zie ook [hier](#)). Alleen de mest-opzuig robot van Lely, in combinatie met bijbehorend roostersysteem, kelderonderdruk en luchtwassers met zuur, is hier een uitzondering op (\*).

**Strikte scheiding van mest en urine bij de bron is de enige echte oplossing.** Het NH<sub>3</sub> emissie probleem ligt in overtreding van de wetten van de biochemie en microbiologie. Daarom ligt daar ook

de enige oplossing: een strikte scheiding van mest en urine. Dat is opvang van de urine bij de bron, de vulva (zie ook [hier](#)) en onmiddellijke afvoer van de mest. Deze scheiding aan de bron is beslist niet hetzelfde als de scheiding van “de dikke en de dunne fractie” nadat alles op de stalvloer is gevallen en in de put is beland. Ureum hydrolyse kan alleen voorkomen worden als mest urease nooit in contact komt met urine. Alle andere aanpakken zijn halfslachtig: product promotie aangevuld met een beetje biochemie. Biochemie regeert in alle levende systemen; bevuilde mestvloeren niet uitgezonderd. Geen van de vloertypen voldoet hieraan ongeacht de rangorde in de RAV-lijst. De urease reactie trekt zich niets aan van het vloertype ondanks hun tot de verbeelding aansprekende namen zoals: “versnelde afvoer van urine”; “afvoer van urine door gaten”; “scheiding van dikke en dunne fractie”; urine doorlaatbare tegelvloer” enzovoort. In al die gevallen is het zo dat de urine van de koe, microbiologisch onmiddellijk zwaar besmet is geraakt met urease producerende bacteriën. Dit gebeurt binnen enkele seconden na contact met een bevuild oppervlak en ongeacht of dat oppervlak wel of niet met water is “schoongespoeld”.

De urease-reactie houdt pas op als alle ureum omgezet is. In sommige vloeren worden afdichtflappen toegepast. Dat betekent dat er mogelijk minder  $\text{NH}_3$  vanuit de mestput opstijgt en dat daardoor de  $\text{NH}_3$  concentratie in de stal lager is. Het “ruikt frisser in de stal”, maar de ureumsplitsingssnelheid wordt er niet lager van. Dat betekent dat de  $\text{NH}_3$  elders, bijv. via de putopening buiten de stal, ontsnapt want er heerst geen onderdruk in de put. Als er met water gespoeld wordt dan lost meer  $\text{NH}_3$  op in de waterfase, wat dan later weer vrijkomt, bijvoorbeeld bij het roeren in de put of bij het uitrijden. Uiteraard staat daar geen sensor die de  $\text{NH}_3$  concentratie bepaald aan de hand waarvan RAV-waarden berekend worden, immers de RAV-waarde betreft de emissie vanuit het dierenverblijf zelf. In sommige stallen wordt de mest gekoeld met bijv. grondwater of indirect m.b.v. een warmtepomp. Deze energievretende afkoeling vertraagt weliswaar de urease reactie in de mengput maar ze stopt niet; dat gebeurt pas bij een temperatuur van  $4^\circ\text{C}$ . Hierbij moet men zich realiseren dat ca 70% van het ureum al naar  $\text{NH}_3$  is omgezet op de stalvloer zelf (zie [hier](#)) voordat het in de mestput is gestroomd. De enige stallen die laag scoren (RAV=3.0; dit is 3 kg ammoniak per jaar per dierplaats zie [hier](#)) qua  $\text{NH}_3$  uitstoot zijn stalvloeren met roosterflappen, onderdruk in de put door afzuiging gekoppeld aan een luchtwassysteem en feces opzuigstelsel; dus niet mest schuiven maar opzuigen (Lely Sphere). De relatief lagere  $\text{NH}_3$  hoeveelheid die de vloer bevuilt, in de put belandt, of daar ontstaat, wordt weggezogen en chemisch verbonden met bijv. salpeterzuur. Hierbij ontstaat de facto een kunstmest equivalent, ammoniumnitraat. Bij de Hanskamp Vrijlevenstallen (\*) en Hanskamp beddingcleaner/ koeientoilet speelt zelfs dit niet omdat daar feces en urine vrijwel nooit bij elkaar komen. Daarom is dit systeem superieur boven alle andere (\*).

**Ureum productie bepaalt de  $\text{NH}_3$  emissie, niet RAV.** De RAV-waarden worden vastgesteld op grond van metingen door sensoren in combinatie met modellen en formules. De totale  $\text{NH}_3$  uitstoot van het bedrijf wordt voornamelijk, misschien wel uitsluitend, bepaald door de totale ureum jaarproductie (1 molecuul ureum geeft 2 moleculen  $\text{NH}_3$ ). De totale ureumproductie is elders in dit document uitgerekend (\*).

Op de stalvloer wordt meteen al ca. 70% omgezet. De overige 30% wordt tijdens de daaropvolgende stappen omgezet; onder de stalvloer, in de mestput en op het land en bodem. Eventueel kan nog gecorrigeerd worden voor opname door de planten, via  $\text{NH}_4^+$ , maar dat is een fractie van die 30%. Daar kan bij opgeteld worden de langzame  $\text{NH}_3$  productie afkomstig van organisch gebonden N in de mestfractie. Waarschijnlijk hoeft dit niet eens omdat de sensoren deze  $\text{NH}_3$  fractie waarschijnlijk ook niet kunnen meten. Het is langzame afgifte van  $\text{NH}_3$  gedurende de weken waarin de mest op en in de grond microbiologisch verteert.

