



Planbureau voor de Leefomgeving

# KWANTIFICERING VAN DE EFFECTEN VAN VERSCHILLENDE MAATREGELEN OP DE VOETAFDRIJK VAN DE NEDERLANDSE VOEDSELCONSUMPTIE

**Achtergrondstudie**

**Henk Westhoek**

**16 april 2019**

PBL

## **Colofon**

### **Kwantificering van de effecten van verschillende maatregelen op de voetafdruk van de Nederlandse voedselconsumptie**

© PBL Planbureau voor de Leefomgeving

Den Haag, 2019

PBL-publicatienummer: 3488

## **Contact**

henk.westhoek@pbl.nl

## **Auteurs**

Henk Westhoek

## **Redactie figuren**

Beeldredactie PBL

## **Dankbetuiging**

We danken L. Temme (RIVM), C. van Dooren (Voedingscentrum), H. Blonk en L. Kuling (Blonk Consultants) en H. Wilting, D. Nijdam, M. Vonk, H. Huitzing en H. Muilwijk (allen PBL) voor commentaar op een conceptversie van het rapport.

Delen uit deze publicatie mogen worden overgenomen op voorwaarde van bronvermelding: Westhoek, H. (2019), Kwantificering van de effecten van verschillende maatregelen op de voetafdruk van de Nederlandse voedselconsumptie, Den Haag: PBL.

Het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL) is het nationale instituut voor strategische beleidsanalyses op het gebied van milieu, natuur en ruimte. Het PBL draagt bij aan de kwaliteit van de politiek-bestuurlijke afweging door het verrichten van verkenningen, analyses en evaluaties waarbij een integrale benadering vooropstaat. Het PBL is voor alles beleidsgericht. Het verricht zijn onderzoek gevraagd en ongevraagd, onafhankelijk en wetenschappelijk gefundeerd.

# Inhoud

Samenvatting	5
<b>1 Inleiding</b>	<b>7</b>
1.1 Aanleiding en vraagstelling	7
1.2 Opbouw van dit rapport	9
<b>2 Methode</b>	<b>10</b>
2.1 Inleiding	10
2.2 Keuze van indicatoren	10
2.3 Referentiesituatie	12
2.3.1 Algemene uitgangspunten	12
2.3.2 Voedselconsumptie referentiesituatie	13
2.4 Keuze van opties	14
2.5 Rekenmodel bepaling voetafdruk	15
2.5.1 LCA: Landgebruik en broeikasgasemissies van grond tot mond	15
2.5.2 Functionele eenheid	17
2.5.3 Allocatie	17
2.5.4 Omrekening voor lachgas en methaan	17
2.5.5 Aanpassing van tweetal productgroepen	18
2.5.6 Emissies als gevolg van landgebruik en -landgebruiksverandering	18
2.5.7 Aggregatie van productgroepen	18
2.5.8 Nationaal totaal en aandeel voedsel in totale voetafdruk	19
<b>3 Voetafdruk referentiesituatie</b>	<b>21</b>
3.1 Voetafdruk huidig eetpatroon	21
3.2 Eiwithoudende producten nader bekeken	22
3.3 Vergelijking met andere studies en nationale voetafdruk	23
3.4 Geografische verdeling landvoetafdruk	24
3.4.1 Inleiding en context	24
3.4.2 Uitgangspunten en methode	24
3.4.3 Resultaten	26
<b>4 Uitgangspunten en resultaten duurzamer eten en minder voedsel verspillen</b>	<b>28</b>
4.1 Duurzamer eten	28
4.1.1 Inleiding en context	28
4.1.2 Uitgangspunten en methode	28
4.1.3 Resultaten	30
4.1.4 Discussie	33
4.2 Vermindering voedselverspilling	33
4.2.1 Inleiding en context	33
4.2.2 Uitgangspunten en methode	34
4.2.3 Resultaten	35
4.2.4 Discussie	35

<b>5</b>	<b>Uitgangspunten en resultaten efficiënter produceren</b>	<b>36</b>
5.1	Verhoging gewasopbrengsten	36
5.1.1	Introductie en context	36
5.1.2	Uitgangspunten en methode	37
5.1.3	Resultaten	38
5.2	Verhoging van de voederconversie	39
5.2.1	Introductie en context	39
5.2.2	Uitgangspunten en methode	39
5.2.3	Resultaten	40
5.3	Algemene verbeteringen energievoorziening	42
5.3.1	Introductie en context	42
5.3.2	Uitgangspunten	42
5.3.3	Resultaat	42
<b>6</b>	<b>Uitgangspunten en resultaten zorgvuldiger produceren</b>	<b>43</b>
6.1	Consumptie van biologisch geproduceerd voedsel	43
6.1.1	Introductie en context	43
6.1.2	Uitgangspunten en methode	43
6.1.3	Resultaten	44
6.1.4	Discussie	45
6.2	Verbeterd dierenwelzijn	46
6.2.1	Introductie en context	46
6.2.2	Uitgangspunten en methode	46
6.2.3	Resultaten	46
<b>7</b>	<b>Effect van combinatie van opties</b>	<b>48</b>
7.1	Introductie en context	48
7.2	Uitgangspunten	48
7.3	Resultaten	48
7.4	Discussie	49
<b>8</b>	<b>Algemene discussie</b>	<b>50</b>
8.1	Beperkingen LCA-methode	50
8.2	Onzekerheden en onnauwkeurigheden	51
	<b>Bijlage 1</b>	<b>52</b>
	<b>Referenties</b>	<b>53</b>

# SAMENVATTING

Het produceren van voedsel heeft gevolgen voor het milieu, in Nederland en wereldwijd. Er zijn veel mogelijke maatregelen om deze effecten op de leefomgeving te verminderen. De centrale vraagstelling in dit rapport is wat de effecten zijn van een aantal van deze maatregelen op de land- en broeikasgasvoetafdruk van de Nederlandse voedselconsumptie. Dit rapport is een achtergrondrapport bij de publicatie *Dagelijkse kost. Hoe overheden, bedrijven en consumenten kunnen bijdragen aan een duurzaam voedselsysteem* en bij de bijbehorende on-line informatie ([www.pbl.nl/duurzaam-voedsel](http://www.pbl.nl/duurzaam-voedsel)).

Dit achtergrondrapport beschrijft de methode en uitgangspunten die zijn gebruikt om de orde van grootte te kwantificeren van de effecten van een aantal opties die zijn gericht op het verkleinen van de voetafdruk van de Nederlandse voedselconsumptie. Ook beschrijven we in het rapport de onzekerheden en beperkingen van de gekozen methode. De maatregelen liggen op het gebied van: duurzamer eten, minder voedsel verspillen, efficiënter produceren en zorgvuldiger produceren. Het effect van deze maatregelen wordt uitgedrukt in twee indicatoren die iets zeggen over het effect van voedselconsumptie (en de daaraan gerelateerde voedselproductie) op de leefomgeving. Hierbij gaat het om de landvoetafdruk van de voedselconsumptie, die weergeeft hoeveel land wordt gebruikt in alle schakels van voedselproductie en -consumptie en om de broeikasgasvoetafdruk van deze voedselconsumptie, die de omvang van de broeikasgasemissies bij voedselproductie en -consumptie weergeeft. Deze twee indicatoren zijn op basis van beschikbare data te kwantificeren en de berekeningsmethode is internationaal gestandaardiseerd. Dat neemt niet weg dat er altijd onzekerheden aan de rekenresultaten verbonden zijn. Hoe boeren, burgers en bedrijven gemotiveerd kunnen worden om de opties (of 'maatregelen') daadwerkelijk te realiseren vormt geen onderwerp van dit achtergrondrapport, maar uiteraard wel van het hoofdrapport *Dagelijkse kost*.

De beperking tot twee indicatoren is een pragmatische keuze, en bij de interpretatie van de resultaten moet rekening worden gehouden met de beperkingen die het gevolg zijn van het werken met slechts twee indicatoren. Duurzaamheid omvat meer dan de broeikasgas- en landvoetafdruk, het gaat daarbij bijvoorbeeld ook om duurzaam bodemgebruik, het voorkomen van aantasting van biodiversiteit (bijvoorbeeld door gewasbeschermingsmiddelen) en het verbeteren van dierenwelzijn. Deze aspecten worden echter niet gekwantificeerd middels de indicatoren voor landgebruik en emissies van broeikasgassen. Tussen verschillende aspecten van duurzaamheid kunnen afwijken bestaan. Er zijn verschillende perspectieven in de samenleving over welk aspect van duurzaamheid het meeste aandacht zou moeten krijgen.

## **Combinatie van maatregelen geeft grootste effect**

De voedselconsumptie in Nederland is verantwoordelijk voor circa 13 procent van de broeikasgasvoetafdruk totale Nederlandse consumptie en bijna 40 procent van de landvoetafdruk, op basis van data voor het jaar 2011. Als consumenten en de diegenen die het voedsel voor hen produceren de eerdergenoemde aangrijpingspunten tegelijkertijd benutten, dan is het mogelijk om, afhankelijk van de concrete keuzes, de broeikasgasvoetafdruk van de Nederlandse voedselconsumptie met circa 30 tot 40 procent te verminderen en de landvoetafdruk met 25 tot 40 procent (Figuur S1).

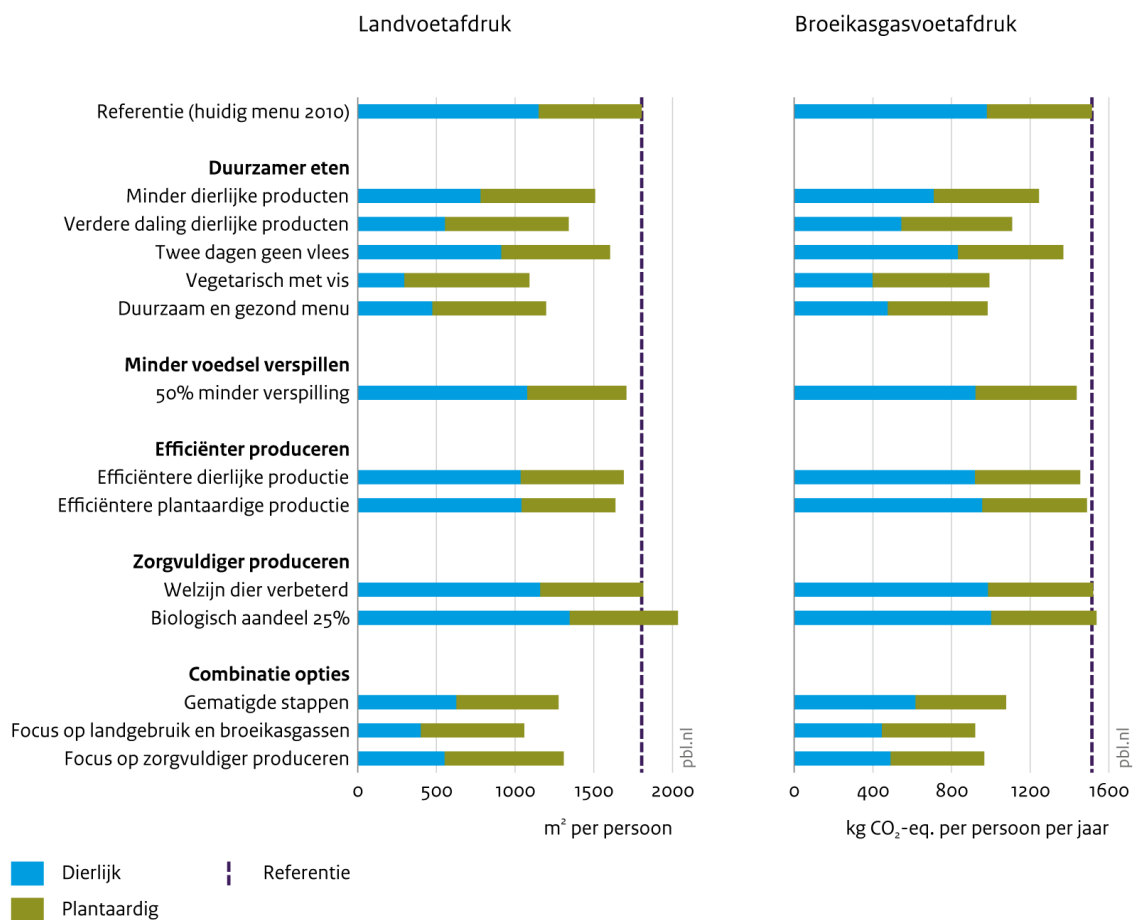
Uiteraard hebben de maatregelen minder effect indien zij afzonderlijk worden genomen (Figuur S1). Bij de resultaten valt op dat veranderingen in het eetpatroon een groter effect hebben dan maatregelen gericht op hogere efficiency (uitgaande van de mogelijkheden tot 2030) bij de voedselproductie en vermindering van voedselverspilling. Daarbij dient bedacht te worden dat de maatregelen en hun vertaling naar veranderingen in de voedselproductieketen nog geen concrete beleidsmaatregelen zijn; ze kunnen namelijk nog op tal van manieren en met verschillende instrumenten worden ingevuld. Het hoofdrapport *Dagelijkse kost* gaat daar verder op in.

## Resultaten geven orde-van-grootte aan, een exacte bepaling is niet mogelijk

We benadrukken dat alle resultaten met de nodige onzekerheden omgeven zijn. De resultaten van de berekeningen moeten worden beschouwd als een orde-van-grootte schatting.

