



Wageningen University & Research | Bijlage bij rapport *De integrale KPI-kernset duurzame landbouw*

Februari 2026 | 2026-002-4

Circulariteit: voorlopige invulling

Nadere toelichting op de definitie, achtergronden en ontwikkelpunten van voorgestelde KPI's

Jantine van Middelkoop,¹ Joan Reijs²

¹ Wageningen University & Research, Wageningen Livestock Research

² Wageningen University & Research, Wageningen Social & Economic Research

Gereviewd door Evelien de Olde (Wageningen University & Research, Dierlijke Productiesystemen)

Inhoudsopgave

0	Aanleiding	2	2.2	Praktijkresultaten pilots.....	9
0.1	Achtergrond circulariteit.....	2	2.3	Theoretisch haalbaar.....	9
0.2	Toelichting op stand van zaken voorlopige KPI's circulariteit	3	2.4	Drempel- en streefwaarden doelbereik .	9
1	Beschrijving van de KPI's.....	3	3	Handelingsperspectief en samenhang	11
1.1	Definitie KPI.....	3	4	Discussie	13
1.2	Relatie KPI tot doelen	4	4.1	Regionale kringlopen.....	13
1.3	Berekeningswijze en bestaande rekeninstrumenten.....	5	4.2	Alternatieve benaderingen uit de wetenschap	13
1.4	Benodigde data en bronnen, inclusief bestaande datasystemen	7	4.3	Feedback van pilotbedrijven.....	14
2	Referentiewaarden: wat weten we over KPI-scores?	9	4.4	Discussie- en ontwikkelpunten per KPI.....	14
2.1	Informatienet-benchmarks.....	9	5	Belangrijkste aanbevelingen voor verdere ontwikkeling	18
			Literatuur		19

0 Aanleiding

0.1 Achtergrond circulariteit

De toenemende bevolking en welvaart, zowel in Nederland als over de hele wereld, veroorzaken een steeds grotere vraag naar grondstoffen, energie, land en water. Omdat deze bronnen niet oneindig beschikbaar zijn, is het gevolg dat schaarste toeneemt. Deze schaarste is niet alleen een gevolg van het werkelijk uitgeput raken van bronnen, maar is ook een gevolg van verminderde beschikbaarheid door onder andere een veranderende geopolitiek (bijvoorbeeld voor fossiele brandstoffen), het moeten aanspreken van minder schone bronnen (bijvoorbeeld fosfaaterts dat van nature uranium bevat in plaats van (vrijwel) uraniumvrije erts), de ontwikkeling van innovaties (bijvoorbeeld toenemende vraag naar grondstoffen voor accu's) of het verminderen van productie om de leefomgeving te beschermen.

Om het probleem van schaarste te bedwingen, is het nodig om anders om te gaan met schaarse hulpbronnen en naar circulariteit te streven. Over het concept circulariteit is in een eerder stadium van het KPI-K-project met een aantal deskundigen een verkenning gedaan over wat circulariteit voor de KPI-K-systematiek zou kunnen betekenen, zie tekstbox.

Dit betekent dat naast het produceren van voedsel binnen de grenzen van de planeet, het ook belangrijk is om te weten hoe daarbinnen grondstoffen effectief worden gebruikt zonder ze uit te putten. In de KPI-K-systematiek zijn doelen en indicatoren nodig, die meetbaar maken in welke mate hieraan wordt bijgedragen.

Passages uit Adviesnotitie circulariteit (Adviesnotitie Circulariteit, in voorbereiding)

Het concept circulariteit komt onder meer voort uit de industriële ecologie en ecologische economie, twee wetenschappelijke stromingen die zich richten op de relatie tussen de mens en de natuurlijke omgeving (Korhonen et al., 2018). In tegenstelling tot een lineair systeem dat wordt gekenmerkt door het onttrekken van grondstoffen om producten te produceren, te gebruiken en vervolgens weg te gooien, gaat een circulair systeem uit van hergebruik van materialen en grondstoffen om de impact op de natuurlijke omgeving te beperken en te kunnen voorzien in de behoefte van de mens (Korhonen et al., 2018) [...]

Kringlooplandbouw speelt in op de grote uitdaging waar het agroseedsysteem voor staat, namelijk het voeden van een groeiende wereldbevolking terwijl grondstoffen beperkt zijn en ook milieu impact moet worden beperkt (De Boer en Van Ittersum, 2018) [...] Binnen kringlooplandbouw gaat circulariteit over het prioriteren van de essentiële behoefte van de mens, en het effectief inzetten van grondstoffen om deze te vervullen [...]

In recente literatuur wordt gesteld dat als we ervan uitgaan dat het doel van het voedselsysteem is om de mens te voeden, landbouwgrondstoffen het effectiefst gebruikt worden wanneer zij deze zo direct mogelijk inzetten voor voedselproductie (Van Zanten et al., 2018). Het alternatief, deze grondstoffen gebruiken als diervoer, is minder efficiënt door de verliezen die plaats vinden wanneer een dier voer omzet in voedsel. In een volledig circulair voedselsysteem wordt landbouwgrond daarom waar mogelijk ingezet voor voedselgewassen en ook duurzaam gevangen vis wordt gebruikt als voedsel om op deze manier ook concurrentie tussen voedsel voor mensen en voer voor dieren te vermijden (feed-food competition). Voedselproductie resulteert echter in bijproducten, verliezen en afval welke niet geschikt of gewenst zijn voor humane consumptie. Daarnaast is akkerbouw op een deel van het landbouwareaal, zogenaamd marginaal land, niet mogelijk (omstandigheden) of gewenst (natuurdoelen). Dieren dragen bij aan effectief grondstofgebruik door deze voedselreststromen en gras te verwaarden tot dierlijk voedsel dat hoogwaardige essentiële nutriënten bevat [...] In de afgelopen jaren is dit wetenschappelijk verkend en geïllustreerd in verschillende voedselsysteem modellen (Frehner et al., 2022; Van Hal et al., 2019; Van Kernebeek et al., 2016; Van Selm et al., 2022). Op basis van de bevindingen hebben Muscat et al. (2021) hieruit principes voor het gebruik van biomassa in een circulaire bio-economie opgesteld. Deze 5 principes luiden:

1. **Bescherm** de gezondheid van (agro)ecosystemen; blijf binnen het herstellend vermogen voor zo wel het regenereren van grondstoffen als het absorberen/afbreken van vervuiling.
2. **Voorkom verliezen** en afval, als ook de productie en gebruik van niet essentiële producten
3. **Prioriteer** grondstoffen voor effectief gebruik. Hierbij wordt voorrang gegeven aan het gebruik van biomassa voor primaire behoeften van de mens (voedsel, farmacie en kleding). Daarmee wordt het inzetten van land en biomassa voor voedselproductie en (bouw)materialen van hogere prioriteit over veevoer of bio-energie.
4. **Hergebruik** reststromen en afval voor de belangrijkste doeleinden. Wanneer er onvermijdelijk reststromen ontstaan moeten deze veilig voor de mens en de planeet terug worden gebracht in het systeem, bijvoorbeeld door reststromen uit het voedselsysteem aan dieren te voeren, waar dit veilig kan.
5. **Energiegebruik minimaliseren** en schakel om naar het gebruik van hernieuwbare energie (zonnepanelen, wind, water, aardwarmte).

0.2 Toelichting op stand van zaken voorlopige KPI's circulariteit

In de loop van het KPI-K-project is geconstateerd dat in de kernset tot dusver sturing naar een meer circulair voedselsysteem ontbrak. Er ontbraken KPI's die 'effectief grondstof gebruik in het voedselsysteem' meetbaar maakten. Zeker gezien de visie Kringlooplandbouw (Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, 2018) als startpunt was dit een belangrijk hiaat. Om deze reden is een traject gestart waarin is verkend hoe dit invulling zou kunnen krijgen. Dit heeft geresulteerd in een Adviesnotitie Circulariteit (in voorbereiding). Mede op basis van deze adviesnotitie zijn ontbrekende doelen toegevoegd aan het doelenkader, gerelateerd aan schaarse hulpbronnen, gebaseerd op de 5 principes van Muscat et al. (2021). Dit betreft:

- minder inputs en verliezen (gerelateerd aan principe 2)
- optimaal landgebruik (principe 3)
- hergebruik reststromen (principe 4).

Hieruit volgde de conclusie dat met name KPI's ontbraken die sturen op de doelen hergebruik van reststromen en optimaal landgebruik. In de wetenschap zijn indicatoren en concepten beschikbaar maar hierover werd geconcludeerd dat deze op korte termijn niet operationeel te krijgen zijn op bedrijfsniveau (zie hoofdstuk 4). Daarom is een zoektocht gestart naar een pragmatische invulling van KPI's die nuttig inzicht geven in de bijdrage van het bedrijf aan efficiënt

grondstoffengebruik op voedselsysteemniveau en wel operationeel te maken zijn.

In de adviesnotitie is verkend welke voorstellen zijn gedaan voor indicatoren ter bevordering meer circulariteit in de praktijk. Vier categorieën of onderwerpen werden hierbij onderscheiden:

1. landgebruik (bijvoorbeeld aandeel bouwland gebruikt voor voedergewassen)
2. oorsprong meststoffen (bijvoorbeeld aandeel organische meststoffen)
3. bestemming geproduceerde mest (bijvoorbeeld mest naar bedrijven die plaatsingsruimte hebben)
4. oorsprong diervoeder (bijvoorbeeld aandeel voer uit reststromen).

Op elk van deze vier onderwerpen is gezocht naar een praktische werkende KPI-invulling in de Nederlandse context. De KPI's moeten worden gezien als conceptuele voorstellen die nog moeten worden getoetst op praktische werkbaarheid en op de vraag of zij de juiste incentives geven voor boeren om daadwerkelijk bij te dragen aan een efficiënter grondstoffengebruik op voedselsysteemniveau. Het doel van het toevoegen van deze KPI's aan de set is om ervoor te zorgen dat het concept circulariteit niet van de radar verdwijnt zolang wetenschappelijk beter onderbouwde concepten nog niet operationeel zijn te maken.

