



Mest en Metropolen

Een bijdrage aan de discussie over oplossingsrichtingen voor het sluiten van kringlopen

Pieter de Wolf, Daan Verstand, Krijn Poppe en Theun Vellinga

Mest en metropolen

Een bijdrage aan de discussie over oplossingsrichtingen voor het sluiten van kringlopen

Pieter de Wolf¹, Daan Verstand¹, Krijn Poppe², Theun Vellinga³

¹ Wageningen Plant Research, contactpersoon (pieter.dewolf@wur.nl),

² Wageningen Economic Research,

³ Wageningen Livestock Research.

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen University & Research in opdracht van en gefinancierd door het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, in het kader van het Kennisbasis onderzoeksthema 'Sustainable Food and non-Food production' (projectnummer KB-21 -003-001).

WR is een onderdeel van Wageningen University & Research, samenwerkingsverband tussen Wageningen University en de Stichting Wageningen Research.

Lelystad, mei 2019

Rapport -791

De Wolf, P., Verstand, D., Poppe, K., Vellinga, T., 2019. *Mest en metropolen; Een bijdrage aan de discussie over oplossingsrichtingen voor het sluiten van kringlopen*. Wageningen Research.

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/478479>

Trefwoorden: Kringlooplandbouw, nutriënten, veehouderij, oplossingsrichtingen.

© 2019 Wageningen, Stichting Wageningen Research, Wageningen Plant Research, Business unit Open Teelten, Postbus 430, 8200 AA Lelystad; T 0320 29 11 11; www.wur.nl/openteelten

KvK: 09098104 te Arnhem
VAT NL no. 8113.83.696.B07

Stichting Wageningen Research. Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen of enige andere manier zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Stichting Wageningen Research.

Stichting Wageningen Research is niet aansprakelijk voor eventuele schadelijke gevolgen die kunnen ontstaan bij gebruik van gegevens uit deze uitgave.

Rapport -791

Foto omslag: Beeldbank Wageningen University and Research.

Inhoud

| | | |
|---------------------|---|-----------|
| Woord Vooraf | 5 | |
| Samenvatting | 6 | |
| 1 | Introductie | 7 |
| 1.1 | De livestock revolution | 7 |
| 1.2 | De veehouderij in Nederland | 7 |
| 1.3 | Vraagstelling en leeswijzer | 10 |
| 2 | Regionale specialisatie in de locatie van vee | 13 |
| 2.1 | Twee trends | 13 |
| 2.2 | Vier regionale archetypes | 15 |
| 2.3 | Voorkomen van de vier archetypes | 18 |
| 2.4 | Conclusie en reflectie | 21 |
| 3 | Nutriënten in kaart | 23 |
| 3.1 | Nederland: een typische delta | 23 |
| 3.2 | Enkele kengetallen | 23 |
| 3.3 | Belangrijke trends in de Nederlandse agrosector | 24 |
| 3.4 | Concentratie van nutriënten | 25 |
| 3.5 | Herkomst van nutriënten | 27 |
| 4 | Twee mogelijke, extreme, oplossingsrichtingen | 29 |
| 4.1 | Technologische oplossing, behoud van omvang van de sector | 29 |
| 4.2 | Gesloten gebied, zelfvoorzienend | 30 |
| 4.3 | Gevolgen oplossingsrichtingen in andere gebieden dan de Delta | 31 |
| 5 | Onderzoekagenda, discussie en conclusies | 33 |
| 5.1 | Conclusies | 33 |
| 5.2 | Discussie en onderzoekagenda | 34 |
| 6 | Referenties | 37 |

Woord Vooraf

Het rapport wat voor u ligt is het resultaat uit het WUR Kennisbasis project Akkerbouw-Veehouderij interacties, dat twee jaar geleden is gestart. We wisten toen nog niet dat kringlooplandbouw zo'n groot beleidsthema zou worden, maar we vonden het wel belangrijk om een betere kennisbasis te leggen voor een onderwerp wat voortdurend tussen wal en schip van sectoren en domeinen valt. Bij akkerbouw-veehouder interacties wordt vaak uitsluitend gedacht aan samenwerking tussen akkerbouwers en melkveehouders en aan gemengde bedrijven. Dat is niet onterecht, want in Nederland wordt op grote schaal mest, voer en grond gedeeld tussen bedrijven uit verschillende sectoren. Echter, de interactie vindt niet alleen op bedrijfsniveau plaats, maar ook op sectorniveau. Door de afschaffing van het melkquotum in 2015 is de melkveehouderij snel gegroeid, waardoor de mestproductie ook snel toenam. Dat had grote effecten op de mestmarkt, waar ook de varkenshouderij (als andere aanbieder) en de akkerbouw (als belangrijkste afnemer) actief zijn. Wij vonden het belangrijk om deze interactie verder te doordenken, als input voor publieke en private beleidsvorming.

Gaandeweg het project zagen we dat het verhaal eigenlijk breder is: het gaat niet alleen om dieren en planten, maar ook om de mens. Nederland is niet alleen een land met een hoge veedichtheid, maar dat combineren we ook met een hoge 'mensendichtheid'. Dat geeft niet alleen maatschappelijke spanningen, maar mensen concentreren ook nutriënten die nu via het huidige afvalstelsel vrijwel allemaal verloren gaan uit de landbouw-voedselkringloop.

Tijdens het project hebben we dit verhaal verschillende keren getoetst bij verschillende mensen, zowel individueel als via presentaties en workshops. Dat leverde ons niet alleen waardevolle input op om het verhaal beter te maken, maar het liet ons ook iets anders zien: het is waardevol dat het onderwerp in een breder perspectief wordt geplaatst en geduid. Dat ontbreekt vaak, waardoor complexe onderwerpen vaak versplinteren in aandacht voor deeloplossingen of te smal ingekaderd worden in een eenzijdig perspectief.

Het is daarom goed om alle mensen te bedanken die op een of andere manier hebben bijgedragen aan dit rapport. Onze dank gaat uit naar de volgende reviewers van een eerdere versie: Ruud Tijssens (Agrifirm Group), Petra Berkhout (WUR), Oene Oenema (WUR), Ferry Leenstra (WUR), Wyno Zwanenburg (Zwanenburg Consultancy), Jan Buys (Provincie Brabant), Barry Hoogezand (privé). Daarnaast wil ik als projectleider mijn collega's bedanken: Krijn Poppe voor je brede kennis en conceptuele bijdragen, Theun Vellinga voor je kennis over veehouderij wereldwijd en je kritische blik, Daan Verstand voor het meedenken en bij de les houden, zodat er nu toch een rapport ligt. We zijn volgens mij een uniek groepje systeemdenkers die het leuk vinden om samen inzicht te krijgen in dit complexe thema, maar hiermee ook graag weer iets te betekenen voor de verdere ontwikkeling van de Nederlandse Delta in een wereldwijde context.

Het rapport geeft niet alle antwoorden, maar wil wel graag een aantal belangrijke vragen aanreiken en kaders schetsen om verder na te denken over ons landbouw- en voedselsysteem. We gaan er vanuit dat het rapport dus ook vragen en discussie oproept, waarover we graag weer met u in gesprek gaan.

Pieter de Wolf
Lelystad, mei 2019

Samenvatting

In het concept kringlooplandbouw is de veehouderij niet weg te denken. Dieren vervullen een essentiële functie door reststromen te verwaarden. De nutriënten uit hun mest kunnen weer benut worden in de plantaardige productie. De productie van dierlijke producten en de daaraan gerelateerde productie van mest ligt onder een vergrootglas vanuit meerdere maatschappelijke doelen; de beslag op land en grondstoffen, de concentratie van veehouderij, het hergebruik van nutriënten uit mest, klimaatopgaves en milieuproblemen. Historisch is de veehouderij nauw verbonden met de plaats waar mensen wonen, waardoor de vraag boven komt hoe mensen en dieren verspreid zijn over de planeet. Nederland is een extreem voorbeeld van een gebied waar veel mensen en veel dieren op een klein oppervlak in een vruchtbare delta samen leven. Dat is voor een deel te verklaren door Von-Thunens economisch-geografische model: dagverse producten als zuivel worden dicht bij de stad geproduceerd. Daarnaast speelt de goede infrastructuur (zeehavens) en beschikbare kennis een belangrijke rol voor een efficiënt veehouderij systeem. De combinatie van veel dieren en veel mensen dicht op elkaar brengt ook problemen met zich mee. Deze verkennende studie richt zich op de ophoping van nutriënten (met als voorbeeld fosforstromen) en presenteert twee extreme denkrichtingen die oplossing kunnen bieden, waaruit duidelijk wordt dat er bij kringlooplandbouw het menselijke-afval systeem niet los gezien kan worden van het landbouwproductie systeem. De veehouderij bij steden in Delta's worden gevoed door importen van veevoer vanuit andere gebieden, door ons als Graanschuren betiteld. Dit zijn uitgestrekte graan of soja producerende regio's, die dunbevolkt zijn. De veehouderij ontbreekt in deze gebieden. Er is een forse stroom van nutriënten van de Graanschuren naar de Delta's; die resulteert in uitputting van nutriënten in de graanschuur, en een ophoping van nutriënten in de Delta. De Delta's exporteren, naast eigen consumptie, een deel van hun dierlijke producten naar regio's waar vraag naar deze producten is; stedelijke gebieden, door ons genoemd Metropolen. Daar zijn veel mensen, maar weinig dieren. Het laatste kwadrant in dit schema van veel of weinig vee resp. mensen is dat van de Veehouderij concentraties (veel dieren, weinig mensen). Deze blijken in feite niet te bestaan. Dat is een aanwijzing dat het lastig is om veehouderij te verplaatsen uit Delta's naar Graanschuren en die meerwaarde aan hun bulkproduct veevoer te laten toevoegen via gespecialiseerde veehouderij.

Om kringlopen van nutriënten te sluiten, moet er veel gebeuren aan het huidige systeem. In Nederland (als Delta gebied) treden bijvoorbeeld fosfor-verliezen op in het humane systeem, omdat nutriënten niet worden teruggewonnen vanuit rioolslib. In kringlooplandbouw zal dit moeten worden opgelost en daartoe zijn er twee oplossingsrichtingen geïdentificeerd.

De eerste oplossingsrichting is een technische: De Delta blijft een plek waar veel dieren en veel mensen samen leven. Met nutriënten wordt echter efficiënter omgegaan: Verliezen worden voorkomen door het terugwinnen van nutriënten uit rioolslib en de mestverwerkingsindustrie. Deze teruggewonnen nutriënten zullen naar de veevoer producerende gebieden (Graanschuren) getransporteerd moeten worden, om de tekorten daar aan te vullen.

De tweede oplossingsrichting is een oplossing waar het aantal dieren in de Delta verminderd wordt, omdat er geen veevoer geïmporteerd meer wordt. Aangenomen dat consumptie van dierlijke producten gelijk blijft, zal een andere regio deze productie over moeten nemen; de Graanschuur. Zo worden de dieren gehouden vlak bij de plek waar hun voer wordt geteeld. Omdat daar weinig mensen wonen, zal de overlast en de risico's op bijvoorbeeld zoonose kleiner zijn. Daarnaast hoeven er alleen nog kant en klare producten getransporteerd te worden en kan het transport van veevoer en de retourvracht van nutriënten geminimaliseerd worden. Deze oplossingsrichting heeft als gevolg dat de voorheen Graanschuren verschuiven richting Veehouderij-concentraties, en de Delta's naar Metropolen.

Beide oplossingen zijn ingrijpend, kostbaar en (bestuurlijk) lastig te realiseren. Aan de andere kant, de huidige situatie is vanuit kringloop- en milieuoogpunt ook niet duurzaam. Een verdere uitwerking van de haalbaarheid en economisch en milieutechnische gevolgen ervan is nodig om een duidelijke keuze te kunnen maken tussen deze twee uiterste oplossingsrichtingen of een tussenvorm daarvan.

1 Introductie

Veehouderij is niet weg te denken uit de huidige, moderne samenleving waar de welvaart overvloedige consumptie van dierlijke producten zoals vlees, zuivel en eieren mogelijk maakt. Zodanig overvloedig dat dit op veel plaatsen leidt tot discussies over deze consumptieniveaus en de duurzaamheid van de veehouderij.

1.1 De livestock revolution

In de afgelopen 50 tot 60 jaar zijn er grote veranderingen geweest in de veehouderij in de wereld. Dat geldt zowel voor geïndustrialiseerde landen als industrialiserende landen en staat te gebeuren in veel landen in Afrika en Azië. Deze verandering is onder andere beschreven door Delgado et al. (1999) als de "livestock revolution" en door Steinfeld et al. (2006) als de "livestock transition". Ze is sterk gekoppeld aan een groeiende vraag naar dierlijke producten in de afgelopen decennia.

De belangrijkste kenmerken van die transitie zijn a) een sterke groei van de dieraantallen; b) een rationalisatie van de productie; c) een concentratie van dierlijke productie vooral waar het gaat om éénmagige dieren als kippen en varkens; en, daaraan gekoppeld; d) een sterke toename van internationale handel en transport van voergrondstoffen, met mais en soja(schroot) als belangrijkste producten; e) een sterke verbetering van de voeding en fokkerij; en als gevolg daarvan een zeer sterke stijging van de productiviteit per dier en per inzet van arbeid.

De belangrijkste bepalende factoren voor de toename van de vraag naar dierlijke producten zijn de toename van de bevolking, de toename van de welvaart en de verstedelijking (Steinfeld et al., 2006).

De livestock revolution werd en wordt gefaciliteerd door betere en goedkopere transportmogelijkheden, een toenemende wereldwijde vrijhandel en de beschikbaarheid van inputs als synthetische meststoffen en bestrijdingsmiddelen (Steinfeld et al., 2006). Onderdeel van dit proces is een relatieve daling van prijzen voor zowel dierlijke als plantaardige landbouwproducten. De sterke rationalisatie heeft zich wereldwijd en ook in Nederland vertaald in een toegenomen grootte van bedrijven of het ontstaan van integraties waarbij primaire bedrijven eigendom zijn van ketenpartijen of onder contract voer afnemen en dieren leveren. In veel gevallen is sprake van industriële productie, ook al is de organisatorische vorm vaak nog een gezinsbedrijf.

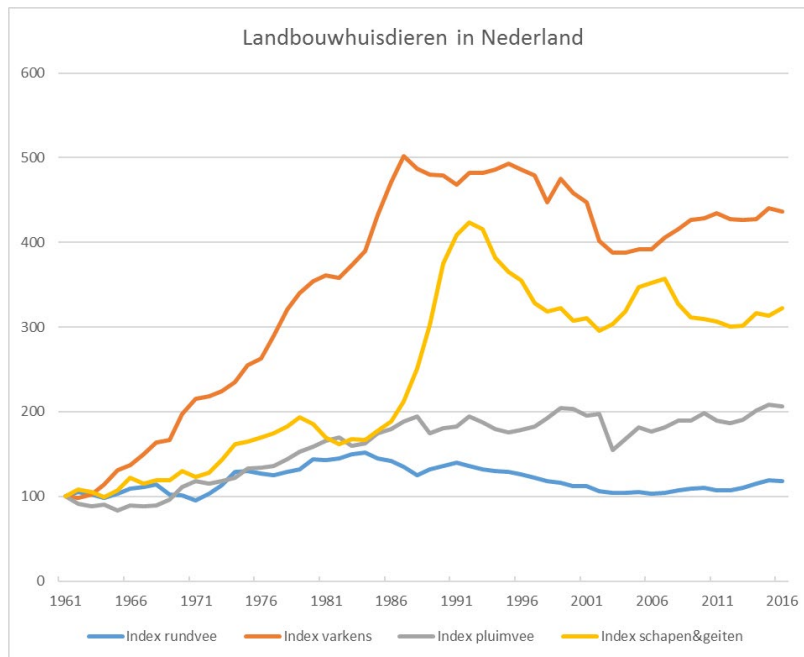
1.2 De veehouderij in Nederland

Deze ontwikkeling heeft ook in Nederland plaatsgevonden. Hoewel Nederland altijd relatief veel (melk)vee heeft gehad, is de veedichtheid in de tweede helft van de 20^e eeuw sterk gestegen, zie Figuur 1-1. Aan het eind van de jaren '80 is die stijging tot stilstand gekomen en is weer omgezet in een gestage daling. De belangrijkste oorzaken van die daling zijn de melkquotering en het mestbeleid. Nu de quotering is losgelaten is de melkveestapel weer gegroeid, maar wordt nu begrensd door een pakket aan maatregelen die gevat worden in de Programmatische aanpak stikstof (PAS). Op basis van politieke afspraken is ook een maximum vastgesteld voor de excretie van fosfor¹ door landbouwhuisdieren.

De toename van de arbeidskosten heeft geleid tot een sterke rationalisatie en toename van de productie-efficiëntie met een relatieve daling van de prijzen voor landbouwproducten als gevolg die weer aanzet tot een verdere rationalisatie. In de afgelopen decennia leidde dat proces tot milieuproblemen en bijvoorbeeld mestwetgeving. Ontwikkelingsruimte in de veehouderij was daarbij no mogelijk dankzij verdergaande optimalisatie met minder emissies en lagere excretie via dierlijke mest in het primaire productieproces.