**Stallen in lijn met de biochemische/microbiologische wetten.** Op de eerste plaats staat de Hanskamp VrijLevenStal; zandstallen, koeientoiletten, BeddingCleaner van Hanskamp-Agrotech (zie [hier](#)). In de zandstallen worden koeienvlaaien mechanisch verwijderd met de beddingcleaner (zie



hier). De urine zakt door een zandlaag, zodat ze niet in contact komt met feces. Deze urine wordt afgevoerd via een drainagesysteem. Deze stallen zijn uitermate geschikt voor nieuwbouw of rigoureuze verbouw ook al staan ze pal naast Natura 2000 gebieden. Deze stallen kunnen landschappelijk ook goed ingepast worden in de omliggende natuur (zie verder [hier](#)).

Op de tweede plaats staat het Lely Sphere N capture-systeem met onderdruk in de put met een mest verzamel- en afvoer robot (\*). Geen mestschuivers! Het systeem van Lely leent zich mogelijk beter voor bestaande heel grote koebedrijven.

Er zijn meer mestverwerkingssystemen die vooral als doel hebben om uit drijfmest een kunstmest equivalent te maken. Dit zijn bijvoorbeeld het N2-Applied GEA system (zie hier) en de stikstofkraker van JOZ (zie hier). Beide systemen opereren voorbij het punt van de urine- ureum splitsing, dus voorbij het punt waar de NH<sub>3</sub> al is gevormd op de stalvloer en grotendeels de lucht al is ingegaan. Daarom worden ze hier niet behandeld.

**Hanskamp-Agrotech systemen: biochemisch gezond, dieren gezond, antibiotica gebruik laag.** Hun systemen ([zie hier](#)) en de werking daarvan ([zie hier](#)) is te zien op diverse websites en YouTube filmpjes. Zij hebben hiervoor (inter)nationale prijzen gewonnen ([zie hier](#)) en de FME-certificering ([zie hier](#)). Het Hanskamp koeientoilet is op WUR- Dairy Campus Leeuwarden getoetst in een uitgebreide praktijkstudie ([zie hier](#) en [hier](#)). Zij konden in hun eerste proefronde gedurende 8 uur dag (overdag) gemiddeld 10 liter van de 30 liter (de productie/24 uur) urine per koe opvangen. Met de groep van 16 koeien, gemonitord gedurende 600 dagen, leverde dit 100m<sup>3</sup> urine op: 52000 plasjes in 600 dagen (zie [hier](#)). Uit andere studies (zie hier) bleek dat het gebruik van het koeientoilet de NH<sub>3</sub> uitstoot met minstens 50% vermindert. Dit was het fase 1 resultaat in 2021. Voor een 2023 WUR praktijkrapport over koe toiletten (zie hier).

Hoe kan het percentage van de dieren, dat aangeleerd kan worden om altijd van het urinoir gebruik te maken, vergroot worden richting 100%. Het door Dairy Campus gemeten getal: 10 liter urine/koe/dag (dagelijks produceert een koe ongeveer 30 liter/dag) kan m.i. gemakkelijke opgevoerd worden richting 100% door onderstaande acties. Deze vergen vooralsnog geen fundamenteel technologische aanpassingen van het HK-toiletsysteem. Bijvoorbeeld:

- het leerproces zo vroeg mogelijk laten beginnen dus zodra kalveren in koppels gegroepeerd worden ([zie hier](#), [hier](#) en [hier](#)).
- toiletten toepassen voor al het jongvee.
- ervoor te zorgen dat het leerproces niet onderbroken wordt door nachten dus zorgen voor beschikbaarheid: dag en nacht en 24/7 (de DC-proef liep alleen overdag waardoor het leerproces dagelijks onderbroken werd).
- het aantal toiletten per stal te vergroten tot een nader te bepalen aantal (onderzoeksproject). Dit moet haalbaar zijn in de HK-vrijlevenstal maar lastig voor gewone ligboxenstallen.
- koeientoiletten ook bij weidegang? Geen seizoens-interruptie van het leerproces. Geen urinedumping in patches op het land, dus minder NO<sub>2</sub>/NO<sub>3</sub> leaching (onderzoeksproject) en verdubbeling (365/182) ureum opbrengst per koe/jaar (\*).

**Clever cattle can help in resolving the climate killer conundrum.** Zindelijkheidstraining van kalveren is gemakkelijker dan kinderen! (zie [hier](#)). Dirksen e.a. (zie [hier](#)) laten zien dat, qua zindelijkheidstraining, de prestaties van kalveren van 120 dagen oud superieur zijn t.o.v. kleine kinderen. De reden hiervan is dat men kalveren bij elk succes kan belonen met iets lekkers terwijl dat voor kinderen minder gewenst is. Ze stellen duidelijk, en zeer terecht, dat het herkennings- en leervermogen van de meerderheid van koeien zal helpen om vee-gerelateerde milieuproblemen op te lossen zonder concessies te doen aan het koe welzijn; sterker nog, dat het welzijn en gezondheid van de koeien verbetert door verhoging van de hygiëne op de ligplaatsen en droge loopgangen met als gevolg minder mastitis, minder hoefproblemen en dus minder gebruik van antibiotica. Dirksen et



al berekenen dat de opvang van 80% van de urine een ammoniak reductie van 60% oplevert. Zij eindigen dit artikel met: *“Hence clever cattle can help in resolving the climate killer conundrum”*.