1 Beschrijving van de KPI's

1.1 Definitie KPI

Op basis van de principes voor het gebruik van biomassa in een circulair voedselsysteem en al bestaande initiatieven voor indicatoren voor circulariteit (zie paragraaf 'Aanleiding'), worden de volgende 4 'nieuwe' KPI's voorgesteld:

1. Landgebruik: aandeel areaal ingezet volgens prioritering en geschiktheid.
2. Oorsprong meststoffen: aandeel circulaire meststoffen (voorlopig beperkt tot stikstofmeststoffen).
3. Afzet bedrijfseigen mest: aandeel hoogwaardig afgezette mest.
4. Oorsprong diervoeders: aandeel aangekochte diervoeding uit reststromen die niet geschikt of gewenst zijn als humane voeding.

Omdat deze KPI's nog niet operationeel zijn, is de KPI Eiwit van eigen land, die ook gehanteerd wordt als een van de KPI's in de [Biodiversiteitsmonitor Melkveehouderij](#), opgenomen in de set:

5. Eiwit van eigen land: aandeel eiwit in het rantsoen van vee dat niet aangekocht is.

Eiwit van eigen land is een KPI die relatie heeft met meerdere doelen (onder andere regionaal sluiten van kringlopen) en wordt berekend voor melkveehouders in de Kringloopwijzer. Het geeft enig beeld van de oorsprong van voer maar zegt maar beperkt iets over de oorsprong van diervoeders die van buiten het bedrijf komen. Zodra de KPI's voor Kringloopsluiting zijn uitontwikkeld, kan Eiwit van eigen land als KPI in de set worden heroverwogen (zie ook discussie).

De KPI's worden verder toegelicht in onderstaand hoofdstuk 1, inclusief een uitleg van huidige beperkingen en risico's.

1.2 Relatie KPI tot doelen

Op basis van de principes voor het gebruik van biomassa in een circulair voedselsysteem, zijn in het KPI-K-project doelen geformuleerd gerelateerd aan schaarse hulpbronnen. Dit betreft (zie Hoofdrapport):

- minder inputs en verliezen (gerelateerd aan principe 2 van Muscat et al., 2021)
- optimaal landgebruik (principe 3)
- hergebruik reststromen (principe 4)

De doelen behorend bij principe 2 worden grotendeels al nagestreefd in andere KPI's (bijvoorbeeld verlagen van de N en P bodembalans en verlagen van emissies). De nieuwe, voorlopige KPI's circulariteit beogen om principes 3 en 4 af te dekken.

In de volgende alinea's wordt toegelicht hoe de voorgestelde KPI's naar verwachting bijdragen aan de doelen.

KPI Landgebruik: doel optimaal landgebruik ten behoeve van humaan voedsel

Vanuit het oogpunt van optimaal gebruik van schaarse landbouwgrond is er een noodzaak om land dat geschikt is voor de productie van plantaardig humaan voedsel ook daarvoor te gebruiken (De Boer en Van Ittersum, 2018). Op basis hiervan kan een prioritering aangegeven worden in het gebruik van landbouwgrond, van hoog naar laag: voor de teelt van gewassen voor directe humane consumptie (inclusief belangrijke bestanddelen uit een plantaardig dieet in Nederland zoals granen, peulvruchten, aardappelen en vollegrondsgroenten), voor voedergewassen voor dieren, of voor gewassen voor ander gebruik (bijvoorbeeld energie). Het benodigde landgebruik voor productie van gewassen voor directe humane consumptie is over het algemeen lager dan landgebruik voor productie van dierlijke producten voor humane consumptie (bijvoorbeeld Nijdam et al., 2012; Poore en Nemecek, 2018) en door een verschuiving naar meer plantaardige productie en consumptie is er minder landbouwgrond nodig voor humane voedselvoorziening (bijvoorbeeld Van Kernebeek et al., 2016; Van Zanten et al., 2023).

Niet alle landbouwgrond is echter geschikt voor akker- en tuinbouw. Zo kunnen bodems ongeschikt zijn voor akkerbouw omdat ze te nat of te droog zijn, storende lagen hebben zoals keileem lagen, of onvoldoende draagkracht leveren voor grondbewerking en gemechaniseerde oogst zoals veengronden. Die gronden kunnen vaak wel ingezet worden voor de productie van diervoeders, met name grasland, of voor andere doelen zoals productie van bulkmateriaal voor energie of plantaardige non-foodgrondstoffen. Eventueel kunnen dergelijke gronden onttrokken worden aan de landbouw en ingezet worden voor natuurontwikkeling. Bij de keuze van grondgebruik zijn nu vooral historie en economie

belangrijke factoren die invloed hebben gehad op het type landbouw dat voorkomt in verschillende regio's in Nederland. Voor optimalisering van landbouw en milieu-impact is het van belang dat ook prioritering van grondgebruik voor directe humane voeding meegewogen wordt. Het doel van de KPI Landgebruik is om in beeld te brengen welk aandeel van het grondgebruik volgens prioritering en geschiktheid van de bodem is ingezet.

KPI Circulaire meststoffen: doel hergebruik reststromen

Minerale meststoffen (kunstmest) komen nu nog voor een groot deel uit of worden gemaakt met eindige grondstoffen. Bij de productie van stikstofmeststoffen is dat met name fossiele energie (Socolow, 1999; Stark and Richards, 2008); voor stikstof is de voorraad in de lucht een onuitputtelijke bron maar in een inerte vorm en wordt met behulp van energie omgezet tot meststof. Bij de productie van andere meststoffen, zoals fosfaat-, kali- en magnesiummeststoffen, zijn het de delfstoffen die deze nutriënten bevatten die schaars zijn. Door meer meststoffen te gebruiken die een eerdere gebruikscyclus hebben gehad in andere processen (circulaire meststoffen) worden eindige grondstoffen gespaard. Doel van deze KPI is om in beeld te brengen welk aandeel van de gebruikte meststoffen op het bedrijf al een eerdere gebruikscyclus heeft gehad.

KPI Afzet bedrijfseigen mest: doel hergebruik reststromen

Doel van de KPI over afzet van bedrijfseigen mest is om in beeld te brengen welk deel van de mest wordt afgezet via routes die garanderen dat mest hoogwaardig wordt ingezet, dat wil zeggen op locaties waar de nutriënten nodig zijn en geen (extra) negatieve impact op de leefomgeving veroorzaakt.

KPI Oorsprong diervoeders: doel hergebruik reststromen

Voedselproductie resulteert in bijproducten en reststromen die niet geschikt of gewenst zijn voor humane consumptie. Dieren kunnen bijdragen aan een meer effectief gebruik van grondstoffen door deze voedselreststromen te verwaarden tot voedsel dat hoogwaardige essentiële nutriënten bevat (Frehner et al., 2022). Deze KPI geeft aan welk aandeel van aangekochte diervoeders, zijnde krachtvoerders en natte bijproducten, bestaat uit reststromen die niet geschikt of gewenst zijn voor humane voeding. Ruwvoerders worden nu nog buiten de berekening gehouden omdat inrekening van ruwvoer het aandeel reststromen rekenkundig 'verdunt'.

KPI Eiwit van eigen land: doel minder inputs en verliezen, efficiënt landgebruik en regionaal sluiten van kringlopen

Binnen de KPI-systematiek is Eiwit van eigen land opgenomen omdat de nieuwe KPI Oorsprong van diervoeders nog niet beschikbaar is. Wanneer die KPI verder ontwikkeld is, wordt heroverwogen of de KPI Eiwit van eigen land nog iets toevoegt aan de set van KPI's.

Eiwit van eigen land brengt op een graasdierbedrijf in beeld welk aandeel van het gevoerde eiwit in het rantsoen afkomstig is van eigen land. De berekeningswijze is ontwikkeld binnen het project Eiwit van eigen land waarin onderzoek en melkveehouderij-praktijk hebben samengewerkt om de rekenmethodiek te ontwikkelen voor grondgebondenheid van een graasdierbedrijf (Commissie Grondgebondenheid, 2022). Eiwit van eigen land stimuleert enkele doelen die worden nagestreefd binnen de KPI-systematiek namelijk het beperken van inputs en verliezen en het toewerken naar efficiënt grondgebruik. Daarnaast geldt: hoe hoger het aandeel eiwit van eigen land, hoe lager de afhankelijkheid van elders geproduceerde voedermiddelen en hoe lager de druk op landgebruik elders. Deze KPI stuurt daarmee ook naar meer grondgebondenheid en het regionaal sluiten van kringlopen. Dit maakt geen onderdeel uit van het doelenkader (zie paragraaf 4.1).

Eiwit van eigen land kan binnen de melkveehouderij direct worden toegepast omdat het kengetal in de Kringloopwijzer wordt berekend met data van het eigen bedrijf.

1.3 Berekeningswijze en bestaande rekeninstrumenten

In deze paragraaf worden berekeningswijzen voor KPI's beschreven. Omdat deze KPI's conceptuele voorstellen zijn, moeten de berekeningswijzen gezien worden als een eerste stap om na te gaan of er perspectief is om deze KPI's verder te ontwikkelen. Aanbevelingen voor een vervolg om deze KPI's verder te ontwikkelen zijn uitgewerkt in paragraaf 4.3.

Landgebruik

In grote lijnen betreft de KPI het aandeel van de landbouwgrond op het bedrijf dat wordt ingezet voor de hoogste prioriteit die mogelijk is.

Om een concreet startpunt te hebben van de berekening van deze KPI is voor nu de geschiktheid van de bodem ingeschat met de grondwatertrap en grondsoort zoals vastgelegd in informatie die iedere melkveehouder en akkerbouwer beschikbaar heeft (of kan krijgen). Als grond geschikt is voor akkerbouwgewassen voor humane consumptie en die worden er ook geteeld, dan krijgt die oppervlakte een positieve waardering; als die grond

gebruikt wordt voor voedergewassen of overige gewassen krijgt die oppervlakte een negatieve waardering. Als grond niet geschikt is voor akkerbouw en er worden diervoeders geteeld, inclusief grasland, dan krijgt die oppervlakte een positieve waardering. Als er overige gewassen worden verbouwd die niet voor humane voeding of diervoeding worden gebruikt, bijvoorbeeld siergewassen of energiegewassen, krijgt die oppervlakte een negatieve waardering. Er wordt geen rekening gehouden met het uiteindelijke gebruik van de producten, bijvoorbeeld tarwe dat in Nederland grotendeels wordt gebruikt als diervoeder. Dit is een versimpeling van prioritering van gewassen zoals die wordt gehanteerd in de wetenschappelijke literatuur. Zie verder de discussie.