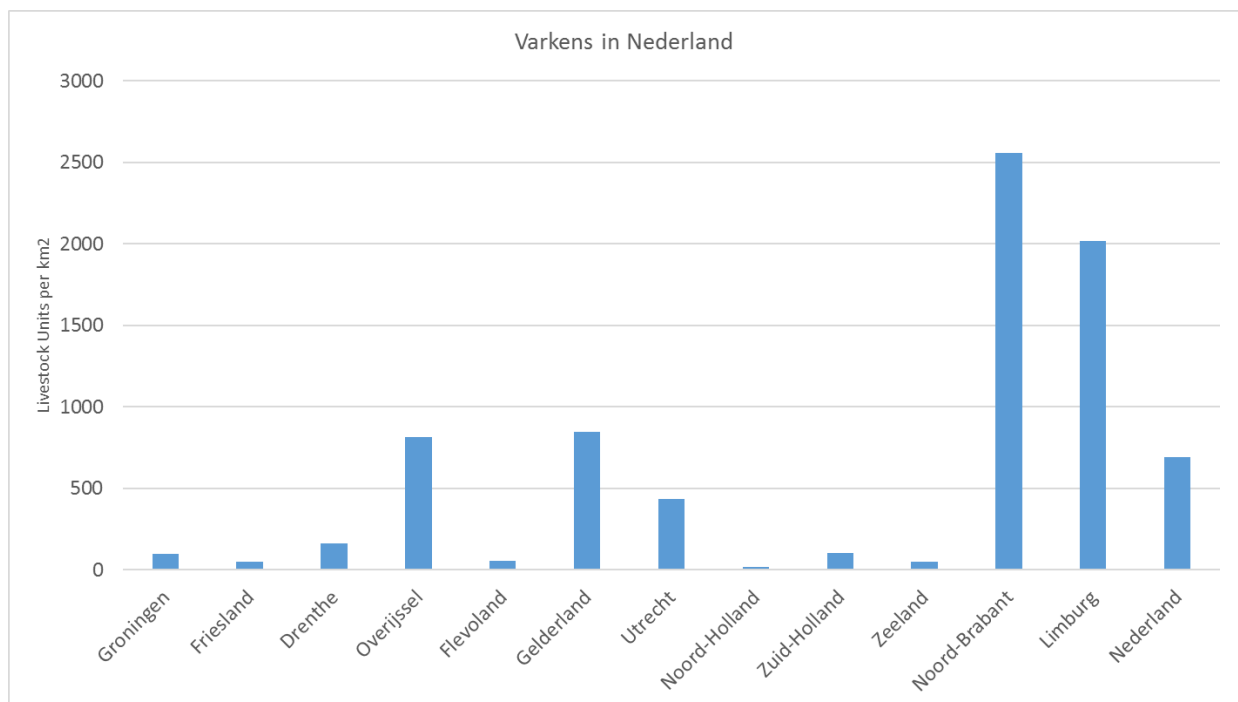
¹ In het rapport spreken we zoveel mogelijk over fosfor, hoewel de bemesting met P op landbouwgronden vaak wordt uitgedrukt als fosfaat (P₂O₅). Alleen waar uitdrukkelijk over bemesting wordt gesproken gebruiken we nog fosfaat.

Deze concentratie en rationalisatie worden ondersteund door een sterke harde (slachterijen, voerfabrieken, e.d.) en zachte infrastructuur (gespecialiseerde diensten, kennis, personeel). Door de grote concentratie leidt ook een hoog-efficiënt systeem tot veel lokale emissies zoals ammoniak.

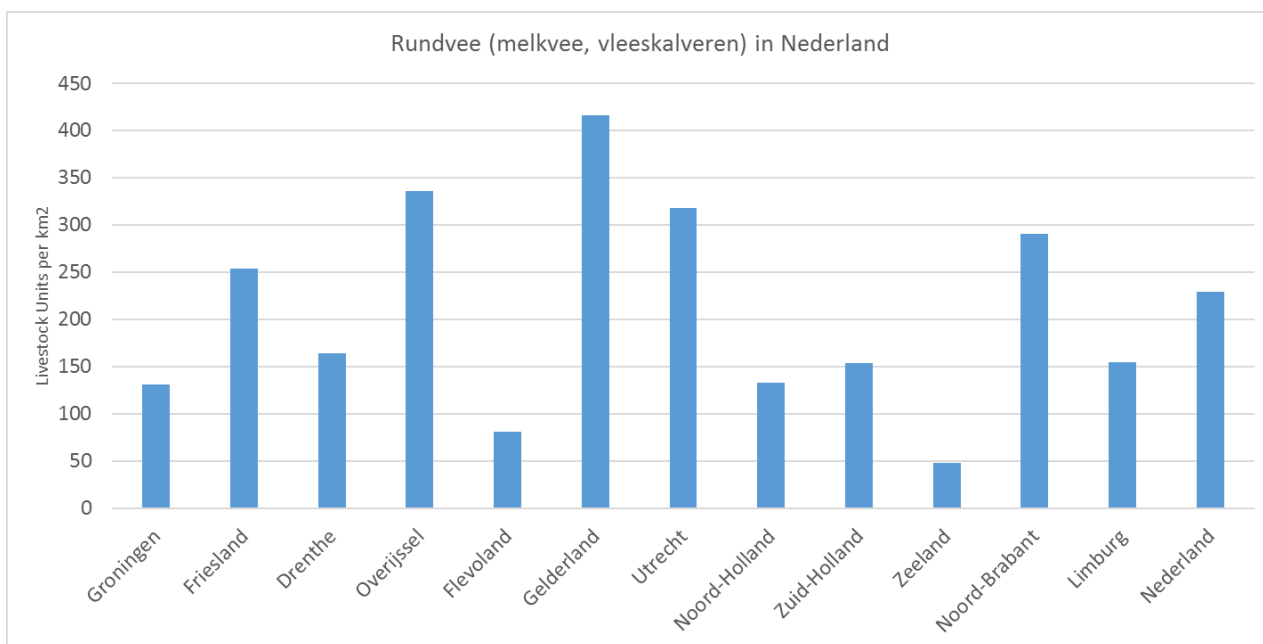


Figuur 1.1. De ontwikkeling van het aantal runderen, varkens, pluimvee en kleine herkauwers in verhoudingsgetallen van 1961 tot 2016. 1961 = 100. Bron: FAOstat, december 2018

De hoge veedichtheid is niet evenredig verdeeld over Nederland, delen van de veehouderij concentreren zich. Dat geldt met name voor de houderij van éénmagige dieren (varkens, Figuur 1-2; en kippen). Maar ook zijn er regionale verschillen in veedichtheid van melkvee (Figuur 1-3).



Figuur 1.2. Concentratie van de aantallen varkens in Nederland per provincie in dieren per km² cultuurgrond (bron CBS)



Figuur 1.3. Concentratie van de aantallen runderen (melkvee, vleesvee en vleeskalveren) in Nederland per provincie in aantallen per km². Bron: CBS.

De ontwikkelingen in de veehouderij hebben in toenemende mate geleid tot zorg over de negatieve effecten van de veehouderij. De uitstoot van broeikasgassen heeft sinds een aantal jaren wereldwijd veel aandacht, maar binnen Nederland zijn ook thema's als vermisting, verzuring en verlies van biodiversiteit relevant. De uitstoot van broeikasgassen heeft een mondiaal karakter. Andere emissies hebben meer een lokaal karakter, zoals fijnstof en stank overlast. Dat roept de vraag op: waar moet de productie van deze producten plaats vinden: dicht bij de stad ("lokaal waar dat kan"?) of juist op afstand zodat minder mensen negatieve gevolgen ondervinden en de druk van stedelijke en industriële emissies minder is ("regionaal of internationaal wat moet").

De effecten van de veehouderij op de leefomgeving hebben geleid tot een publieke discussie over de wijze van productie, de omvang en zelf het bestaansrecht van de veehouderij. Daarbij raakt het alle aspecten van duurzaamheid (klimaat, water, bodem, lucht, gebruik van grond- en hulpstoffen, sluiten van kringlopen), leefomgeving (landschap, weidegang, schaalgrootte) publieke gezondheid (fijnstof, zoönosen, ammoniak) en omgang met het dier (gezondheid en welzijn). Die discussie is niet nieuw (in nog niet zo'n ver verleden was er beleid om stadsboerderijen uit steden te plaatsen), maar krijgt in het kader van het streven naar een circulaire economie en de klimaatverandering een nieuwe impuls.

In die discussie worden veel oplossingen geopperd, die variëren van een sterke vermindering van de veestapel, in combinatie met extensivering en sluiten van kringlopen op het laagste niveau tot verhoging van de productie-efficiëntie en de inzet van (bio)technologie. In het najaar van 2018 heeft de minister van LNV een nota over Kringlooplandbouw geschreven. De nota wil het sluiten van kringlopen stimuleren, maar geeft niet aan op welke wijze dat moet gebeuren. Dat wordt, onder regie van de overheid, overgelaten aan alle betrokken partijen samen.

Het sluiten van kringlopen en de rol van de veehouderij daarin kan vanuit verschillende invalshoeken worden benaderd. Van Zanten et al. (2018) benaderen Kringlooplandbouw vanuit het perspectief van humane voeding: ze gaan uit van landbouwgronden ongeschikt zijn voor bouwland (en dus grasland zijn) en welke bijproducten uit de voedingsmiddelenindustrie beschikbaar komen. Op basis daarvan komen ze tot een grootte van een veehouderijsector en daarmee een hoeveelheid dierlijke producten die beschikbaar zijn voor consumenten. Een andere benadering (bijvoorbeeld Lamers, 2016) vindt zijn oorsprong in de hoge dichtheid aan vee in Nederland.

Daarbij wordt sterk gekeken naar de importen van veevoergrondstoffen en de bijbehorende regionale concentratie van nutriënten; de nutriëntenbalans.

Er worden meer nutriënten uitgescheiden via mest dan er op landbouwgrond binnen de mestwetgeving toegediend mag worden. Het Nederlandse mestbeleid richt zich op het begrenzen van de dieraantallen, voor natuur- en milieuorganisaties gaat dit beleid niet ver genoeg. In ons rapport wordt deze laatste discussie over hoge veedichtheden gekoppeld aan de vraag of je kringlopen überhaupt wel kunt sluiten binnen alleen het landbouwsysteem. In principe is de landbouw slechts het halve verhaal in de kringloop van nutriënten. Het doel van de landbouw is immers producten te maken die gebruikt worden voor menselijke consumptie of gebruik. Dat betekent een permanente afvoer van mineralen van primaire bedrijven naar consumenten, met als tussenschakels verwerkers, handel en transport. Kun je spreken van het sluiten van kringlopen als een discussie die alleen het landbouwsysteem aangaat? Of moet je nutriënten van de humane consumptie erbij betrekken en is het een voedselsysteem-discussie? Als het sluiten van kringlopen beschouwd kan worden als een voedselsysteemdificussie, dan dient zich ook de vraag aan wat de concentratie van mensen in verstedelijkte gebieden betekent voor de nutriëntenstromen. Het motto van de visie "Landbouw, natuur en voedsel: waardevol en verbonden" is: "lokaal wat kan, regionaal of internationaal wat moet" (LNV, 2018). Dit geeft aanleiding tot de vraag op welke niveaus de kringlopen dan moeten worden gesloten.

Het zicht krijgen op mineralenkringlopen is een complexe zaak, vanwege de sterke verweving van primaire productie met handel en transport, zowel in de aanvoerketen voorafgaande aan primaire productie als in de afvoerketen van verwerkte producten naar de consument en door de aanvoer van producten voor menselijke gebruik vanuit het buitenland. Zowel de nutriëntenstromen in het landbouwsysteem als het voedselsysteem spelen zich dus af op verschillende schaalniveaus tegelijk: van bedrijf, via lokaal, regionaal, nationaal tot mondiaal. In dit meerschallige complex van productie, verwerking, handel en transport is lastig overzicht te krijgen.

1.3 Vraagstelling en leeswijzer

In deze studie willen we materiaal aandragen voor die discussie over de gewenste locatie van de veehouderij, over het sluiten van kringlopen en over de schaal waarop dat kan gebeuren. Het is niet de bedoeling om kant- en klare oplossingen aan te dragen of een voorkeur uit te spreken voor een oplossingsrichting. Het materiaal is bedoeld om meer inzicht te geven in de complexiteit van het vraagstuk. Hopelijk kan het bijdragen aan een op feiten gebaseerde discussie over mogelijke richtingen. Daarvoor willen we in dit rapport de volgende vragen beantwoorden:

- Hoe zit het met concentraties van mensen en dieren in de wereld?
- Is de kringlopendiscussie nu alleen landbouw of voedselsysteemdificussie?
- En aan welke oplossingsrichtingen kun je denken?
- Wat betekent de beantwoording van voorgaande vragen voor onderzoek en beleid?

We starten daartoe op mondiaal niveau (hoofdstuk 2) waar we een duidelijk patroon zien van dichtbevolkte gebieden met voedselconsumptie en -productie maar ook van regio's die grondstoffen voor die productie leveren, met name in de vorm van veevoer. Met als gevolg dat nutriënten zich in de vorm van dierlijke en humane mest zich ophopen in die stedelijke gebieden. Een systeem dat op sterke economische prikkels gebaseerd lijkt te zijn.

Vervolgens gaan we door met een beschrijving van de fosforstromen in Nederland (hoofdstuk 3). Dit is een bewerking van de studie van Smit et al., (2015) In de hoofdstukken 2 en 3 willen we een antwoord formuleren op de vraag of het nu alleen een landbouwdiscussie is, of dat het een vraagstuk is dat het gehele landbouw-voedsel systeem raakt.

In hoofdstuk 4 laten we twee uiterste oplossingsrichtingen zien voor het sluiten van kringlopen in het landbouw- en voedselsysteem. Aan de ene kant het sluiten van de huidige kringlopen op mondiaal niveau, wat voor metropolen als Nederland neer komt op het verwerken van de dierlijke mest en terugwinnen van de humane mest in een vorm die naar de gebieden met veevoerteelt kan worden geëxporteerd.

Aan de andere kant het sluiten van de huidige kringlopen door de aanvoer van veevoer naar de metropool te beperken en de veehouderij meer te huisvesten in de gebieden waar ook het veevoer wordt geteeld.

Met deze analyse doen we alleen een eerste aanzet tot het structureren van de discussie over kringlooplandbouw en de vraag waar vee zou moeten worden gehuisvest. Er worden meer vragen opgeroepen door deze verkenning, dan beantwoord. Vandaar dat we in hoofdstuk 5 afsluiten met een onderzoeksagenda.

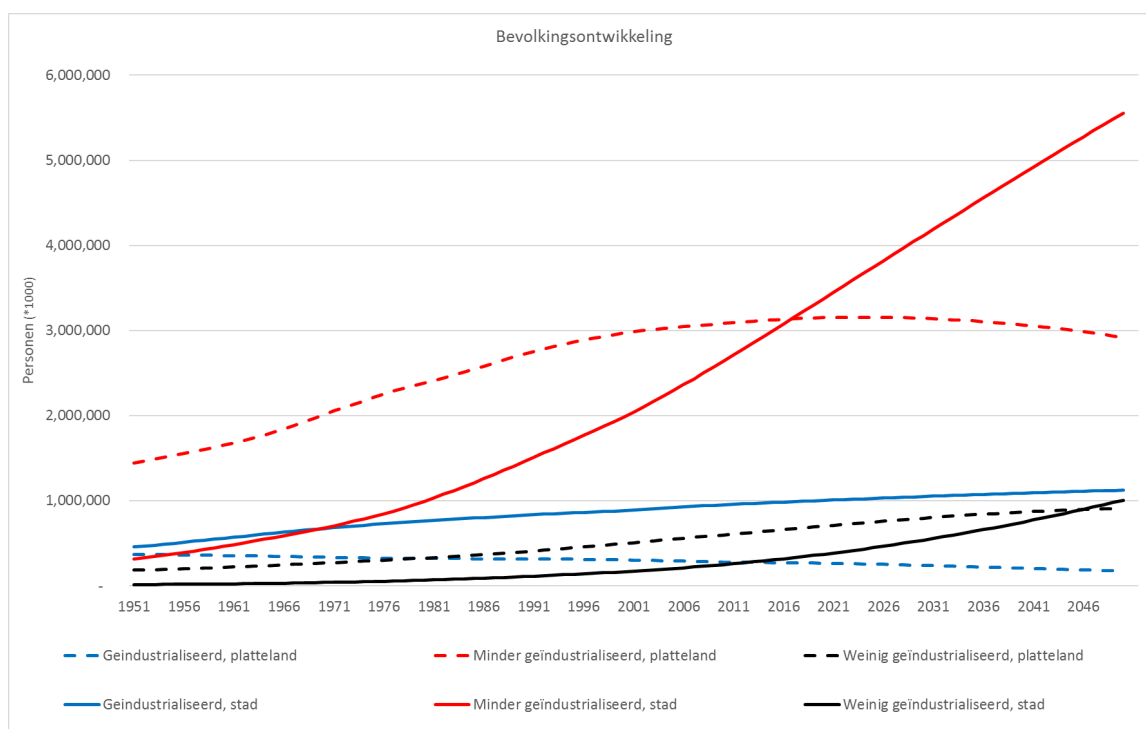
2 Regionale specialisatie in de locatie van vee

Veehouderij heeft de neiging zich te concentreren in specifieke gebieden van de wereld, en vaak in de nabijheid van grote agglomeraties van steden en riviermondingen (delta's). Nederland is een extreem voorbeeld van deze concentratie. Deze combinatie van mensen en dieren heeft blijkbaar verschillende voordelen, zoals schaalvoordelen, de aanwezigheid van een goede technische en kennisinfrastructuur (bijvoorbeeld havens, universiteiten, voorlichting). Maar het heeft ook nadelen, zoals de concentratie van grote hoeveelheden schaarser wordende nutriënten in mest, humane excretie en afval, met daarbij vervuiling van grondwater en gezondheidsrisico's (fijnstof, zoönosen zoals Q-koorts). Dit hoofdstuk beschrijft de ontwikkeling en concentratie van de bevolking als ook die van de veehouderij. Dat leidt tot een classificatie van regio's op basis van hun specialisatie en een beschrijving van de relatie tussen die verschillende typen regio's. De classificatie wordt geïllustreerd met data op landenniveau.