De vraag is hoe overheden, veehouders en hun organisaties hierdoor geïnspireerd kunnen worden de talenten van hun koeien te benutten om drie prangende problemen aan te pakken te weten:

- a) verlaging NH<sub>3</sub> en N<sub>2</sub>O (lachgas) emissie en nitraat uitspoeling
- b) verlaging van het antibioticagebruik
- c) selectieve opvang van antibiotica (liefst van elke medicatie) houdende urine van de onder behandeling zijnde koeien.

Eerder in dit document is de totale ureum productie voor een bedrijf met 200 koeien berekend uitgaande van 100% urine opvang ureum (\*) en in welke mate deze ureum kunstmest besparing oplevert. Bij het uitrijden van die opgeslagen urine kan de veehouder de dosering per m<sup>2</sup> afstemmen op de N-behoefte van de grond en dat product alleen uitrijden bij regenachtig weer.

Het is evident dat stallen met toiletten meer ruimte per koe nodig hebben en dat de indeling van de stal daar ook op aangepast moet worden. Een deel van de 25 miljard euro, transitiefonds, kan gebruikt worden om melkkoe-houders te helpen bij die investeringen, te beginnen veehouders in de buurt van Natura 2000 gebieden. Met doorontwikkeling van bovenbedoelde aanpak kan hier een Nederlands visitekaartje van de melkveehouderij ontstaan en nog een exportproduct in stal- en mestmanagementsystemen.

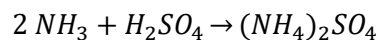
**De Beddingcleaner en de VrijLevenStal” op zandbedding van.** Dit zijn open stallen ([zie hier](#)) waarbij het hele stal/loop oppervlak bedekt is met ca 0.5 meter zand, kaf of zaagsel, op een betonvloer voorzien van drainagesysteem. De urine valt door het zand en wordt passief afgevoerd via irrigatiebuizen. De schone urine stroomt zo naar een put. Zo blijft de ureum intact. Bij voorkeur is de put luchtdicht, dus anaeroob en geen urease producerende bacteriën. De mestvlaaien worden meerdere keren per dag afgevoerd met een door Hanskamp-AgroTech ontwikkeld, eenvoudig 2 m breed apparaat dat lijkt op een bollen- of uienlichter. Deze wordt aangedreven door een minitractor ([zie hier](#)). Dit kan ook gerobotiseerd worden of nog een stap verder (zie [hier](#))

**De enorme winstpunten voor zandstallen met beddingcleaner en het koeientoilet van Hanskamp Agrotech.** Beide systemen kunnen afzonderlijk geïmplementeerd worden of, idealiter, in combinatie (hieronder: “het systeem” genoemd)

- het systeem kan als enige het ureum van de urine tot waarde brengen
- het systeem zorgt voor een drastische verhoging van de hygiëne voor de koe
- het systeem zorgt voor vermindering infectiedruk op uier en hoeven en dus voor verlaging van het antibioticagebruik en verlaging werkdruk voor de veehouder.
- Van de koeien die dan toch nog antibiotica nodig hebben, dan kan antibiotica houdende urine selectief opgevangen worden zodat er geen antibiotica in de mestput en op het land komt. Met een softwarematige aanpassing van het zender/ontvanger systeem aan de koe kan een klep in de afvoer van het toilet aangestuurd worden zodat deze urine, naar een aparte tank gestuurd kan worden. Dit doel kan alleen met koeientoiletten gerealiseerd worden. Het zou ook toegepast moeten worden andere medicaties. Een overheidsdienst zou de medicijn houdende urine gratis moeten ophalen en verwerken. Zo wordt voorkomen dat antibiotica en andere medicijnen in het milieu terecht komen. Dit aspect is in feite veel belangrijker dan lokale NH<sub>3</sub> neerslag kwestie.

**Het Lely Sphere systeem met mest opzuigrobot.** Dit is het enige systeem dat gehoorzaamt aan de wetten van de biochemie en dat, na de nodige ombouw, toegepast kan worden op bestaande grote

stallen en vloeren. Eerder is een schatting gemaakt van de hoeveelheid zuur die nodig is om de mestput, met een jaarmestproductie van 200 koeien, naar pH 5 te brengen. Dit betreft de zuurconversie van  $\text{NH}_3$ , die in de drijfmest zit, naar  $\text{NH}_4^+$ . Dit op basis van WUR-gegevens (zie hier). Ruwweg 30% van alle  $\text{NH}_3$  die geproduceerd is door ureum splitsing moet omgezet worden naar  $\text{NH}_4^+$  immers de overige 70% is op de stalvloeren al meteen vervluchtigd. Het Lely Sphere systeem, gehoorzaamt de biochemie door zich te richten op de eis dat moet worden voorkomen dat mest in contact komt met urine. Alleen dan wordt voorkomen dat ureum gesplitst wordt en dus behouden blijft als meststof voor het eigen land van de boer. Omdat de urine ook bij dit systeem altijd wel enigszins besmet raakt met urease bacteriën, wordt de ontstane  $\text{NH}_3$  weggezogen vanwege onderdruk in de put en naar de luchtwasser geleid. Hier wordt de  $\text{NH}_3$  met zuur omgezet naar  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  i.g.v. het gebruik van zwavelzuur. Dit is dezelfde reactie als die door o.a. WUR/DC gebruikt is voor het aanzuren van de hele mestput (\*).