Op basis van een studie in de Achterhoek en Twente (Kernebeek et al., in voorbereiding) is een basis gelegd om de vochttoestand van percelen mee te nemen bij de beoordeling van de geschiktheid voor verschillende teelten. In dat rapport wordt aangegeven dat de grondwatertrap IV geschikt is voor hoogsaldo-akkerbouwgewassen en VI voor matigsaldo-akkerbouwgewassen, en daarmee ook voor gewassen voor humane voeding. De overige grondwatertrappen, die dus droger ($Gt > VI$) en natter ($Gt < IV$) zijn geschikt voor grasland en voedergewassen. Met name grasland is geschikt voor drogere en nattere gronden omdat in droge of natte periode grasland weliswaar niet produceert of niet geoogst of beweid kan worden, maar in die periodes zelden volledig afsterft en na die periodes weer één of meerdere sneden kan produceren.

Op basis van expert judgement zijn de volgende grondsoorten voorlopig aangemerkt als geschikt voor grasland en minder (of niet) voor akkerbouw (en dus humane voeding). Deze zijn weergegeven met grondsoortcodes (BOFEK-codes; Heinen et al., 2021) en een bodemomschrijving:

- 1001-1018 Veengronden
- 4001 Knipkleigronden (zavel en lichte klei)
- 4002 Kleigronden (klei) op veen
- 4007 Kleigronden (zwarte klei) homogeen of op zware klei tussenlaag of op veen
- 4010 Kleigronden (zwarte klei) op zware kleitussenlaag of zware kleiondergrond
- 4015 Kleigronden (zwarte klei) op veen
- 5001 Keileemgronden.

Voor de waardering per perceel wordt het volgende schema aangehouden:

Oppervlakte geschikt voor akkerbouw?	Teelt is akkerbouw voor humane voeding, diervoeder (inclusief grasland) of anders	Ingezet volgens prioriteit en geschiktheid?	Waardering
Ja	Akkerbouw voor humane voeding	Ja	Positief
Ja	Diervoeder of overig	Nee	Negatief
Ja	Overig	Nee	Negatief
Nee	Akkerbouw voor humane voeding	Ja	Positief
Nee	Diervoeder	Ja	Positief
Nee	Overig	Nee	Negatief

De KPI Landgebruik beoordeelt het aandeel areaal dat wordt ingezet volgens prioritering en geschiktheid.

Een eerste voorstel voor de berekening van de KPI is:

[oppervlakte grond ingezet volgens prioritering en geschiktheid] /

[totale oppervlakte grond ingezet voor teelten (inclusief grasland)]

Circulaire meststoffen

In deze KPI is voor nu de keuze gemaakt om alleen stikstofmeststoffen in beschouwing te nemen omdat dat in hoeveelheid het meest gebruikte nutriënt is en verlies uit de kringloop milieuproblemen veroorzaakt. Voor andere nutriënten, zoals fosfaat, kali en magnesium, zijn er ook mogelijkheden voor het gebruik van circulaire (minerale) meststoffen.

Eigen organische mest, zowel van dierlijke als van plantaardige oorsprong, wordt in deze KPI als circulair beschouwd. Op dit moment zijn er nog maar weinig volledig minerale meststoffen op de markt die circulair zijn. Voor deze KPI wordt er nu van uitgegaan dat aangevoerde minerale meststoffen (kunstmest) geen circulaire meststof is en organische mest een circulaire meststof. In de toekomst wordt het aandeel geheel of gedeeltelijk circulaire minerale meststoffen naar verwachting groter. Het is dan wel zaak dat deze informatie beschikbaar komt voor de gebruiker en meegenomen kan worden in de berekening van een KPI.

De nutriënten in meststoffen met RENURE (REcovered Nitrogen from manURE) status zijn afkomstig uit de dierhouderij. In RENURE is een groot deel van de stikstof per definitie in minerale vorm aanwezig, omdat het aandeel minerale N in RENURE minimaal 90% moet zijn (of een C/N-verhouding van 3 of lager). Nutriënten in RENURE meststoffen hebben een eerdere ronde van gebruik gehad en zijn daarom beschouwd als circulair, tenzij er niet circulaire stikstof wordt toegevoegd (zie discussie).

Eerste voorstel voor de berekening van de KPI is:

[Hoeveelheid N-totaal circulair in toegepaste N-meststoffen]/

[hoeveelheid N-totaal in totaal toegepaste N-meststoffen]

In de melkveehouderij kan de KPI eenvoudig worden berekend in de KringloopWijzer vanuit de reeds beschikbare data. In de akkerbouw is berekening met behulp van de Nutriëntenbalans Akkerbouw mogelijk.

Afzet bedrijfseigen mest

Deze KPI beoordeelt het aandeel hoogwaardig afgezette mest. Met hoogwaardig afgezet wordt bedoeld dat er een garantie is dat de mest wordt afgezet waar het nuttig ingezet kan worden. Wanneer mest van het bedrijf wordt afgevoerd, heeft de veehouder weinig controle over een hoogwaardige inzet van deze mest. Hoewel de verantwoordelijkheid van een veehouder begrensd is tot het eigen bedrijf, zou het in sommige gevallen mogelijk kunnen zijn om te kiezen voor intermediairs die mest afzetten waar het nuttig wordt ingezet. Op dit moment kan directe afzet bij een akkerbouwer worden gezien als hoogwaardige inzet.

Een eerste voorstel voor de berekening van de KPI is:

[Hoeveelheid hoogwaardig afgezette mest]/

[Totale hoeveelheid afgezette mest]

Oorsprong diervoeders

Doel van deze KPI is om te beoordelen welk deel van het aangekochte diervoeder niet geschikt of gewenst is als humane voeding. Het is echter in de praktijk niet mogelijk om goed te definiëren welke grondstoffen wel en niet geschikt zijn als humane voeding.

Een optie is om bij de KPI voorlopig uit te gaan van het aandeel reststromen. In de *Handreiking afvalstof of product plantaardige productieresiduen*¹ van het ministerie van Infrastructuur en Waterstaat is gedefinieerd wat onder bijproducten valt:

'Stoffen, mengsels of voorwerpen die het resultaat zijn van een productieproces dat niet in de eerste plaats is bedoeld voor de productie van die stoffen, mengsels of voorwerpen.'

In 'Richtsnoeren voor het gebruik van diervoeder van niet langer voor menselijke consumptie bestemde levensmiddelen' wordt de definitie van 'niet langer voor menselijke consumptie bestemde levensmiddelen' gegeven. In het kort is dit door NEVEDI gedefinieerd als 'Rest- en bijproducten en voormalige voedingsmiddelen'.

De materiaalstromen die in deze definities beschreven zijn, vallen in principe wel onder circulaire diervoeders. Het is echter een beperkte groep, de ingrediënten die geen reststroom zijn maar wel geschikt voor menselijke consumptie zijn geen onderdeel van deze definitie. Zie discussie voor de beperkingen van het hanteren van deze definitie.

Eerste voorstellen voor de berekening van de KPI zijn:

[Hoeveelheid reststromen in aangekochte diervoeding]/

[hoeveelheid totaal aangekochte diervoeding]

Voor het individuele veehouderijbedrijf bleek dat de berekening van deze KPI nu (nog) niet mogelijk is omdat informatie over de exacte aandelen van ingrediënten in samengestelde krachtvoerders nog niet vrijgegeven wordt voor de gebruikers (veehouders) van de krachtvoerders.

Eiwit van eigen land

Deze KPI beoordeelt het aandeel eiwit in het rantsoen van vee dat niet aangekocht is, zoals dat voorgesteld is door de Commissie Grondgebondenheid (2018, rapport grondgebondenheid). De exacte berekening vanuit bedrijfsdata is onder andere beschreven in de documentatie van de Kringloopwijzer (2024, KringloopWijzer v2024).

In formulevorm ziet de berekening er als volgt uit:

*Eiwit van eigen land (%) = [100 * (verbruik eiwit door de veestapel)] - [aangekocht verbruikt eiwit door de veestapel] / [verbruikt eiwit door de veestapel].*
Verbruik = opname + voerverlies

1.4 Benodigde data en bronnen, inclusief bestaande datasystemen

¹ <https://open.overheid.nl/documenten/ronl-06539f54e5374a8fa37a921cc5b40a4e5176bcb2/pdf>

Data landgebruik

Voor het berekenen van de KPI Landgebruik zijn het bouwplan, oppervlakte per teelt en de bijbehorende grondsoort en grondwatertrap nodig. De informatie over de ligging van de percelen en de geteelde gewassen zijn opgeslagen in zogenoemde shapefiles waarin GIS-informatie is opgeslagen en beschikbaar is voor akkerbouw- en melkveebedrijven. Met behulp van onder andere het programma Qgis kan deze informatie ontsloten worden. De shapefiles worden vervolgens gekoppeld aan de bodemkaart van Nederland om informatie over de grondsoort en de grondwatertrap van de percelen op te halen. Voor de combinatie grondsoort en grondwatertrap kan er vervolgens een tabel samengesteld worden waarin de landbouwkundige mogelijkheden van teelten op deze combinaties zijn opgenomen. Deze geschiktheid van grondsoorten en grondwatertrapcombinaties zal nog getoetst moeten worden door deskundigen en praktijkbedrijven.

Data circulaire meststoffen.

Voor de berekening van de KPI over circulaire meststoffen wordt gebruikgemaakt van de aanvoer van N-meststoffen op bedrijfsniveau. Het is nodig om te weten en of deze meststoffen (gedeeltelijk) circulair of niet circulair zijn. Dit wordt afgezet tegen het totale verbruik van N-meststoffen op het bedrijf. Beide worden uitgedrukt in kg N. Er wordt op dit moment bij de levering van minerale meststoffen nog niet vastgelegd of het volledige of gedeeltelijk circulaire meststoffen zijn. Naar verwachting wordt het aandeel van circulaire minerale meststoffen in de toekomst groter dan nu, mogelijk komen er dan ook meststoffen die voor een deel circulair zijn. Voor de KPI is nu nog een vereenvoudiging toegepast: organische meststoffen zijn circulair, minerale meststoffen zijn niet circulair.