2.1 Twee trends

Bevolkingsgroei, vooral in steden

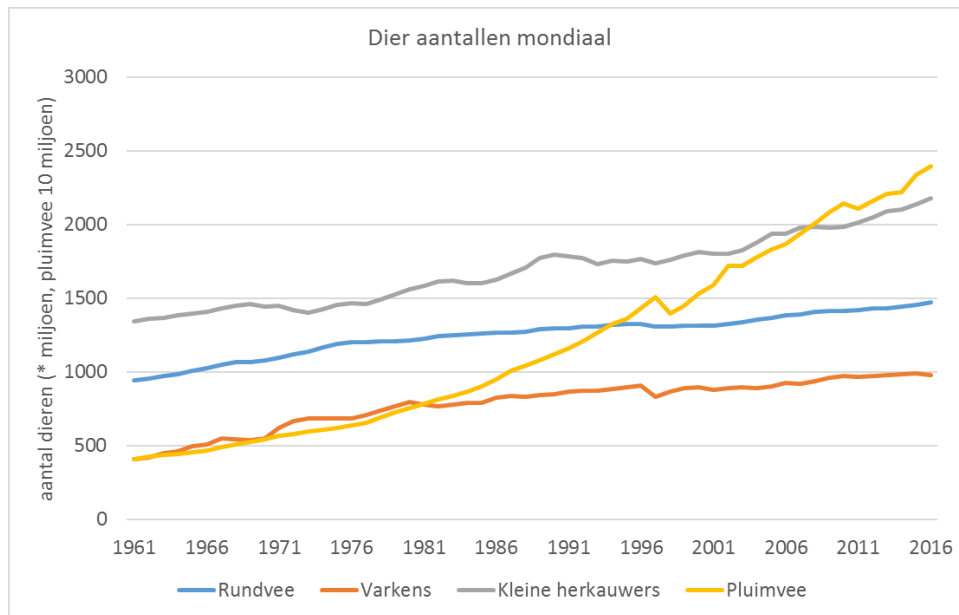
Mondiaal neemt het aantal mensen toe en ze trekken naar de stad. Vooral in Afrika, Azië en Latijns Amerika groeit de bevolking hard, in de ontwikkelde landen is sprake van stabilisatie (figuur 2.1). Wereldwijd is sprake van een sterke urbanisatietendens: de bevolking in de steden groeit door migratie sterker dan die op het platteland.



Figuur 2.1. Groei en urbanisatie van de wereldbevolking, gemeten en prognoses. (bron: <https://population.un.org/wup/Download/>)

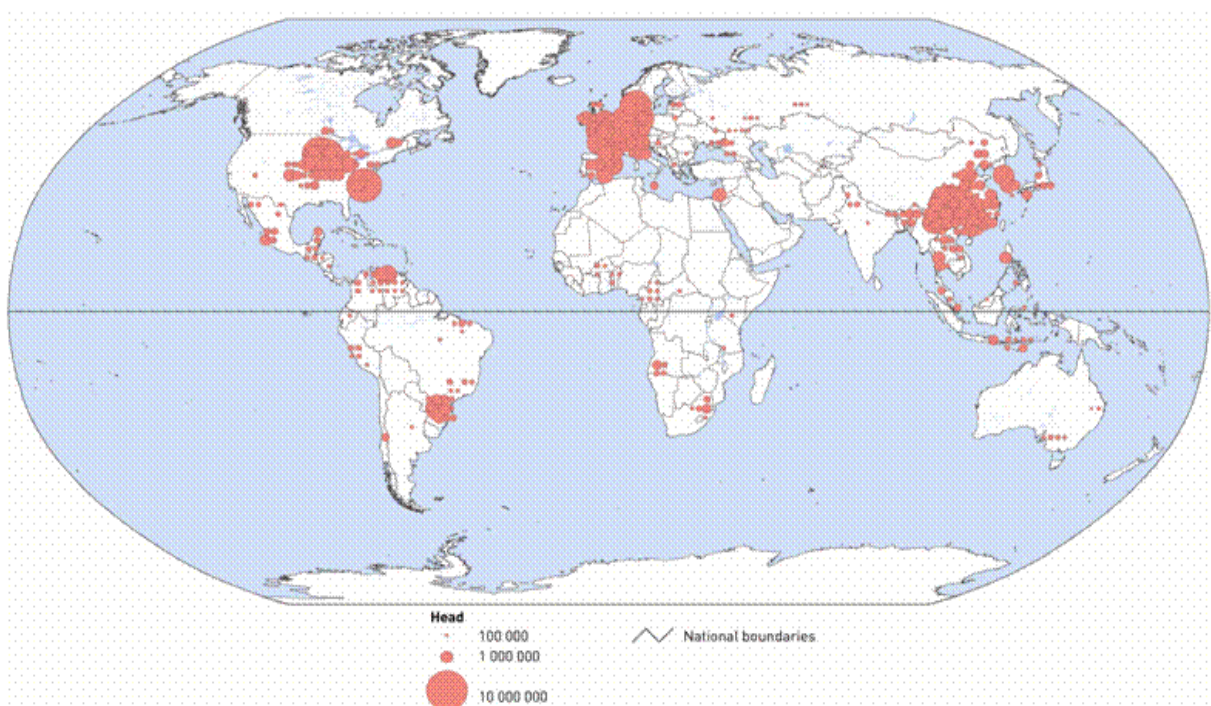
Groei van het aantal dieren, vooral nabij steden

Met de groei van het aantal mensen en de welvaart neemt ook de vraag naar dierlijke producten toe. Dit leidt wereldwijd tot een groei van het aantal dieren, in het bijzonder van pluimvee (figuur 2.2).



Figuur 2.2 Ontwikkeling van het aantal dieren (bron FAOstat, 20181207). Aantallen * 1 miljoen dieren, pluimvee aantallen * 10 miljoen dieren)

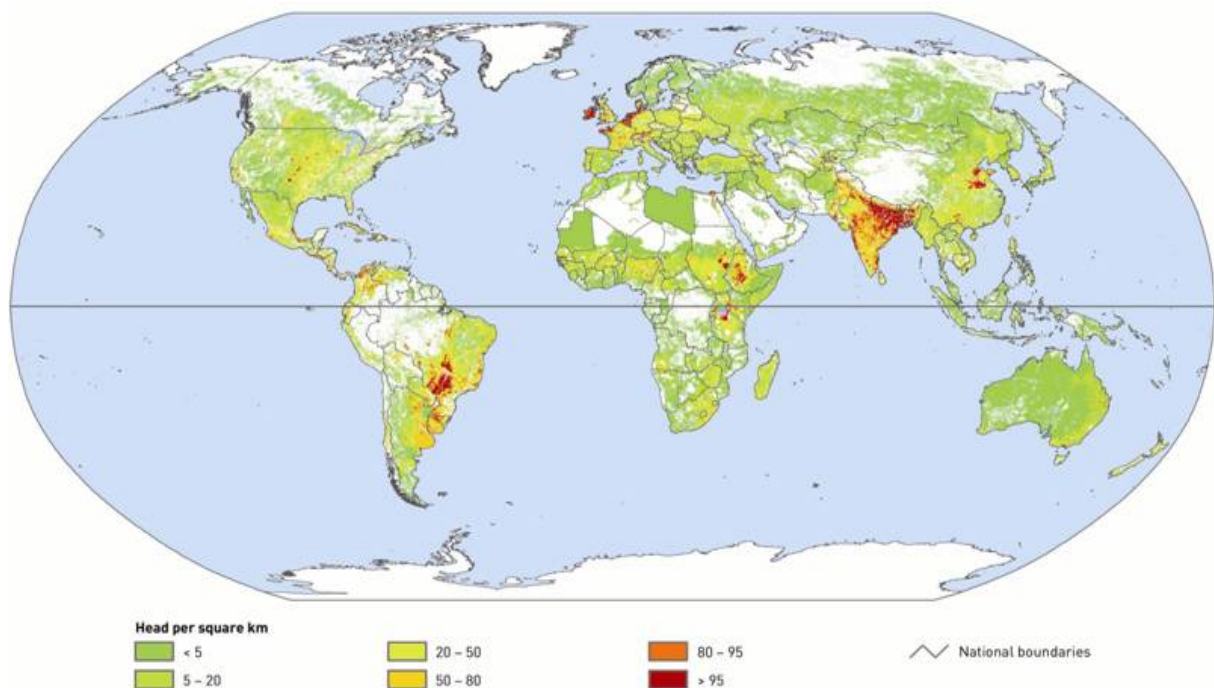
De locatie van de veehouderij is net als die van mensen geconcentreerd. Met name pluimvee en varkens kennen een sterke concentratie, veelal in de nabijheid van gebieden met een hoge bevolkingsdichtheid en veel steden (figuur 2.3). Deze dieren worden in de regel vrijwel grondloos gehouden en kunnen dus sterk worden geconcentreerd. Deels worden ze gevoerd met afval en restproducten uit de voedingsmiddelenindustrie (die vaak in stedelijke gebieden staan) en anders kan voer (granen en eiwitrijke producten als soja en sojameel) gemakkelijk (veelal over water) worden aangevoerd.



Figuur 2.3 Aantallen pluimvee en varkens per locatie (bron Steinfeld et al., 2006)

Rundvee is minder sterk geconcentreerd, hoewel er ook bij deze veehouderij een aantal concentraties is, zoals in Noordwest-Europa (zie Liu et al., 2017). Een groot deel van de rundveehouderij is echter grondgebonden. Vóór de introductie van gekoeld transport vond een deel van de zuivelproductie, voor

zover het gericht was op de productie van dagverse melk in plaats van kaas en boter, noodzakelijkerwijs in de buurt van de stad plaats. Vleesproductie kon gemakkelijker verder weg plaats vinden, zeker in het geval van rundvlees, waarbij dieren desnoods honderden kilometers naar de stad konden lopen, om daar nog te worden afgemest voor de slacht. Deze regionale specialisatie van agrarische productie is de basis in de economische geografie voor het model dat Johann Heinrich von Thünen in 1826 publiceerde en dat op basis van transportkosten (waaronder risico van bederf) beargumenteerde dat grondwaardes dicht bij de stad hoger liggen en alleen activiteiten met een hoge marginale productiviteit zich daar kunnen handhaven. Gebieden verder weg zijn minder waard en de plek voor activiteiten die (per ha) minder hoog renderen. Krugman (1991), in navolging van Samuelson, toonde aan dat regio's een concurrentie voordeel kunnen creëren op basis van schaalvoordelen en ten koste van andere regio's kunnen blijven groeien.



Figuur 2.4 Concentratie van rundvee (in stuks per km²), Bron: Steinfeld et al., 2006.

De concentratie van bepaald type vee wordt ook beïnvloed door de fysische gesteldheid van bodems, bijvoorbeeld melkvee in veenweide gebieden of schapen en geiten in bergachtige terrein. Ook culturele en religieuze invloeden die bepalend zijn voor de vraag naar dierlijke producten bepalen het (niet) voorkomen van bepaalde typen vee, zoals rundvee in India en varkens in het Midden Oosten.

2.2 Vier regionale archetypes

Door bovenstaande ontwikkelingen in mensen en dieren te combineren via twee assen, kunnen we een kwadrant met vier archetypes van regio's identificeren (figuur 2.5). De eerste as betreft de indeling van regio's naar bevolkingsdichtheid: van rurale gebieden tot metropolitane gebieden. Historisch zijn steden gelegen in vruchtbare regio's, vaak zijn dat rivierdelta's met goedkoop watertransport. Beide typen regio's kunnen een belangrijk veehouderijgebied zijn met een 'comparative advantage' in het produceren van dierlijke producten. Metropolitane gebieden hebben het voordeel dat de consument in de buurt is. Historisch was dat vooral nodig voor versproducten (zie boven). Dieren, met name varkens maar ook rundvee, kregen ook de rol van afvalverwerker, zowel uit de stad (de schillenboer) als van bijproducten uit de levensmiddelenindustrie (bierbostel, pulp uit de suikerraffinage etc.). Inmiddels zijn er agglomeratievoordelen; deze voordelen van grote stedelijke gebieden ontstaan doordat bij de aanwezigheid van meerdere bedrijven gezamenlijke voorzieningen

tot stand komen, uiteenlopend van infrastructuur, gerichte opleidingen, een grote en gevarieerde arbeidsmarkt, tot de aanwezigheid van gespecialiseerde dienstverleners, lobbykracht naar de overheid, werkgelegenheid voor partners van medewerkers etc. Voor sommige producten kan de nabijheid van de stad ook belangrijk zijn voor het oppikken van modetrends en snel leveren van productvariaties.

De locatie in of nabij de stad kan wel betekenen dat er veevoer moet worden geïmporteerd, omdat de vraag naar veevoer de regionale productiecapaciteit overschrijdt; temeer omdat veevoer een relatief laagwaardig product is, dat het in de concurrentie bij hoge grondwaardes snel aflegt tegen bijvoorbeeld tuinbouw.

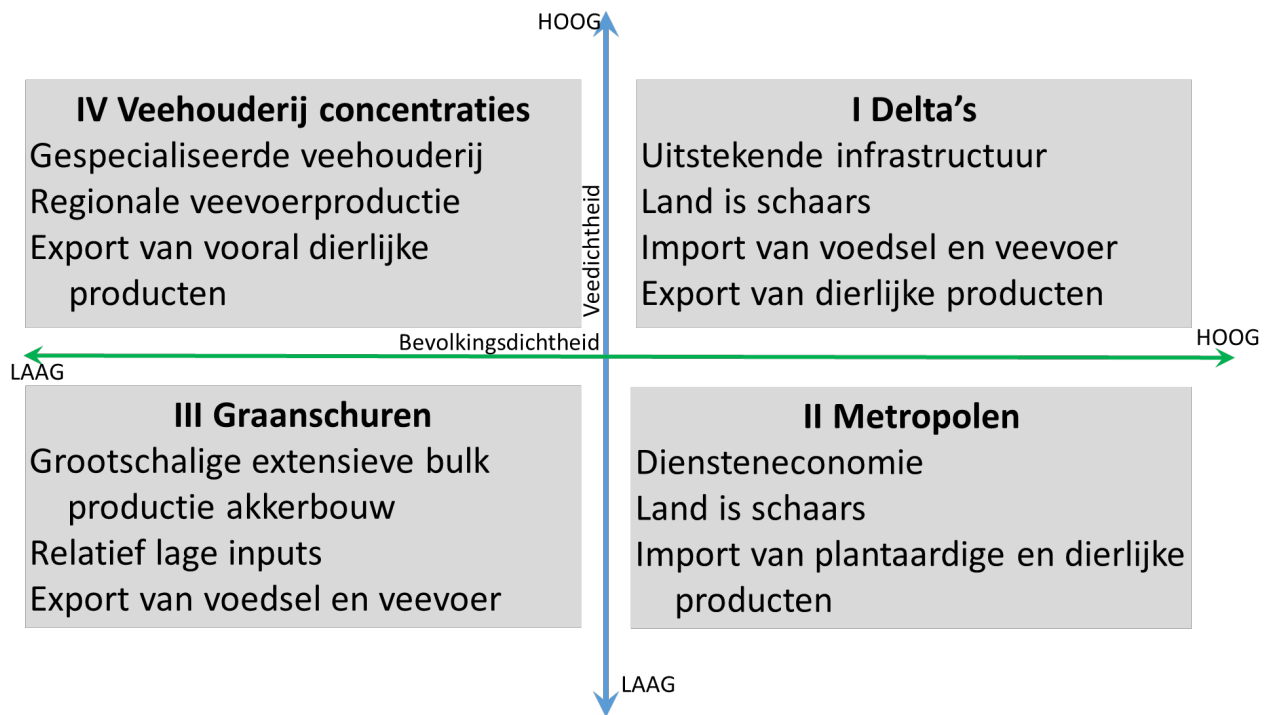
Plattelandsgebieden hebben lagere kosten van grond (zoals Von Thünen al beredeneerde) en arbeid. Dat geeft ze een potentieel concurrentievoordeel in de dierlijke productie. Bovendien is het transport van dierlijke producten als vlees goedkoper dan dat van veevoer vanwege de zgn. voerconversie. Als voor een kg (geslacht gewicht) 3 kg veevoer nodig is (bijvoorbeeld varkens met een voederconversie van 2.5 en een uitslacting van 80 %), dan is het goedkoper (bij gelijke transportkosten) om 100 kg vlees te exporteren dan 300 kg veevoer (en die bij de stad om te zetten in vlees). In sommige gebieden is die keuze er overigens niet omdat het telen van veevoer in bergachtige of erg droge gebieden technisch niet mogelijk is. Veehouderij (of bosbouw) zijn dan een natuurlijke keuze.

De tweede as van het kwadrant betreft de indeling van de regio's naar de mate van veedichtheid. Dieren kunnen behoorlijk extensief worden gehouden (weinig dieren per ha) waarbij de regionale voerproductie de beperkende factor is voor het aantal dieren. In het extreemste geval wordt daarbij geen of heel weinig kunstmest gebruikt en gaat het om extensieve graslanden waarop een herder met kudde rondtrekt of dieren van tijd tot tijd bij elkaar worden gedreven door cowboys of gaucho's. De productiekosten van zulke bedrijfssystemen zijn zeer laag. Producten kunnen regionaal worden geconsumeerd of worden geëxporteerd naar metropolitaanse regio's. Dergelijke productiesystemen kunnen –op zijn minst in theorie- zowel voorkomen in dunbevolkte plattelandsgebieden als rond de grote steden. Gezien de theorie van Von Thünen is dat laatste echter minder waarschijnlijk.

In sommige van deze regio's is zelfs in het geheel geen sprake van veehouderij maar legt men zich toe op de productie van veevoer (of akkerbouwgewassen voor menselijke consumptie). Voorbeelden hiervan zijn de gecultiveerde cerrado in Brazilië en de grote graangebieden in het oosten van Europa.