#### De essentie van het Lely Sphere systeem:

- De pasgevallen feces wordt meteen verwijderd door het met een robot op te zuigen die het vervolgens dumpst buiten bereik van koeienpoten en urine.
- De robot spoelt de plek waar mest is gevallen meteen schoon zodat besmetting met een volgende urinelozing relatief laag zal zijn.
- De urine, die op de vloer valt, verdwijnt via de nauwe spleten in de put.
- Deze urine zal ook enigszins besmet zijn met urease bacteriën en een fractie van het ureum zal gesplitst worden. De  $\text{NH}_3$  die daarbij ontstaat wordt meteen weggezogen omdat de spleten in de vloer zodanig nauw zijn gemaakt met rubberflappen dat onderdruk in de put gecreëerd kan worden. Hierin bevindt zich de gevormde  $\text{NH}_3$ .
- Dit is de  $\text{NH}_3$  pool die naar  $\text{NH}_4^+$  omgezet moet worden met een zuur. De hoeveelheid zuur die hiervoor nodig is, zal enorm veel lager zijn dan de hoeveelheid zuur die nodig is om een hele drijfmestput te neutraliseren (\*).
- De urine in de put zal een hoge ureum concentratie hebben. Een concentratie die erg zal lijken op die in de ouderwetse gierput. Deze hoeveelheid ureummeststof (\*) kan een groot deel van de kunstmestbehoefte van het bedrijf vervangen. Het bedrijf Lely zal ongetwijfeld al data hebben betreffende bovenstaande punten; ze staan nog niet op hun website.
- De koeienpoten en de uier zullen schoner zijn dan die op andere vloeren; minder hoef-en uierproblemen, minder antibiotica, schonere melkstallen, schonere melk.

Op de Lely website wordt de biochemie van hun luchtwasser niet uitgelegd (zie hier). Wordt gebruikt gemaakt van koolzuur ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) dat wordt gemaakt van afgevangen  $\text{CO}_2$  uit de industrie? Dan wordt  $\text{NH}_3$  in de luchtwasser gekoppeld aan het  $\text{CO}_2$  deel tot  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ . Bij uitrijden over het land gaat de  $\text{NH}_4^+$  de bodem in; de  $\text{CO}_2$  gaat de lucht in.

Een alternatief is het gebruik van salpeterzuur  $\text{HNO}_3$ . Het eindproduct wordt dan ammoniumnitraat ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ). In de bodem wordt dit  $\text{NH}_4^+$  en  $\text{NO}_3^-$  dus meststof met dubbel N gehalte. Ammoniumnitraat in korrelvorm als kunstmest is in Nederland verboden (zie hier); niet als vloeistof.

Een derde optie is een combinatie van Lely Sphere technologie met die van het  $\text{N}_2$  capture-systeem van GEA. Stikstof ( $\text{N}_2$ ) uit de lucht wordt geoxideerd (met veel energie/zon) tot een stikstofoxide. Dit kan worden gekoppeld aan de  $\text{NH}_3$  van het Lely's afzuigsysteem zodat ammonium nitraat ( $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ) meststof ontstaat dat bij voorkeur met een spaakwielbemester de grond ingebracht in de wortelzone (zie [hier](#)).

**Biochemie staat op gespannen voet met weidegangromantiek.** Weidegang wordt gepromoot o.a. vanwege het “stikstof” reductie aspect. Maar koeien in de wei produceren evenveel urine als stalkoeien en niets verdwijnt naar niets. In het weiland valt de urine vrijwel nooit op de mestflat en daarom wordt het ureum niet gesplitst maar trekt in de grond. De lokale minerale stikstof concentratie op urine plekken kan hoog oplopen tot het equivalent van een stikstofgift van 200- 500 kg N per hectare (WUR-data, zie [hier en hier](#)). Het ureum wordt in de grond langzamerhand, d.w.z. in 1 tot 3 dagen (zie [hier](#)), omgezet naar  $\text{NH}_3$ , dat de lucht in gaat maar niet op zinvolle manier te vangen is met het Aerius-model, of het wordt omgezet naar  $\text{NH}_4^+$  of door nitrificatie verder omgezet naar  $\text{NO}_3^-$  beiden worden in het groeiseizoen door de wortels opgenomen. De  $\text{NO}_3^-$  dat niet wordt opgenomen spoelt uit naar het grondwater. Dit nitrificatie en uitlogingsproces gaat maandenlang door, ook in winterseizoen (zie [hier](#)). Kortom wat weidegang bespaart op  $\text{NH}_3$  emissie in de stal komt terug als een toename in  $\text{NO}_3^-$  lekkage (zie [hier](#)) naar grond- en oppervlaktewater. Met andere woorden: omschakeling naar weidegang moet, ook om deze reden, vergezeld gaan met urine opvang in het weiland (\*). Dit alles speelde bij de kleine boeren van vroeger minder maar nu de koe koppels op geweide grond erg groot zijn, kan dit wel een probleem zijn en eist aandacht en vakmanschap van de koeboer

**Koetjes in de wei, wildplassen en lachgas.** De  $\text{N}_2\text{O}$  belasting door dierlijke drijfmest is even groot als die voor kunstmest (zie [hier](#)). De  $\text{N}_2\text{O}$  belasting bij beweiding is ook hoog (zie [hier](#)). Twintig koeien in de wei is prima; maar nu zijn koppels van 200 melkkoeien in een weiland te zien. Urine en mest van grazend vee was in 2021 verantwoordelijk voor 11% van de totale lachgasemissie ([hier](#)). Dit komt omdat op de plekken, waar de koe 5 tot 10 liter/keer urine dumpst, urine-ureum gesplitst wordt door ureases van groundbacterien, zij het niet zo snel als op de stalvloer, gevolgd door nitrificatie naar  $\text{NO}_2^-$  (nitriet);  $\text{NO}_3^-$  (nitraat) en waarbij  $\text{N}_2\text{O}$  (lachgas) ontstaat (reactieschema zie [hier en hier](#)).