Dit type berekeningen is door de complexiteit van het voedselsysteem niet heel exact te maken. Voorts is een aantal zaken buiten beschouwing gelaten. Zo is bijvoorbeeld niet gekeken naar het effect van gerichte maatregelen om broeikasgasemissies te verminderen, zoals aanpassingen van het veevoer of de toepassing van mestvergisting. Evenmin zijn mogelijke effecten van landgebruiksveranderingen op broeikasgasemissies (zoals vastlegging van koolstof, of vermijden van emissies door ontbossing) meegenomen in de berekeningen. Het rapport geeft verder niet aan waar in de wereld de daling van de voetafdrukken mogelijk zichtbaar wordt. Vooral voor landgebruik geldt dat een mogelijke daling van de Nederlandse voetafdruk gezien moet worden in het licht van de stijgende mondiale vraag naar voedsel als gevolg van een groeiende wereldbevolking. Het mondiale landbouwareaal zal daarom naar verwachting verder stijgen.

### Voetafdruk van Nederlandse voedselconsumptie



Bron: PBL

*Figuur S.1 Verschillende maatregelen in de voedselconsumptie zorgen voor een verkleining van de land- en broeikasgasvoetafdruk. De exacte invulling van de opties en resultaten worden beschreven in hoofdstukken 2-7.*

# VERDIEPING

## 1 Inleiding

### 1.1 Aanleiding en vraagstelling

Voedselproductie voorziet in een eerste levensbehoefte. Ook betekent het voor velen een bron van inkomsten. Voedsel draagt bij aan de kwaliteit van leven. De productie van voedsel dat Nederlanders eten heeft voor de leefomgeving echter ook een keerzijde, zoals landgebruik, verlies van biodiversiteit en uitstoot van broeikasgassen. De productie van voedsel is niet mogelijk zonder uitstoot van stoffen, maar er zijn veel mogelijke maatregelen om deze effecten op de leefomgeving te verminderen. De centrale vraagstelling in dit rapport is wat de effecten zijn van een aantal van deze maatregelen op de land- en broeikasgasvoetafdruk van de Nederlandse voedselconsumptie (binnen en buiten Nederland). Deze twee indicatoren laten het effect van voedselconsumptie (en de daaraan gerelateerde voedselproductie) op de leefomgeving zien wat betreft landgebruik en broeikasgassen. Er zijn overigens meer effecten van voedselproductie op de leefomgeving, die niet zichtbaar zijn in de land- en broeikasgasvoetafdruk (Westhoek & Vonk 2019 (verwacht)).

Dit rapport is een achtergrondrapport bij de PBL-publicatie '*Dagelijkse kost*' (PBL 2019). Dit achtergrondrapport geeft aan hoe de druk op de leefomgeving is geoperationaliseerd, welke indicatoren hiervoor gebruikt zijn, en welke opties van maatregelen zijn gekozen en waarom deze opties zijn gekozen. Ook beschrijft het rapport op hoofdlijnen de methode waarmee de effecten zijn gekwantificeerd, en de beperkingen van deze methode. Uiteraard geeft het rapport ook de resultaten van de effecten van de verschillende opties. Daarbij dient benadrukt te worden de effecten niet exact kunnen worden gekwantificeerd: het doel is vooral om de effecten op hoofdlijnen te kunnen duiden. Bij elkaar genomen betekent dit dat de gepresenteerde resultaten moeten worden beschouwd als een zo goed mogelijke schatting, die de ordegrrootte van mogelijke veranderingen weergeeft.

De aanleiding van het rapport is dat de productie van voedsel leidt tot een aanzienlijke druk op de leefomgeving. De grootste deel van de effecten van voedselproductie op de leefomgeving (zoals bij landgebruik en uitstoot van broeikasgassen) vindt plaats op de boerderij. De vraag is op welke manier deze druk kan worden verminderd. Eerdere PBL-rapporten hebben laten zien dat daarvoor, in biofysische zin, een aantal mogelijkheden zijn (Muilwijk et al. 2018; PBL 2011; PBL 2012; PBL 2013). Figuur 1.1 geeft een overzicht van deze mogelijkheden. Het feit de meeste effecten op de boerderij optreden wil niet zeggen dat boeren dit alleen kunnen veranderen. Boeren zijn daarvoor vaak afhankelijk van andere ketenpartijen (PBL 2018, PBL 2019).

De mogelijkheden aan de consumptiezijde betreffen 'duurzamer'<sup>1</sup> eten en minder voedsel verspillen. Aan de productiezijde van het voedsel dat Nederlanders eten is er ook een groot aantal mogelijkheden om de druk op de leefomgeving te verminderen. Eén weg is 'efficiënter produceren' (bijvoorbeeld hogere gewasopbrengsten per hectare, efficiëntere dierlijke productie), een andere richting is 'zorgvuldiger produceren', met minder lokale impacts. Voorbeelden hiervan zijn beter bodembeheer of meer lokale biodiversiteit (zie figuur 1.1). Daarbij leidt efficiënter produceren (en duurzamer eten en minder voedsel verspillen) vooral tot vermindering van landgebruik en de uitstoot van stoffen, terwijl zorgvuldiger produceren vooral tot vermindering van lokale effecten in de nabijheid van de boerderij leidt.

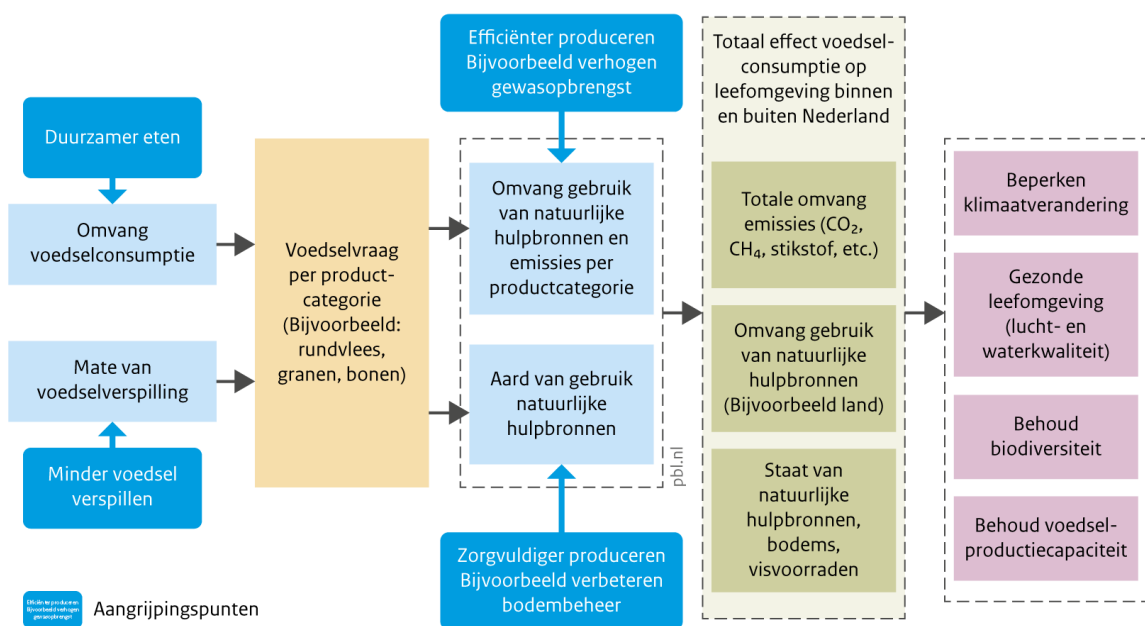
Er is dus een groot aantal mogelijkheden om te komen tot een 'duurzamer' voedselsysteem. Dit heeft twee verwante oorzaken. Ten eerste heeft voedselproductie op veel manieren invloed op de

---

<sup>1</sup> In hoofdstuk 2 wordt nader ingegaan wat onder 'duurzamer' wordt verstaan.

leefomgeving. In het fysieke domein gaat het onder andere om de emissie van broeikasgassen, achteruitgang van biodiversiteit, aard en omvang van landgebruik, de emissie van nutriënten (zoals ammoniak en nitraat), vervuiling met gewasbeschermingsmiddelen, de druk op dierenwelzijn (inclusief aspecten als weidegang) en veranderingen in het landschap. Bij een bredere definitie van 'duurzamer' gaat het ook om aspecten als arbeidsomstandigheden en 'leefbare lonen' (livable wages). Ten tweede leven er in de maatschappij verschillende perspectieven op een duurzaam voedselsysteem en hoe daar te komen. De perspectieven benadrukken verschillende duurzaamheidsproblemen en oplossingsrichtingen (De Krom & Muilwijk 2018). Waar in één perspectief bijvoorbeeld de nadruk ligt op technologische oplossingen, ligt in een ander perspectief de nadruk op consumptieveranderingen. In deze studie kon vanwege tijd, en vanwege gebrek aan methodes en data, slechts een beperkt aantal opties worden geanalyseerd. In hoofdstuk 2 wordt nader ingegaan op de gemaakte keuzes.

### Effecten van voedsel op de leefomgeving



Bron: PBL

Figuur 1.1 Effecten van voedselproductie op de leefomgeving en aangrijpingspunten om deze effecten te verminderen.

Een extra complicerende factor is daarbij dat een groot deel van het voedsel dat in Nederland wordt gegeten van buiten Nederland afkomstig is. Dat betekent dat opties die gericht zijn op de productie van voedsel veelal betrekking hebben op boeren en voedingsmiddelenbedrijven buiten Nederland. Minder verspilling en duurzamere eetpatronen hebben grotendeels betrekking op Nederlandse consumenten en bedrijven.

In dit rapport wordt gesproken over 'opties' of 'maatregelen'. Hiermee wordt bedoeld op mogelijke acties die vooral boeren, consumenten en bedrijven kunnen nemen om de druk op de leefomgeving te verminderen. Hoe boeren, burgers en bedrijven gemotiveerd kunnen worden om deze opties (of 'maatregelen') daadwerkelijk te realiseren vormt geen onderwerp van dit achtergrondrapport, maar uiteraard wel van het hoofd rapport *Dagelijkse kost* (PBL 2019).



## 1.2 Opbouw van dit rapport

Hoofdstuk 2 beschrijft in hoofdlijnen de berekeningsmethode, in aanvulling op de onderbouwing in het rapport van Blonk Consultants (Blonk et al. 2018). In dit hoofdstuk wordt de keuze gemotiveerd voor de twee gebruikte indicatoren, evenals de keuze voor welke opties zijn geanalyseerd. Hoofdstuk 3 beschrijft en analyseert de voetafdruk van het huidige eetpatroon, in relatie tot de huidige productiewijze.

In de hoofdstukken 4 tot en met 6 worden per optie de specifieke uitgangspunten van de optie beschreven, en vervolgens de resultaten van het effect van deze opties. Voor deze benadering is gekozen om zo de uitgangspunten en resultaten meer met elkaar te verbinden, in plaats van een bespreking van alle methodische zaken in hoofdstuk 2. Hoofdstuk 7 geeft de effecten van combinaties van een aantal opties. Tot slot worden in hoofdstuk 8 een aantal beperkingen van de gekozen methode besproken, evenals de belangrijkste onzekerheden.

## 2 Methode

### 2.1 Inleiding

De centrale vraagstelling in dit achtergrondrapport is wat de effecten zijn van een aantal opties om de druk van de Nederlandse voedselconsumptie (en vooral van de daarbij behorende voedselproductie) op de leefomgeving (binnen en buiten Nederland) te verminderen. Een eerste vraag is dan om welke aspecten van de leefomgeving het hierbij gaat, en hoe de omvang van het mogelijke effect vastgesteld kan worden (paragraaf 2.2). De referentiesituatie, min of meer de 'huidige' situatie (huidig is circa 2010) wat betreft voedselconsumptie, - verspilling en landbouwtechnologie is beschreven in paragraaf 2.3.

De vraag naar welke opties is gekeken komt in paragraaf 2.4 aan de orde. Het effect van deze opties wordt vergeleken met de druk op de leefomgeving in de uitgangssituatie (de referentiesituatie). De uitgangspunten van de methode en rekentool worden beschreven in paragraaf 2.5.

### 2.2 Keuze van indicatoren

Zoals in de Inleiding (hoofdstuk 1) al is aangegeven, heeft de productie van voedsel op velerlei manieren invloed op de leefomgeving. Omgekeerd is de voedselproductie ook sterk afhankelijk van deze leefomgeving (zie ook figuur 1.1). De vraag hoe de invloed van voedsel op de leefomgeving (gerelateerd aan de Nederlandse voedselconsumptie) in beeld kan worden gebracht, is onderwerp van een apart PBL-rapport (Westhoek & Vonk 2019 (verwacht)). De hiernavolgende tekst is gebaseerd op dit rapport. Om de interacties tussen voedselproductie en de leefomgeving te ordenen is het nuttig om onderscheid te maken in drie aspecten (zie figuur 1.1 groene blokken):

1. **De staat van natuurlijke hulpbronnen.** Hier speelt vooral de vraag of natuurlijke hulpbronnen, zoals vruchtbare landbouwgronden, zoetwatervoorraden en visvoorraden 'duurzaam' worden gebruikt. Is het gebruik ervan 'volhoudbaar'? Kunnen volgende generaties deze hulpbron ook nog gebruiken? Momenteel is er in veel gevallen geen sprake van duurzaam gebruik, wat bijvoorbeeld kan leiden tot bodemdegradatie, waardoor de geschiktheid van bodems voor landbouwproductie afneemt. Bij niet-hernieuwbare bronnen, zoals mijnbare voorraden fosfaat of (oud) grondwater, gaat het om het tempo van uitputting: hoe lang kunnen de voorraden nog mee? Door de mineralen zo lang mogelijk in de kringloop te houden kan de behoefte aan 'verse' (nieuw ontgonnen) mineralen worden beperkt.
2. **De omvang van het gebruik van natuurlijke hulpbronnen.** De gevolgen van het gebruik van natuurlijke hulpbronnen (en andere stoffen) zijn sterk gerelateerd aan de omvang van dat gebruik: hoe groter, des te ingrijpender gevolgen. Het gebruiken van grond voor landbouwproductie, betekent dat de oorspronkelijke vegetatie verwijderd is, of moet worden (bij ontbossing). De omzetting naar landbouwgrond is mondiaal een van de belangrijkste oorzaken van biodiversiteitsverlies. Ook bij watergebruik, zeker wanneer het om irrigatie gaat, is de omvang van het gebruik bepalend. Bij mineralen (als fosfaat) en fossiele brandstoffen geldt in het algemeen dat een groot gebruik niet alleen leidt tot snellere uitputting, maar ook tot meer emissies (zie derde aspect).
3. **Emissies van broeikasgassen, mineralen, gewasbeschermingsmiddelen en fijnstof.** Bij verschillende activiteiten treden ongewenste emissies op, zoals de uitstoot van broeikasgassen, gewasbeschermingsmiddelen en mineralen. Bij broeikasgassen gaat het niet alleen om kooldioxide (CO<sub>2</sub>), maar ook om methaan (CH<sub>4</sub>) en lachgas (N<sub>2</sub>O). Uitstoot

van CO<sub>2</sub> komt niet alleen door gebruik van fossiele brandstoffen, maar ook door landgebruik (bijvoorbeeld ontwatering veengronden) en door ontbossing. Rundvee, rijstverbouw en mestgebruik zijn verantwoordelijk voor een aanzienlijk deel van de mondiale methaanemissies, de emissie van lachgas is verbonden met het gebruik van stikstof in de vorm van dierlijke mest of kunstmest.