Aan de andere kant van de as staan de gebieden met een hoge veedichtheid. Dat kan enerzijds op basis van voer uit de regio dat wordt omgezet in dierlijke producten en daarna geëxporteerd naar de metropolen. Vaak wordt het vee ook binnen die regio's geconcentreerd gehouden in zgn. 'feedlots', zoals in de Midwest van de VS. De toegevoegde waarde van de veehouderij vindt dan plaats in de plattelandsregio. Anderzijds kan een dergelijke hoge veedichtheid zijn gebaseerd op de import van veevoer en gelokaliseerd in of nabij de metropool.

Het kruisen van de twee assen voor bevolkingsdichtheid (laag-hoog) resp. veedichtheid (laag-hoog) levert vier kwadranten op (figuur 2.5). Allereerst zijn er de *Delta's* met een hoge bevolkingsdichtheid en een hoge veedichtheid. Nederland is zoals gezegd een extreem voorbeeld. Maar ook een aantal stadstaten (Hong Kong, Macau) en eilanden (m.n. in het Caribisch gebied) kunnen hiertoe worden gerekend. Bij een analyse op regioniveau zouden ook een aantal regio's hiertoe gerekend kunnen worden. Diametraal daar tegenover staan de *Graanschuren*, de plattelandsgebieden met een lage veedichtheid en lage bevolkingsdruk. De pampa's van Argentinië zijn een goed voorbeeld. Ook de regio's met vooral teelt van veevoer rekenen we tot de Graanschuren. Een aantal landen in Latijns Amerika hebben op grote schaal natuurlijke grasland en bos geconverteerd naar bouwland. Het kwadrant met lage veedichtheid en hoge bevolkingsdichtheid zijn de *Metropolen* die in een aantal gevallen over weinig landbouwgrond beschikken (Singapore, de Golfstaten). Maar ook een aantal Europese landen horen thuis in dit kwadrant, wat nog niets zegt over regionale verschillen. Tot slot zijn er de Veehouderij concentraties. plattelandsgebieden met een geringe bevolkingsdichtheid maar veel dieren per ha.



Figuur 2.5 Indeling van regio's in vier typen gebaseerd op assen voor bevolkingsdichtheid (laag-hoog) en veedichtheid (laag-hoog).

Deze typering van regio's geeft ook een beeld van de handel tussen die regio's: veevoer resp. dierlijke producten worden getransporteerd van gebieden met een lage bevolkingsdichtheid naar gebieden met een hoge bevolkingsdichtheid. In het geval van de Veehouderij concentraties betekent het dat de dierlijke mest in principe achterblijft voor de veevoerproductie, zodat deze kringloop deels gesloten kan worden. Maar een deel van de nutriënten wordt geëxporteerd naar de metropolen, die vrijwel per definitie een ophoping van nutriënten zijn, tenzij deze worden teruggewonnen en -gezonden. Een belangrijke stroom van veevoer vindt plaats van de Graanschuren naar de Delta's. In dat geval zou alleen van een kringloop van nutriënten sprake zijn als deze weer uit de mest en de humane excretie in de Delta's worden teruggewonnen en retour gezonden.

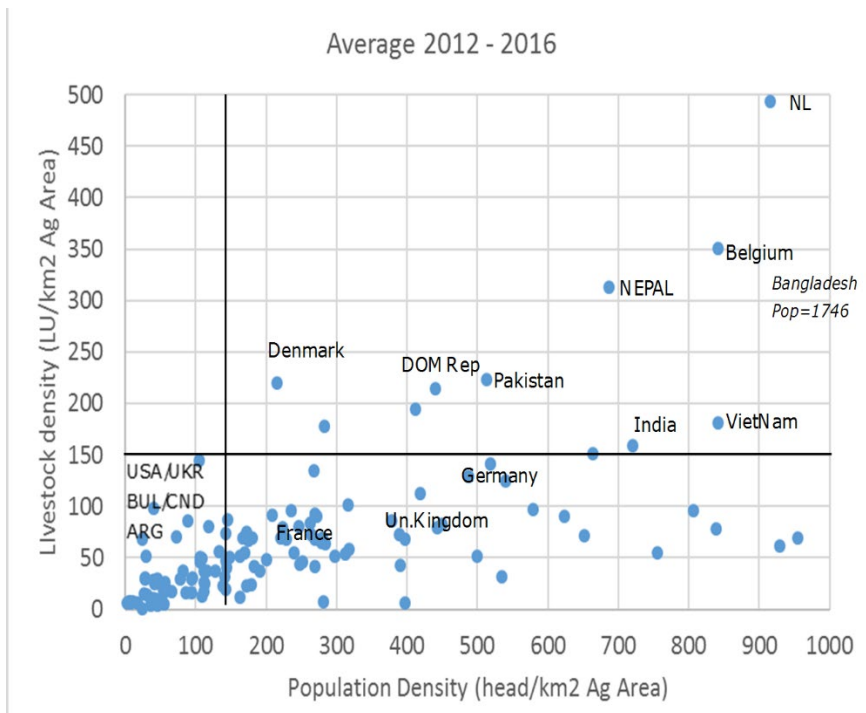
In de tijd zou de positie van regio's kunnen veranderen. De meest voor de hand liggende is dat Graanschuren aan hun veevoerproductie meer waarde gaan toevoegen en de veehouderij ter hand nemen. Ze worden dan Veehouderij concentraties (lage bevolkingsdichtheid, hoge veedichtheid). Daarmee wordt een deeltje van de nutriëntenkringloop gesloten, als althans de mest uit de feedlot systemen in de veevoerproductie wordt aangewend. Een beperking hierbij kan zijn dat in dergelijke gebieden rantsoenen vaak eenzijdig zijn en leiden tot een lagere productiviteit en hogere kostprijs. Evenzo zouden de Delta's hun veehouderijactiviteiten grotendeels kunnen beëindigen (bv. vanwege de negatieve milieueffecten of omdat de grond of te duur wordt en beter voor woningbouw of recreatieve natuur benut kan worden of omdat arbeid te duur wordt). Ze ontwikkelen zich dan tot een metropool waar de diensteneconomie domineert met eventueel nog wat landbouwproductie in segmenten met een hoge toegevoegde waarde, zoals glastuinbouw of uitgangsmaterialen zoals poot aardappelen of bloembollen. Er is dan geen export meer van dierlijke producten naar de Metropolen maar de regio verandert zelf in een Metropool met import van dierlijke producten. Dit proces zou vertraagd kunnen verlopen indien en veel bijproducten uit de voedingsmiddelenindustrie beschikbaar zijn of komen, waarvan de voedingswaarde voor vee nog verhoogd kan worden.

2.3 Voorkomen van de vier archetypes

In deze paragraaf illustreren we de indeling in vier kwadranten met een empirische analyse op land-niveau. Vooraf merken we op dat dit in meerdere opzichten een versimpeling van de werkelijkheid is. Allereerst geldt dat de grenzen tussen de kwadranten tamelijk arbitrair zijn: hoog en laag zijn absolute begrippen maar hier relatief gebruikt (relatief hoger / relatief lager). Verder beschikken we alleen over gegevens op het niveau van de natiestaat. Het zou beter zijn om vanaf gemeenteniveau regio's te definiëren die relatief homogeen zijn ten aanzien van bevolkingsdichtheid en veedichtheid, of deze te vormen op basis van geografisch-fysische en klimatologische condities. Als voorbeeld: de Rijn-Maas-Schelde-delta valt niet samen met de landsgrenzen; Vlaanderen is onderdeel van hetzelfde systeem als Nederland. En omgekeerd: landen zijn heterogeen en binnen een land kan het kwadrant ook gebruikt worden om regio's te typeren (Parijs als metropool, de oostkust van de VS als metropool, de Midwest als Graanschuur). Voor Europa is de analyse mogelijk geweest tot op NUTS2 (provincie of deelstaat) niveau. Het ontbreekt echter aan de data om zo'n gedetailleerde analyse op mondiaal niveau uit te voeren.

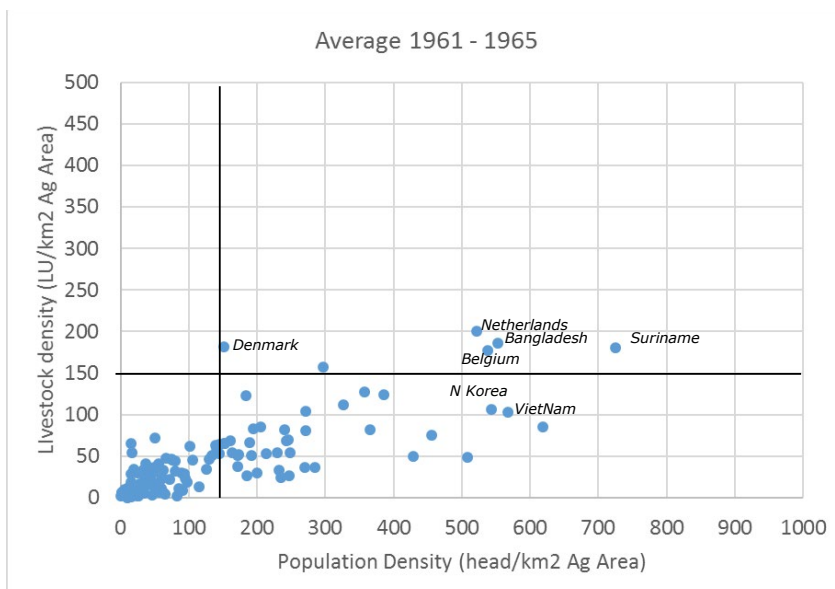
Op landenniveau zijn data verzameld voor de perioden 1961-1965 en 2012 – 2016. Als scheidslijn tussen lage en hoge veedichtheid is 150 diereenheden (slu – standard livestock units, Europese Commissie, 2018) per km² aangehouden. Dat is lager dan het niveau van 200 standaard diereenheden dat Liu et al. (2017) gebruiken. De 150 slu is gebaseerd op een gesloten kringloop bij een fosfaat-excretie van 40 kg per slu en een gemiddelde gewasopname van 60 kg/ha. Dit sluit aan bij de werkwijze die is gevolgd door Liu et al. (2017). Bij deze veedichtheid is de fosfaat excretie via dierlijke mest op het niveau van de regio nog passend bij de onttrekking door het gewas. Omdat in de veehouderij, afhankelijk van de intensiteit, ook 5 – 35 % van de opgenomen P wordt vastgelegd in dierlijke producten, is er bij de grens van 150 slu/km² al een zekere mate van import van veevoer (en dus P) noodzakelijk. Dat geldt zeker als ook voedselgewassen in de regio worden verbouwd. De scheidslijn tussen een lage en hoge bevolkingsdichtheid is gebaseerd op het mondiale gemiddelde in de periode 2012-2016: 150 inwoners per km². Met deze 150/150 scheidslijnen zijn de landen ingedeeld in de kwadranten.

Figuur 2.6 geeft de resultaten voor de meest recente periode. Twee kwadranten zijn goed gevuld: de Graanschuren en de Metropolen. Tot die laatste horen landen als Frankrijk, Duitsland en het Verenigd Koninkrijk. Het Delta-kwadrant bevat een beperkt aantal landen uit Noordwest Europa, Zuidoost Azië en de Golfstaten. Nederland is het Delta-land bij uitstek: zeer hoge dichtheid van mensen en dieren. Er komen geen landen voor in het Veehouderij concentraties kwadrant met hoge veebezetting in een ruraal gebied.



Figuur 2.6 Landen groter dan 1500 km² ingedeeld naar de bevolkingsdichtheid (inwoners per km² landbouwgrond) en veedichtheid (in Standard Livestock Units per km² landbouwgrond), gemiddelde voor de jaren 2012 – 2016. SLU berekend op basis van Eurostat methodiek. De horizontale en verticale lijnen op 150/km² vormen de scheidslijnen tussen de kwadranten.

In de afgelopen 50 jaar is de concentratie toegenomen. De verdeling van de landen over de kwadranten vertoont een grote gelijkenis door de tijd heen (figuur 2.7). Maar in de eerste helft van de jaren 60 waren er maar 7 landen die in het Delta kwadrant kunnen worden ingedeeld, met veedichtheden tussen de 150 en de 200. Het betrof de Noordwest Europese landen Nederland, België en Denemarken als ook Nepal en Bangladesh. In vijftig jaar tijd zijn deze landen verder opgeschoven naar de rechter boven hoek van deze grafiek: met hogere veedichtheden en bevolkingsdichtheden zijn ze meer dan toen een karakteristiek Delta-land.

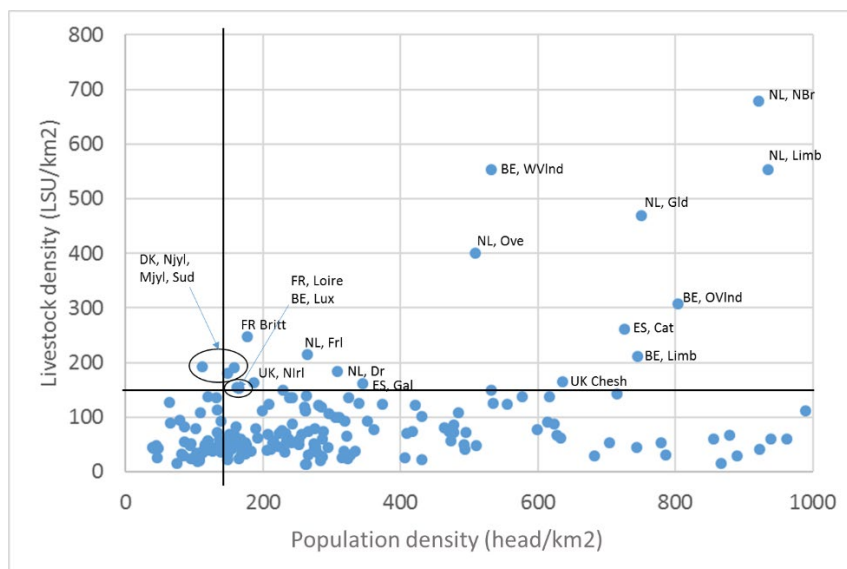


Figuur 2.7 Landen groter dan 1500 km² ingedeeld naar de bevolkingsdichtheid (inwoners per km² landbouwgrond) en veedichtheid (in Standard Livestock Units per km² landbouwgrond), gemiddelde voor de jaren 1961 - 1965. Zie figuur 2.6 voor methodologie.

In Europa hebben Nederland en België hun bevolkingsdichtheid en hun veedichtheid in een halve eeuw met 200% en meer laten stijgen. In Frankrijk en Denemarken steeg de op nationaal niveau veedichtheid met 20-25%, en in het Verenigd Koninkrijk en Duitsland met minder dan 10%. Deze groei kan in de ene regio veel sterker zijn geweest dan in de andere. Denemarken heeft 30 tot 40 jaar geleden wetgeving ingevoerd voor grondgebondenheid - ieder varkensbedrijf moet minstens 50 ha grond hebben - dat heeft al heel vroeg de groei afgeremd.

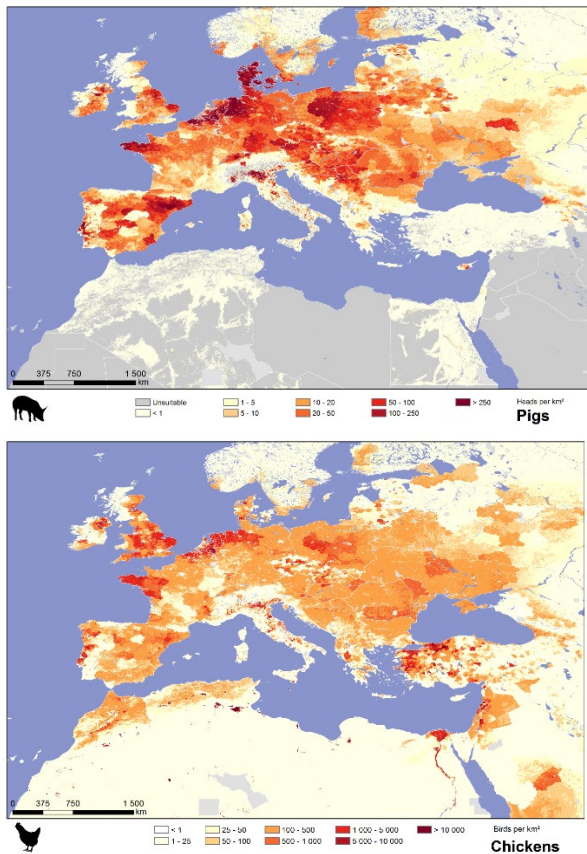
Sterke stijgingen van de veedichtheid vinden we in Azië en Afrika, waar veel landen hun veedichtheid met een factor 2 tot 10 zagen groeien. Met een matige 50% bleef de groei in veedichtheid in India beperkt. Toch komt bijna geen van deze landen boven de scheidslijn van 150 slukm² uit en wordt dus niet als Delta geassocieerd. Dat geldt ook voor de grote landen met gemiddeld lage bevolkingsdichtheden zoals de VS, Canada en Argentinië. Veevastapels groeiden hier soms wel, maar de veedichtheden stegen respectievelijk maar met 20, 0 en 60%. Brazilië laat wel een sterkere groei zien (+90%). Ondanks de groei kwam maar een beperkt aantal landen boven de scheidslijn van 150 slukm².

Voor Europa is nog een iets gedetailleerdere analyse op sub-nationaal niveau mogelijk. De meeste Vlaamse en Nederlandse provincies hebben dan een Delta-karakter, maar er worden ook verschillen duidelijk, bijvoorbeeld tussen Noord-Brabant en Friesland (figuur 2.8). Die laatste komt net als delen van Denemarken (Jutland), Bretagne, Pays de Loire en het Belgische Luxemburg in de buurt van de classificering als regio met een hoge veebezetting bij een lage bevolkingsdichtheid (Veehouderij concentraties).