In de melkveehouderij kunnen dit soort data worden ontsloten via de centrale database KringloopWijzer. In de akkerbouw is dit soort informatie in principe beschikbaar in bedrijfsmanagementsystemen en vanuit aankoopfacturen/jaaroverzichten van meststoffenleveranciers.

Data afzet bedrijfseigen mest

Als een bedrijf mest afzet, dient dat aangemeld te worden bij RVO met het realtime Vervoersbewijs dierlijke mest (rVDM).² Hierin wordt vastgelegd hoeveel mest van en naar welke postcode wordt getransporteerd. Vervolgens kan met het Nationaal GeoRegister (NGR) bepaald worden op welke afstand dat is geweest. Voor de mest die in de Nederlandse landbouw wordt afgezet mag ervan uitgegaan worden dat de gebruiksnormen gelden en er geen (hoge) overdosering van mest

² <https://www.rvo.nl/onderwerpen/mest/dierlijke-mest-vervoeren#alles-over-rvdm>

plaatsvindt. Voor de KPI wordt nu nog een vereenvoudiging toegepast: het aandeel van de meststoffen dat volgens de rVDM binnen 10 km wordt afgezet, zal vrijwel altijd bij een ander landbouwbedrijf terecht komen en daarmee hoogwaardig afgezet zijn.

Dit is een (te) beperkte invulling van de KPI. In de discussie zal hier verder op ingegaan worden.

Data oorsprong diervoeders

Het aandeel van de diverse ingrediënten van krachtvoeders en het aandeel reststromen hierin, zijn voor een melkveebedrijf nog niet beschikbaar. De leverancier heeft deze informatie wel maar op dit moment wordt die nog niet gedeeld met de afnemers.

Om met deze KPI te kunnen werken dient informatie over de oorsprong van diervoeders eerst op bedrijfsniveau beschikbaar worden gemaakt.

Eiwit van eigen land

Voor de berekening van deze KPI is nodig: de hoeveelheid en het eiwitgehalte van 1) alle aangekochte en gevoerde rantsoencomponenten, 2) alle zelf geproduceerde en gevoerde rantsoencomponenten, en 3) voerverliezen van eiwit (N) van alle rantsoencomponenten.

De KPI Eiwit van eigen land wordt berekend in de KringloopWijzer.

2 Referentiewaarden: wat weten we over KPI-scores?

Referentiewaarden kunnen gebruikt worden om KPI-scores te duiden: hoe verhoudt de score zich tot het huidige gemiddelde, tot waarden die in theorie gehaald kunnen worden of tot waarden die nodig zijn voor doelbereik? Zie voor uitleg paragraaf 3.3 van het hoofdrapport.

In dit hoofdstuk worden de verschillende referentiewaarden gepresenteerd: benchmarks waarbij de bedrijfswaarde wordt vergeleken met de prestaties van andere vergelijkbare bedrijven (2.1 en 2.2) en referentiewaarden op basis van theoretisch haalbare waarden (2.3). Tot slot wordt ingegaan op drempel- en streefwaarden die nodig zijn voor doelbereik (2.4).

2.1 Informatienet-benchmarks

In de melkveehouderij wordt op vrijwel alle Nederlandse melkveebedrijven Eiwit van eigen land jaarlijks berekend met rekeninstrument KringloopWijzer (KLW). In KLW worden benchmarks gehanteerd op basis van grondsoort, intensiteit en gangbaar/biologisch, met in totaal 36 groepen (5 grondsoorten, 7 intensiteitsklassen, gangbaar/biologisch). De benchmarks zijn gebaseerd op de gemiddelden van de voorgaande 3 jaren van de 36 groepen bedrijven. Omdat benchmarks in KLW niet openbaar zijn, worden in deze paragraaf alleen resultaten en benchmarks uit het Bedrijveninformatienet beschreven.

De meeste KPI's zijn nog niet zover ontwikkeld dat er referentiewaarden beschikbaar zijn. Voor de KPI Eiwit van eigen land is wel data beschikbaar en uitgewerkt in deze paragraaf.

Gemiddeld over de Informatienet-melkveehouderij-bedrijven is het kengetal Eiwit van eigen land 57% in 2023. Het kengetal Eiwit van eigen land is afhankelijk van intensiteit, uitgedrukt in melkproductie per ha en verschilt tussen grondsoorten, zie tabel 2.1.

2.2 Praktijkresultaten pilots

Binnen het KPI-K-project is er voor de nieuwe KPI's een kleine testpilot uitgevoerd, op basis van data van het jaar 2024. Hierin zijn vijf melkveebedrijven en vijf akkerbouwbedrijven betrokken en zijn de nieuwe KPI's voor landgebruik, circulaire meststoffen, afzet mest en eiwit van eigen land meegenomen. Er is gebruikgemaakt van de berekeningswijze zoals in paragraaf 1.2 en 1.3 is toegelicht.

De uitkomsten uit deze pilot worden aanbevolen om mee te nemen in de overwegingen bij de verdere ontwikkeling van deze KPI:

- *Landgebruik*

Op de tien bedrijven in de pilot is meer dan 80% van de percelen gebruikt voor de hoogste prioriteit die volgens de indeling in 1.3 mogelijk was op deze grondsoort-grondwatertrap (Gs-Gt)-combinatie. Op drie van de vijf akkerbouwbedrijven zijn er akkerbouwgewassen geteeld op percelen waar op basis van de Gt alleen gras en voedergewassen geteeld zouden kunnen worden. Daarmee zijn er gewassen geteeld die een hogere prioriteit hadden dan in theorie zou kunnen. Hier is geen 'beloning' voor gegeven in de uitkomst van de KPI.

Wanneer groenbemesters worden geteeld op een voor akkerbouwgewassen geschikte Gs-Gt-combinatie krijgen deze een negatieve beoordeling, maar geven op KPI's rondom bodemkwaliteit een positieve beoordeling.

- *Circulaire meststoffen*

Op een van de akkerbouwbedrijven is heel weinig organische (circulaire) mest gebruikt (15%) omdat de bodemtoestand op moment van bemesting niet geschikt was voor het toedienen. De akkerbouwer gaf in de registratie aan in andere jaren wel meer organische mest te gebruiken. Er zou overwogen kunnen worden om deze KPI gemiddeld over enkele jaren te berekenen, met name voor akkerbouwbedrijven.

- *Hoogwaardige mestafzet*

Alle melkveebedrijven hadden de geregistreerde mestafzet via boer-boer afgezet en daarmee hoogwaardig.

- *Oorsprong diervoeders*

Geen KPI-berekening mogelijk omdat gegevens nog niet op bedrijfsniveau beschikbaar zijn.

2.3 Theoretisch haalbaar

Voor Eiwit van eigen land is het theoretisch mogelijk om richting de 100% te bewegen, met name als krachtvoer op het eigen bedrijf wordt geteeld. In de praktijk is het echter de vraag of 100% haalbaar is, vanwege de noodzaak het rantsoen te optimaliseren.

2.4 Drempel- en streefwaarden doelbereik

Voor geen van de KPI's circulariteit zijn drempel- en streefwaarden doelbereik vastgesteld.

Voor Eiwit van eigen land heeft de 'commissie grondgebondenheid' in 2018 wel een doelstelling gezet om ernaar toe te werken dat per 2025 elk melkveebedrijf ten minste 65% van de eiwitbehoefte van eigen grond of op basis van buurtcontracten haalt.

Tabel 2.1 Kengetal Eiwit van eigen land op basis van intensiteit en grondsoort.

Informatienet-bedrijven	Eiwit van eigen land, %		
Gemiddeld	57		
Intensiteit, ton melk/ha	<14	14-19	>19
	69	65	50
Grondsoort	Zand/löss	Klei	Veen
	55	60	63

Tabel 2.2 Resultaten van testpilot om concept KPI's te testen op vijf akkerbouw bedrijven en vijf melkveebedrijven (data van 2024).

KPI	Bandbreedte resultaten	
	Akkerbouw (n=5)	Melkvee (n=5)
Landgebruik	83 tot 100%	89 tot 100%
Circulaire meststoffen. Ntotaal		
- Totaal N	15 tot 100%	57 tot 88%
Hoogwaardige mestafzet		100%
Eiwit van eigen land		51 tot 77%

3 Handelingsperspectief en samenhang

Omdat de meeste beschreven KPI's nog in ontwikkeling zijn en nog niet volledig bekend is hoe ze berekend gaan worden, is er alleen in grote lijnen een handelingsperspectief gegeven. Alleen voor Eiwit van eigen land is een uitgebreidere analyse beschikbaar.

Landgebruik

Het doel van de KPI is om landgebruik te sturen naar een zo hoog mogelijke prioriteit (humaan voedsel – diervoeder – overig). Wanneer het bouwplan ook zo wordt ingericht krijgt het bedrijf een goede score voor deze KPI. Teelt van non-foodgewassen en siergewassen scoren laag op deze KPI.

Een melkveebedrijf dat ligt op een locatie waarop ook akkerbouw kan plaatsvinden zou laag scoren op deze KPI. In geval van teelt van relatief veel groenbemesters of rustgewassen zou een bedrijf lager scoren op deze KPI, maar hoger op de KPI's voor bodem organische stof, bodemkwaliteit en gewasdiversiteit.

Er kan een afwenteling naar nitraatuitspoeling ontstaan wanneer er veel grasland zou worden omgezet naar akkerbouw. Nitraatconcentraties in grondwater onder bouwland zijn over het algemeen hoger zijn dan onder grasland, ook bij lagere bodemoverschotten omdat op bouwland een grotere fractie van het bodemoverschot uitspoelt naar het grondwater.