### **Keuze voor broeikasgasvoetafdruk en landvoetafdruk**

Het is niet mogelijk om het effect van de verschillende opties op deze drie aspecten in alle volledigheid te kwantificeren. In veel gevallen ontbreken hiervoor de beschikbare data en ook de inzichten (Westhoek & Vonk 2019, verwacht). Daarom is ervoor gekozen om in dit rapport de kwantificering van de effecten te beperken tot twee indicatoren, namelijk de broeikasgasvoetafdruk en landvoetafdruk.<sup>1</sup> Voor deze twee aspecten is gekozen, omdat dit belangrijke aspecten zijn voor de druk op de leefomgeving. De broeikasgasvoetafdruk is relevant in het kader van klimaatverandering, de landvoetafdruk is relevant in het kader van mondiale schaarste van landbouwgrond en verlies van biodiversiteit. Daarmee zijn deze indicatoren ook maatschappelijk (en beleidsmatig) relevant. Ook zijn deze twee indicatoren op basis van beschikbare data redelijk te kwantificeren en is de berekeningsmethode internationaal aanvaard. Dat neemt niet weg dat er altijd onzekerheden aan de rekenresultaten verbonden zijn.

### **De broeikasgasvoetafdruk**

De 'koolstofvoetafdruk' of 'broeikasgasvoetafdruk' van de voedselconsumptie (in het Engels: *carbon footprint*) betreft de uitstoot van broeikasgassen binnen en buiten Nederland als gevolg van voedselconsumptie in Nederland (Wilting et al. 2015). Anders dan het woord koolstofvoetafdruk aangeeft, gaat het niet alleen om de emissie van koolstofdioxide (CO<sub>2</sub>), maar ook om die van de andere broeikasgassen zoals methaan (CH<sub>4</sub>) en lachgas (N<sub>2</sub>O). Deze laatste twee zijn een bron van betekenis in de voedselproductie. Daarom wordt in deze publicatie het begrip 'broeikasgasvoetafdruk' gehanteerd. Deze broeikasgasvoetafdruk kan per persoon worden berekend, of voor de gehele Nederlandse bevolking.

### **De landvoetafdruk**

De landvoetafdruk geeft de hoeveelheid land weer die wereldwijd nodig is om producten voor de Nederlandse voedselconsumptie te produceren (per dag of per jaar; per persoon of voor heel Nederland). Deze indicator is onder andere van belang omdat landbouwgrond wereldwijd een schaars goed is, en omdat de druk op landbouwgrond de komende jaren naar verwachting toeneemt (van der Esch 2017; PBL 2019). Ook leidt uitbreiding van het landbouwareaal veelal tot verlies van biodiversiteit omdat daarvoor land ontgonnen moet worden. Waar mogelijk en relevant maken we onderscheid tussen bouwland en grasland, onder andere omdat van een aanzienlijk deel van het grasland er minder alternatieve gebruiksmogelijkheden zijn. Ook is de biodiversiteitswaarde van extensief beheerd grasland aanzienlijk hoger dan dat van bouwland of intensief gebruikt grasland.

### **Effecten voedselproductie op leefomgeving breder dan via voetafdrukken zichtbaar is**

Deze keuze voor deze twee indicatoren heeft evenwel een aantal beperkingen:

- Andere aspecten dan de emissie van broeikasgassen en landgebruik worden niet in beeld gebracht. In sommige gevallen zal tegelijkertijd verbetering op andere aspecten worden bereikt (bijvoorbeeld minder watergebruik), maar het is ook mogelijk dat er sprake is van negatieve effecten (afruilen) of er zijn effecten op sociaaleconomisch vlak. Zo kan een eenzijdige focus op verhoging van gewasopbrengsten mogelijk leiden tot aantasting van lokale

---

<sup>1</sup> Voor de omvang van het beslag op natuurlijke hulpbronnen wordt vaak de term 'voetafdruk' gebruikt. Deze term wordt ook gebruikt voor de omvang van emissies (zoals de broeikasgasvoetafdruk), en ook voor de uiteindelijke impact (de biodiversiteitvoetafdruk). De voetafdruk van de Nederlandse voedselconsumptie geeft de milieudruk over de gehele keten van door Nederlandse gebruikers geconsumeerd voedsel inclusief de milieudruk van de consumptie zelf (zoals bewaring en bereiding van voedsel thuis) (Westhoek & Vonk 2019 (verwacht)).

biodiversiteit, landschap, bodemkwaliteit of hogere emissies van stikstof. Bij dierlijke productie kan een geforceerde verhoging van de voederefficiëntie negatieve gevolgen hebben voor dierenwelzijn.

- Er zijn mogelijk ook opties, zoals precisiebemesting of geïntegreerde gewasbescherming die slechts een beperkt effect hebben op landgebruik of broeikasgasemissies, maar een veel groter effect op andere aspecten, zoals vermindering van uitspoeling van nutriënten, vermindering van het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen of op bodemkwaliteit. Deze opties zijn echter niet in ogenschouw genomen.

De beperking tot twee indicatoren is dus een pragmatische keuze, en bij de interpretatie van de resultaten moet rekening worden gehouden met de beperkingen die het gevolg zijn van het werken met slechts twee indicatoren.

## 2.3 Referentiesituatie

### 2.3.1 Algemene uitgangspunten

In deze studie wordt het effect beschouwd van een aantal mogelijke opties om de druk op de leefomgeving van de voedselproductie die nodig is voor de voedselconsumptie in Nederland te verminderen. Het effect van deze opties wordt vergeleken met de druk in de uitgangssituatie (de referentiesituatie). De volgende uitgangssituatie is hiervoor gebruikt:

- De uitgangssituatie voor de voedselconsumptie is de gemiddelde voedselconsumptie in 2007 - 2010 als bepaald in de Voedselconsumptiepeiling (VCP) door het RIVM (van Rossum et al. 2011). Deze consumptiedata zijn door Blonk Consultants geaggregeerd tot 25 productgroepen (Blonk et al. 2018). Inmiddels zijn er overigens recentere VCP-data (2012-2016) beschikbaar (RIVM 2018). Deze data kwamen echter te laat voor deze studie. Uit deze data blijkt dat de consumptie van onder andere alcoholische dranken met bijna 20 procent is gedaald, van zuivel met 12 procent en van met 8 procent. De consumptie van onder andere fruit, noten en niet-alcoholische dranken is toegenomen.
- Per productgroep zijn op basis van levenscyclusanalyses (LCA's) waarden berekend voor de gemiddelde milieudruk per kg product (landvoetafdruk en broeikasgasvoetafdruk). Paragraaf 2.5 gaat nader in op de uitgangspunten en methodiek hiervan. De LCA-waarden voor broeikasgasemissies en landgebruik zijn in principe gebaseerd op het peiljaar rond 2010 (Kramer & Blonk 2015b). Het is waarschijnlijk dat er sindsdien (al dan niet beperkte) veranderingen hebben plaatsgevonden in bijvoorbeeld de herkomst van de in Nederland geconsumeerde producten, of in de gewasopbrengsten, voederconversie of in andere relevante aspecten.
- De data voor voedselverspilling zijn gebaseerd op Van Westerhoven & Steenhuisen 2010.
- Dierenwelzijn: In de analyse wordt ervan uit gegaan dat vlees is geproduceerd conform de wettelijke eisen in 2010-2015. Ook is verondersteld dat in de referentiesituatie er geen consumptie is van scharrelvlees of biologisch vlees.
- Er is in het referentiescenario van uit gegaan dat er geen biologische producten worden geconsumeerd. Dit is gedaan om het verschil met de optie biologische landbouw zuiver in beeld te kunnen brengen. Het huidige (2018) marktaandeel biologische producten in Nederland is beperkt met ca. 3 procent<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> Zie 'duurzaam voedsel' op <https://www.agrimatie.nl>

### 2.3.2 Voedselconsumptie referentiesituatie

Op basis van data van de Voedselconsumptiepeiling 2007-2010 (VCP) van het RIVM (Ocké et al. 2017; Van Rossum et al. 2011) is door Blonk Consultants een gemiddeld Nederlands eetpatroon<sup>1</sup> berekend (Tabel 2.1). De VCP-data zijn voor deze studie gegroepeerd in 25 productgroepen. De data uit de VCP zelf zijn veel gedetailleerder. Tabel 2.1 geeft voor de 25 productgroepen de gemiddelde voedselconsumptie per persoon per dag. Uitgedrukt in gewicht domineren de vochtrijke producten, vooral dranken. De totale gemiddelde consumptie bedraagt ruim 3 kg per persoon per dag.

*Tabel 2.1 Gemiddelde Nederlandse voedselconsumptie in gram per persoon per dag, op basis van de Voedselconsumptiepeiling 2007-2010 Bron: Blonk et al. 2018; Van Rossum et al. 2011.*

<b>Productgroep</b>	<b>g per dag</b>
<b>Vlees(-producten), eieren</b>	
Rundvlees van melkveehouderij (65%)	21
Rundvlees van vleesveehouderij (35%)	11
Varkensvlees	54
Kip	36
Eieren	13
<b>Zuivel</b>	
Kaas	37
Melk en melkproducten	388
<b>Alcoholische en niet alcoholische dranken</b>	
Koffie	487
Bier	159
Thee	383
Frisdranken	319
Wijn	31
Kraanwater	630
<b>Overige productgroepen</b>	
Soepen	64
Vetten, oliën en hartige sauzen	60
Noten, zaden en snacks	22
Brood	158
Graan en graanproducten	54
Aardappelen	101
Hartig broodbeleg	4
Groenten	131
Gebak en koek	49
Suiker, snoep	36
Vis	17
Vegetarische producten (sojaburger, sojamelk)	6
Peulvruchten	3
Fruit	114

Uit analyse van de VCP-data blijkt dat bijna alle Nederlanders meer dan voldoende eiwitten consumeren; de mediaan-inname ligt voor volwassen gemiddeld 50 procent boven de aanbevolen hoeveelheid (Van Dooren 2018; Van Rossum et al. 2011). Slechts 1 procent van de vrouwen tussen de 14 en 69 jaar heeft een eiwitname die lager ligt dan de aanbevolen hoeveelheid (Van Dooren

<sup>1</sup> In dit rapport wordt de term 'eetpatroon' gebruikt. Deze is wat ons betreft synoniem aan de term 'voedingspatroon'. Het gaat hierbij om de hoeveelheid geconsumeerde voedingsmiddelen (inclusief dranken). Andere, sociale aspecten van een eetpatroon zoals de vorm of tijdstip van consumptie en de routine waarin consumptie plaatsvindt, komen in dit achtergrondrapport niet aan de orde, maar worden wel besproken in (PBL 2019).

2018). Wel zijn er groepen, zoals jonge kinderen, vrouwen in verwachting of die borstvoeding geven en ouderen, waarvan de eiwitname minder boven de aanbevolen hoeveelheid ligt. Zo heeft circa 4 procent van de mensen boven de 70 jaar een te lage eiwitname. In de data van de voedselconsumptiepeiling zit een (mogelijke) onderrapportage: mensen eten in werkelijkheid meer dan opgegeven in de voedselconsumptiepeiling. Deze onderrapportage wordt geschat op 16 procent (Kramer & Blonk 2015a).

## 2.4 Keuze van opties

Om te kunnen kwantificeren wat het effect is van een aantal mogelijke veranderingen in voedselconsumptie en -productie zijn een aantal opties gedefinieerd. De voetafdrukken van deze opties worden vergeleken met de voetafdruk in de referentiesituatie. De uitgangspunten van deze basissituatie zijn beschreven in paragraaf 2.3. In deze paragraaf wordt de keuze van de opties op hoofdlijnen gemotiveerd. De specifieke keuzes binnen de opties (bijvoorbeeld welke eetpatronen) komt in de volgende hoofdstukken aan bod waarin de uitgangspunten, keuzes en resultaten per productgroep van opties worden beschreven.