Figuur 2.8 EU regio's ingedeeld naar de bevolkingsdichtheid (inwoners per km² landbouwgrond) en veedichtheid (in Standard Livestock Units per km² landbouwgrond), gemiddelde voor de jaren 2012 - 2016. Zie figuur 2.6 voor methodologie. Bron: <https://ec.europa.eu/eurostat/data/database>.

Voor varkens en pluimvee hebben Robinson et al. (2011) de veedichtheid nog gedetailleerder in kaart gebracht (figuur 2.9). Daaruit blijkt dat delen van Frankrijk, Italië en Polen ook gekenmerkt worden door hoge veedichtheden. Voor pluimvee geldt dat ook in Turkije en Egypte. Delen van Frankrijk, Oost-Duitsland en Oekraïne, Bulgarije en Roemenië worden gekenmerkt door lagere veebezettingen en specialiseren zich in de teelt van veevoer.



Figuur 2.9. Geschatte veedichtheden voor varkens en pluimvee in Europa en het Mediterrane gebied. Bron: Robinson et al. 2011.

2.4 Conclusie en reflectie

De indeling van landen (en in Europa: regio's) aan de hand van hun bevolkingsdichtheid en veedichtheid leert dat er, met een scheidslijn voor beide indicatoren in 150 per km², vier typen regio's zijn. Het type Veehouderij concentraties (hoge veebezetting bij een lage bevolkingsdichtheid) komt zeer weinig voor. Daarentegen neemt het aantal landen met een hoge vee- en bevolkingsdichtheid ("Delta's") in de loop der tijd toe. Nederland scoort op beide assen extreem hoog en is hier bij uitstek een voorbeeld van.

Gezien de verbeteringen in (koel-)transport en de negatieve milieu- en gezondheidseffecten van veehouderij in de buurt van bevolkingsconcentraties zou wellicht op basis van de theorie van Von Thünen verwacht mogen worden dat de Veehouderij concentraties aan belang winnen en dat Delta's zich ontwikkelen richting Metropolen (hoge bevolkings- en lage veedichtheid). Hoewel de concurrentiepositie van de varkens- en pluimveehouderij in Nederland verslechterd is (Hoste, 2017; van Horne 2017), is dat (nog) niet te zien, ook niet in de classificatie van Nederland. Wel is er binnen de varkenshouderij een trend gaande naar meer fokzeugen, omdat deze een hogere toegevoegde waarde hebben.

Geconcludeerd kan worden dat er naast de negatieve aspecten van concentratie, ook sterke agglomeratievoordelen zijn van het huisvesten van veehouderij in de buurt van concentraties van mensen. Pad-afhankelijkheid (dat wil zeggen dat huidige ontwikkelingen ook bepaald worden door ontwikkelingen in het verleden) kan hierbij een belangrijke rol spelen. Veehouderij vindt plaats in een complex van activiteiten, dat zich niet gemakkelijk laat verplaatsen. Een harde infrastructuur, maar ook kennis, instituties (van voorlichting en keuringsinstanties tot lobby naar de politiek) en een arbeidsmarkt met hoog opgeleide mensen voor al die organisaties rondom de boerderij zijn belangrijk. En hoog opgeleide medewerkers hebben vaak hoogopgeleide partners die een baan willen, en een levensstijl die metropolitaans is. Bovendien vertalen de agglomeratievoordelen zich gemakkelijk in de winstgevendheid van de betrokken bedrijven, dat gebeurt in de markt vanzelf (hoewel niet per definitie voor kleine bedrijven die in de structuurontwikkeling op termijn worden beëindigd). De concentratienadelen daarentegen komen aanvankelijk voor een groot deel niet ten laste van de

bedrijven maar van omwonenden of de natuur. Die hebben in het systeem een minder sterkere positie en worden geconfronteerd met organisatiekosten om tot politieke actie over te gaan.

In dat kader is het niet verbazend dat het lastig is gebleken de varkens- en pluimveehouderij op te bouwen in de gebieden van Europa die gekenmerkt worden door graanteelt, zoals Roemenië. De komst van informatietechnologie maakt het makkelijker om kennis uit te wisselen tussen de centra van veehouderij en opkomende regio's. Toch is het de vraag of daarmee de agglomeratievoordelen afnemen, omdat die technologie tegelijkertijd een hogere arbeidsproductiviteit in de Delta's mogelijk maakt.

Een en ander suggereert dat het niet zo simpel is om kringlopen te sluiten. Om te beginnen concentreren nutriënten zich per definitie op in gebieden met een hoge bevolkingsconcentratie, zelfs als daar geen veehouderij is. Het sluiten van kringlopen vraagt dus om een voedselsysteem-benadering waarin met name ook de terugwinning van schaarse materialen (zoals fosfor) uit menselijke activiteiten aan de orde is, bv. via rioolwaterzuivering die niet alleen zorgt voor schoon afvalwater maar ook voor recycling. In het volgende hoofdstuk gaan we nader in op de omvang van dit aspect.

Vervolgens is het van belang om kringlopen tussen veevoerproductie en veehouderij te sluiten. Dat kan technisch gesproken op twee manieren: door de veehouderij te lokaliseren in gebieden met veevoerproductie (korte kringlopen: lokaal daar waar het kan) of door de veehouderij in de buurt van de bevolkingscentra op basis van internationale handel in veevoer te blijven accepteren en de mest na bewerking terug te sturen naar de veevoerproductie. Dat vraagt om het omzetten van mest in 'een waardevolle grondstof' (SER, 2016) en het ontwikkelen van een markt voor herwonnen fosfaat maar dat blijkt ook na meer dan 30 jaar mestverwerking(onderzoek) niet eenvoudig. Bovendien is mest niet het enige issue maar zijn er diverse negatieve externe effecten van de veehouderij in dichtbevolkte gebieden.

Gezien de kracht van de agglomeratievoordelen (ofwel de drang om in Delta's toch zoveel mogelijk vast te houden aan veehouderij of die nog uit te breiden) zal het baseren van een veehouderij aldaar op een lokale kringloop van bijproducten uit de industrie en afval uit de stad en van lokaal geproduceerd veevoer gepaard moeten gaan met een forse wettelijke aanpak die de veehouderij tot die omvang beperkt. Aangezien het weren van de import van veevoer in kader van de wereldhandelsorganisatie WTO en binnen de Europese Unie erg moeilijk is, komt kringlooplandbouw in Delta's als Nederland (maar ook in andere gebieden) dus neer op strenge milieuwetgeving. In het volgende hoofdstuk gaan we dieper in op de kringloop van fosfor in Nederland en mogelijkheden deze te sluiten.

3 Nutriënten in kaart

3.1 Nederland: een typische delta

Internationaal staat Nederland onder andere bekend om de kaas, de tulpen, de molens en de Amsterdamse grachtengordel. Deze eerste drie symbolen vertegenwoordigen het agrarische plattelandskarakter van Nederland, terwijl de grachtengordel het stedelijke karakter van het dichtbevolkte West-Nederland laat zien. Beide kanten van Nederland worden mogelijk gemaakt door de ligging: de lage landen aan de zee, de vruchtbare en goed ontsloten delta. De vruchtbare kleigronden en het gematigde zeeklimaat zijn gunstig voor de landbouw. Daarnaast vormt een delta ook een natuurlijk logistiek knooppunt tussen open zee en rivierverbindingen met het achterland. Dat bracht handel tot grote hoogte, denk aan de Hanze (12^e-14^e eeuw) en de Gouden eeuw (17^e eeuw).

Nederland is nog steeds een belangrijke speler in de wereldhandel en vormt thuisbasis voor grote multinationals. Een deel van deze bedrijven is direct gerelateerd aan landbouw, tuinbouw en voedsel. Nederland is wereldwijd ook één van de meest 'man-made' landen: overal is de invloed van de mens zichtbaar, zelfs in gebieden die gezien worden als natuurlijk. Het Nederlandse landschap is een cultuurlandschap, gemaakt door en voor de landbouw: het waterpeil wordt gestuurd om landbouw mogelijk te maken, percelen zijn ingedeeld om de productie-efficiëntie te verhogen en zelfs bomen en struiken hadden een economische functie (natuurlijke afscheiding, houtproductie). Een groot deel van Nederland is zelfs gemaakt door mensen: sinds de middeleeuwen zijn grote delen van West- en Noord-Nederland ingepolderd en drooggelegd, ten dienste van de voedselproductie en de huisvesting van de groeiende bevolking. In de 20^e eeuw is deze ontwikkeling afgesloten met het grootste inpolderingsproject ooit, door meer dan 1,500 km² droog te leggen in en rond de voormalige Zuiderzee. De voedselzekerheidsproblematiek rond de Eerste Wereldoorlog en de hongerwinter in West-Nederland in de Tweede Wereldoorlog ondersteunden dit project om daarmee de nationale voedselvoorziening te verzekeren.

Naast een hoge bevolkingsdichtheid wordt Nederland ook gekenmerkt door een van de hoogste veedichtheden ter wereld (zie ook hoofdstuk 2). Dat wordt mogelijk gemaakt door de havens voor de aanvoer van veevoer en door de sterke technische en institutionele infrastructuur. De veehouderij in Nederland is wel onderwerp van het maatschappelijk debat, door de impact op landschap, milieu en volksgezondheid. Veel discussies gaan over het nutriëntenoverschot door de hoge veevoerimport, wat weer door dieren wordt uitgescheiden in de vorm van mest. In hoofdstuk 2 is al aangegeven dat Nederland misschien een extreem voorbeeld is van zo'n delta, maar dat de ontwikkeling wereldwijd op veel meer plaatsen zichtbaar is. In dit hoofdstuk wordt geanalyseerd wat de nutriëntencycli zijn in Nederland, in de mondiale context. Dit is de basis voor de twee circulaire opties die in hoofdstuk 4 worden uitgewerkt.

3.2 Enkele kengetallen

De Nederlandse situatie laat zich eenvoudig uitleggen met behulp van enkele eenvoudige getallen. Op een oppervlakte van ongeveer 41.000 km² (incl. 18% water) wonen ruim 17 miljoen mensen (2017). Daarmee behoort Nederland tot een van de meest dichtbevolkte landen ter wereld. Even in historisch perspectief: de bevolkingsomvang in 1900 was 5,1 miljoen mensen, in 1950 10 miljoen en in 2000 15 miljoen. Dat betekent dat de bevolking iedere 10 jaar met ongeveer 1 miljoen mensen is toegenomen. Omdat de bevolking vergrijsd en het geboortecijfer laag is, wordt verwacht dat de bevolkingsomvang in 2050 ongeveer 18 miljoen mensen bedraagt. Ondanks de hoge gemiddelde bevolkingsdichtheid is de Nederlandse bevolking ook nog eens geconcentreerd: ongeveer driekwart leeft in stedelijke gebieden.

Nederland is ook een van de rijkste landen ter wereld en staat op de 14^e plaats op de ranglijst voor Bruto Binnenlands Product (BBP) per hoofd van de bevolking (US\$ 56,120 in 2017, Worldbank). De economie van Nederland staat op de 17^e plaats op de ranglijst van grote economieën, uitgedrukt als Nominaal BBP per land (945,327 miljard US\$ in 2018).

Slechts twee procent van de beroepsbevolking is werkzaam in de primaire landbouw, maar beheert ongeveer twee derde van het Nederlandse landoppervlakte (CBS). Nederland is de tweede exporteur van agri-food producten, meteen totale waarde van ongeveer 90 miljard Euro in 2017 (CBS/WUR, 2018). Dit is niet allemaal geproduceerd door Nederlandse boeren en tuinders: Nederland is ook één van de grootste importeurs van landbouwproducten, die worden verwerkt en vervolgens weer worden geëxporteerd. Het belangrijkste voorbeeld is de omzetting van geïmporteerd veevoer in dierlijke producten, zoals vlees, eieren en zuivelproducten. Deze producten vertegenwoordigen in 2017 20% van de exportwaarde (CBS/WUR, 2018). Nederland heeft één van de hoogste veedichtheden wereldwijd, mede mogelijk gemaakt door de import van veevoer en het beschikbaar zijn van een groot aantal bijproducten. Dit leidt ook tot een hoge mestproductie in de veehouderij en tot milieuproblemen en maatschappelijke knelpunten. Om deze problemen terug te dringen, is een intensief systeem van overheidsbeleid ontwikkeld, wat ook weer leidt tot kosten voor de sector. Als voorbeeld: Nederlandse veehouders maken jaarlijks zo'n 360 miljoen euro aan kosten om hun mestoverschot verplicht af te voeren (zie paragraaf 3.3).

Kortom: de Nederlandse delta laat een gecombineerde ontwikkeling zien van een hoge bevolkingsconcentratie en een sterke concentratie van veehouderij. Deze ontwikkeling is ook in andere delta's terug te vinden (hoofdstuk 2), zoals Zuid-Korea, België en Bangladesh, om er enkele te noemen. Ook metropoolstaten als Macau, Brunei, Hong Kong en eilanden als Trinidad & Tobago, Bermuda en Barbados combineren hoge bevolkingsdichtheid met een hoge veedichtheid.

3.3 Belangrijke trends in de Nederlandse agrosector

Vanwege de hoge kosten voor land en arbeid is de productiviteit van de Nederlandse landbouw sterk ontwikkeld. Het Nederlandse agrocomplex is heel succesvol gebleken in het ontwikkelen van oplossingen om de productiviteit per eenheid grond en arbeid te verhogen, onder andere door grootschalige mechanisatie, automatisering, fokkerij/veredeling, professionalisering en opleiding. Daarnaast is ook de economische efficiëntie in de complete waardeketen van primaire productie tot consument vergaand geoptimaliseerd, door concentratie en schaalvergroting, logistieke oplossingen, ketenintegratie en het tot waarde brengen van allerlei bijproducten. Dat is zichtbaar in vrijwel alle agrosectoren, zoals de zuivelketen, de varkenshouderij, de suikerindustrie en de aardappelketen. Door deze kennis- en technologie-gedreven strategie is Nederland nog steeds een belangrijke speler, ondanks het feit dat de kosten voor grond en arbeid (veel) hoger zijn dan in de meeste andere landen.

Voor hoogwaardige gewassen, zoals verse groenten en siergewassen is de teelt steeds meer losgekoppeld van de grond: de introductie van high-tech substraat- en watergebaseerde teeltsystemen onder glas, kunstmatige belichting en slimme logistieke systemen in de kas hebben geleid tot een extreem hoge productie per m². De volgende stap wordt nu gezet naar gestapelde productielagen met uitsluitend kunstmatige belichting en volledige automatisering van teelt en oogst. Dezelfde strategie wordt gevolgd in de veehouderij: dieren worden gehouden in zeer efficiënte hightech huisvestingssystemen, waardoor de productie per m² sterk verhoogd kon worden en de arbeidsinzet geminimaliseerd. Dit geldt met name voor de varkens- en pluimveehouderij: veel bedrijven in deze sectoren hebben zelf geen of nauwelijks grond voor de productie van veevoer en zijn volledig afhankelijk van de import van veevoer van buiten. Deze bedrijven hebben daarmee ook geen ruimte om eigen mest aan te wenden en zijn verplicht om deze buiten het bedrijf af te zetten. Deze ontwikkeling is zelfs gaande in de melkveehouderij: de melkproductie per dier en per hectare is in de afgelopen jaren steeds verder verhoogd door het gebruik van energie- en eiwitrijk veevoer van buiten het bedrijf. Het gevolg is dat bijv. in 2016 ongeveer driekwart van de melkveebedrijven een mestoverschot had. Dat betekent dat ze meer mest produceren dan ze op het eigen land mogen aanwenden. De ontwikkeling in de melkveehouderij is nu min of meer tot staan gebracht door de

combinatie van een fosfaatreductie plan met fosfaatrechten en het streven naar een grondgebonden melkveehouderij met minimaal 65 % eiwit van eigen land (Commissie Grondgebondenheid, 2018).

In feite laten al deze ontwikkelingen de industrialisering van de Nederlandse landbouw zien, waarbij kennis en technologie worden ingezet om de kosten van land en arbeid te beheersen. Andere inputs, zoals veevoer en (kunst)meststoffen zijn relatief goedkoop en gemakkelijk beschikbaar, waardoor het mogelijk is om geïndustrialiseerde landbouw geografisch te concentreren in delta's als Nederland. Dat wordt nog versterkt door de aanwezigheid van grote stedelijke gebieden in Noordwest Europa, die in feite de belangrijkste afzetmarkt vormen.

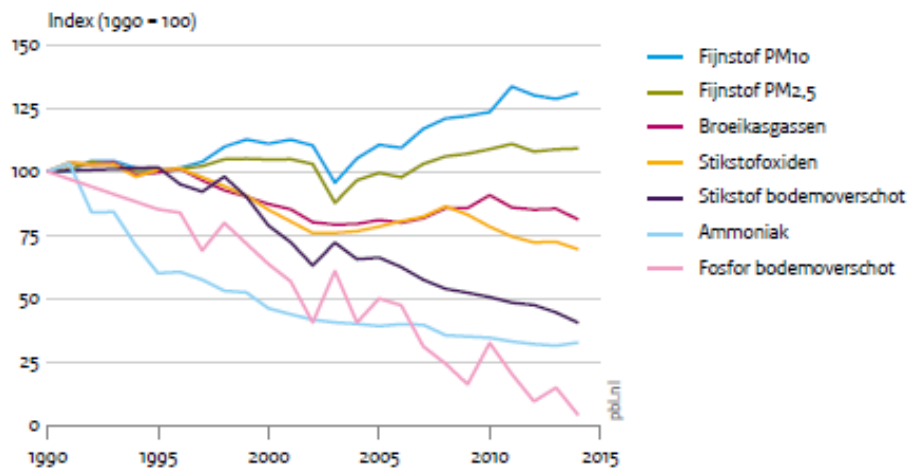
3.4 Concentratie van nutriënten

Er is een wezenlijk verschil tussen niet-grondgebonden plantaardige en dierlijke productiesystemen: de nutriëntenefficiëntie in de glastuinbouw is heel hoog. De afvoer van nutriënten met het product wordt gecompenseerd door de aanvoer met (vloeibare) kunstmeststoffen en organische mest, er vindt nauwelijks concentratie plaats en bij een goed functionerend systeem zijn er ook nauwelijks emissies. Echter, in de niet-grondgebonden varkens- en pluimveehouderij ligt de nutriëntenbenutting slechts op 30 a 40 procent: dieren zetten niet alle nutriënten in het voer om in vlees of eieren, maar het grootste deel (60-70%) komt in mest terecht. Omdat de Nederlandse veehouderij grote hoeveelheden veevoer importeert, heeft dat tot gevolg dat er in Nederland een concentratie van nutriënten plaatsvindt in de landbouw. Een deel hiervan wordt benut in de landbouw om de afvoer via landbouwproducten te compenseren, maar de rest blijft over.