Circulaire meststoffen

Organische meststoffen zijn in principe circulair, bij gebruik van relatief veel organische meststoffen gaat een score voor deze KPI omhoog. Daarbij zal echter toegegeven worden op de N-efficiëntie op het land en op de KPI N-bodemoverschot lager scoren. Dit kan ook voor RENURE gelden omdat voor RENURE in onderzoek vaak een lagere efficiëntie lijkt te hebben dan de 'gewone' kunstmest. Het gebruik van organische meststoffen wordt echter wel gezien als positief voor bodem organische stof en bodemkwaliteit.

Bij maximumgebruik van compost zal een bedrijf ook lager scoren op de KPI P-bodemoverschot omdat de aanvoer van P uit compost niet volledig meegeteld hoeft te worden bij aanvoer op het bedrijf. Bij het volledig benutten van de P-gebruiksruimte met compost wordt er dus meer P aangevoerd dan bij gebruik van andere meststoffen.

Minerale meststoffen kunnen circulair zijn maar op dit moment zijn er nog weinig volledig minerale meststoffen die als circulair aan te merken zijn verkrijgbaar. Omdat er nog niet zoveel voorbeelden zijn van minerale circulaire meststoffen is het nog niet goed in te schatten of gebruik van (relatief) veel minerale circulaire N-meststoffen effect heeft op het N-bodemoverschot.

Wanneer de meststoffen net zo effectief zijn als de kunstmest die nu gebruikt wordt, zal er geen negatief effect op het N-overschot zijn. Maar het is mogelijk dat circulaire meststoffen meer ammonium of ureum bevatten dan de huidige kunstmestsoorten en daardoor een lagere efficiëntie in het veld hebben. Dat hangt overigens ook af van de bodem- en weersomstandigheden waaronder deze meststoffen worden toegepast, dit kan variëren tussen jaren. Bij een lagere efficiëntie zal het N-bodemoverschot stijgen.

Omdat bij de productie van de gangbare kunstmest N veel fossiele energie gebruikt wordt, zal vervanging van deze meststoffen in een lagere carbon footprint resulteren.

Afzet mest

Concreet is op het moment voor afzet van de mest alleen boer-boerafzet (< 10 km) dat met redelijke zekerheid als hoogwaardige afzet bestempeld kan worden. Boer-boerafzet over grotere afstanden is dat ook maar op het formulier rVDM is dat niet zo aangeduid. Op het formulier zijn wel postcodes en KvK-nummers vermeld. Mogelijk zijn dat ingangen om mesttransporten verder te duiden. Wanneer een veehouder mest kan afzetten naar andere agrarische bestemmingen binnen Nederland, zorgt dat voor een hogere KPI voor mestafzet.

De score op deze KPI Mestafzet heeft binnen het bedrijf geen invloed op andere KPI's.

Oorsprong diervoeders

Als de KPI Oorsprong diervoeders gebruikt gaat worden op korte(re) termijn zal met name het aandeel reststromen in aangekocht voer het belangrijkste onderdeel waar binnen deze KPI op gestuurd gaat worden. Op langere termijn is het vanuit circulair oogpunt wenselijk dat het niet alleen gaat over reststromen maar over het aandeel ongeschikt voor humane voeding.

Een bedrijf scoort beter op deze KPI wanneer een groter aandeel in aangekochte voeders onder reststromen (en in de verdere toekomst mogelijk andere criteria) vallen. Op dit moment kan de individuele veehouder hier nog niet op sturen omdat de ingrediënten van samengestelde krachtvoerders niet altijd bekend zijn en het aandeel van die ingrediënten vrijwel nooit bekend zijn bij de afnemer. Bovendien kan er door een veehouder nog geen keuze gemaakt worden tussen voeders of leveranciers die meer of minder scoren op deze KPI. Alleen bij enkelvoudige voeders, zoals de natte bijproducten, zijn ingrediënten bekend en meestal reststromen en niet geschikt of gewenst als humane voeding.

Een goede score op deze KPI zou mogelijk invloed kunnen hebben op efficiëntie in dieren als door keuze voor een hogere KPI-score hier grondstoffen gebruikt gaan worden die minder efficiënt zijn in dieren. Dit kan gevolgen hebben voor KPI's die verliezen in beeld brengen (emissies en overschotten).

Eiwit van eigen land

Op hoofdlijnen zijn er twee sporen:

- het verhogen van de eiwitproductie van eigen land
- het verlagen van de eiwitopname van de veestapel.

Concrete maatregelen zijn het:

- verhogen aandeel grasland in bouwplan
- verhogen aandeel vers gras in rantsoen
- verhogen grasopbrengst
- verlagen jongveebezetting
- verlagen RE/VEM-verhouding rantsoen
- verlagen krachtvoergebruik
- vergroten oppervlakte.

Positieve neveneffecten

- Het verhogen van het aandeel eiwit van eigen land draagt bij aan optimaal landgebruik (schaarse bronnen), tenzij dit gebeurt op land dat voor teelt van voedselgewassen gebruikt kan worden.
- Het verlagen van het gebruik van (circulaire) kunstmest kan de carbon footprint van het bedrijf

verlagen en draagt dus bij aan lagere broeikasgasemissies (LCA).

- Het verhogen van het aandeel grasland kan positief bijdragen aan klimaat, water en biodiversiteit.
- Het verhogen van het aandeel vers gras (via beweiding) in het rantsoen en het verlagen van de jongveebezetting kan tot een lagere NH₃-emissie (biodiversiteit) en methaanemissie leiden.

Mogelijke afwentelingen

- Verhogen van het aandeel vers gras via beweiding heeft mogelijk negatieve effecten op waterkwaliteit (nitraatuitspoeling) en lachgasemissies.
- Als verhogen van de graslandopbrengst het gevolg is van hogere bemesting, kan dit gepaard gaan met hogere stikstofverliezen (ammoniak, nitraat, lachgas).
- Een intensiever maaibeleid kan een negatief effect hebben op biodiversiteit.

Positieve sociaal-economische effecten

Het verlagen van de jongveebezetting en het krachtvoergebruik kan tot lagere kosten leiden.

Negatieve sociaal-economische effecten

Het verwerven van meer grond om eiwit eigen land te verhogen kan bedrijfseconomisch niet altijd uit.

4 Discussie

4.1 Regionale kringlopen

In verschillende beleidsplannen en duurzaamheidsconcepten wordt ook gestreefd naar het sluiten van regionale kringlopen (regionaliteit). Hiermee wordt bedoeld dat er gestreefd wordt om fysieke stromen van mest, voer en gewassen binnen een aangegeven regio te houden. Een regio kan per type stroom (bijvoorbeeld ruwvoer of krachtvoer) groter of kleiner zijn. Het streven naar het sluiten van regionale kringlopen is niet perse een doel vanuit de principes van circulariteit, maar eerder een middel om circulariteit uitvoerbaar te houden. Bijvoorbeeld: als binnen een regio de veehouderij zorgt voor een hoog mestoverschot en bijbehorende druk op milieudoelen, en elders een afvoer van mineralen plaatsvindt, dan zou dit evenwicht via de principes van de circulariteit hersteld moeten kunnen worden. Regionaal sluiten van kringlopen zou hierbij kunnen helpen door vervoersafstanden en tussenstappen in ketens te verminderen. Ook kunnen geopolitieke overwegingen een rol spelen ten aanzien van het al dan niet sluiten van regionale kringlopen.

De huidig voorgestelde KPI's Circulariteit sturen slechts beperkt naar het sluiten van regionale kringlopen:

- Binnen de KPI Hoogwaardige mestafzet is wel een afstand van 10 km genoemd. Dit is niet vanuit oogpunt van sluiten van regionale kringlopen maar omdat deze afstand gekoppeld is in de regelgeving aan maximale afstand voor boer-boertransport. Binnen deze afstand

van mestafzet wordt mest afgezet naar een ander bedrijf dat zich ook moet houden aan de Nederlandse mestwetgeving. De mest zou dan terechtkomen waar voldoende plaatsingsruimte is, waar het toegediend wordt met emissiearme apparatuur en waar zo goed mogelijk wordt voldaan aan goede landbouwpraktijk.

- In de KPI Eiwit eigen Land zit een regiocomponent. Het aandeel voer dat bestempeld wordt als Eiwit van eigen land kan in de regel aangemerkt worden als regionaal geproduceerd.

Het feit dat de KPI-set nauwelijks stuurt naar het regionaal sluiten van kringlopen, is dat regionaliteit geen onderdeel uitmaakt van het doelenkader. Het is raadzaam om in verdere ontwikkeling van de KPI's rondom circulariteit het sluiten van regionale kringlopen mee te nemen in de overwegingen. De eerste vraag die daarbij beantwoord moet worden is of regionaal sluiten van kringlopen opgenomen zou moeten worden in het doelenkader en welke afwegingen en formuleringen daarbij dan leidend zijn. Daarna kan worden geanalyseerd wat dit betekent voor eventuele aanpassingen aan de KPI-kernset.

4.2 Alternatieve benaderingen uit de wetenschap

In de *Adviesnotitie circulariteit* zijn wetenschappelijke alternatieven voor de voorgestelde KPI's op een rijtje gezet, waaronder de 'human edible protein ratio' (HEPR,

Passages uit Adviesnotitie circulariteit over HEPR en LUR

In de wetenschap zijn verschillende indicatoren ontwikkeld om deze principes in beeld brengen. Deze brengen in kaart of een productiesysteem bijdraagt aan effectief grondstofgebruik in het voedselsysteem. Voorbeelden hiervan zijn de 'human edible protein ratio' (HEPR; humaan eetbaar-eiwitratio) en de 'land use ratio' (LUR, landgebruiksratio) (Hennessy et al., 2021; van Zanten et al., 2016).

De human edible protein ratio illustreert hoeveel kilogram humaan eetbaar eiwit in het voer zit dat gebruik is om 1 kg dierlijk eiwit te produceren. Om de HEPR te bepalen is data nodig over de voersamenstelling, voor ieder ingrediënt het eiwitgehalte en een aanname of het voor mensen eetbaar is, en data om het voerverbruik per kg dierlijk eiwit te bepalen. Een grote beperking van de human edible protein ratio in het illustreren van effectief grondstofgebruik, is dat alleen wordt gekeken naar directe voer-voedselcompetitie, waarbij dieren worden gevoerd met ingrediënten die geschikt zijn voor directe humane consumptie. Er wordt daarmee niet afgevraagd of de grondstoffen die gebruikt zijn om tot ingrediënt te komen die niet geschikt zijn voor humane consumptie, efficiënter gebruikt hadden kunnen worden voor de teelt van voedsel gewassen voor directe consumptie. Zulke indirecte competitie speelt op grote schaal bij voedergewassen, waar bijvoorbeeld gras of snijmais geteeld wordt op land geschikt voor voedselgewassen.