In theorie is er een groot aantal opties om de druk op de leefomgeving vanuit de Nederlandse voedselconsumptie te verminderen. Deze zijn te groeperen in de volgende vier categorieën van opties, die aansluiten bij de aangrijpingspunten in figuur 1.1:

1. Duurzamer eten:  
Aanpassing van het eetpatroon, met name gericht op vermindering van de druk op de leefomgeving;
2. Minder voedsel verspillen;
3. Efficiënter produceren: Aan de kant van voedselproductie (met name de landbouw) is dit gericht op een efficiëntere productie (hogere gewasopbrengsten per hectare en hogere efficiëntie in de veehouderij). Daarnaast zijn er algemene technische (efficiëntie) verbeteringen mogelijk, die niet specifiek gericht zijn op voedsel of landbouw, zoals vermindering van de emissies in de elektriciteitssector. Deze verbetering kunnen voor met name de broeikasgasvoetafdruk van voedsel een positief effect hebben.
4. Zorgvuldiger produceren:  
Hieronder vallen opties die tot doel hebben om andere aspecten van duurzaamheid dan de voetafdruk te bevorderen. Hierbij gaat het meestal om 'zorgvuldiger' produceren, gericht op het instandhouden van de kwaliteit van natuurlijke hulpbronnen, en verbetering van lokale biodiversiteit en dierenwelzijn.

Vooraf combinaties van de eerste drie opties (vermindering voedselverspilling, aanpassing eetpatroon en efficiënter produceren) komen frequent terug in de wetenschappelijke literatuur (zie onder andere Springmann et al. 2018; Willett et al. 2019). De opties gericht op zorgvuldiger produceren in combinatie met het effect op de voetafdruk komen wat minder vaak terug in de literatuur, waarschijnlijk omdat 'zorgvuldiger' produceren vaak moeilijk op geaggregeerde wijze te kwantificeren is.

Bij de selectie van de te analyseren opties is verder als criterium gehanteerd dat de maatregelen in theorie wel uitvoerbaar moeten zijn. Zo moet de voeding genoeg energie en eiwit bevatten. Ook moeten de maatregelen in principe technisch uitvoerbaar zijn op basis van bestaande technologie. In dit rapport wordt echter geen inschatting gemaakt van de maatschappelijke haalbaarheid. Zo is niet gekeken naar de economische en sociale gevolgen van de aanpassingen in voedingspatronen. Het zal duidelijk zijn dat wanneer bijvoorbeeld de consumptie van vlees sterk wordt verminderd, of die van fruit en groente sterk wordt vermeerderd, dit gevolgen heeft voor de verschillende landbouwsectoren, en voor bedrijven en mensen daarbinnen. Ook is niet gekeken naar de betaalbaarheid voor de consument van bepaalde veranderingen, al is het niet de verwachting dat de

beoordeelde verschuivingen grote gevolgen zullen hebben voor de kosten van het voedsel. Een uitzondering hierop vormen enkele opties gericht op zorgvuldiger produceren, zoals biologisch geproduceerd voedsel, dat (uitgaande van de huidige winkelprijzen) wel vaak duurder is. Evenmin is gekeken naar mogelijke bijkomende voordelen, zoals kostendaling in het geval van efficiënter produceren en mogelijk positieve gevolgen voor de volksgezondheid bij een verschuiving van het dieet naar meer groente en fruit.

De bovenstaande opties zijn niet geheel gelijkwaardig in termen van feitelijke realisatie. Er is een verschil tussen opties aan de consumptiezijde en die aan de productiezijde. Bij de opties aan de consumptiezijde gaat het om gedragsveranderingen. Deze kunnen via verschillende routes tot stand komen, zoals veranderingen in het aanbod van voedsel, voorlichting of veranderingen in de eetcultuur. In theorie kunnen deze veranderingen snel gaan, maar in de praktijk ook heel langzaam verlopen. De opties aan de productiezijde hebben een ander karakter. Het gaat hier om technische verbetering: gewasopbrengsten in de akker- en tuinbouw, en efficiëntie (zoals voederconversie) in de veehouderij. De afgelopen decennia is op dit vlak vooral in West-Europa, Noord-Amerika en delen van Azië al veel winst geboekt, vooral omdat dit economisch voordeel voor boeren heeft. Het is echter niet zo dat er boeren simpelweg kunnen kiezen voor een hogere productiviteit, het is meer een ontwikkelrichting die ook tijd vergt. De verwachte trendmatige verbetering is daarom gekozen als uitgangspunt voor de opties aan de productiezijde. Versnelde verhoging van de efficiëntie zal naar verwachting geleidelijk verlopen. In deze studie is gekeken naar wat technisch mogelijk is tot 2030. Hetzelfde geldt voor algemene technische verbeteringen, zoals vermindering van de CO<sub>2</sub>-uitstoot in de energiesector.

## 2.5 Rekenmodel bepaling voetafdruk

Om de effecten van veranderingen aan de productie- en consumptiezijde te kunnen kwantificeren, is gebruik gemaakt van een rekentool die door Blonk Consultants is ontwikkeld (Blonk et al. 2018). De basis van deze rekentool vormt een uitgebreide dataset met levenscyclusanalyse-gegevens (LCA) van een groot aantal voedingsmiddelen. Van deze voedingsmiddelen zijn de broeikasgas- en landgebruiksvoetafdruk bepaald. Vervolgens is per productgroep op basis van een aantal representatieve voedingsmiddelen een gemiddelde waarde voor landgebruik en broeikasgasemissies vastgesteld. Hieronder worden de uitgangspunten voor deze basisdata verder beschreven. De rekentool is een praktisch instrument om de effecten van verschillende opties (en combinaties daarvan) te kunnen kwantificeren (zie paragraaf 2.2).

### 2.5.1 LCA: Landgebruik en broeikasgasemissies van grond tot mond

De broeikasgas- en landvoetafdruk zijn in principe over de gehele keten 'van grond tot mond' berekend, inclusief onder andere de directe emissies vanuit landbouw, verpakking, transport en energiegebruik voor koeling en bereiding. Bij veehouderij zijn uiteraard ook de broeikasgasemissies en landgebruik tijdens de teelt van veevoer meegeteld. De broeikasgasemissies als gevolg van het gebruik van mest zijn toegerekend aan de teelt waarvoor deze worden gebruikt. Dat kan dus veevoer zijn, maar het kunnen ook gewassen zijn voor directe humane consumptie.

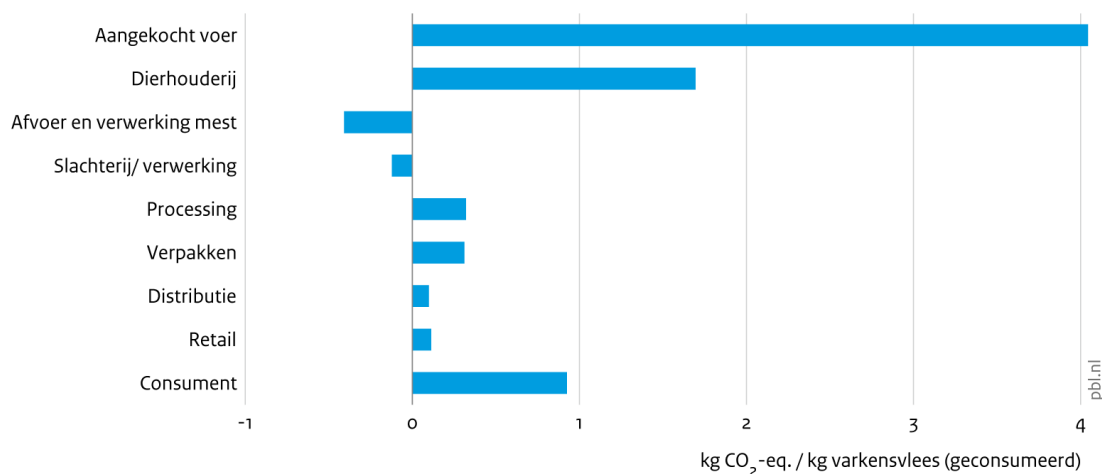
#### *Berekening voetafdrukken hele keten per kg product*

Voor elke productgroep is op basis van LCA-analyses van voedingsmiddelen binnen deze productgroep berekend wat er in de hele keten nodig is voor de productie van 1 kg hiervan (figuur 2.1). Voor bijvoorbeeld varkensvlees is nagegaan hoeveel veevoer hiervoor nodig is, en wat er nodig is in termen van landgebruik en broeikasgasemissies om dit veevoer te telen, te bewerken en naar de varkenshouder te transporteren. Ook wordt in beeld gebracht hoeveel emissies van broeikasgassen er in de rest van de keten (slachthuis, verwerking, transport, koeling, winkel, consument) optreden. Bij het landgebruik wordt uitgegaan van gemiddelde opbrengsten in een bepaalde regio of

land waar de productie voor de Nederlandse consumptie plaatsvindt. Verder leiden de productie en gebruik van kunstmest en dierlijke mest tot de uitstoot van broeikasgassen en is voor transport en verwerking van dieren en producten energie nodig. Deze energie wordt voornamelijk door fossiele brandstoffen geleverd, waardoor CO<sub>2</sub>-emissies ontstaan. Om de berekeningen te vereenvoudigen zijn een aantal processen buiten beschouwing gelaten (Blonk et al. 2018). Dit betreft onder andere afschrijvingen van kapitaalgoederen, zoals gebouwen en machines. Het ontbreken van de hier genoemde processen geeft volgens Blonk Consultants naar schatting een onderschatting van ca. 5-10 procent van de broeikasgasemissies en minder dan 1 procent van het landgebruik (Blonk et al. 2018).

Een LCA-analyse is vrij ingewikkeld: zo moet duidelijk zijn wat de 'functionele eenheid' is (zie paragraaf 2.5.2). Ook moet rekening worden gehouden met hoofd- en bijproducten (paragraaf 2.5.3). Zo bestaat een deel van het veevoer uit bijproducten. Daarnaast ontstaat bij het slachten van varkens niet alleen het hoofdproduct (vlees voor humane consumptie), maar ook bijproducten, zoals slachtafval dat als restvlees in honden- en kattenvoer wordt gebruikt. De milieubelasting moet dus worden verdeeld (gealloceerd) over het hoofdproduct en bijproducten (figuur 2.1, paragraaf 2.5.3). Uit figuur 2.1 blijkt dat bij varkensvlees de meeste emissies optreden bij de productie van veevoer, gevolgd door de dierhouderij-fase. Bij afvoer en verwerking van mest en in de slachterij is sprake van negatieve emissies. Dit komt omdat hier bijproducten vrijkomen (dierlijke mest en slachtbijproducten) die andere grondstoffen (zoals kunstmest en hoogwaardig vlees) vervangen in respectievelijk de akkerbouw en bij de productie van honden- en kattenvoer.

### Verdeling van broeikasgasemissies over de keten, 2017



Bron: Blonk et al. 2018

*Figuur 2.1 Illustratie berekening van de broeikasgasemissies van een product (1 kg varkensvlees), met omvang van emissies per schakel in de keten.*

Een aantal processen en systemen zijn specifiek voor landbouw, zoals de akkerbouw en de veehouderij, met alles wat daarbij hoort. Dit wordt het 'voorgrondsysteem' genoemd. Een aantal processen zijn niet specifiek voor de landbouw, zoals elektriciteitsproductie, efficiency van transport en verpakkingen. Dit wordt samen het 'achtergrondsysteem' genoemd. Dit onderscheid is vooral relevant bij het nader analyseren van mogelijke verbeteringen.

### Berekening voetafdrukken totale voedselconsumptie (per persoon)

De voetafdruk van de gehele voedselconsumptie is de optelling van het landgebruik (of van broeikasgasemissies) van alle aangekochte producten. Deze kan worden uitgedrukt per persoon per dag, per jaar of per jaar voor de gehele Nederlandse voedselconsumptie. In deze studie wordt meestal de voetafdruk per persoon (per jaar) gegeven.



Er is een verschil in de eenheden waarin de beide voetafdrukken worden uitgedrukt. De broeikasgasemissies worden gegeven in kg CO<sub>2</sub>-eq per persoon per jaar: elk jaar wordt die hoeveelheid broeikasgassen uitgestoten. De landvoetafdruk wordt gegeven in m<sup>2</sup> per persoon. Helemaal volledig is dit niet: het moet eigenlijk zijn jaar m<sup>2</sup> per persoon per jaar. Om één persoon één jaar te voeden zijn gedurende dat jaar bijvoorbeeld 1800 m<sup>2</sup> nodig. De 'jaren' kunnen dus tegen elkaar worden weggedeeld. Dit is ook eenvoudig voor te stellen: iemand heeft niet elk jaar 1800 m<sup>2</sup> nieuwe landbouwgrond nodig om zich te voeden. Als die 1800 m<sup>2</sup> duurzaam worden gebruikt, dan kan hetzelfde stuk jaarlijks opnieuw worden gebruikt.

### 2.5.2 Functionele eenheid

Bij LCA-analyses is de 'functionele eenheid' een belangrijk uitgangspunt. Dit geeft aan wat de basis is van de LCA-analyse. In deze studie is de functionele eenheid de hoeveelheid product (kg) zoals die wordt geconsumeerd (gegeten en gedronken). Dat betekent dat vocht dat uit het aangekochte product verdwijnt of aan het product wordt toegevoegd gedurende bereiding wordt meegenomen in de massabalans.

Vanuit deze hoeveelheid wordt uitgaande van de verliezen in de handels- en consumptieketen de hoeveelheid bepaald die initieel geproduceerd moet worden door de landbouw. Wanneer bijvoorbeeld bij bereiding 1 kg vers vlees krimpt tot 0,7 kg bereid vlees dan is er circa 1,42 kg vlees aangekocht voor 1 kg consumptie. En als de verliezen in de keten 15 procent bedragen, dan moet er circa 1,66 kg vlees worden geproduceerd voor de consumptie van 1 kg bereid vlees.