Dit is één van de belangrijkste oorzaken van de landbouw gerelateerde milieuproblemen in Nederland: de toepassing van grote hoeveelheden beschikbare mest leiden tot grote problemen met de waterkwaliteit (grond- en oppervlaktewater) door nitraat- en fosforuitspoeling en ammoniakemissies. Ammoniakemissies treden op bij toediening van mest op het land, maar ook vanuit stallen en mestopslag. De ammoniak komt via depositie weer terecht in onder andere natuurgebieden, wat ongewenste effecten heeft op de biodiversiteit. Met name in veehouderijconcentratiegebieden begon fosfaat uit te spoelen van fosfaatverzadigde gronden. Het landschap en het watersysteem in de Nederlandse delta zijn extra gevoelig voor emissies, omdat water (met nutriënten) effectief wordt afgevoerd via drainage, sloten en watergangen. De waterkwaliteitsnormen werden hierdoor sterk overschreden, waardoor ook de drinkwaterkwaliteit werd (en nog steeds wordt) bedreigd: de Nitraatrichtlijn van 50 mg/l wordt in o.a. Zuidoost Nederland nog steeds niet gehaald.

Deze milieuproblemen hebben geleid tot een pakket aan regelgeving, gebaseerd op de Europese Nitraatrichtlijn en de Kaderrichtlijn Water. Deze regelgeving is gericht op een reductie van de ammoniakuitstoot en de beperking van de stikstof- en fosfaatbemesting in gewassen. Er is echter nauwelijks beleid gemaakt om de totale uitscheiding van stikstof en fosfor in mest te beheersen. Pas na 2000 heeft de Nederlandse overheid met de EU een akkoord gesloten over de maximale stikstof- en fosforproductie in dierlijke mest (de zogenaamde stikstof- en fosforplafonds). Door het aanscherpen van de bemestingsnormen liggen deze plafonds echter hoger dan de totale bemestingsruimte in de Nederlandse landbouw. Dat betekent dat er een structureel overschot is ontstaan voor dierlijke stikstof en fosfor in Nederland binnen de huidige beleidskaders. De strenge regels voor ammoniakemissie en de strenge bemestingsnormen hebben wel geleid tot een afname van de milieubelasting van de landbouw vanaf 1990 (PBL, 2018). Uitzondering is de uitstoot van fijnstof, met name vanwege de verschuiving naar andere stalsystemen in de pluimveehouderij (dit illustreert de problematiek van trade-offs tussen verschillende milieueffecten zoals dierwelzijn en uitstoot).

De hoge nitraatconcentraties zijn teruggedrongen door de introductie van het mestbeleid, gebaseerd op de Europese nitraatrichtlijn, hoewel er nog steeds regionale overschrijdingen van de normen worden gevonden. Het programma Natura2000 werkt aan de reductie van de ammoniakdepositie door strenge regulering van de intensiteit van de veehouderij rond natuurgebieden (de zogenaamde Natura2000 gebieden).

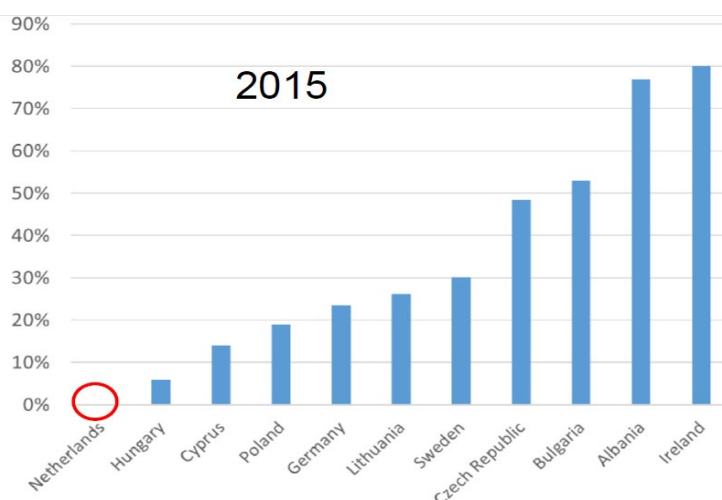


Bron: Emissieregistratie; CBS

Figuur 3.1 Milieubelasting van de Nederlandse landbouw (index cijfers, 1990 = 100). Bron: PBL, 2018, Naar een wenkend perspectief voor de landbouw).

Een belangrijke factor bij het terugdringen van de milieubelasting is de export van het nutriëntenoverschot. Dat geldt op bedrijfsniveau, waarbij bedrijven kosten moeten maken om het overschot af te voeren, maar ook op nationaal niveau: het nationale fosforoverschot moet verwerkt en geëxporteerd worden. Deze kosten vormen ook één van de fraudeprikkelers in het huidige systeem: het is aantrekkelijker om een deel van het huidige mestoverschot op het (eigen) land uit te rijden.

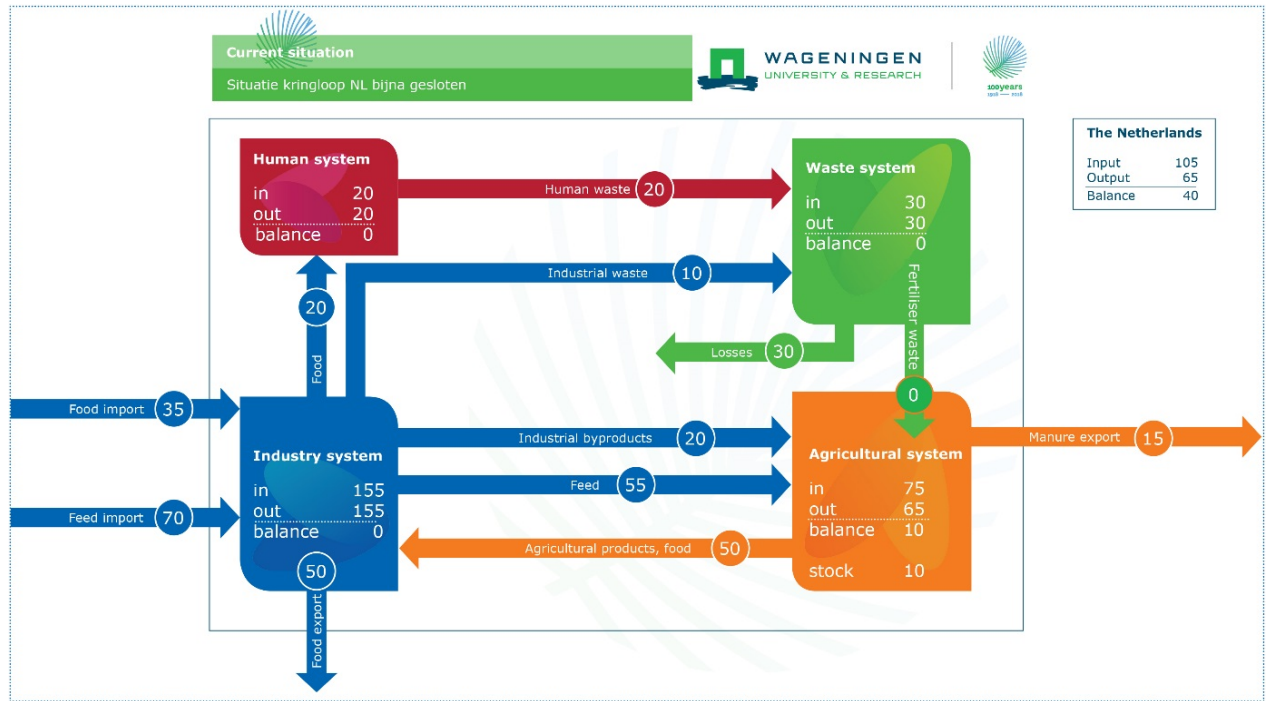
Wat voor de veehouderij geldt, geldt eigenlijk ook voor concentraties van mensen: de afvalstroom uit steden (riool, afval) bevat grote hoeveelheden nutriënten. Deze afvalstromen worden op een efficiënte en hygiënische manier verzameld en getransporteerd naar centrale verwerkings- en zuiveringsinstallaties. Echter, uit deze stroom worden nauwelijks nutriënten teruggebracht in de landbouw, op GFT-afval na (ongeveer 1.4 Megaton GFT, 0.001 Megaton P, CBS, 2018). Daarmee vormt Nederland een uitzondering in Europa, want in de meeste landen wordt rioolslib verwerkt en vervolgens toegepast in de landbouw (Figuur 3.2). De belangrijkste oorzaak van deze uitzonderingspositie van Nederland zijn de uitzonderlijk strenge normen voor zware metalen in rioolslib.



Figuur 3.2 Recycling van rioolslib in de landbouw in een aantal EU landen. Bron: Eurostat.

Fosforstromen

De huidige situatie in de Nederlandse Delta kan goed geïllustreerd worden aan de hand van de fosforstromen (Figuur 3.3). De data zijn ontleend aan Smit et al. (2015): De totale import van P in 2011 bedroeg ongeveer 105 Mton P, waarvan 70 Mton P in veevoergrondstoffen en 35 Mton in voedselproducten. De export bedroeg slechts 65 Mton P, waarvan 50 Mton in voedselproducten. Dat resulteert in een fors P overschot van 40 Mton, waarvan 75% verloren gaat in de afvalsector en 25% ophoopt in landbouwgrond (cijfers 2011). De afvalsector is totaal niet circulair: er wordt nauwelijks tot geen P hergebruikt in industrie, landbouw of huishoudens.



Figuur 3.3 Nationale fosfor stromen in Nederland (aangepast en vereenvoudigd op basis van Smit et al, 2015)

3.5 Herkomst van nutriënten

De ophoping van nutriënten in Nederland kan alleen plaatsvinden als deze eerst zijn geïmporteerd van elders. Een groot deel van de ingevoerde veevoergrondstoffen komt uit de EU: 12,5 Mton van 22,1 Mton komt uit de EU. Deze 12,5 Mton bestaat uit 10,4 Mton granen en 2,1 Mton restproducten uit de verwerking van oliehoudende zaden (koolzaad, zonnebloempitten). 9,5 Mton wordt geïmporteerd uit niet-EU landen (netto-import cijfers volgens FAOstat (2018)). Hiervan bestaat 8,9 Mton uit soja en restproducten uit de verwerking van oliehoudende zaden. De belangrijkste landen waarvan Nederland deze producten betreft, worden weergegeven in Wereldwijd zijn verschillende gebieden en landen aan te wijzen die gedomineerd worden door grootschalige akkerbouwmatige productie van veevoergrondstoffen, zoals granen, maïs, soja, koolzaad en zonnebloemen. In Europa zijn deze gebieden o.a. te vinden in Roemenië, Hongarije, Oekraïne, voormalige Oost-Duitsland, verenigd Koninkrijk, Frankrijk en Italië. Buiten Europa: Verenigde Staten, Canada, Latijns-Amerika, en Rusland. Deze gebieden zijn vaak sterk ruraal, met lage grondprijzen en een lage bevolkingsdichtheid (lage arbeidsbeschikbaarheid) en zijn door ons gekarakteriseerd als Graanschuren.

Tabel 3.1). Deze landen dekken samen meer dan 90% van de totale import.

Wereldwijd zijn verschillende gebieden en landen aan te wijzen die gedomineerd worden door grootschalige akkerbouwmatige productie van veevoergrondstoffen, zoals granen, maïs, soja, koolzaad en zonnebloemen. In Europa zijn deze gebieden o.a. te vinden in Roemenië, Hongarije, Oekraïne voormalig Oost-Duitsland, Verenigd Koninkrijk, Frankrijk en Italië. Buiten Europa: Verenigde Staten, Canada, Latijns Amerika en Rusland. Deze gebieden zijn vaak sterk ruraal, met lage

grondprijzen en een lage bevolkingsdichtheid (lage arbeidsbeschikbaarheid) en zijn door ons gekarakteriseerd als Graanschuren.

Tabel 3.1 Geïmporteerd veevoer per land van herkomst voor Nederland (Mton). Bron: FAOStat (dd. 10 september 2018).

| Land | totaal | granen | Oliehoudende bijproducten |
|---------------------|---------------|---------------|----------------------------------|
| Brazilië | 4,31 | 0,40 | 3,91 |
| Frankrijk | 3,95 | 3,88 | 0,06 |
| Duitsland | 3,62 | 2,26 | 1,36 |
| VS | 1,46 | 0,06 | 1,40 |
| Argentinië | 1,43 | 0,08 | 1,35 |
| Oekraïne | 1,41 | 1,20 | 0,20 |
| België | 0,98 | 0,70 | 0,27 |
| Indonesie | 0,87 | - | 0,87 |
| Paraguay | 0,58 | - | 0,58 |
| Roemenië | 0,52 | 0,51 | 0,01 |
| Verenigd Koninkrijk | 0,45 | 0,43 | 0,02 |
| Canada | 0,39 | 0,15 | 0,24 |

De gebieden zijn gespecialiseerd in grootschalige akkerbouw, waardoor er niet of nauwelijks veehouderij voorkomt. De belangrijkste gewassen zijn mais, granen en oliehoudende zaden (Wang et al, 2018). De oliehoudende zaden zijn meest sojabonen, palmpitten, zonnebloempitten en koolzaad. De geld-opbrengsten per hectare zijn laag, waardoor schaalgrootte belangrijk is om een inkomen te generen: De bedrijven zijn groot (honderden tot duizenden hectares), met grootschalige mechanisatie om arbeidsinzet te beperken. Dat leidt overigens ook tot een nog verdere verlaging van de arbeidsbehoefte op het platteland. Deze bedrijven zijn gevoelig voor prijsveranderingen in de wereldmarkt, omdat ze uitsluitend commodities produceren die onderling in de markt vervangbaar zijn (veevoergrondstoffen, plantaardige olie), dus in een jaar met een overvoerde wereldmarkt is het inkomen vanuit al deze gewassen laag. Deze categorie landen/gebieden staat tegenover de delta's (zoals Nederland), omdat de bevolkingsdichtheid en de veedichtheid juist laag zijn, zie hoofdstuk 2.

Landbouwkundig gezien zijn nutriëntentekorten een kenmerk van deze systemen: de meeste nutriënten worden afgevoerd met het product en er is nauwelijks of geen dierlijke mest beschikbaar in deze gebieden. Door de lage bevolkingsdichtheid zijn er nauwelijks nutriënten uit het afvalstelsel beschikbaar. Kunstmest vormt daarom de belangrijkste 'levensbron' voor deze bedrijven, voor fosfor zelfs de enige (MacDonald et al, 2011). Voor stikstof is dat anders, omdat sommige vlinderbloemige gewassen, zoals soja, in staat zijn om stikstof uit de lucht te binden. Vaak hebben deze gewassen alsnog extra stikstofbemesting nodig om een redelijke opbrengst te behalen. De meeste gewassen in deze teeltsystemen laten ook veel stro na op het land, vaak met een hoge C/N verhouding. Om dit organische materiaal af te breken is extra stikstof nodig voor het bodemleven. Als deze extra stikstof niet wordt toegediend, kan dat stikstoftekorten opleveren in gewassen in het volgende jaar, met een lagere opbrengst als gevolg. Als de stikstofbemesting door regelgeving is beperkt (wat vaak het geval is), betekent dit dat bedrijven gaandeweg hun productiviteit achteruit zien gaan, zowel in opbrengst als financieel.

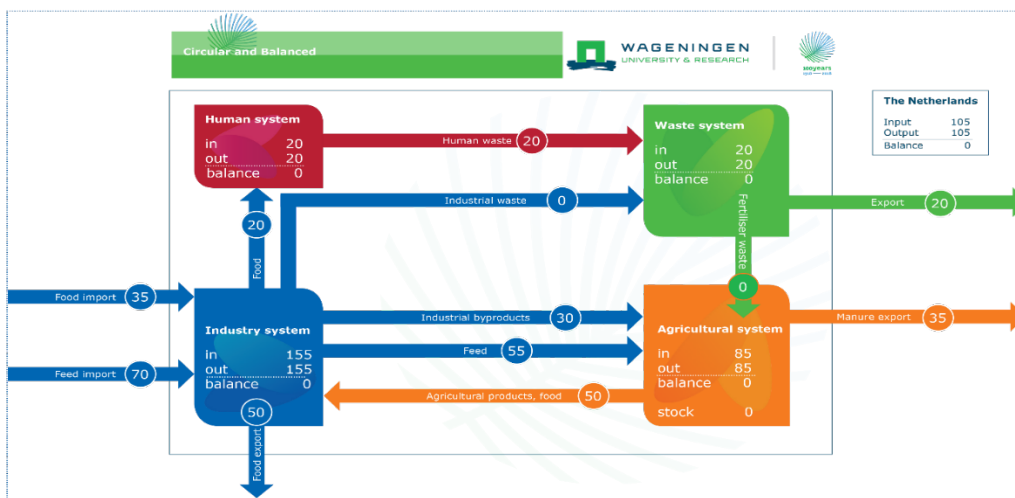
Samenvattend: deze bedrijven/regio's exporteren nutriënten met de producten, met soms onvoldoende compensatie via aanvoer (MacDonald et al., 2011) en volledige afhankelijkheid van kunstmest. Door een sterke focus op kostenverlaging en schaalvergroting wordt de arbeidsproductiviteit steeds verder verhoogd, wat weer bijdraagt aan de verzwakking van de lokale economie en arbeidsmarkt. Dit valt samen met de trend van ontvolking van het platteland, die vooral wordt ingegeven door hogere lonen in de stad.