De hoeveelheid van deze stikstofverbindingen, die ter plekke door een koe in één keer wordt gedumpt, is veel groter dan wat meteen door het gras kan worden opgenomen. Bij groeizaam weer ontstaan ter plekke dikke plukken gras die, afhankelijk van het aantal grazende koeien/ha, wel 10-20% van het oppervlak in beslag kunnen nemen. D.w.z. op die plekken ontstaan oases van 10-20 cm hoog gras temidden van kaalgevreten weiland. Als het geen groeizaam weer is, ontstaat op plasplekken een gras dodende ophoping van  $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$  plus beide nitraten. Deze brandplekken kunnen 10-20% van het weilandoppervlak beslaan. En als het gras dood is wordt er ook niets meer opgenomen door de wortels dat betekent dat de meeste, zo niet alle, nitraten naar het grond- en oppervlaktewater gaan (onderzoeksproject). Een deel wordt gedenitrificeerd tot  $\text{N}_2\text{O}$  dat de atmosfeer in gaat. Een oplossing staat hieronder (\*). Bij de drinkplekken is de urine depositie, dus  $\text{NH}_3$  emissie en  $\text{NO}_3^-$  uitloging uiteraard hoog. Nog een reden om de drinkwatervoorziening ook mobiel te maken en te integreren met het urineopvangsysteem. Water brengen; urine ophalen. De beloning voor de koe is dan schoon water.

Om lokale verbranding, vette graspollen, nitraatuitspoeling en lachgasemissie te vermijden, moeten koeien-toiletten met de dieren mee migreren met het beweidingssysteem. Deze moeten dan vrijdbaar zijn en een urine-opvangtank hebben. Door toiletten mee te nemen in de weidegang wordt het leerproces van de koeien niet onderbroken (\*) en wordt de urine-ureum het hele jaar door opgevangen. Een alternatief is een mobiele toiletunit (zelfrijdend, gps gestuurd, zonnepaneel, accu) die de opgevangen urine meteen en in lichte dosering/ $\text{m}^2$  over het kaalgevreten deel van het weiland, uitsproeit. Uitdagingen voor de agri-tech sector.

**De Raad van State, weidegang en intern salderen.** De RvS heeft geoordeeld “dat de stikstofuitstoot van weidemest veel lager is dan de stikstofuitstoot van het uitrijden van drijfmest. Door dit oordeel is intern salderen mogelijk (zie hier). Fijn voor veehouders met weidegang maar de RvS-redenering klopt niet. De koeien die in een ligboxenstal leven produceren per dag evenveel urine (en mest) als die in het weiland. Het meeste ureum (ca 70%) dat in de stal geproduceerd wordt, breekt binnen een uur af en vervluchtigt als  $\text{NH}_3$  (\*). Maar in het weiland, waar urine en mest gescheiden op de

grond vallen, is dat niet zo. Alle urine ureum komt op de grond en blijft daar. Daar wordt het ureum niet snel maar langzaam afgebroken nl. door de ureases in de bodem en niet door de ureases in de mest, en daardoor vervluchtigt er weinig en blijft het waarschijnlijk ook buiten het bereik van sensoren. In de grond wordt  $\text{NH}_3$  omgezet naar  $\text{NH}_4^+$  dat opgenomen wordt of aan de gronddeeltjes bindt of het wordt omgezet naar nitraten. Omdat de urine en mest (door de koeien) slecht verdeeld wordt over het land, worden deze N-vormen relatief weinig (berekend als N opname per ha) opgenomen door de planten (RIVM zie [hier](#)). De N-concentratie op een urinepatch, dus lokaal, is superhoog, equivalent aan 400-1200 kg/ha (zie hier WUR- proefschrift pag51). Daarom loogt het overschot onder de urinepatch uit. Op vrijwel alle zandgronden zorgt deze nitraat belasting in combinatie met aangewende kunstmest-nitraten, voor  $\text{NO}_3^-$  overbelasting van grond- en oppervlaktewater (WUR-studie; zie hier) en RIVM-studie zie [hier](#)). Het resultaat is dat de nitraat uitloging in beweide gronden hoger is dan in grasland dat bemaaid, en dus bemest wordt met kunst- en drijfmest. De nitraten kunnen ook hun weg vervolgen via nitrificatie naar vluchtig lachgas. Het is merkwaardig dat de RvS een oppervlakkige bewering doet aangaande weidegang en stikstofuitstoot (lees  $\text{NH}_3$ ) terwijl het echte probleem dieper ligt t.w. de  $\text{NO}_3^-$  uitspoeling naar grond- en oppervlaktewater. Dit was, ver voor de RvS uitspraak, al grondig onderzocht is door de WUR (zie hier). Onderzoek van het RIVM (zie [hier](#)) is in lijn met het WUR-onderzoek. De juristen van de RvS hebben zich niet laten leiden door de gedetailleerde onderzoeksresultaten van bodemdeskundigen en biochemici van de WUR en RIVM, en hun oordeel heeft dientengevolge, biochemisch gezien, geen grondslag. Het komt erop neer dat urine-ureum ook opgevangen moet worden bij weidegang; niet alleen om ureum te laten kringlopen en  $\text{NH}_3$  emissie tegen te gaan, maar vooral ook om  $\text{NO}_3^-$  uitloging te verminderen.