De land use ratio houdt wel rekening met indirecte competitie door te illustreren hoeveel humaan consumeerbaar eiwit er geproduceerd zou kunnen worden met voedselgewassen geteeld op de grond die nodig is voor de productie van het voer gebruikt voor het produceren van 1 kg dierlijk eiwit. De land use ratio vergt naast data over de samenstelling van het voer, ook data over waar elk ingrediënt geproduceerd is, welke voedselgewassen daar geteeld hadden kunnen worden, met welke opbrengsten en eiwitgehaltes. In wetenschappelijke studies waarin de land use ratio wordt gerapporteerd wordt de afkomst van ingrediënten gebaseerd op huidige import van Nederland (niet bedrijfsspecifiek) en de geschiktheid en productiviteit van voedselgewassen in deze landen wordt op grove schaal (agro ecologische zones) gesteld. De indicator vergt daarmee dus veel data en aannames van buiten de bedrijfsvoering, en daarmee (nog) niet toe te passen in de praktijk. Tevens zijn zowel de human edible protein ratio en de land use ratio als enkel geschikt om de bijdrage aan effectief grondstof gebruik van dierlijke productie systemen in kaart te brengen.

humaan eetbaar-eiwitratio) en de 'land use ratio' (LUR, landgebruiksratio).

Voor beide indicatoren werd geconcludeerd dat ze op de korte termijn niet operationeel zijn te maken op bedrijfsniveau omdat het te veel data en aannames zou vergen van buiten de bedrijfsvoering.

Daarnaast is in de adviesnotitie aangegeven dat meten in losse indicatoren een risico met zich meebrengt: mogelijk zal een individuele ondernemer meer sturen op reeds bekende indicatoren, zoals die voor de N-emissies, en minder sturen op prioritering van essentiële maatschappelijke behoeften. Idealiter zouden indicatoren eerst op bijdrage aan deze maatschappelijke behoeften moeten sturen en daarbinnen op milieu-impact. Dit is echter in de wetenschap nog een uitdaging en voor een individuele ondernemer lastig te interpreteren omdat er informatie van een hoger schaalniveau geïntegreerd moet worden.

4.3 Feedback van pilotbedrijven

Het concept van de KPI's uit deze bijlage is getest in een beperkte pilot met vijf akkerbouwers en vijf melkveehouders, zie paragraaf 2.3.

Landgebruik (melkvee en akkerbouw)

1. Melkveehouders en akkerbouwers hadden moeite om te begrijpen hoe de KPI-score geïnterpreteerd moet worden. Het werd ervaren als een complex getal met meerdere lagen (geschiktheid bodem en prioriteit gewassen). Het getal wordt nog niet goed begrepen en de vraag is gesteld of het anders kan worden opgebouwd of uitgedrukt.
2. De bodemkaart als basis voor beoordeling geschiktheid wordt in twijfel getrokken: 'Een deel van mijn land is prima geschikt voor bouwland terwijl het dat volgens deze systematiek niet is.'
3. De keuze voor hun bedrijfssysteem (melkvee of akkerbouw) wordt door de meeste boeren niet als onderdeel van het handelingsperspectief voor het sturen op de KPI's ervaren.
4. Tegelijkertijd werd het belang van optimaal landgebruik wel onderschreven.

Circulaire meststoffen (melkvee en akkerbouw)

1. Herkomst mest als titel wekte verwarring. Mensen verwachten dan vooral de geografische component. Op basis hiervan is de voorlopige titel 'herkomst mest' vervangen door 'circulaire meststoffen'.
2. Er wordt wel wat meerwaarde in deze KPI gezien maar vanuit de akkerbouw wordt de vraag gesteld of het echt heel veel verschil gaat maken. Verwachting is dat meeste akkerbouwers hier toch eigenlijk al wel naar sturen gezien de hoge prijzen voor mestafzet.
3. Naar de toekomst toe moet het echt meer zijn dan alleen onderscheid mineraal/organisch. Ook humane

bronnen en RENURE bijvoorbeeld meenemen. Merk op dat dit soort mestsoorten kunnen zorgen voor een toename van fossiele brandstoffen. De vraag werd gesteld of een opsplitsing in type organische mest nog nuttig is, bijvoorbeeld drijfmest, vaste mest en compost.

Afzet mest (melkvee)

1. De vraag wordt gesteld wat de meerwaarde is bovenop bestaande wetgeving?

Oorsprong diervoeders

1. Op dit moment zijn er geen kwantitatieve data beschikbaar vanuit de mengvoederfabriek. Het is duidelijk dat dit alleen kan als informatie op bedrijfsniveau beschikbaar komt.
2. Dit is een belangrijk onderwerp. Een deel van de melkveehouders zou er zelf graag ook meer grip op willen hebben.
3. De richting (meer 'EU grondstoffen' en meer 'circulaire grondstoffen') wordt ondersteund.
4. Melkveehouders vragen zich af of er daadwerkelijk anders gestuurd gaat worden als deze KPI er komt. Het inzichtelijk maken is wel interessant.
5. Melkveehouders geven aan dat de industrie belangen heeft en dat er een risico is op greenwashing.
6. Melkveehouders vragen zich af of sectordoelen op het gebied van duurzaam diervoer kunnen worden neergelegd bij individuele boeren.

4.4 Discussie- en ontwikkelpunten per KPI

De voorgestelde KPI's in dit rapport betreffen, behalve Eiwit van eigen land, nieuwe KPI's die nadere uitwerking en praktijktesten vragen. Bij vervolgstappen zijn onderstaande overwegingen en kanttekeningen relevant.

Landgebruik

1. In de huidige invulling is als startpunt de volgende volgorde van prioriteit gehanteerd: 1) teelt van gewassen voor directe humane consumptie; 2) teelt van voedergewassen voor dieren; 3) teelt van andere gewassen (bijvoorbeeld voor energie, non-foodgrondstoffen, of siergewassen). In de inleidende paragraaf wordt aangegeven dat het inzetten van land en biomassa voor voedselproductie en (bouw)materialen van hogere prioriteit over veevoer of bio-energie. Op dit moment wordt dit in de praktijk anders ingevuld, wat mede aanleiding is geweest voor bovengenoemd startpunt. Met name (bouw)materialen krijgen in praktische benaderingen een lagere prioriteit in modellen die meer gericht zijn om de circulariteit van materialen te stimuleren (de 'ladder van Lansink' die eind jaren zeventig is ontwikkeld als model voor de verwerking van afval, en de recenter ontwikkelde 'R-ladder' en 'ladder van Moerman' die zich meer richten op het bredere doel

van de circulaire economie). Het is echter voorstelbaar dat op termijn, wanneer (bouw)materialen niet meer van fossiele oorsprong (kunnen) worden gemaakt en natuurlijke materialen schaars worden, deze voor biomassagebruik een hogere prioriteit zullen krijgen. Een heroverweging is dus nodig waarbij vanuit de principes van Muscat et al. (2021) zou moeten worden geredeneerd: 'basic human needs voorop'.

2. De methode om de geschiktheid van percelen om gewassen voor humane voeding te telen is nog niet getoetst bij stakeholders. Uit de pilot van vijf akkerbouwbedrijven is gebleken dat er akkerbouwgewassen zijn geteeld op percelen waar op basis van de Gs-Gt-combinatie alleen gras en voedergewassen geteeld zouden kunnen worden. Daarmee zijn er gewassen geteeld die een hogere prioriteit hadden dan in theorie mogelijk is. De informatie die nu gebruikt wordt om de geschiktheid van percelen in te schatten is afkomstig uit de data van de Nederlandse bodemkaart. Met name de grondwatertrap is in de afgelopen jaren in sommige gebieden gedaald door een aantal droge zomers,³ dit heeft invloed op welke gewassen met succes geteeld kunnen worden op die percelen. Deze geschiktheid van grondsoorten en grondwatertrap combinaties zijn nu gebaseerd op globale data en expert judgment.
3. In discussies rondom deze KPI komt steeds de vraag op, of een KPI die stuurt op landgebruik geschikt is om meegenomen te worden in een KPI set voor individuele bedrijven bedoeld zijn. Het is de vraag of de keuze voor landgebruik bij de individuele melkveehouder of akkerbouwer moet worden neergelegd. Mogelijk is het passender dat sturing hierop via andere beleidsinstrumenten wordt opgepakt. Omdat de kernset voor verschillende toepassingen kan worden gehanteerd, is deze vraag moeilijk eenduidig te beantwoorden: het hangt af van de context van toepassing en de consequenties die het voor de boeren met zich meebrengt. Valt het omschakelen naar gewassen voor humane consumptie wel of niet onder het handelingsperspectief van een melkveehouder?

Circulaire meststoffen

1. In de KPI worden nu alleen N-meststoffen meegenomen. Voor andere nutriënten zijn er ook mogelijkheden voor het gebruik van circulaire (minerale) meststoffen zoals het fosforhoudende struviet uit de waterzuivering. Er is nu echter de keuze gemaakt om de KPI voor N te berekenen omdat dat in volume het meest gebruikte nutriënt is en verliezen uit de kringloop diverse milieu-problemen veroorzaakt. Vanuit de principes van circulariteit is fosfor (P) ook een belangrijk nutriënt

(Smit et al., 2015). In tegenstelling tot N is de hoeveelheid (winbaar) P op de wereld gelimiteerd. P is over het algemeen relatief makkelijk te recycleren in vergelijking met N omdat P nauwelijks gasvormige verliezen heeft en aan het eind van de humane voedselketen geconcentreerd opgevangen kan worden via rioolsystemen of afvalsystemen van de verwerkende industrie. In de afweging van welke KPI's van belang zijn is het gewenst dat P overwogen wordt.