4 Twee mogelijke, extreme, oplossingsrichtingen

Het mest overschot in Nederland wordt al lange tijd bediscussieerd door de politiek. De discussie wordt aangewakkerd door bezorgde bewoners, Ngo's, onderzoeksinstituten en gezondheidszorg organisatie. Al meer dan dertig jaar vindt er daardoor mestbeleid plaats (Backus 2017), wat samen met het melkquota de groei van de veehouderij heeft gereguleerd. Standaarden voor de toediening van nitraat en fosfor zijn vastgesteld en door de sector tot het maximale punt benut. De uitgangspunten voor de standaarden zijn de Nitraatrichtlijn en de Kaderrichtlijn Water. Ondanks het mestbeleid, zijn er nog problemen rondom mest en nutriënten, zoals hiervoor beschreven is (Hoofdstuk 3). Grofweg zijn er twee denkbare oplossingsrichtingen voor de problemen. De eerste richt zich op technologie voor het verwerken van mest tot een hoogwaardig product, waardoor de huidige omvang van de veehouderij in Nederland in stand gehouden kan worden of zelfs kan worden uitgebreid. De tweede oplossingsrichting richt zich op een situatie waarin het gebied zelfvoorzienend is in zijn veevoer. Een gevolg hiervan is dat de omvang van de veehouderij in de Nederlandse delta sterk zal verminderen.

4.1 Technologische oplossing, behoud van omvang van de sector

Het probleem in Nederland bestaat uit een ophoping van nutriënten. Een, in theorie tenminste, eenvoudige oplossing is dan het sluiten van de nutriënten cirkel door de opgehoopte nutriënten terug te brengen naar het bron-gebied; de Graanschuren. Om dat voor Nederland te realiseren, zullen er drie maatregelen genomen moeten worden (zie ook onderstaande figuur): 1) de verliezen in het afvalstelsel zijn verholpen door het terugwinnen en exporteren van het fosfor; 2) de verwerking en export van mest is meer dan verdubbeld, waardoor er geen ophoping meer plaats vindt in het landbouwsysteem; en 3) al het afval uit de industrie wordt gebruikt als bijproduct in de landbouw. Alles bij elkaar, leidt dit er toe dat de landbouw sector zelfs iets toe kan nemen, in fosfor termen. Dit komt doordat er meer inputs zijn, vanwege het gebruik van alle bijproducten uit de industrie en het oplossen van de verliezen in de landbouw. In theorie, als mest het enige probleem zou zijn, is zelfs een groei van de import van veevoer denkbaar.



Figuur 4.4. Fosfor stromen voor een gebalanceerd systeem (import=export, geen verliezen en ophoping).

De veehouderij sector blijft in stand, daardoor blijven de economische schaal voordelen voor de landbouw en agro-voedsel industrie intact (de agglomeratievoordelen worden uitgebuit en versterkt) en de exportpositie vergelijkbaar met de huidige situatie. Maar, de te treffen maatregelen om het systeem circulaire te maken ten aanzien van nutriënten zijn duur. Met name de terugwinning van nutriënten uit menselijk afval (maatregel 1) omdat het huidige systeem daar niet op is ingericht. Ook de sterke toename in het verwerken van mest (maatregel 2) is duur. Backus (2017) berekende dat het verwerken van mest in 2016 9% van de totale productie kosten voor zijn rekening neemt in de varkens- en pluimveehouderij. Bij meer mestverwerking zullen deze kosten, en dus het aandeel in de totale productie kosten, toenemen, ervan uitgaande dat de concurrentie van kunstmestfosfaat sterk blijft.

Veel huidige ideeën over circulariteit van nutriënten laten de menselijke afval-kant buiten beschouwing. Dat geldt ook voor de visie over Kringlooplandbouw van het ministerie van LNV. Er wordt dan alleen op de landbouw en de agro-food industrie gefocust. Als de menselijke kant wordt genegeerd, blijven de verliezen van 20 Mkg fosfor (het groene blok in Figuur 4-1) uit het afvalstelsel optreden/bestaan.

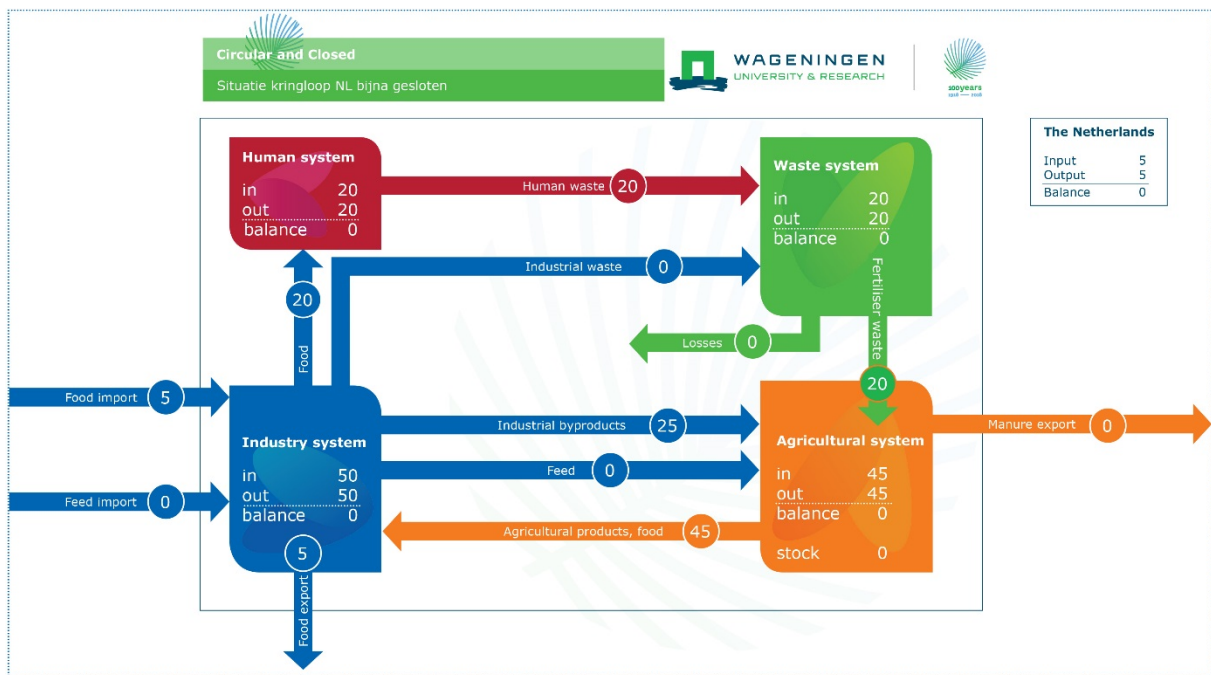
In beide situaties, (met en zonder het humane systeem circulair) blijven de reeds genoemde milieu risico's en gezondheidsproblemen bestaan, omdat de veehouderij sector in omvang minimaal gelijk blijft. Deze risico's zijn met name gerelateerd aan nitraat en fijnstof, en amper aan fosfor zelf. Ondanks dat de ammoniak emissies sinds 1990 met twee-derde zijn afgenomen (Figuur 3-1, PBL 2018) zijn de emissies in veehouderij gebieden nog te hoog (<https://www.clo.nl/indicatoren/nl1592-kwaliteit-stikstofgevoelige-ecosystemen>). Het reduceren van deze emissies vanuit stallen is kostbaar, maar kan mogelijk ook baten (bijvoorbeeld voor klimaatbeleid en diergezondheid) opleveren. Doordat de omvang van de melkveehouderij sinds 2015 is toegenomen, zijn de ammoniak emissies overigens boven het Nationale emissie plafond voor NH3 uitgekomen.

De fijnstof uitstoot vanuit stallen vormt een bedreiging voor de gezondheid van mensen. Het afvangen van fijnstof bij stallen met een vrije uitloop zal zeer kostbaar zijn. Een ander gezondheidsrisico wordt veroorzaakt door zoönosen; dierziekten waar ook mensen vatbaar voor zijn. Deze ziektes kunnen gemakkelijk overgedragen worden op mensen in gebieden met een hoge veedichtheid. Een voorbeeld hiervan is Q-koorts uitbraak in 2007. Tijdens deze uitbraak zijn er veel slachtoffers gevallen die nabij geitenboerderijen leefde en de uitbraak zorgde zo voor grote zorgen over de risico's van een hoge veedichtheid in een stedelijke omgeving.

In feite is dit de huidige oplossingsrichting, exclusief de humane fosfor stromen. De omvang van de landbouw en agro-industrie blijft min of meer gehandhaafd en er vindt mestverwerking en -export plaats.

4.2 Gesloten gebied, zelfvoorzienend

De tweede oplossingsrichting gaat uit van een minimalisering van veevoer import om het nutriëntenprobleem te verhelpen en het systeem in balans te brengen. Al meerdere milieu organisaties hebben deze mogelijke oplossing aangekaart. Deze oplossing heeft ook zijn goed te volgen logica; door alleen regionaal (of Nederlands) geproduceerd veevoer te gebruiken en als uitgangspunt voor de hoeveelheid inputs te laten fungeren, zal dat leiden tot minder dieren op Delta niveau. Dit zal leiden tot een lagere productie en accumulatie van mest en nutriënten, waardoor ook mest weer een positieve waarde zal krijgen. Daarnaast zullen er geen kosten meer zijn voor het verwerken van mest tot exporteerbare producten. Deze situatie wordt getoond in figuur hieronder. Er worden een drietal maatregelen genomen: 1) Veevoer import wordt gestopt (naar 0 Mkg); 2) Afval vanuit de humane systeem en bijproducten uit de industrie worden gebruikt in de landbouw sector; en 3) Er is minimale voedsel import (tropische producten zoals koffie, cacao en bananen). Deze oplossingsrichting is gebaseerd op een aantal aannames; de menselijke populatie blijft gelijk en voedsel import is arbitrair op 5 Mkg fosfor gezet.



Figuur 4.5. Fosfor stromen in Nederland voor een gesloten, zelfvoorzienend systeem.

Voor de landbouw en de agro-industrie betekent deze oplossingsrichting een sterke afname van de omvang van de sectoren. Er wordt geen mest meer geëxporteerd, en de voedsel export neemt ook sterk af. De fosfor input en output van het systeem zijn minimaal (5Mkg). Dat betekent ook dat de import van andere producten voor humane consumptie sterk zal afnemen ten opzichte van de huidige situatie.

De afname van de landbouwsector zal aanzienlijke economische schade teweeg brengen aan de Nederlandse agro-food complex, omdat de export van producten sterkt afneemt en er schaalvoordelen verloren gaan. Daarnaast zal er bestaande infrastructuur afgeschreven moeten worden. De voordelen van deze oplossing zijn, in financieel opzicht, dat er geen grootschalige verwerking en export van mest hoeft te worden gerealiseerd. Omdat de totale emissies veel lager uit zullen vallen als gevolg van een kleinere landbouwsector, hoeft er geen kostbaar beleid ingesteld te worden op het voorkomen van emissies en risico's. De milieu-gerelateerde problemen zullen lager zijn en de overlast voor mensen zal afnemen. Dit leidt tot lagere kosten voor gezondheidszorg en voor beschermingsmaatregelen voor natuur en landschap. De maatschappelijke druk zal daardoor ook afnemen en de kans op stank en geluidsoverlast en zoönosen zal dalen. Hoewel de verwachting is dat de teruggang het sterkst zal zijn in de hokdierhouderij (varkens, pluimvee) kan de resterende productie nog steeds in hoge concentratie plaats zal vinden. Gespecialiseerde veehouderij systemen zijn namelijk sterk afhankelijk van een fysieke en institutionele infrastructuur. Dus overlast van veehouderij kan in deze oplossingsrichting lokaal toch nog steeds plaatsvinden.

4.3 Gevolgen oplossingsrichtingen in andere gebieden dan de Delta

Beide oplossingen, zoals hierboven gepresenteerd, focussen sterk op de Delta gebieden, met als voorbeeld Nederland. Maar wat gebeurt er bijvoorbeeld met de Graanschuren in beide oplossingsrichtingen? Nu zijn de Graanschuren nog de grote bron van nutriënten voor de Delta en vindt er uitputting in die gebieden plaats.

Eerste oplossingsrichting

In de eerste oplossingsrichting zullen nutriënten uit mest en menselijk afval worden geëxporteerd uit de Delta, in het circulaire geval naar de Graanschuren. Echter, de import van veevoer staat gelijk aan 70 Mkg, terwijl de export van nutriënten 'slechts' 55Mkg is (zie Figuur 4-1. Dat komt met name doordat er in de Delta veevoer wordt omgezet naar producten, die naar andere gebieden dan de Graanschuren worden geëxporteerd. Er is dus in deze oplossing toch nog een open einde van 15 Mkg

fosfor, die verdwijnt in het humane systeem in andere gebieden en niet terug gaat naar de Graanschuren. Een kanttekening daarnaast is hoe te realiseren dat de geëxporteerde nutriënten inderdaad in de desbetreffende Graanschuren terecht komen. Dat vereist goede, internationale afspraken en organisatie.

Tweede oplossingsrichting

In de tweede oplossingsrichting, waarin de import van veevoer wordt gestopt, wordt de nutriëntenrelatie tussen de Delta en de Graanschuren effectief opgelost. Het gevolg daarvan is dat de veehouderij-sector in de Delta sterk gereduceerd wordt, omdat de omvang van de sector nu gebaseerd is op de eigen, regionale veevoerproductie. Een vraag die opkomt is, aangenomen dat het consumptie patroon van mensen buiten de betreffende Delta niet verandert; waar gaat de veehouderij dan naartoe? Het lijkt logisch om een veehouderij sector op te zetten in het gebied waar veel veevoer wordt geproduceerd; de Graanschuren. Dat gebied schuift dan naar boven in de kwadranten-figuur en verandert in een "Veehouderij concentraties" gebied. Echter, er moet dan een gespecialiseerde veehouderij sector worden opgezet in een gebied waar de benodigde infrastructuur ontbreekt. Dat brengt grote uitdagingen met zich mee. Eerdere experimenten om gespecialiseerde pluimveehouderij in Roemenië en Hongarije op te zetten liepen tegen een aantal problemen aan, zoals matige infrastructuur en weinig goed getrainde werknemers. Naar verwachting duurt het lang voordat de veehouderij sector in de Graanschuren net zo efficiënt en gespecialiseerd is als in de Delta het geval was. Als deze ontwikkeling slaagt, zal de lokale economie een sterke groei kunnen doormaken.

Omdat de vraag naar dierlijke producten groot blijft, met name in de stedelijke gebieden (Delta's en Metropolen), moeten de producten ook worden getransporteerd uit de getransformeerde Graanschuren. De getransporteerde volumes zullen echter alleen betrekking hebben op de dierlijke producten zelf. Het gaat dan om slechts 25-40% van de volumes ten opzichte van de situatie waarbij veevoer naar de delta's wordt getransporteerd (het transport van vlees vraagt wel hogere hygiënische eisen dan het transport van veevoer).

De genoemde nadelen en uitdagingen moeten opwegen tegen de winsten die het verplaatsen van de veehouderij naar de Graanschuren teweegbrengt, zoals een sterke reductie in veevoer transporten en een vermindering van de gevolgen die een hoge veedichtheid en hoge bevolkingsdichtheid met zich meebrengen (zoönose, overlast, milieuvervuiling).

Maar ook in de Graanschuren zal de veehouderij waarschijnlijk een geïndustrialiseerd en geconcentreerd karakter krijgen. De mest van deze sector kan gemakkelijk naar de omringende akkerbouw gebieden gebracht kunnen worden. Echter, in de Graanschuren zullen vanwege de lage bevolkingsdichtheid daar relatief minder mensen hinder van ondervinden. Milieu vervuiling kan nog wel optreden.

Voor de Delta's, waar als gevolg van de tweede oplossing minder dieren zullen leven, blijven nog steeds nutriënten uit het menselijke afval systeem accumuleren. De maatregelen om nutriënten uit dit systeem terug te winnen zijn nog steeds nodig, en dienen vervolgens al input voor het landbouwsysteem in de regio waar de dierlijke producten vandaan komen. Hoewel de Delta getransformeerd is naar een metropool, is er nog steeds een nutriëntenvraagstuk, zij het van een kleinere omvang dan in de Delta.

5 Onderzoekagenda, discussie en conclusies

5.1 Conclusies

Uit de analyse blijkt dat nutriënten als fosfor zich per definitie door de menselijke consumptie van voedsel ophopen in de Delta's en Metropolen. Voor het sluiten van nutriëntenkringlopen in de circulaire economie betekent dit dat daar het grootste lek zit in de kringloop en dat rioolwaterzuivering zich niet alleen zal moeten richten op het schoon krijgen van vervuild water maar ook op het terugwinnen van fosfor en andere nutriënten. Cijfers voor Nederland illustreren dit (hoofdstuk 3). Zolang de terugkeer van nutriënten uit mensenmest niet voor 100% is geregeld, is er altijd een aanvulling nodig om de onttrekking van nutriënten aan de bodem te compenseren. Die compensatie kan plaatsvinden in de vorm van nutriënten uit dierlijke mest, afkomstig van geïmporteerd veevoer, of van kunstmest. Als geen voedsel of veevoer wordt geïmporteerd zal de compensatie uit kunstmest moeten plaatsvinden. De analyse maakt dus duidelijk dat twee elementen essentieel zijn om kringlopen te sluiten: ten eerste moet het grote lek via de humane excretie en afvalketen worden gestopt en moeten nutriënten in het landbouw-voedsel systeem blijven; en ten tweede moeten de nutriënten die worden aangevoerd naar concentraties van mensen en/of dieren teruggebracht worden naar de locaties waar ze oorspronkelijk vandaan komen.