**Ureum winnen ook bij weidegang.** In een eerdere paragraaf stond: “De waarde van de ureum productie is €200/koe/jaar” stond dit: Elke koe produceert ca. 20 liter urine per dag ([zie hier](#)); 365 dagen per jaar met een ureum concentratie van ca 15 g/liter ([zie hier](#)). De WUR rapport gebruikt als maat 40 liter urine/dag ([zie hier](#)) met een ureum concentratie van 8 g/l ([zie hier](#)). In beide gevallen komt dit uit op ruim 100 kg ureum per koe per jaar. Een bedrijf met 200 koeien, produceert ca. 20 ton ureum/jaar. Met 100 ha grasland kan de veeboer in principe 200 kg/ha/jaar ureum opbrengen; ureum dat het bedrijf zelf geproduceerd heeft; mits alle urine opgevangen wordt (\*).

Uitgaande van weidegang van 182 dagen/jr. en alleen overdag (dit klopt niet helemaal; zie [hier](#) voor CBS-data weidegang in 2023) wordt ruwweg  $\frac{3}{4}$  van de urine afgegeven in de stal en  $\frac{1}{4}$  op het land. Bij weidegang overdag belandt dus  $20/4 = 5$  ton ureum/jaar op het land. Op hoeveel hectare land dat ureum terecht komt is afhankelijk van het beleid van de veehouder.

Hoe dan ook, die ureum belandt in patches die ca.10-20% van het oppervlak beslaan met ca. 0.5 m<sup>2</sup> urine per patch (zie [hier](#)), afhankelijk van grondtype. Ter plekke ontstaan vette pollen gras of een verbrande zode, al naar gelang het weertype. In beide gevallen verliezen van gras. De WUR heeft deze verliezen berekend (zie [hier](#)).

Lokale nitrificatie en uitloging van  $\text{NO}_3^-$  naar grondwater en de vorming van lachgas zijn forse problemen m.b.t. weidegang van grote koe koppels van 100 of meer (nog een voorbeeld van “pollution swapping”). Hier kan aan gerekend worden. Stel 200 koeien die ca 7 uur/dag buiten lopen en elke dag 1 hectare vers gras erbij krijgen. De hoeveelheid urine die op die hectare gedumpt wordt per dag is 200 x 20 liter: 3 (7uur/dag) x 10 g ureum/liter urine. Dit is 14 kg ureum per hectare. De urine patches vormen ca 10 % van het oppervlak (zie [hier](#)). De ureumgift op de gezamenlijke urinepatches is dus 140 kg/ ha. Dit wordt omgezet in ammoniak en nitraat en wat niet gebruikt wordt door de planten in de daaropvolgende weken gaat de lucht in als ammoniak of loogt uit als nitraat. Deze verliezen zijn groter onder slechte groeiomstandigheden; bijv. droogte of najaar. Deze lokale overbemestingsproblemen kunnen voorkomen worden door toepassing van weilandtoiletten voor opvang van urine-ureum. Hier liggen interessante uitdagingen voor agro-technici.

Verrijdbaarheid/gps sturing/combinatie met drinkwatervoorziening/ combinatie met schaduwplekken voor de dieren.

**Veel mogelijkheden voor doorontwikkeling en export van HansKamp Agritech systemen.** De urine die met het dit systeem opgevangen wordt is schoon en vrijwel niet besmet met urease producerende bacteriën dit i.t.t de urine houdende fractie dat altijd wordt aangeduid met “de dunne fractie” die vrijkomt bij alle andere stalvloeren/semi-doorlaatbare vloeren/hellende vloeren/ vloeren met mestschuivers of mestschuifrobots/mestvizels enzovoort (\*).

De urine van het HK-systeem is uiteraard niet aseptisch; overal zijn bacteriën. Maar omdat er weinig mestdeeltjes in deze urine zitten, beschikken de urease producerende bacteriën niet over de noodzakelijke koolstofbron (zetmeel, suikers, aminozuren e.d. uit mestdeeltjes); ze zullen afsterven en stoppen met de aanmaak van urease. Daardoor stopt de ureum splitsing en kan er, uit de urine-ureum ook geen  $\text{NO}_2^-$ ;  $\text{NO}_3^-$  en, belangrijker nog, geen  $\text{N}_2\text{O}$  (lachgas) gevormd worden. Deze urine lijkt, wat dat betreft, waarschijnlijk veel op de urine in de ouderwetse gierput (\* en een onderzoeksproject). De HK-urine kan bij voorkeur met een spaakwielbemester de grond ingebracht worden, dus in de wortelzone (zie [hier](#) en [hier](#)). Pas dan en daar, dus in de grond en niet in de stal, wordt het ureum langzaam gesplitst naar  $\text{NH}_3$  gevolgd door omzetting naar  $\text{NH}_4^+$ , en nitraten, dat meteen aan de gronddeeltjes bindt of meteen door de plantenwortels wordt opgenomen. Die splitsing door ureases van grond bacteriën verloopt relatief langzaam en in synchronie met de opname snelheid door het gras. De asynchrone stikstof toediening en de opname door planten is een belangrijke oorzaak van lachgasemissie (\*).

**Het Hanskamp-systeem is de enige weg naar ammoniakreductie in de koeienhouderij.** Alle andere systemen/vloeren zijn in strijd met de fundamentele wetten van de biochemie. Deze bewering wordt ondersteund door het feit dat er in de afgelopen decennia allerlei vloeren e.d. zijn ontwikkeld, en aan veehouders verkocht; dit terwijl het “stikstofprobleem” en de conflicten en spanningen daaromtrent, nog nooit zo hoog geweest zijn als nu. De uitkooppolitiek lost niets op; verschuift het probleem hooguit naar elders (zie [hier](#)). Het is visieloze politiek in combinatie met wantrouwen jegens de agrotechnologie. Agrotechnologie is een belangrijk exportproduct van Nederland; zoals melkrobots en andere veehouderijmachines. Het Hanskamp-systeem kan bij uitstek geïmplementeerd worden pal naast Natura 2000 gebieden ook omdat zand voor de aanleg en onderhoud van de bedding daar vaak ruim voorhanden is en relatief goedkoop. Bovendien vergt lokaal zand relatief weinig transport zeker als dat afgezet wordt tegen dieselkosten van lange afstands-drijfmesttransporten over de weg.