2. Voor circulaire N-meststoffen zijn er meerdere manieren van berekenen van de KPI mogelijk. Een alternatief is niet met de totale N uit meststoffen te rekenen maar met werkzame N. De KPI-uitkomst wordt daardoor cijfermatig hoger als er organische meststoffen zijn gebruikt. Vooral bij gebruik van compost is het verschil groot omdat de werkzame N in compost laag is (10%). Er is nog geen analyse gemaakt of er een berekeningswijze het beste past bij het na te streven doel.
3. Op dit moment zijn er nog weinig circulaire minerale N-meststoffen te verkrijgen op de Nederlandse markt. Meststoffen die als circulair worden aangeduid zijn over het algemeen bewerkingen van dierlijke mest of afkomstig uit luchtwassers (spuiloog). Daarom is de KPI voor akkerbouwers en melkveehouders nu een weergave het aandeel organische mest dat wordt toegepast. Zolang de verkrijgbaarheid van circulaire minerale N-meststoffen laag is en de meststoffen die met fossiele energie geproduceerd goedkoper zijn, zal de markt voor circulaire N-meststoffen slechts langzaam verder ontwikkelen en daarmee de mogelijkheden om de score op deze KPI te verbeteren.
4. Door het verdwijnen van de derogatie vanaf 2026 zijn er voor melkveehouders minder mogelijkheden om hoog te scoren op deze KPI. Wanneer RENURE-toepassingen worden toegestaan binnen de ruimte voor minerale meststoffen zijn er weer mogelijkheden om hoger te scoren op deze KPI.
5. Een voorwaarde voor het maken van circulaire N-meststoffen betekent dat ook N uit andere bronnen beschikbaar moet zijn om daar meststoffen van te maken. Een mogelijke bron zou de N zijn die vanuit de maatschappij vrijkomt via het riool. In een N-meststof uit die bron zouden contaminanten in lage hoeveelheden aanwezig mogen zijn en een (groot) deel van het water uit onttrokken moeten worden zodat een dergelijke meststof een voldoende hoge N-concentratie heeft. Er wordt nu wel struviet gemaakt dat ammoniumhoudend is maar het aandeel N in struviet is te laag, zeker in vergelijking met de aanwezige fosfor, overige N uit rioolwater wordt omgezet naar het inerte N₂ en verdwijnt weer

³ <https://www.grondwatertools.nl/gwsinbeeld/>

naar de atmosfeer (overigens zonder schadelijk te zijn).

6. Een andere N-bron zou de inzet van vlinderbloemigen kunnen zijn. Het lijkt nu niet gewenst om de vastlegging van N door vlinderbloemigen mee te rekenen in de KPI als (circulaire) meststof. De vastlegging zou volledig buiten de KPI gehouden kunnen worden. De inschatting van de vastlegging van vlinderbloemigen van N uit de lucht is ook lastig te borgen. Het gebruik van vlinderbloemigen vervangt wel een deel van de aanvoer van (niet-circulaire) N, wat de score op de KPI verbetert.
7. De nutriënten in meststoffen met RENURE-status zijn afkomstig uit de dierhouderij. Nutriënten in RENURE-meststoffen hebben een eerdere ronde van gebruik gehad en zijn daarom circulair, tenzij er nutriënten worden toegevoegd die niet eerder zijn gebruikt. Als voorbeeld: Groene weidemeststof is een op maat gemaakte meststof die wordt samengesteld uit mineralenconcentraat (Renure status) met toevoegingen van nutriënten op maat. In een praktijktoetsing zijn aan de Groene weidemeststof diverse mineralen meststoffen toegevoegd (Ehlert en Van der Lippe, 2018). Als dit gaat om N-houdende toevoegingen is de meststof niet volledig circulair voor N. Een ander voorbeeld van een toevoeging is nitraat die geproduceerd wordt met de zogenoemde 'plasmatechniek': nitraat wordt toegevoegd met energie uit elektriciteit aan dierlijke meststoffen. Het wordt in principe met schaarse energie (elektriciteit) geproduceerd en is daarmee niet circulair. Als deze meststof met hernieuwbare energie wordt gemaakt, zou het een discussiepunt kunnen zijn of dit circulair is of niet. Een belangrijke overweging is of deze energie ingezet zou kunnen worden waar het fossiele energie vervangt of dat het een energie overschot zou zijn.
8. Uit de pilot blijkt dat op akkerbouwbedrijven grote verschillen kunnen zijn tussen jaren in verband met de berijdbaarheid van de grond als het tijd is om te bemesten. Aanbevolen wordt om te overwegen om deze KPI gemiddeld over enkele jaren te berekenen, met name voor akkerbouwbedrijven.

Afzet mest

1. Voor de KPI Afzet mest is afzet middels boer-boertransport binnen 10 km of afzet buiten de landbouw is in principe voldoende gedocumenteerd in de rVDM. Boer-boertransport over meer dan 10 km is niet direct te onderscheiden van transport naar een intermediair en moet voldoen aan de algemene regels zoals bemonstering en traceerbaarheid via GPS. Om vast te stellen of een mestpartij afgezet is bij een agrarisch bedrijf of intermediair, moet nog een methode ontwikkeld worden waarmee de ontvangende partij

geïdentificeerd kan worden. Mogelijk kunnen de geregistreerde KvK-nummers of postcodes daarvoor gebruikt worden. Voor mest die naar een intermediair gaat is er niet vastgelegd wat ermee gebeurt. Er is dus geen onderscheid tussen mest die via een intermediair 'goed terecht komt' en niet. Er zou over nagedacht moeten worden of er mogelijkheden zijn om deze KPI meer betekenis te geven door te kunnen zien waar mest via de intermediair naar toe gaat. Mogelijk is dat (te) gecompliceerd omdat partijen mest bij intermediairs niet afzonderlijk worden opgeslagen en getransporteerd. Het is dus de vraag in hoeverre een veehouder zeggenschap of keuze kan hebben bij de afzet van mest en of garanties van hoogwaardige mestafzet afgegeven kunnen worden door intermediairs.

2. Een belangrijke vraag die door de melkveehouders naar voren werd gebracht is wat de meerwaarde is van deze KPI boven op bestaande wetgeving. Voor de Nederlandse situatie mag inderdaad worden verondersteld dat alle mestafzet binnen de landbouw hoogwaardig plaatsvindt, ieder bedrijf moet ten slotte voldoen aan de gebruiksnormen. Voor de afzet van mest naar het buitenland of buiten de landbouw is niet zeker dat die veronderstelling altijd juist is.
3. Een belangrijk ontwikkelpunt is de invulling van het begrip hoogwaardige mestafzet. Welke categorieën worden daarin onderscheiden en op basis van welke definities en argumenten?

Oorsprong diervoeders

1. In de KPI over oorsprong van diervoeders is het uitgangspunt dat het in principe moet gaan over het aandeel diervoeders dat mogelijk en gewenst is voor humane voeding. Vanuit de principes van circulariteit en schaarste dient dit zo laag mogelijk te zijn (Muscat et. al, 2021). Het is in de loop van het KPI-project duidelijk geworden dat er veel haken en ogen zitten aan de definitie van wat humaan eetbaar is. Om de KPI operationeel te maken, zullen er waarschijnlijk data nodig zijn die nu nog niet voorhanden zijn. Maar gezien het grote aandeel van potentieel humaan eetbare akkerbouwproducten dat in diervoeders wordt verwerkt – naar schatting 40% van de akkerbouwproductie in Nederland – is het gewenst dat er nagedacht wordt over het betrekken van dit gegeven in een toekomstige KPI.
2. De beslissing welke grondstoffen onder reststromen vallen of niet is voor de KPI's nog niet genomen. Bij verdere ontwikkeling van de KPI zal hiervoor een afweging gemaakt moeten worden. In paragraaf 1.4 staan de wettelijke definities van reststromen die in diervoeders gebruikt mogen worden en daarom al een wettelijk kader hebben.
3. In het vervolg van de ontwikkeling van deze KPI zou verbinding gehouden moeten worden met NEVEDI

- (Nederlandse Vereniging Diervoederindustrie). NEVEDI werkt aan een programma 'duurzaam diervoeder 2030'.⁴ De doelstellingen van NEVEDI komen niet volledig overeen met de principes van circulariteit en het sparen van niet-hernieuwbare bronnen. Om deze KPI op bedrijfsniveau verder te ontwikkelen, is medewerking nodig van de diervoederindustrie. Daarnaast zijn op dit moment specifieke data (ingrediënten en hun aandeel in voeders) alleen beschikbaar voor de producenten van krachtvoerders en (nog) niet voor de gebruikers.
4. Bij de ontwikkeling van de KPI moet voorkomen worden dat er nieuwe concurrentie ontstaat op deze reststromen. Het aandeel van sommige veelgebruikte reststromen als diervoeding is hoog. Te denken valt aan bietenpulp en bierbostel. Als de KPI Oorsprong diervoeders gaat stimuleren om meer van dergelijke reststromen in diervoeders te verwerken kan dat ongewenste concurrentie veroorzaken voor reststromen of zelfs sturen naar het verbouwen van gewassen voor diervoeders, waardoor de grondstof geen reststroom meer is maar het doel van het gewas wordt (Breewood en Garnett, 2020), vergelijkbaar met de ontwikkelingen in de afgelopen decennia bij soja(schroot). Recente studies voor soja in Nederland zijn beschikbaar (Geerdink en Vernooij, 2015; Geerdink et al., 2025).
 5. Voor de KPI over diervoeders is het gewenst dat er nog een overweging gemaakt wordt of de KPI berekend wordt op basis van de totale of de aangekochte hoeveelheid diervoeding op een bedrijf. Wanneer gerekend wordt met de totale diervoeding zullen de KPI's als getal lager zijn. Er is op dit moment nog geen duidelijk beeld van de voor- en nadelen van beide berekeningswijzen.
 6. Rondom het gebruik van reststromen uit de slachterijen worden er veranderingen verwacht in de regelgeving waardoor deze stromen (weer) meer gebruikt kunnen gaan worden. Deze stroom zal als reststroom aangemerkt worden.