### 2.5.3 Allocatie

In voedselproductieketens is het meer regel dan uitzondering dat meerdere producten tegelijkertijd worden geproduceerd: naast het hoofdproduct zijn er ook één of meerdere bijproducten. Dit betekent dat de milieudruk van het primaire product (bijvoorbeeld tarwe) verdeeld moet worden over de verschillende producten (witmeel, tarweschroot, en ook stro). Om een beeld te geven van de verschillende producten en restproducten denk bijvoorbeeld aan witbrood (zemelen), vlees (vele bijproducten, waaronder huisdiervoer, leer en medicijnen) en bier (bierborstel, veevoer).

Alloceren kan op verschillende manieren, die tot zeer verschillende resultaten kunnen leiden. In de meeste gevallen is economische allocatie toegepast, dit is op basis van de waarde van de verschillende productstromen. Een uitzondering is zuivel, waar een biofysische allocatie is toegepast voor de verdeling van de milieudruk over de producten melk en dieren naar de slachterij. Dit is conform de 'Product Environmental Footprint Category Rules (PEFCR) for Dairy Products' <sup>1</sup>.

Voor de toeleverende ketens aan Nederlandse dierlijke productie is allocatie toegepast volgens de meest recente voorstellen in de PEFCR voor diervoer<sup>2</sup>. Hier worden de rekenregels geformuleerd voor LCA's van specifieke productgroepen zoals diervoeder en melkveehouderij. Voor diervoeder is een economische allocatie toegepast, bijvoorbeeld voor de verdeling van de milieudruk over soja-bonenolie en sojabonenmeel. In het geval van vlees betekent het bovenstaande dat circa 10 procent van de totale milieudruk van een geslacht dier wordt toegerekend aan bijproducten, zoals leer, medicijnen en honden- en kattenvoer (Blonk et al. 2018).

### 2.5.4 Omrekening voor lachgas en methaan

Naast CO<sub>2</sub> (koolstofdioxide), zijn voor voedsel en landbouw methaan (CH<sub>4</sub>) en lachgas (N<sub>2</sub>O) belangrijke broeikasgassen. Methaanemissie ontstaat onder andere in de veehouderij (vooral bij koeien en mest). Lachgas (een stikstofverbinding) komt onder andere vrij uit de bodem bij de toepassing van mest en kunstmest. Methaan en lachgas zijn gassen met een sterker broeikasgaseffect

<sup>1</sup> [http://ec.europa.eu/environment/eussd/smgp/pdf/PEFCR-DairyProducts\\_2018-04-25\\_V1.pdf](http://ec.europa.eu/environment/eussd/smgp/pdf/PEFCR-DairyProducts_2018-04-25_V1.pdf)

<sup>2</sup> [http://ec.europa.eu/environment/eussd/smgp/pdf/PEFCR\\_feed.pdf](http://ec.europa.eu/environment/eussd/smgp/pdf/PEFCR_feed.pdf)

dan CO<sub>2</sub>. Deze worden daarom gewoonlijk omgerekend naar CO<sub>2</sub>-equivalenten. Voor methaan wordt daarbij een factor van 22,5 (biogene bronnen, zoals landbouw) of 25 (fossiele bronnen) gebruikt, voor lachgas een factor 298 (IPCC 2006).

### 2.5.5 Aanpassing van tweetal productgroepen

In de rekentool zijn 25 productgroepen onderscheiden (Blonk et al. 2018). Bij de berekening van de opties met een aanpassing van de eetpatronen bleek dit bij een tweetal productgroepen problemen op te leveren. Dit betrof de productgroepen 'soepen' en 'noten, zaden en snacks'. De milieudruk van soepen bleek aanzienlijk te zijn, namelijk circa 6 procent van de landvoetafdruk en 3 procent van de broeikasgasvoetafdruk. Maar uiteraard bestaan soepen uit basisproducten, zoals vlees, groenten en peulvruchten. Daarom is besloten om de milieudruk van soepen uit te splitsen naar de verschillende basisproducten. Dit is gebeurd op basis van informatie zoals aangeleverd door Blonk Consultants. Verder is de groep 'noten, zaden en snacks' een diverse groep. Bij eetpatronen met minder dierlijke producten is het logisch om meer noten en zaden te eten, maar minder (hartige) snacks. Bovendien werden onder snacks ook producten met vlees erin verstaan, zoals kroketten. Daarom is besloten deze groep in tweeën te splitsten: snacks enerzijds en 'noten en zaden' anderzijds. Ook dit is gebeurd op basis van informatie zoals aangeleverd door Blonk Consultants.

### 2.5.6 Emissies als gevolg van landgebruik en -landgebruiksverandering

Als gevolg van landgebruik door landbouw kan ook CO<sub>2</sub> vrijkomen (of worden vastgelegd). Bij afbraak van organische stof uit landbouwbodems (zoals veengronden) en bij gebruik van kalkhoudende meststoffen kan CO<sub>2</sub> vrijkomen. Deze CO<sub>2</sub>-emissies zijn zoveel mogelijk meegenomen in de bepaling van de broeikasgasvoetafdruk per kg product. Verder zijn er in het landbouwsysteem veel processen waarbij CO<sub>2</sub> voor korte duur wordt vastgelegd, en daarna weer wordt uitgestoten. Dit geldt bijvoorbeeld bij de productie en gebruik van veevoer. Dit 'kort-cyclische' CO<sub>2</sub> wordt buiten beschouwing gelaten.

Verder zijn er ook geen CO<sub>2</sub>-emissies toegerekend aan landgebruik als zodanig ('land occupation'). In sommige LCA-analyses gebeurt dit wel. De redenering is dat land bijvoorbeeld gebruikt had kunnen worden om koolstof in op te slaan. Onder andere om redenen van transparantie en beschikbaarheid van data is ervoor gekozen om dit niet te doen.

In de broeikasgasvoetafdruk is evenmin rekening gehouden met mogelijke CO<sub>2</sub>-emissies als gevolg van landgebruiksverandering. Het gaat dan om vermeden CO<sub>2</sub>-emissies die worden toegerekend aan het voorkomen van uitbreiding van het wereldwijde landbouwareaal en de daarmee gepaard gaande ontbossing of omzetting van grasland naar bouwland. Deze vermeden (negatieve) emissies spelen vooral een rol als er sprake is van aanzienlijke veranderingen in het eetpatroon resulterend in een kleiner (of groter) landbeslag. De omvang van deze emissies is echter niet eenvoudig te kwantificeren. Deze kunnen echter wel aanzienlijk zijn (Stehfest et al. 2009; Tilman & Clark 2014).

### 2.5.7 Aggregatie van productgroepen

In het rapport en rekentool van Blonk Consultants zijn 25 productgroepen onderscheiden. Omdat dit veel afzonderlijke groepen zijn is er bij de presentatie van de resultaten soms voor gekozen om deze 25 productgroepen te aggregeren tot 11 hoofdgroepen (Tabel 2.2). De berekening zelf zijn uitgevoerd op basis van de 25 productgroepen.

Tabel 2.2 Indeling ten behoeve van aggregatie in hoofdgroepen (voor presentatie)

Productgroep (Blonk rapport)	Indeling in hoofdgroepen	Grove indeling
Melk en melkproducten	Zuivel	Dierlijk
Rund (beef)	Rundvlees	Dierlijk
Rund (dairy)	Rundvlees	Dierlijk
Varken	Varkensvlees	Dierlijk
Kaas	Zuivel	Dierlijk
Kip	Kippenvlees en eieren	Dierlijk
Groenten	Aardappels, groenten en fruit	Plantaardig
Vetten, oliën en hartige sauzen	Vetten, hartige sauzen, snacks	Plantaardig
Frisdrank	Dranken	Plantaardig
Brood	Brood, graanproducten	Plantaardig
Koffie	Dranken	Plantaardig
Soepen	Onderverdeeld	
Fruit	Aardappels, groenten en fruit	Plantaardig
Gebak en koek	Zoete producten en gebak	Plantaardig
Vis	Vis	Dierlijk
Bier	Dranken	Plantaardig
Noten en zaden	Vegetarische producten, noten, peulvruchten	Plantaardig
Snacks	Vetten, hartige sauzen, snacks	Plantaardig
Aardappelen	Aardappels, groenten en fruit	Plantaardig
Graanproducten en bindmiddelen	Brood, graanproducten	Plantaardig
Thee	Dranken	Plantaardig
Suiker, snoep, zoet beleg en zoete sauzen	Zoete producten en gebak	Plantaardig
Eieren	Kippenvlees en eieren	Dierlijk
Wijn	Dranken	Plantaardig
Hartig broodbeleg (betreft vooral pindakaas)	Vegetarische producten, noten, peulvruchten	Plantaardig
Peulvruchten	Vegetarische producten, noten, peulvruchten	Plantaardig
Sojaproducten en vegetarische producten	Vegetarische producten, noten, peulvruchten	Plantaardig

### 2.5.8 Nationaal totaal en aandeel voedsel in totale voetafdruk

De rekentool berekent de voetafdruk in kg CO<sub>2</sub>-eq (broeikasgassen) of m<sup>2</sup>/jaar (landgebruik) per persoon per dag. Bij de meeste in dit rapport gepresenteerde resultaten is deze omgerekend naar emissie (of landgebruik) per jaar.

In enkele gevallen is de voetafdruk ook uitgerekend voor de gehele Nederlandse bevolking. Daarvoor moeten de data vermenigvuldigd worden met 365 dagen en met de omvang van de Nederlandse bevolking (circa 17 miljoen mensen in 2015-2017).

Vanwege eerdere genoemde factoren (onderrapportage in Voedselconsumptiepeiling van 16 procent, en omdat niet alle emissiebronnen zijn meegenomen in de LCA-analyse, (onderschatting van ongeveer 5-10 procent (Blonk et al 2018) is de per persoon berekende broeikasgasvoetafdruk waarschijnlijk een onderschatting. Daarom zijn in het geval van broeikasgasemissies de nationale waarde met een factor 1,23 vermenigvuldigd. Daarmee zijn deze ook beter in lijn met andere bronnen (zie hoofdstuk 3). Echter, in de meeste gevallen zijn de resultaten per (gemiddelde) persoon

gepresenteerd, in dat geval is er geen correctie toegepast. Dit komt onder andere omdat het niet goed mogelijk is om de onderrapportage uit de VCP toe te rekenen aan bepaalde productgroepen.

### **Aandeel voedsel in totale voetafdruk consumptie**

Uiteraard leidt niet alleen de consumptie van voedsel tot de emissie van broeikasgassen en landgebruik. Ook andere vormen van consumptie, zoals reizen, wonen en gebruik van consumptiegoederen leiden tot emissies en landbeslag. Van de totale Nederlandse consumptievoetafdruk – uitgedrukt in landgebruik en broeikasgasemissies -, is de Nederlandse voedselconsumptie verantwoordelijke voor circa 38 procent van de landvoetafdruk en circa 13 procent van de broeikasgasvoetafdruk (Van Eerdt & Westhoek 2019; Wilting et al. 2015). In dit rapport worden in het algemeen de veranderingen in voetafdruk uitgedrukt in procentuele verandering ten opzichte van oorspronkelijke broeikasgas- en landvoetafdruk van de *voedse*lconsumptie, dus niet ten opzichte van de totale consumptie.

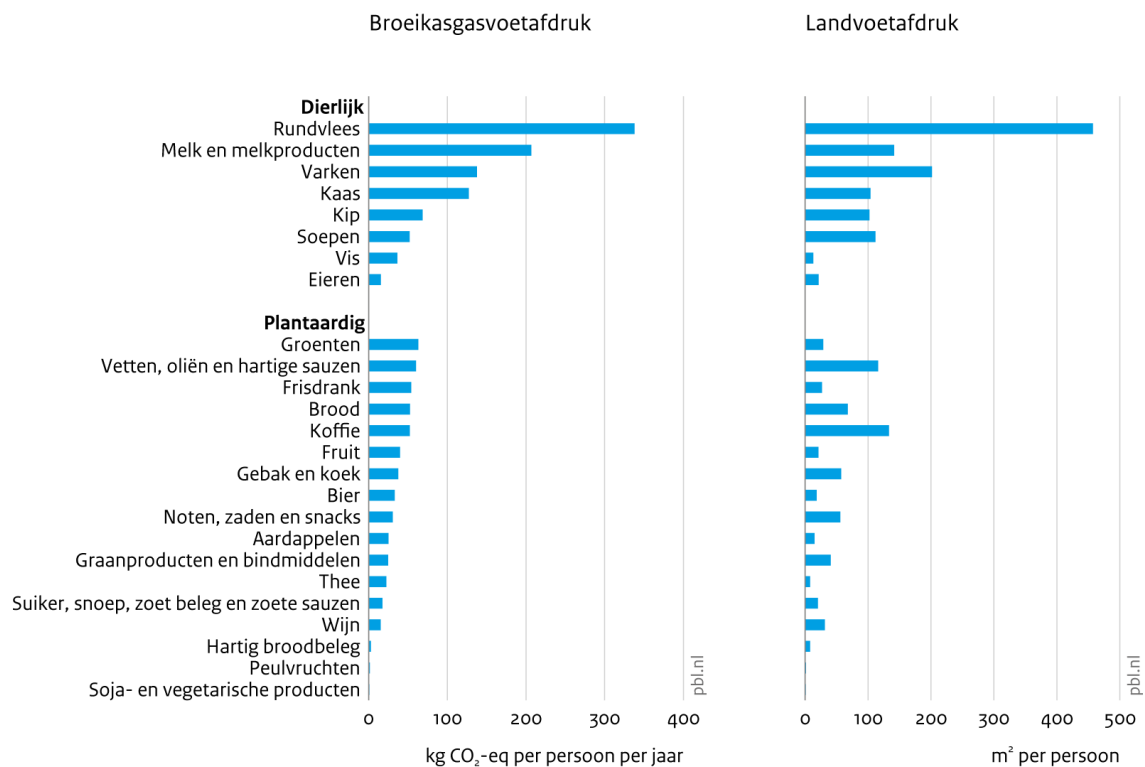
### 3 Voetafdruk referentiesituatie

Dit hoofdstuk geeft de resultaten voor de voetafdrukken in de referentiesituatie. De uitgangspunten van de referentiesituatie zijn beschreven in paragraaf 2.3. Paragraaf 3.1 beschrijft en analyseert de voetafdrukken. Paragraaf 3.2 zoomt in op de voetafdrukken per eenheid product in de referentiesituatie. In paragraaf 3.3 wordt de berekende voetafdruk vergeleken met enkele andere studies. Tot slot wordt in paragraaf 3.4 de landvoetafdruk geografisch verdeeld.