**Kosten van toilet en zandstallen.** De kosten van de verbouwing van bestaande stallen naar een vrijlevenstal plus toiletten zijn mij niet bekend. Maar omdat de stal geen drijfmestput, roosters en matten e.d. nodig heeft moeten de kosten aanmerkelijk lager zijn dan een gewone ligboxenstal. De urine kan buiten de stal onder- of bovengronds opgeslagen worden. Omdat het dunne vloeistof betreft kunnen relatief lichte elektrische pompen volstaan.

in ieder geval zijn de kosten van het Hanskamp systeem een fractie van de uitkoopkosten die de overheid nu bereid blijkt te betalen. Bedrijven in de omgeving van Natura 2000 gebieden behoren als eerste in aanmerking te komen voor ombouw naar VrijLevenStal plus koeientoiletten met co-financiering door de overheid; dezelfde overheid die in de jaren 60 deze, en alle, veehouders hebben verleid om van vaste- naar ligboxenstallen om te schakelen.

Door grootschaliger productie van de toiletten wordt de aanschafprijs vanzelf lager. Tegelijk kan flink bespaard worden op kunstmestkosten. Het toilet/zandstalsysteem, en trouwens ook het toilet zelf is relatief low-tech en onderhoudsarm. Voor het Hanskamp zandstal-systeem is meer ruimte nodig per koe. Dit is een evident pluspunt voor het dierenwelzijn en gezondheid van poten en uier. De overheid kan hier helpen met een ruimhartiger ruimtebeleid voor veehouders die dit systeem willen opzetten. Dit is een typische taak voor de overheid.

**Het zandbedstelsysteem; biochemisch is er niet beter.** In alle drijfmeststallen en op elk vloertype staat het urease gen vol open want er is overmaat ureum (zie tekst vak). Niet zo bij de Hanskamp zandstallen. In de bacteriën in mestkroketten staat het urease gen op stand “uit” want er is geen ureum. Dat is een groot voordeel omdat bij het uitstrooien van die vaste mest er op het land ook geen, althans niet meteen,  $\text{NH}_3$  emissie plaatsvindt. De urease concentratie in drijfmest is hoog. Aangekochte ureum houdende kunstmest uitstrooien vlak voor of vlak na drijfmest is daarom uit den boze; het ureum wordt meteen gesplitst. Bij het uitstrooien van de Hanskamp mestkroketten speelt dit minder (onderzoeksproject).

**Lachgas productie ontstaat in drijfmest, in de dunne fractie en in vaste stromest maar niet in schone urine.** Lachgas ontstaat niet in schone urine in de HK-put. Lachgas is ( $\text{N}_2\text{O}$ ) is een broeikasgas dat 265 sterker is dan  $\text{CO}_2$  (zie [hier](#)). Lachgas geeft geen stikstof depositie in de lokale natuur omdat het meteen naar hogere sferen vliegt en zorgt voor wereldwijde problemen. Lachgas ontstaat in het proces van nitrificatie en denitrificatie van  $\text{NH}_4^+$  en  $\text{NO}_3^-$  respectievelijk. Het maakt niet uit waar  $\text{NH}_4^+$  of  $\text{NO}_3^-$  vandaan komen. Lachgas komt dus vrij uit kunstmest zoals KAS; uit drijfmest; potstalmest en door urineplekken van grazend vee. Zo zijn beweiding, toediening van dierlijke drijfmest en kunstmest de grootste bron van  $\text{N}_2\text{O}$  (zie [hier](#)). Ureum als kunstmest scoort ruim 10 x lager, qua lachgas emissie dan anderen kunstmest stoffen. Dat komt omdat ureum niet direct lachgas kan voortbrengen dit i.t.t. bijvoorbeeld ammoniumnitraat. Pas na (de)nitrificatie stappen kan uit  $\text{NH}_4$  en  $\text{NO}_3$  het lachgas ontstaan ( $\text{N}_2\text{O}$ ). Dit brengt ons op de ureum in de ouderwetse gierput en in de gierputten van alle drie Hanskamp systemen. In deze putten wordt ureum niet gespist (\*) dus ontstaat er geen  $\text{NH}_3$  en  $\text{NH}_4^+$  en omdat deze putten zijn zuurstofarm zijn kan het beetje  $\text{NH}_3$  en  $\text{NH}_4^+$  dat er gevormd wordt niet oxideren naar lachgas.

**Het Hanskamp-Lely Sphere systeem; een perfect duo.** De urine van het HK-systeem en die van het Lely Sphere systeem is vrij van vast materiaal (zie hier en hier). Het is daarom uitermate geschikt voor spaakwielbemesting van de grond. De ureases van de bodembacteriën zorgen dan voor een langzame afgifte van  $\text{NH}_4^+$ . Dit zal, afhankelijk van het weer, in redelijke synchronie kunnen verlopen met de N behoefte van de wortels. Het trio samen is precisie bemesting met biologisch materiaal en lage  $\text{NH}_3$  emissie.