Uiteindelijk betekent dit dat Kringlooplandbouw veel breder is dan alleen een landbouwvraagstuk, het sluiten van kringlopen vergt een aanpak die het gehele landbouw-voedsel-systeem betreft. Daarnaast is de rol van het primaire bedrijf in het sluiten van de kringlopen beperkt en zijn het vooral de (keten)partijen in het landbouw-voedsel-systeem die daadwerkelijke veranderingen in stromen van nutriënten in plantaardig en dierlijk voedsel, voer en mest kunnen bewerkstelligen. Daartoe behoort niet alleen het landbouwbedrijfsleven, maar ook waterschappen, gemeenten en ministeries die zich met waterkwaliteit en volksgezondheid bezighouden.

Het (bijna) volledig sluiten van de nutriëntenkringloop gaat vooral op voor fosfor, dat is slecht oplosbaar en vervluchtigt niet en gaat via mest nauwelijks verloren. Het kan zich wel ophopen in landbouwgronden. Stikstof is een nutriënt dat via dierlijke mest makkelijk verloren gaat naar de lucht (als NH₃, N₂, en diverse stikstofoxiden) en naar het grond- en oppervlakte water (als NO₃⁻). Het volledig sluiten van een kringloop voor N is daarom onmogelijk. Dat betekent ten eerste dat in zowel plantaardige als dierlijke productiesystemen het verlies van N altijd gecompenseerd zal moeten worden, hetzij via stikstofbinding door gewassen, hetzij via kunstmest. Kalium is zeer goed oplosbaar in water en zal ook deels verloren gaan, daarvoor is ook compensatie nodig. Een aantal sporenelementen in de plantenvoeding en humane voeding zijn schaars tot zeer schaars (Chardon en Oenema, 2013). Ook voor deze elementen is hergebruik van menselijke mest noodzakelijk.

De analyse in dit rapport heeft zich hoofdzakelijk gericht op fosfor. Daar kan door het goed sluiten van nutriëntenkringlopen het verlies (bijna) nihil zijn en hoeft de locatie en concentratie van dieren niet tot milieuproblemen te leiden. Dat is geheel anders voor de vluchtiger en beter oplosbare nutriënten, waarbij stikstof de belangrijkste is. In dat geval zijn locatie, concentratie en aantallen dieren bepalend voor de lokale milieudruk. Deze andere nutriënten zijn in dit verhaal bewust buiten beschouwing gelaten. Niet omdat het genegeerd moet worden, maar om duidelijk te maken dat kringlopen betrekking hebben op zowel de landbouwproductie als de voedselconsumptie.

De visie van de Minister van Landbouw over kringlooplandbouw heeft een discussie losgemaakt over het schaalniveau waarop kringlopen moeten worden gesloten. Op basis van twee dominante wereldtrends (de groei van de bevolking gepaard gaande met urbanisatie en de groei van de veehouderij met sterke specialisatie) ontwikkelden we een eenvoudig kwadrantenschema dat op basis van data laat zien dat op historische gronden en economische wetmatigheden de veehouderij zich concentreert in stedelijke gebieden en dat andere, dunner bevolkte, gebieden zich meer richten op het exporteren van veevoer, ondanks het feit dat het vervoeren van vlees goedkoper is dan dat van de

bijbehorende hoeveelheid veevoer (hoofdstuk 2). De kostprijs van de productie wordt door meer bepaald dan alleen de transportkosten; de economische voordelen van een sterke infrastructuur zijn groot genoeg om per saldo goedkoper in de nabijheid van stedelijke gebieden te produceren, waarbij er verschillen tussen de diersoorten kunnen zijn. De toenemende kosten van mestverwerking kunnen op termijn daar verandering inbrengen.

Gebieden met een lage bevolkingsdichtheid en een hoge veedichtheid komen niet voor binnen Europa. Het geeft aan dat het belang van een goede infrastructuur in een gespecialiseerde landbouw met een hoog technologisch niveau erg groot is.

In hoofdstuk 4 zijn voor het tweede element in principe twee hoofdrichtingen onderscheiden: de dieren worden in de nabijheid van stedelijke gebieden geproduceerd en nutriënten uit dierlijke en menselijke mest kunnen teruggevoerd worden naar de gebieden met veevoerproductie of de dierlijke productie kan in deze gebieden worden gehuisvest. In het laatste geval hoeven alleen de nutriënten uit de menselijke mest terug gebracht te worden.

Zoals is aangegeven zijn er grote economische voordelen aan concentratie van veehouderij. Deze voordelen worden vooral bereikt dankzij een sterke fysieke en institutionele infrastructuur en zijn historisch gegroeid. De voordelen zijn groter als de externe effecten buiten beschouwing worden gelaten.

Als de menselijke mest volledig verwerkt wordt en de nutriënten daaruit zo volledig mogelijk weer beschikbaar komen als meststof op landbouwgrond, zal het fosforoverschot in Nederland bijna verdubbelen. Dat legt een nog grotere druk op verwerking en goede vermarkting van mestverwerkingsproducten of deze nu van dierlijke of menselijke oorsprong zijn. Het is niet bekend welke effecten er zullen optreden wat betreft de kosten van verwerking en afzet, maar het is denkbaar dat verandering van de kosten gevolgen zal hebben voor de concentratievoordelen.

Verplaatsing van gespecialiseerde, grondloze veehouderij naar dunbevolkte gebieden is niet eenvoudig. De infrastructuur daar is (nog) niet goed georganiseerd, wat leidt tot een lagere productiviteit. Bovendien zullen veehouderijssystemen ook in dunbevolkte gebieden rekening moeten houden met negatieve effecten op de leefomgeving, ook als de overlast naar mensen veel beperkter is. Dat betekent dat ook daar de kostprijs beïnvloed kan worden door het nemen van milieumaatregelen. Daarnaast zal nog altijd een retourstroom van nutriënten vanuit de stedelijke gebieden georganiseerd moeten worden om uitputting van landbouwgronden elders te voorkomen. Verplaatsing van de veehouderij ontslaat ons dus niet van het organiseren van retourstromen van nutriënten.

In beide gevallen zal het streven naar het volledig sluiten van de kringlopen grote effecten hebben. Daarnaast spelen nog veel andere aspecten een rol bij de locatie, concentratie en grootte van de veehouderij. De emissies van stikstof zijn al eerder genoemd. Ook de emissies van fijnstof en geur, volksgezondheid, landschapsbeleving en transportbewegingen spelen een rol. Oplossing van de onbalans in nutriëntenstromen is dus nog geen oplossing voor andere problemen.

5.2 Discussie en onderzoekagenda

De analyse die tot bovenstaande conclusies is gebaseerd op twee simpele en robuuste analyse-schema's. Het helpt om op een andere wijze naar het vraagstuk van nutriëntenkringlopen en landbouw te kijken, het helpt om in abstracte termen over oplossingsrichtingen na te denken, maar het roept ook veel vragen op. Vragen die de onderzoekagenda voor de komende jaren zouden kunnen bepalen.

Het is niet alleen een Nederlands probleem, het speelt wereldwijd. Het gaat om concentraties van veehouderij én om concentraties van mensen in verstedelijkte gebieden. Daarnaast gaat het niet alleen om bekende concentraties maar ook over de te nemen beslissingen in de inrichting van de nieuwe verstedelijkende gebieden in bv. Afrika en Azië waar een toenemende vraag naar dierlijke producten is. Het is dus zaak om met praktische oplossingen te komen die zijn gebaseerd op het goed doorgronden van de mechanismen in het landbouw-voedsel-systeem. Daarvoor hebben we een aantal

aandachtsgebieden geïdentificeerd waar onderzoek moet plaatsvinden, voortbouwend op de analyse die is gedaan in dit rapport.

1. Schaalniveaus. De analyse van de gebieden is vooral gebaseerd op nationale data en binnen Europa op een niveau daaronder. Ook binnen landen, en zeker grotere landen als de Verenigde Staten of Frankrijk, zijn er belangrijke regionale verschillen die op vergelijkbare wijze kunnen worden geanalyseerd. In feite is hier sprake van een schaalaspect dat zelfs op micro-niveau speelt. Ook veehouderij in Veehouderij concentraties met weinig bevolking is niet per definitie zonder milieueffecten. Ook daar kan het vee in feedlots geconcentreerd zijn zonder dat mest op het veevoerareaal benut wordt. De analyse moet op meerdere schaalniveaus worden uitgevoerd om beter grip te krijgen op het vraagstuk van de concentratie van veehouderij.
2. Andere nutriënten en duurzaamheidsaspecten. Mest, in hoofdstuk 2 gereduceerd tot fosfor, is lang niet het enige issue dat invloed heeft op de optimale locatie van vee. De andere nutriënten zijn al zijdelings genoemd waarbij met name de rol van kunstmest belangrijk is. Daarnaast spelen ook zoönosen, ammoniakuitstoot, fijnstof en tal van andere issues een rol, net als de rol van de agrarische productie (voor non-food doeleinden) in de bio-economie en het energievraagstuk. Die tasten niet zozeer onze analyse aan, maar betekenen wel dat als het fosfor-issue zou zijn opgelost via bv. mestverwerking en mestexport, dat niet automatisch betekent dat het sluiten van die kringloop een license to produce geeft. Of dat productie van producten voor de chemische industrie in delta's het wint van veevoerproductie om koeien te laten grazen.
3. Financiële onderbouwing. Een financiële kwantificering van de hier beschreven problematiek is gewenst. Er zijn overduidelijk sterke economische voordelen van de regionale specialisatie tussen Graanschuren met veevoerproductie en Delta's met veel stedelijke agglomeraties. Maar die concurrentievoordelen zijn weinig geïdentificeerd. Het World Economic Forum (2018) onderscheidt wel meer dan 100 factoren die bij vestigingsklimaat een rol spelen. Daarbij komt nog dat voor tal van bedrijven geldt dat ze betrokken zijn bij veehouders in de omringende landen (diverse coöperaties hebben leden of deelnemingen in België en Duitsland) en dus schaalvoordelen niet alleen op de Nederlandse veestapel zijn gebaseerd. Er is weinig financiële kwantificering van al die voordelen, noch van de negatieve externe effecten. Maar bovenal dient er aandacht te komen voor de investeringen die nodig zijn voor het bereiken van circulariteit. In alle gevallen zijn investeringen nodig in het terugwinnen van fosfor en overige nutriënten uit rioolwater. Daarnaast zijn investeringen nodig in het terugwinnen van nutriënten uit dierlijke mest om deze exporteerbaar te maken, resp. in het opbouwen van een veehouderij in de Graanschuren. Dergelijk onderzoek maakt het mogelijk een keuze te maken in de geschetste oplossingsrichtingen en het daarvoor benodigde technologische onderzoek.
4. Bestuurlijke vraagstukken. Ook governance-vraagstukken zullen een belangrijke rol spelen in de keuze van de oplossingsrichting(en) en moeten onderwerp van nadere studie zijn. Niet alle actoren vallen onder het Nederlandse recht. Investeringen in bv. rioolwaterzuivering worden door anderen betaald dan de verwerking van mest of de opbouw van veehouderij in de Graanschuren.
5. Een bredere blik dan Nederland. Een verdere uitwerking richting andere Metropolen en Delta's dan Nederland is gewenst. Deze analyse leert dat alle metropolen in de wereld een sink zijn van fosfor, wat uit oogpunt van circulaire economie niet gewenst is. Een kwantificering van de stromen op mondiale stroom is nuttig. Omdat in steden in ontwikkelingslanden de consumptie van dierlijke producten maar ook de groei van de veehouderij toeneemt, en dus het Nederlandse ontwikkeltraject wordt gevolgd, is er een interessante design-vraag of problemen in de toekomst ontstaan die nu al te voorkomen zijn.

6 Referenties

- Backus, G. B. C. 2017. "Manure Management: An Overview and Assessment of Policy Instruments in the Netherlands." Prepared for the World Bank, Washington DC.
- Centraal Bureau voor de Statistiek en Wageningen Economic Research (2018). De Nederlandse Landbouwexport 2017. Rapport CBS/WECR, Den Haag 120 pp.
- Chardon, W.J. en O. Oenema, 2013. Verkenning mogelijke schaarste aan micronutriënten in het voedselsysteem. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 2413. 44 blz.; 5 fig.; 9 tab.; 21 ref.
- Commissie Grondgebondenheid (2018) Grondgebondenheid als basis voor een toekomstbestendige melkveehouderij. 12 april 2018, 33 pp. (<http://edepot.wur.nl/446638>).
- Delgado, C., Rosegrant, M., Steinfeld, H., Ehui, S. & Courbois, C. 1999. Livestock to 2020: The next food revolution. Food, Agriculture, and the Environment Discussion Paper 28. Washington, DC, IFPRI/FAO/ILRI (International Food Policy Research Institute/FAO/International Livestock Research Institute).
- European statistics (2018) <https://ec.europa.eu/eurostat/data/database>. Approached September 2018
- European Commission (2018) [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Glossary:Livestock_unit_\(LSU\)](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Glossary:Livestock_unit_(LSU)). September 2018
- FAO statistics: <http://www.fao.org/faostat/en/#home>. September 2018.
- Horne, P. van (2017). Competitiveness of the EU poultry meat sector, base year 2015 : international comparison of production costs. Den Haag, Wageningen Economic Research, report 2017-005
- Hoste, R. (2017). Strategische ontwikkelingen in de varkenssector in historisch perspectief. <http://www.agrimatie.nl/SectorResultaat.aspx?subpubID=2232§orID=2255&themaID=3577&indicatorID=3637>
- Krugman, P. (1991). Increasing returns and Economic Geography. *Journal of Political Economy*. Vol. 99, No. 3 (Jun., 1991), pp. 483-499
- Lamers, L. (2016) De Kool, de geit en het Nederlandse mestbeleid. Waarom het wensdenkende mestbeleid niet werkt. Uitgeverij Landwerk, ISBN 9789077824146.
- Leenstra, F.R. , T.V. Vellinga, B. Bremmer, 2017. KringloopToets; Sluiten van nutriëntenkringloop op het niveau van Noordwest-Europa. Inhoudelijke en procesmatige rapportage. Wageningen Livestock Research, Rapport 1019.
- Liu, Q., Wang, J. Bai, Zh.; Ma L.; and Oenema O. (2017) Global animal production and nitrogen and phosphorus flows. *Soil Research* <http://dx.doi.org/10.1071/SR17031>.
- LNV (2018) Landbouw, natuur en voedsel, waardevol en verbonden. Ministerie LNV, Den Haag, september 2018, 21 pp.
- MacDonald GK, Bennett EM, Potter PA, Ramankutty N (2011) Agronomic phosphorus imbalances across the world's croplands. *Proc Natl Acad Sci USA* 108:3086–3091.
- Planbureau voor de Leefomgeving (2018) Naar een wenkend perspectief voor de Nederlandse landbouw. Voorwaarden voor verandering. PBL-publicatie 2717, juli 2018, Den Haag, 122 pp.
- Robinson, T.P., Thornton P.K., Franceschini, G., Kruska, R.L., Chiozza, F., Notenbaert, A., Cecchi, G., Herrero, M., Epprecht, M., Fritz, S., You, L., Conchedda, G. & See, L. 2011. Global livestock production

systems. Rome, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) and International Livestock Research Institute (ILRI), 152 pp.

Smit, A.L., J.C. van Middelkoop, W. van Dijk & H. van Reuler (2015). A substance flow analysis of phosphorus in the food production, processing and consumption system of the Netherlands. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, Volume 103, Issue 1, 1-13, DOI 10.1007/s10705-015-9709-2, link: <http://link.springer.com/article/10.1007/s10705-015-9709-2>

PBL (Planbureau voor de Leefomgeving), (2018). Naar een wenkend perspectief voor de Nederlandse landbouw. Voorwaarden voor verandering. Den Haag, 2018. PBL-publicatienummer: 2717

SER (2016) Versnelling duurzame veehouderij. SER advies 16/06, oktober 2016. Den Haag, 50 pp.

Steinfeld, H., Gerber, P., Wassenaar, T., Castel, V., Rosales, M., & de Haan, C. (2006). *Livestock's long shadow – Environmental issues and options*. Rome, Italy: FAO.

Van Zanten, H.E., Herrero, M. van Hal, O., Rööös, E., Muller, A., Garnett, T., Gerber P.J., Schader, C, en De Boer, I.J.M. (2018) Defining a land boundary for sustainable livestock consumption. *Global Change Biology* 24-9, 4185-4194. <https://doi.org/10.1111/gcb.14321>

Wang, J., Liu, Q., Hou, Y., Qin, W., Lesschen, J.P., Zhang, F. en Oenema, O. (2018) International trade of animal feed: its relationships with livestock density and N and P balances at country level. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 110: 197 – 211. <https://doi.org/10.1007/s10705-017-9885-3>

Worldbank (2017) <https://data.worldbank.org/indicator/ny.gdp.pcap.cd>. September 2018.

To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Wageningen University & Research

Open Teelten

Edelhertweg 1

Postbus 430

8200 AK Lelystad

T (+31)320 29 11 11

www.wur.nl/openteelten

Rapport 791

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.000 medewerkers en 9.000 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein.

De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.