⁴ <https://nevedi.nl/standpunten/duurzaam-diervoeder/ambities-voor-de-melkveesector/>

5 Belangrijkste aanbevelingen voor verdere ontwikkeling

Voor de in deze bijlage beschreven KPI's zijn een aantal overwegingen die meegenomen dienen te worden bij de verdere ontwikkelingen van deze KPI. De onderstaande aanbevelingen zijn gebaseerd op de discussiepunten in hoofdstuk 4.

1. Algemeen

- a. Heroverweeg of regionaal sluiten van kringlopen onderdeel moet zijn van de KPI-K systematiek. Indien toevoeging gewenst is, start dan met het toevoegen aan het doelenkader. Bekijk daarna of aanpassing van de KPI's nodig is. Denk bijvoorbeeld aan Eiwit eigen land en EU-voergrondstoffen.
- b. Blijf zicht houden op wetenschappelijke ontwikkelingen op het gebied van indicatoren voor circulariteit. Mogelijk ontstaan er doorbraken waardoor wetenschappelijke concepten wel operationeel gemaakt kunnen worden op bedrijfsniveau.

2. KPI Landgebruik:

- a. Er is een verdere onderbouwing nodig van de gehanteerde prioritering van gewassen met daarin de principes van Muscat et al. (2021) (basic human needs first) als leidend principe.
- b. De aanpak voor het bepalen van de geschiktheid van percelen voor humane voeding moet worden getoetst voor praktische omstandigheden en situaties.
- c. Besef bij toepassing van deze KPI dat het handelingsperspectief voor akkerbouwers en melkveehouders beperkt is. Het landgebruik is een functie van de locatie en de gekozen bedrijfstak. Hierbinnen kan maar beperkt gestuurd worden.

3. KPI Circulaire meststoffen:

- a. De KPI kan in de toekomst worden aangevuld met andere nutriënten, zoals fosfor (P).
- b. Aanbevolen wordt de beschikbaarheid en mogelijkheden voor gebruik van circulaire stikstofmeststoffen te ontwikkelen en stimuleren, zoals RENURE, stikstof uit rioolwater of het inzetten van vlinderbloemigen.

4. KPI Afzet bedrijfseigen mest:

- a. Maak een afweging wat de meerwaarde is van deze KPI ten opzichte van bestaande wetgeving in Nederland
- b. Als de KPI wordt doorontwikkeld, werk dan de definitie van hoogwaardige afzet verder uit. Hierbij is een belangrijke stap om te verkennen of voor deze KPI informatie te verkrijgen is over de uiteindelijke bestemming van mest, met name via intermediairs.

5. KPI Oorsprong diervoeders:

- a. Bekijk de voor- en nadelen van het meenemen van al het voer (niet alleen het aangevoerd voer) in de definitie.
- b. Werk de te hanteren definitie voor oorsprong diervoeders verder uit met daarin de principes van Muscat et al. (2021) (basic human needs first) als leidend principe.
- c. Hou hierbij verbinding met de diervoeder-industrie ten aanzien van doorontwikkeling en beschikbaarheid van gegevens op bedrijfsniveau
- d. Voorkom hierbij dat er onbedoelde concurrentie ontstaat op reststromen, of zelfs sturing naar het verbouwen van gewassen voor 'reststromen'.
- e. Neem recente veranderingen in de regelgeving rondom gebruik van reststromen uit de slachterijen mee in de overwegingen.

Literatuur

- Alexander, P. et al. (2017). Losses, inefficiencies and waste in the global food system. *Agric. Syst.* (2017). doi:10.1016/j.agsy.2017.01.014
- Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (2018). Landbouw, natuur en voedsel: waardevol en verbonden. Nederland als koploper in kringlooplandbouw. Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit. <https://open.overheid.nl/documenten/ronl-db1252eb-89e3-452c-9c2d-9fa9398e5dcc/file>
- Breewood, H. en T. Garnett (2020). What is feed-food competition? (Foodsource: building blocks). Food Climate Research Network, University of Oxford
- Commissie Grondgebondenheid (2018) Grondgebondenheid als basis voor een toekomstbestendige melkveehouderij. edepot446638
- Boer, I.J.M. de en M.K.M.K. van Ittersum (2018). Circularity in agricultural production. *Wageningen University*.
- Dijk, W. van, J.A. de Boer, R.L.M. Schils, M.H.A. de Haan, P. Mostert, J. Oenema en J. Verloop (2024). *Rekenregels van de KringloopWijzer 2024: Achtergronden van BEX, BEA, BEN, BEP en BEC: actualisatie van de 2023-versie*. (Rapport / Wageningen Plant Research; No. WPR-1396). Wageningen University & Research. <https://doi.org/10.18174/678185>
- Ehlert, P.A.I. en J. van der Lippe (2020). Toetsing van de Groene Weide Meststof in de praktijk; Demovelden van de gebiedsgerichte pilot Kunstmestvrije Achterhoek, 2018. Wageningen Environmental Research, Rapport 3007. 38 blz.
- Frehner, A., A. Muller, J.M. de Boer, O. van Hal, G. Pestoni, A. Frehner, R.P.M. Cardinaals, A. Muller, C. Schader, B. van Selm, O. van Hal, G. Pestoni, S. Rohrmann, M. Herrero en H.H.E. van Zanten (2022). The compatibility of circularity and national dietary recommendations for animal products in five European countries: a modelling analysis on nutritional feasibility, climate impact, and land use. In *Articles Lancet Planet Health* (Vol. 6).
- Geerdink, P. en D.M. Vernooij (2025). Geschiktheid van biograndstoffen voor humane voeding in plaats van diervoeder: Welke aspecten zijn relevant om de geschiktheid van een biograndstof voor humane voeding in plaats van diervoedertoepassingen in te schatten, en voor welke biograndstoffen is dit relevant? (Rapport / Wageningen Food & Biobased Research; No. 6261). Wageningen Food & Biobased Research. <https://doi.org/10.18174/687019>
- Geerdink, P., E. Annevelink, H.L.M. Ballemans, H.E.J. Bos-Brouwers, J. Broeze, H.W. Elbersen, F.A.J. Gort, O. van Hal, N.P. Meijer, J.C.M.A. Snels, M.J. Appel, J.A. Voogt en D.M. Vernooij (2025). Hoogwaardiger gebruik van reststromen voor diervoeder: Bondig overzicht van huidige agro-reststroombestemmingen, en kansen en belemmeringen voor hoogwaardigere inzet van agro-reststromen in Nederland. (Rapport / Wageningen Wageningen Food & Biobased Research; No. 2580). Wageningen Food & Biobased Research. <https://doi.org/10.18174/688759>
- Heinen, M., F. Brouwer, K. Teuling en D. Walvoort (2021). BOFEK2020 – Bodemfysische schematisatie van Nederland; Update bodemfysische eenhedenkaart. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 3056. 84 blz.; 5 fig.; 9 tab.; 28 ref. <https://edepot.wur.nl/541544>
- Helgason, K., K. Iversen en A. Julca (2021). Circular agriculture for sustainable rural development. The environmental impact of conventional agriculture.
- Koppelmäki, K., J. Helenius en R.P.O. Schulte (2021). Nested circularity in food systems: A Nordic case study on connecting biomass, nutrient and energy flows from field scale to continent. *Resources, Conservation and Recycling*, 164, 105218. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.105218>
- Kernebeek, H.R.J. van, S.J. Oosting, M.K. van Ittersum et al. Saving land to feed a growing population: consequences for consumption of crop and livestock products. *Int J Life Cycle Assess* **21**, 677–687 (2016). <https://doi.org/10.1007/s11367-015-0923-6>
- Loon, M.P. van, W.J. Vonk, R. Hijbeek, M.K. van Ittersum en H.F.M. ten Berge (2023). Circularity indicators and their relation with nutrient use efficiency in agriculture and food systems. *Agricultural Systems*, 207, 103610. <https://doi.org/10.1016/J.AGSY.2023.103610>
- Mottet, A. et al. Livestock: On our plates or eating at our table? A new analysis of the feed/food debate. *Global Food Security* (2017). doi:10.1016/j.gfs.2017.01.001

- Muscat, A., E.M. de Olde, R. Ripoll-Bosch et al. Principles, drivers and opportunities of a circular bioeconomy. *Nat Food* **2**, 561–566 (2021). <https://doi.org/10.1038/s43016-021-00340-7>
- Nijdam, D., T. Rood en H. Westhoek. The price of protein: Review of land use and carbon footprints from life cycle assessments of animal food products and their substitutes. *Food Policy* (2012) Volume 37, Issue 6, 760–770. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2012.08.002>.
- Schader, C. et al. Impacts of feeding less food-competing feedstuffs to livestock on global food system sustainability. *J. R. Soc. Interface* (2015). doi:10.1098/rsif.2015.0891
- Smit, A.L., J.C. van Middelkoop, W. van Dijk en H. van Reuler (2015). A substance flow analysis of phosphorus in the food production, processing and consumption system of the Netherlands. *Nutr. Cycl. Agroecosyst.*, 1–13.
- Socolow, R.H. (1999). Nitrogen management and the future of food: Lessons from the management of energy and carbon. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 96, 6001–6008.
- Stark, C. en K. Richards (2008). The continuing challenge of nitrogen loss to the environment: Environmental consequences and mitigation strategies. *Dyn. Soil Dyn. Plant* 2.
- Velasco-Muñoz, J.F., J.M.F. Mendoza, J.A. Aznar-Sánchez en A. Gallego-Schmid (2021). Circular economy implementation in the agricultural sector: Definition, strategies and indicators. *Resources, Conservation and Recycling*, 170, 105618. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.105618>
- Zanten, H.H.E. van et al. Defining a land boundary for sustainable livestock consumption. *Global Change Biology* (2018). doi:10.1111/gcb.14321

Foto: J. van Middelkoop

Contact & informatie

Jantine van Middelkoop
E jantine.vanmiddelkoop@wur.nl
wur.nl/social-and-economic-research

Wageningen Social & Economic
Research
Postbus 88, 6700 AB Wageningen

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 7.900 medewerkers (7.100 fte), 2.500 PhD- en EngD-kandidaten, 12.700 studenten en 80.000 Leven Lang Leren-deelnemers 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.