Er zit nog een mooi aspect aan. Alle fosfaat zit in de feces. Immers fosfaat is een bestanddeel van het DNA, RNA van alle levende en dode cellen: pens- en darmbacteriën, plantenresten, afgesleten koeiendarmcellen. Urine, zoals het uit de koe komt bevat geen celmateriaal, is semi-steriel en bevat dus weinig fosfaat. Dus de “Hanskamp urine” en de “Lely Sphere urine” zullen in de ideale situatie ook weinig fosfaat bevatten. Bij bemesting kan de veehouder met deze urine-ureum goed sturen op de N-gift (en K-gift) per ha. Met de vaste mestfractie kan gestuurd worden op fosfaat en organisch gebonden stikstof. Bij de z.g. dunne fractie die uit de mestscheidingssystemen komt ligt dit anders. Die dunne fractie zit vol met mestdeeltjes en bacteriën en is dus net zo rijk aan fosfaat en organisch N als feces en kan minder goed gebruikt worden voor P en N sturing.

Vanwege fosfaat quoteringkwesties zijn vooral intensieve en grote melkveehouders gedwongen een deel van hun drijfmest af te voeren en het N-tekort met kunstmest aan te vullen. Dit is een bizarre situatie omdat deze veehouders zelf over meer dan genoeg N beschikken; alleen het zit in het verkeerde medium; t.w. de fosfaatrijke drijfmest. Aanvulling met N-kunstmest is klimaatvriendelijk in meerdere opzichten (\*).

Door toepassing van het Hanskamp en Lely Sphere systeem wordt dit dilemma opgelost. De vaste mest kan over het land en de eventuele overmaat aan fosfaat, in die vaste mest, kan verkocht worden aan akkerbouwers of tuinders. Zo kunnen de drijfmesttransporten vanaf melkveehouderijen grotendeels uitgefaseerd worden. Dit is ook winst want het zijn de facto klimaatvriendelijke, kostbare watertransporten.



**De vaste Hanskamp-mest, bodemleven en weidevogels.** Toediening van drijfmest, en andere organische mestsoorten, is beter voor het bodem-ecosysteem dan kunstmest; dat weet elke veehouder en is wetenschappelijk onderbouwd (zie [hier](#)). Evenwel geeft injectie van drijfmest met mestkouters zodebeschadiging en besmeuring van het gras (zie [hier](#)) en vergt veel trekkracht, dus diesel, dus NO<sub>x</sub> uitstoot. Drijfmest toediening heeft voor- en nadelen (zie [hier](#)). Drijfmest heeft ook een licht remmend effect op het bodemleven (zie [hier](#)). Drijfmest trekt geen weidevogels aan, integendeel ze mijden met drijfmest bemest land (zie [hier](#), [hier](#) en [hier](#)) en 90- 100% van de nesten worden vernietigd (zie [hier](#)). De Hanskamp mestkroketten zijn relatief droog, stapelbaar en hebben een fijne structuur. Dit geldt ook, zij het in mindere mate, voor de mest uit het Lely Sphere systeem. Deze mest kan ook met eenvoudige meststrooiers over het land gebracht worden en het valt meteen tussen de grassprietten op de grond en niet deels boven op het gewas zoals i.g.v. drijfmest. Het is daardoor direct beschikbaar voor verdere bewerking door het bodemleven, wormen, kevers, insecten en de andere miljoenen bewoners van de grond. Dit is het menu van weidevogels. Kortom; Hanskamp-mest en Lely Sphere-mest zou wel eens heel goed kunnen uitpakken (onderzoekproject) voor het weidevogelbestand.

**Schone koeienurine en lachgas emissiereductie.** Lachgas is een “vergeten” klimaatgas (zie hier) maar wel met een klimaatimpact even groot of groter dan die van CO<sub>2</sub> en methaan (zie [hier](#)). Landbouwgrond is verantwoordelijk voor ruim 70% van de door de mens veroorzaakte lachgas productie (zie [hier](#)). Lachgas emissie wordt bevorderd door toediening, ineens, van N in drijfmest en kunstmest; er verschijnt dan meer N in de grond dan de planten op dat moment kunnen opnemen. De opname is lager bij kort pas gemaaid gras dan in gras wat later in de groeiperiode zit. De tijdelijke overmaat is gevoelig voor nitrificatie en denitrificatie, dus lachgas vorming. Om praktische en economische redenen wordt drijfmest éénmalig uitgereden na het maaien. Dit is ook het geval voor kunstmest uitstrooien.

Het zou beter zijn om deze vorm van bemesting frequenter uit te voeren met lagere dosering. Dat kan niet met de huidige bedrijfsapparatuur; zware tractoren en mestinjecteurs. Met de Hanskamp-ureum-urine en de Lely Sphere producten kan dit wel. Dit zijn vloeistoffen en kunnen aangebracht worden met lichte apparatuur (en minder gebruik van diesel) en breder bereik per gang. Dat kost dus ook minder tijd met als gevolg dat eventueel ook vaker bemest kan worden na het maaien en voor het maaien van de volgende snee. Hierdoor kan ook vaker rekening gehouden worden met het weer; bemesten bij regen. Dit is in feite precisiebemesting. En precisie bemesting is de meest effectieve manier om lachgasproductie vanuit de landbouwgrond te verlagen.

**Eindsamenvatting.** Dit artikel is begonnen met de duiding van de noodzaak tot vergaande verbetering van de hygiëne in veestallen en, via kwesties die zich afspelen in de weilanden met grazende dieren, eindigt dit verhaal met de duiding van de noodzaak voor vergaande verbetering van de uitstoot-hygiëne in de hele agrarische sector ten aanzien van de omgang met de hele wereld; ons klimaat.