#### 3.1 Voetafdruk huidig eetpatroon

De totale broeikasgasvoetafdruk van de huidige Nederlandse voedselconsumptie (volgens VCP-data 2007-2010) bedraagt volgens de berekeningen circa 4,1 kg CO<sub>2</sub>-eq per persoon per dag, of 1500 kg CO<sub>2</sub>-eq per persoon per jaar. De totale voedselgerelateerde landgebruiksvoetafdruk bedraagt 4,9 m<sup>2</sup> · jaar per persoon per dag<sup>1</sup>. Op jaarbasis gaat het dus per persoon om circa 1800 m<sup>2</sup>. Dit komt ongeveer overeen met de oppervakte van een kwart voetbalveld.

##### Voetafdrukken per voedselcategorie



Bron: Blonk et al. 2018

*Figuur 3.1 Broeikasgas- en landvoetafdruk van verschillende productgroepen voedingsmiddelen in het referentie eetpatroon. De getoonde waarden geven de vermenigvuldiging van de emissie (of landgebruik) per kg product en de geconsumeerde hoeveelheid van dat product, en dus niet de voetafdruk per kg product.*

Figuur 3.1 toont de berekende broeikasgas- en landvoetafdruk voor de verschillende onderscheiden productgroepen bij consumptie in het huidige eetpatroon. Zowel bij broeikasgassen als bij landgebruik is rundvlees de productgroep met het grootste beslag. Bij broeikasgasemissies volgt daarna

<sup>1</sup> Dit is de gebruikelijke manier van uitdrukken in LCA analyses. Het betekent dat om één persoon gedurende één dag te voeden er 1 jaar lang 4,9 m<sup>2</sup> landbouwgrond nodig is.

melk en -melkproducten (exclusief kaas) bij landgebruik is dit varkensvlees. De volgorde en omvang van de verschillende productgroepen worden ten dele tevens bepaald door de indeling. Zo zijn bijvoorbeeld vloeibare zuivel en kaas afzonderlijk weergegeven. Als deze samen genomen zouden worden dan zou deze combinatie hoger uitkomen. Uiteraard zijn verder de omvang van de consumptie en de milieudruk per eenheid van belang voor de bijdrage in de voetafdruk. In paragraaf 3.2 worden de eiwitrijke producten op basis van de verhouding eiwit/milieudruk beschouwd, waardoor deze producten beter kunnen worden vergeleken.

Het aandeel van dierlijke producten in de totale voedselgerelateerde broeikasgasvoetafdruk bedraagt circa 65 procent en in de landvoetafdruk 64 procent. Dit is ongeveer evenredig met hun bijdrage (van 60 procent) aan de eiwitvoorziening, maar lang niet evenredig gezien vanuit bijdrage aan de calorie-inname. Dierlijke producten leveren namelijk 40 procent van de calorie-inname, terwijl zij ruim 60 procent van de milieudruk uitmaken. Bij de broeikasgasvoetafdruk vormen bij de plantaardige producten groentes de grootste categorie, hoewel het verschil met een aantal andere productgroepen gering is. Bij het landgebruik vallen vooral plantaardige oliën en vetten op, evenals koffie. Verder valt de broeikasgasvoetafdruk van dranken op. In figuur 3.1 is de milieudruk van 'Soepen' nog apart in beeld gebracht, hierna is de milieudruk hiervan verdeeld over de ingrediënten van soepen (verschillende soorten vlees, groenten en peulvruchten). Ook zijn snacks, noten en zaden in het vervolg uitgesplitst (zie subparagraaf 2.5.5).

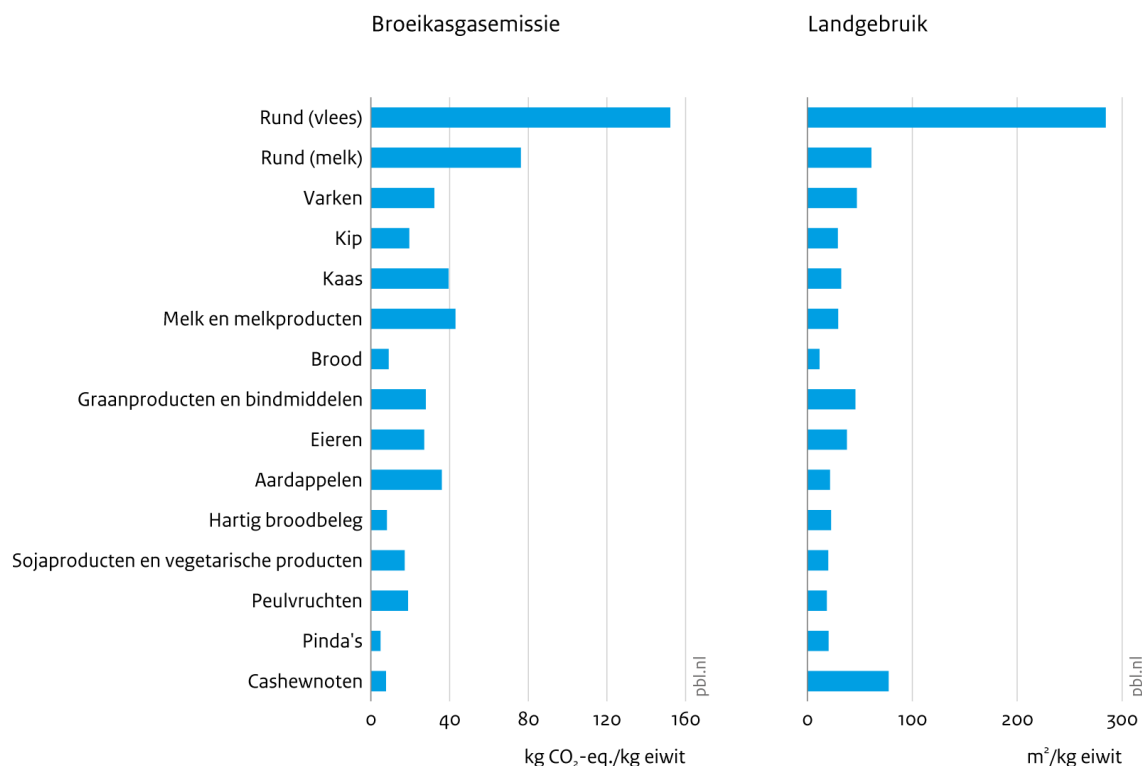
## 3.2 Eiwithoudende producten nader bekeken

De forse verschillen in de voetafdruk van de verschillende voedingsmiddelen komen uiteraard deels omdat van sommige producten meer wordt gegeten. Een andere oorzaak is dat de milieudruk per kg product verschilt. Nu geeft een vergelijking per kg product niet altijd het meeste inzicht, omdat producten sterk in voedingswaarde kunnen verschillen. Deze paragraaf gaat voor de eiwithoudende producten nader in op verschillen in milieudruk per kg eiwit, omdat deze verschillen ook een belangrijk handvat vormen voor aanpassingen in het eetpatroon.

Rundvlees van vleeskoeien heeft per kg eiwit uitgedrukt de grootste voetafdruk, zowel in land als in broeikasgassen gemeten (figuur 3.2). Bij het omvangrijke landgebruik voor vleesvee moet worden bedacht dat het hier deels om natuurlijke graslanden gaat, die niet direct concurreren met andere voedselproductie, terwijl bijvoorbeeld varkens en kippen grotendeels worden gevoerd met producten van bouwland (Mottet et al. 2017; Van Zanten et al. 2018b). Er zijn verder forse verschillen tussen de producten. Plantaardige producten scoren niet altijd beter dan producten van dierlijke herkomst. Opvallend is dat peulvruchten niet de plantaardige producten zijn met de laagste broeikasgasvoetafdruk per kg eiwit. Brood heeft een lagere broeikasgasvoetafdruk, alhoewel het niet als typisch eiwitproduct wordt gezien en het ook nog veel energie oplevert binnen het voedingspatroon. De belangrijkste reden van de wat hogere broeikasgasvoetafdruk van peulvruchten zijn de emissies als gevolg van processing en verpakking. De emissies bij de teelt van de peulvruchten maken minder dan 30 procent uit van de totale emissies van het gegeten product (Broekema & Smale 2011). Peulvruchten scoren wel goed bij landgebruik.

Daarnaast dient benadrukt te worden dat de meeste voedingsmiddelen uit meer bestaan dan koolhydraten (energie) en eiwitten, en dat veel van deze andere componenten ook belangrijk zijn voor de menselijke voeding. Daarbij gaat het met name om mineralen (calcium, magnesium en ijzer) en vitamines. Voor een goede vergelijking tussen de verschillende voedingsmiddelen moet hiermee ook rekening mee worden gehouden, binnen het kader van het gehele eetpatroon.

### Broeikasgasemissie en landgebruik per kg eiwit



Bron: Blonk et al. 2018

*Figuur 3.2 Omvang landgebruik en broeikasgasemissies per kg eiwit voor een aantal eiwitrijke voedingsmiddelen.*

## 3.3 Vergelijking met andere studies en nationale voetafdruk

### Broeikasgasvoetafdruk

De totale broeikasgasvoetafdruk van de huidige voedselconsumptie door een Nederlandse consument komt volgens de in hoofdstuk 2 beschreven rekenmethode uit op circa 4,1 kg CO<sub>2</sub>-eq per persoon per dag, of circa 1500 kg per persoon per jaar. Hoe verhoudt zich dat tot andere data uit de literatuur? Het RIVM berekent op basis van LCA-data een broeikasgasvoetafdruk van circa 3,7 kg CO<sub>2</sub>-eq per dag voor volwassen vrouwen en bijna 5 kg per dag voor volwassen mannen (Hollander et al. 2016). Zij rapporteren dat ook eerdere rapportages voor Nederland uitkwamen op circa 4,1 kg CO<sub>2</sub>-eq net als voor Frankrijk, terwijl een bron voor het Verenigd Koninkrijk een waarde van 7,4 kg CO<sub>2</sub>-eq geeft. Ook van Dooren et al. komt uit op een waarden van 4,1 CO<sub>2</sub>-eq per persoon per dag (Van Dooren et al. 2014). Volgens een andere berekening van het RIVM zorgt de Nederlandse voedselconsumptie jaarlijks voor de uitstoot van 35 megaton CO<sub>2</sub>-eq (De Valk et al. 2016). Dit komt omgerekend neer op circa 5,8 kg broeikasgassen per persoon per dag, dus circa 40 procent hoger. Volgens data berekend op basis van een input-output model leidde in 2011 de consumptie van voedingsmiddelen tot een uitstoot van 32 Mton CO<sub>2</sub>-eq (Wilting et al. 2015). Dit getal is echter exclusief de emissies die samenhangen met voedselconsumptie in horeca en openbare gebouwen. Ook de emissies van bereiding thuis zijn hierin niet meegenomen.

Een aantal bronnen komen dus hoger uit dan de hier berekende waarde van 4,1 kg CO<sub>2</sub>-eq per persoon per dag. Bij deze laatste waarde is echter geen rekening gehouden met de onderrapportage van circa 16 procent van de voedselconsumptiepeiling (zie paragraaf 2.4.2), en zijn ook een aantal processen niet meegenomen (paragraaf 2.5.1). Het ontbreken van de deze processen in de LCA-analyse geeft naar schatting een onderschatting van ca. 5-10 procent van het broeikasemissie-effect.

(Blonk et al. 2018). Bij gecombineerde correctie hiervoor met een factor van 1,23 wordt de uitstoot die het gevolg is van de Nederlandse voedselconsumptie 31,6 Mton CO<sub>2</sub>-eq per jaar. Dit is dichtbij de waarde die uit andere benaderingen komt (zie onder andere Wilting et al. 2015).

### **Landvoetafdruk**

De totale landgebruiksvoetafdruk door voedselconsumptie bedraagt volgens deze studie 4,9 m<sup>2</sup> per persoon per dag. Op jaarbasis gaat het dus om circa 1800 m<sup>2</sup> per persoon. Voor heel Nederland komt het landgebruik samenhangend met voedselconsumptie op jaarbasis uit op ruim 3 miljoen hectare. Ter vergelijking: het Nederlands landbouwareaal is circa 1,8 miljoen hectare.

Dit is goed vergelijkbaar met andere bronnen. Het RIVM rapporteert een waarde van 4,4 m<sup>2</sup> voor volwassen per dag (Seves et al. 2017; Temme et al. 2013). Van Dooren rapporteert een gemiddelde waarde van ruim 5,3 m<sup>2</sup> per persoon per dag (Van Dooren et al. 2014). Volgens een andere benadering van het RIVM ligt het totale landgebruik ten behoeve van de voedselconsumptie in Nederland op 3,2 miljoen hectare, dat komt overeen met 1900 m<sup>2</sup> per jaar (de Valk et al. 2016). Middels een landgebruiksmodel komt het PBL op 3,2 miljoen hectare (Muilwijk et al. 2018; Nijdam et al. 2019). Ook hier blijkt dus de gekozen benadering goed overeen te stemmen met andere benaderingen.

Voor landgebruik is geen correctie toegepast, onder andere omdat het niet goed mogelijk is om de onderrapportage uit de VCP toe te rekenen aan bepaalde productgroepen. Dit zou dan bij de geografische verdeling van het landgebruik (paragraaf 3.4) tot problemen leiden.

## **3.4 Geografische verdeling landvoetafdruk**

### **3.4.1 Inleiding en context**

Het is interessant om te weten waar het landgebruik voor de productie voor de Nederlandse consumptie plaatsvindt. Daarom is getracht hiervan een inschatting te maken. Goede data over de herkomst van producten zijn soms lastig te vinden, zodat de uitkomsten meer als inschatting moeten worden gezien, dan als harde data.

### **3.4.2 Uitgangspunten en methode**

Op basis van de herkomst van de producten is een verdeling te maken van de locatie van de voetafdruk (Tabel 3.1). Voor sommige producten is dit eenvoudig, zoals bij koffie, thee en aardappels. Bij een aantal producten, zoals varkensvlees, is het verschil tussen Nederlands en ander Europees varkensvlees wat minder van belang, omdat de herkomst van het voer grotendeels gelijk is. Bij de toedeling is voor sommige producten waar Nederland veel van produceert (zoals melk, suiker, groentes) verondersteld dat deze grotendeels in Nederland worden geproduceerd. Op zich zijn de Nederlandse suiker- en zuivelproductie daarvoor ook meer dan voldoende. In de praktijk importeert Nederland echter ook zuivel en suiker (bijvoorbeeld in bewerkte en samengestelde producten), en exporteert Nederland tegelijkertijd nog wat meer. Op basis van data van het CBL (Centraal Bureau Levensmiddelen) is verondersteld dat circa 90 procent van de zuivel uit Nederland afkomstig is, en circa 10 procent van buiten Nederland (maar van binnen de EU). Vooral de allocatie van grasland is lastig, waarbij bedacht moet worden dat het gebruik buiten Europa vaak extensief is, waardoor veel land nodig is per eenheid productie. Verder hangt de locatie van de voetafdruk erg af van de handelsstromen, die per jaar sterk kunnen wisselen. Tot slot kan het landbeslag per eenheid product sterk verschillen. Het betekent daarom niet dat 10 procent import van buiten Europa ook betekent dat dit 10 procent van het landbeslag is van het desbetreffende product is.



Tabel 3.1 Uitgangspunten en aannames verdeling landafdruk. De percentages geven de veronderstelde verdeling van het landgebruik.

Product	Aanname	Motivering
Rundvlees (vleesvee) (553.000 ha)	80% uit Europa, 10% Nederland en 10% van buiten EU	Rekentool veronderstelt aanzienlijk deel vleesvee uit Europa (onder andere Ierland); daarnaast Nederland
Rundvlees (melkvee) (220.000 ha)	90% Nederland, 10% uit EU	Nederland netto-exporteur
Varkensvlees (341.000 ha)	100% Nederland	Nederland is netto-exporteur van varkensvlees. Een deel van Nederlandse consumptie zal uit andere EU-landen komen. Dit maakt echter weinig uit voor de verdeling van de landafdruk daar het veruit meeste landbeslag van Nederlandse varkens ook buiten Nederland ligt.
Melk en melkproducten (239.000 ha)	90% uit Nederland en 10% vanuit EU,	o.a. op basis van CBL-data
Vetten, oliën en hartige sauzen (196.000 ha)	Ongeveer 50 procent uit Europa en 5 procent buiten Europa.	Diverse groep. Zonnebloem- en raapzaadolie vooral uit EU, palmolie- en vet, en pinda's (saus) van buiten EU
Soepen (189.000 ha)	Is niet meer onderscheiden als aparte categorie, maar komt terug bij andere producten	Grootste deel voetafdruk van vlees. Deel Nederland, deel EU
Kaas (175.000 ha)	90% uit Nederland en 10% vanuit EU	o.a. op basis van CBL-data
Kip (173.000 ha)	Geheel uit Nederland	Nederland is netto-exporteur van kippenvlees. Onzekerheid over welk deel van buiten EU komt; producten van buiten EU betreft geconserveerde producten die via foodservice en verwerkte producten worden verkocht.
Brood (114.000 ha)	100% EU	Nederland produceert weinig broodgraan
Gebak en koek (97.000 ha)	Grotendeels EU (RUIM 60%), circa 15% uit Nederland, circa 25% van buiten EU.	Nederland heeft weinig bakgraan, dat komt uit EU. Suiker en melkproducten komen uit Nederland. Vetten, cacao etc. van buiten EU.
Snacks (77000 ha)	Verondersteld is 40% Nederland, 45% EU, en 15% van buiten EU	Diverse groep. Vetten uit EU en daarbuiten, vlees uit Nederland
Graanproducten en bindmiddelen (69000 ha)	Verondersteld is 10% Nederland, 75% EU, en 15% van buiten EU	Meeste geconsumeerde graan komt van buiten Nederland, cassavemeel bijvoorbeeld niet.
Wijn (53000 ha)	80% EU, 20% buiten EU	CBS data geven aan dat ongeveer 20% van buiten de EU komt
Groenten (49000 ha)	Circa 65% uit NL, 30 % uit EU, klein deel buiten EU = 5%	Betekent dat 33000 ha consumptie in NL ligt, groentearaal is 100000 ha in Nederland
Frisdrank (45000 ha)	Circa 25% Nederland, 50% EU en 25% buiten EU	Suiker komt waarschijnlijk uit Nederland, evenals appels. Sinasappels deels van buiten EU
Eieren (36000 ha)	100 % uit Nederland,	Vanwege herkomst veevoer is het grondgebruik grotendeels buiten Nederland.
Fruit (33000 ha)	Gelijk verdeeld over Nederland (33%), EU (33%) en buiten EU (33%)	Uit Nederland: appels, peren; EU: idem, perziken, buiten EU: banaan, mango etc; totaal NL fruitareaal is 20000 ha
Suiker, snoep, zoet beleg en zoete sauzen (34000 ha)	Verondersteld is 40% Nederland, 60% EU	Kleine, diverse categorie

Product	Aanname	Motivering
Bier (31000 ha)	67% Nederland, 33% uit EU	Areaal gerst in Nederland net zo groot als voetafdruk bier. Niet alle Nederlands gerst zal voor bier worden gebruikt, hop van buiten Nederland
Aardappelen (25000 ha)	90% Nederland, 10% EU	In bepaalde seizoenen import vanuit andere landen (onder andere Malta).
Vis (22000 ha)	25% binnen EU, 75% buiten EU	Grondgebruik betreft aquacultuur. Deels import veevoer naar EU, deels als vis naar EU.
Hartig broodbeleg (13000 ha)	100% buiten EU	Betreft met name pindaakaas
Thee (13000 ha)	100% buiten EU	Geen teelt in Nederland of EU
Koffie (225000)	100% buiten EU	Geen teelt in Nederland of EU
Peulvruchten (2000 ha)	80% binnen EU, 20% buiten EU	
Sojaproducten en vegetarische producten (2000 ha)	Ongeveer 50% uit Europa en 50% buiten Europa	Soja voor humane consumptie komt deels van buiten EU (onder andere Canada), maar ook uit EU.
Noten (inclusief pinda's) <sup>1</sup> (22000 ha)	90% buiten EU en overige 10%	Volgens de rekentool is grootste deel pinda's en cashewnoten, dus buiten Europa. Ook hazelnoten en amandelen komen voor aanzienlijk deel van buiten EU

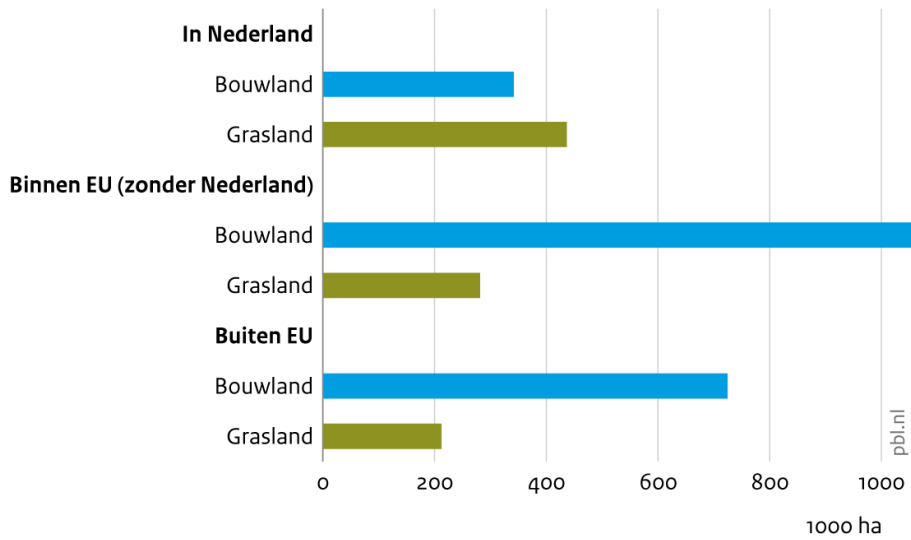
<sup>1</sup> Pinda's zijn peulvruchten, maar vallen in deze analyse onder noten

### 3.4.3 Resultaten

De totale met voedsel samenhangende landgebruiksvoetafdruk bedraagt op jaarbasis circa 1800 m<sup>2</sup> per persoon. Voor heel Nederland komt het landgebruik door voedselconsumptie op jaarbasis uit op circa 3 miljoen hectare. Volgens berekeningen met de rekentool is hiervan circa 2,1 miljoen hectare bouwland en 0.9 miljoen hectare grasland. Uit de resultaten blijkt dat van de totale voetafdruk circa 26 procent in Nederland ligt, 42 procent in de rest van de EU en 32 procent buiten Europa (figuur 3.3 en 3.4). Specifiek voor bouwland ligt circa 16 procent van de voedselgerelateerde voetafdruk in Nederland, en bijna 50 procent in de rest van de EU. Het gebruik van bouwland in Nederland betreft vooral snijmaïs (voor zuivel en rundvlees), overig veevoer (granen), aardappelen, groenten, fruit en suiker. Voor varkensvlees, kippenvlees en eieren ligt veruit de grootste voetafdruk buiten Nederland, omdat het veevoer voor het grootste deel vanuit de EU komt (granen, resten van oliezaden) en voor het overige deel (met name soja) van buiten de EU. Het landgebruik het varkens- en kippenvlees ligt dus grotendeels buiten Nederland, terwijl de dieren wel in Nederland worden gehouden.

Ook van producten als brood en graanproducten, olie, wijn en peulvruchten ligt het grootste deel van de voetafdruk in Europa. Het gebruik van bouwland buiten Europa betreft producten als koffie, thee, veevoer, rijst en tropisch fruit. Het gebruik van grasland buiten Nederland betreft vooral de productie van rundvlees, onder andere in Ierland en Brazilië.

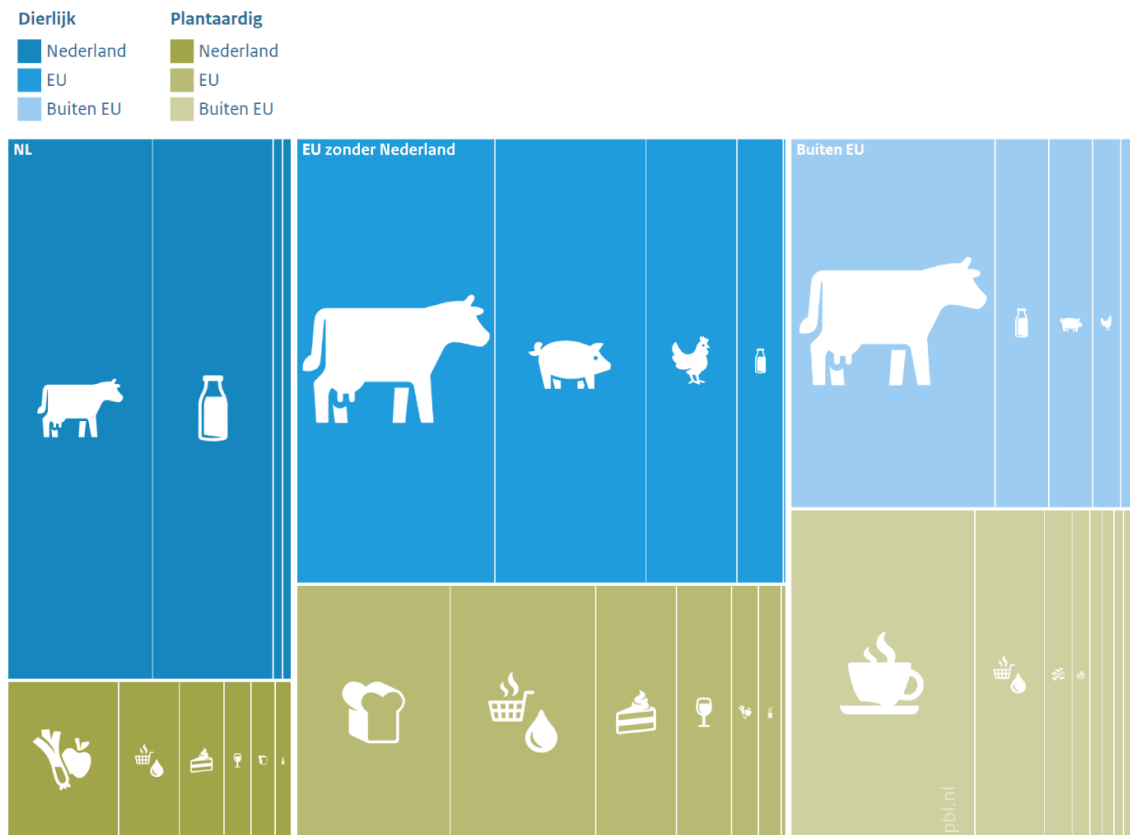
## Geografische verdeling landvoetafdruk Nederlandse voedselconsumptie



Bron: Bewerking PBL op basis van Blonk et al. 2018

Figuur 3.3 Indicatieve geografische verdeling Nederlandse landvoetafdruk van voedselconsumptie en verdeling over grasland en bouwland.

## Orde van grootte van landgebruik bij huidig menu van Nederlanders (2010)



Bron: PBL

Figuur 3.4 Indicatieve geografische verdeling landvoetafdruk van de Nederlandse voedselconsumptie. De koe representeert rundvlees, de melkfles zuivel (inclusief kaas), de kip kippenvlees en ei, en het wijnglas wijn en bier.

## 4 Uitgangspunten en resultaten duurzamer eten en minder voedsel verspillen

In dit hoofdstuk bespreken we de opties gericht op duurzamer eten (aanpassingen van het eetpatroon) (paragraaf 4.1) en minder voedsel verspillen (paragraaf 4.2). Deze sluiten aan op de aanpakpunten uit figuur 1.1.

### 4.1 Duurzamer eten

#### 4.1.1 Inleiding en context

Uit eerdere studies is bekend dat aanpassingen van het eetpatroon in de richting van minder milieubelastende producten een aanzienlijk effect kunnen hebben op zowel landgebruik als uitstoot van broeikasgassen (zie onder andere RIVM 2016; Springmann et al. 2018; Stehfest et al. 2009; Temme et al. 2015; Tilman & Clark 2014; Van de Kamp et al. 2018; Van Dooren & Aiking 2016; Westhoek et al. 2014). Vaak, maar zeker niet altijd gaan gezonder en duurzamer eten ook gelijk op. In theorie is er een oneindig aantal mogelijkheden om het eetpatroon aan te passen, er zijn in Nederland ook 17 miljoen verschillende eetpatronen. Aanpassingen in het eetpatroon kunnen verschillende aspecten betreffen, zoals:

1. Verschuiving tussen productgroepen (bijvoorbeeld minder vlees en meer peulvruchten, of minder dranken, of minder producten buiten de Schijf van Vijf).
2. Verschuivingen binnen één productgroep (bijvoorbeeld verschuiving binnen groentes of fruit, of meer volkoren graanproducten)
3. Verschuiving in de herkomst van een product (bijvoorbeeld Iers versus Braziliaans rundvlees);
4. Vermindering totale voedselinname. Een aanzienlijk deel van de Nederlanders consumeert meer calorieën dan noodzakelijk, hetgeen één van de oorzaken is van de toename van het voorkomen van overgewicht en obesitas.

In het kader van dit rapport is niet gekeken naar de effecten van verschuiving binnen een categorie. Dit is vanwege de aard van het onderzoek (gericht op hoofdlijnen) en de beschikbaarheid van data. Met keuzes binnen een productgroep is echter zeker winst te boeken, bijvoorbeeld door bij de keuze bij groente en fruit meer rekening te houden met seizoenen. We hebben evenmin gekeken naar het effect van de herkomst van producten, deels vanwege beschikbaarheid van data, en deels ook omdat het effect hiervan op mondiale schaal waarschijnlijk beperkt is: de geografische verdeling van voedselproductie (en de daarbij behorende emissies en landgebruik) zal hierdoor waarschijnlijk niet veel veranderen, maar handelsstromen gaan zich verleggen. Gezien de huidige overconsumptie, zou de gemiddelde calorie-inname met circa 10 procent omlaag kunnen (Ocké et al. 2017). Het effect hiervan is echter niet onderzocht, onder andere omdat dit meer met verbetering van de volksgezondheid is verbonden. Dit onderzoek richt zich dus op aanpassingen in het eetpatroon door verschuivingen tussen productgroepen.

#### 4.1.2 Uitgangspunten en methode

De onderzochte eetpatronen focussen op een verschuiving van dierlijke naar plantaardige (eiwitrijke) producten, omdat daar bij beleid en in de maatschappij ambities en doelstellingen voor zijn geformuleerd (Tabel 4.1). Ook met andere aanpassingen in het eetpatroon kan de druk op de leefomgeving verminderen, zoals bijvoorbeeld door vermindering van de consumptie van frisdranken, koffie en thee en alcoholische dranken. Het eetpatroon *Duurzaam en gezond* richt zich wel op de vermindering van deze producten.

Wat zijn eiwithoudende producten en waarom de focus op eiwithoudende producten? Producten die relatief veel eiwit bevatten zijn de meeste dierlijke producten (met uitzondering van vetten, zoals

boter), en een aantal plantaardige producten zoals noten, peulvruchten (bonen, erwten) en granen. In totaal zijn deze eiwithoudende producten verantwoordelijk voor circa tweederde van de landgebruiks- en broeikasgasvoetafdruk van de voedselconsumptie. Andere productgroepen, zoals fruit, dranken (frisdranken, koffie, alcohol) en snoep en gebak bevatten veel minder of geen eiwit. Binnen de eiwithoudende producten zijn substituties mogelijk, bijvoorbeeld wat minder vlees en wat meer peulvruchten.

Tabel 4.1 Onderzochte eetpatronen

	Uitleg	Waarom dit eetpatroon?	Bron
Referentie menu (2010) (60%-40%) <sup>1</sup>	Gemiddelde menu van de Nederlander <sup>2</sup>	Vertrekpunt, wordt gebruikt als referentie.	(Blonk et al. 2018)
Minder dierlijke producten (50%-50%)	Vermindering dierlijk eiwit, meer granen, peulvruchten, noten en vleesvervangers. Totaal eiwitname -7% ten opzichte van referentie.	Doelstelling Green Protein Alliance voor 2025	(Green Protein Alliance 2017)
Verdere daling dierlijke producten (40%-60%)	Idem, met verdere vermindering dierlijk eiwit, meer granen, peulvruchten, noten en vleesvervangers. Totaal eiwitname -12% ten opzichte van referentie.	Ambitie Transitie-agenda Biomassa en voedsel; genoemd in ontwerp-Klimaatmaataakkoord (voor 2050)	(Ondertekenaars Grondstoffenakkoord 2018; Klimaatberaad 2018)
Twee dagen geen vlees	Twee dagen geen vlees bij ontbijt, lunch, diner en tussendoor	Invulling verschuiving eetpatroon naar 'flexitariër'	
Vegetarisch met vis	Wel vis, eieren en zuivel	Invulling verschuiving eetpatroon consument 'vegetarisch met vis'	
Duurzaam en gezond	De belangrijkste verandering t.o.v. het basismenu zijn minder vlees, alcohol, koffie en suiker, meer groente en fruit	Eten volgens Richtlijnen Goede Voeding 2006 en met minimale druk leefomgeving	(Kramer & Blonk 2015b)

<sup>1</sup> De getallen betreffen de verhouding tussen eiwitten van dierlijke en plantaardige oorsprong

<sup>2</sup> Gebaseerd op data VCP 2007-2010 (Van Rossum et al. 2011)

Verder zijn de volgende uitgangspunten gehanteerd:

- Alle voedingspatronen hebben eenzelfde energie-inname, overeenkomstig de basis (2270 kcal per persoon per dag). Dit om de voedingspatronen beter vergelijkbaar te houden.
- De eiwitname is niet gelijk gehouden, deze is in de eetpatronen met minder dierlijke producten iets lager. In deze eetpatronen de vervanging deels gedaan met plantaardige eiwitrijke producten, zoals peulvruchten, noten en vleesvervangers, deels met graanproducten.
- Er is gekozen voor een zo beperkt mogelijke aanpassing van het eetpatroon ten opzichte van het huidige menu. Dit is enerzijds gedaan om de aanpassingen zo realistisch mogelijk te houden, anderzijds om het effect van de hoofdaanpassing zo zuiver mogelijk te kunnen inschatten.

- Het huidige gemiddelde menu voldoet niet aan de richtlijnen van de Gezondheidsraad (Gezondheidsraad 2015; Ocké et al. 2017). Zo eten de meeste Nederlanders te weinig groente en fruit. De inname van verzadigde vetzuren, alcohol en zout is te hoog en die van vezels te laag (Gezondheidsraad 2015; Ocké et al. 2017). Om de verandering ten opzichte van het huidige eetpatroon beperkt te houden is er niet naar gestreefd dat de nieuw samengestelde eetpatronen voldoen aan deze richtlijnen van de Gezondheidsraad. Alleen bij het eetpatroon *Duurzaam en gezond* is in principe rekening gehouden met nutritionele eisen, dit eetpatroon is in overeenstemming met Richtlijnen Goede Voeding 2006 (Gezondheidsraad 2006).
- Bij de samenstelling van bestudeerde voedingspatronen is alleen gelet op de energie- en eiwitvoorziening. Het zou kunnen dat bepaalde eetpatronen (bijvoorbeeld vegetarisch met vis) leiden tot een te lage inname van bepaalde micronutriënten. Dit zou dan aangevuld moeten worden met behulp van voedingssupplementen (zoals B12 en ijzer), of door een meer gebalanceerde voeding (meer groenten, verrijkte producten).

Op grond van bovenstaande uitgangspunten zijn de onderstaande eetpatronen opgesteld (Tabel 4.2). Dit zijn mogelijke eetpatronen en daarmee niet de ideale of enige invulling van deze eetpatronen: binnen elk eetpatroon zijn nog vele keuzes mogelijk.

### 4.1.3 Resultaten

Alle beschouwde alternatieve eetpatronen leiden tot een vermindering van de voetafdruk ten opzichte van die van het referentie eetpatroon. Het voedselgerelateerde landbeslag daalt met 11 tot 40 procent (Figuur 4.1) en de voedselgerelateerde broeikasgasemissies dalen met 9 tot 33 procent (Figuur 4.2). De alternatieve eetpatronen leiden tot een ongeveer vergelijkbare verminderingen voor broeikasgassen als voor landgebruik, al zijn er wel wat verschillen.

Het eetpatroon *Vegetarisch* geeft de grootste verlaging, gevolgd door *Gezond en duurzaam*. *Twee dagen geen vlees* heeft het kleinste effect van de onderzochte eetpatronen. De forse verlaging in het geval van het *Gezond en duurzaam* geeft aan dat vermindering van de milieudruk niet alleen aan de kant van de dierlijke producten hoeft te komen: ook een verlaging van de consumptie van dranken (koffie, alcohol), vetten en zoete producten leidt tot een verlaging van de milieudruk. In het *Gezond en duurzaam* worden meer gezonde producten (groente en fruit) gegeten dan in het huidige eetpatroon.

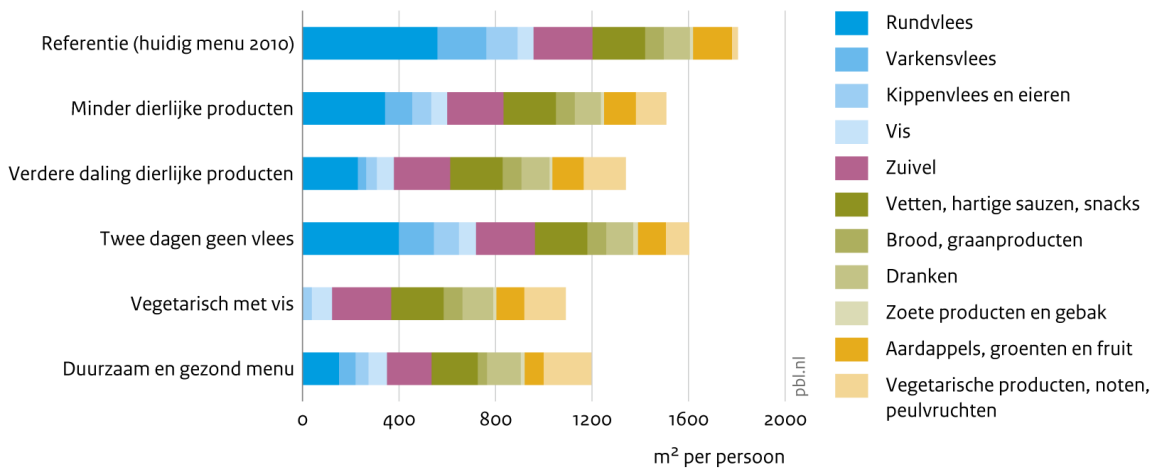
Binnen de menu's is zeker nog ruimte voor verdere verbetering. Zo vergt de teelt van producten in de categorie 'noten' vrij veel land, omdat hier bijvoorbeeld ook cashewnoten in zitten die een groot landbeslag kennen. Wanneer bij uit de categorie 'noten' alleen voor pinda's (dit zijn eigenlijk geen noten, maar peulvruchten) wordt gekozen, dan is de landvoetafdruk weer kleiner. En binnen productgroepen als groenten en fruit zijn nog een aanzienlijke verlaging van de voetafdruk mogelijk. Mogelijkheden zijn onder andere meer met de seizoenen eten, en buiten het seizoen bijvoorbeeld meer diepvriesproducten.

Opgeteld voor alle Nederlanders kunnen de alternatieve eetpatronen tot een verlaging van de broeikasgasvoetafdruk van 3 tot bijna 11 Mton CO<sub>2</sub>-eq leiden (Tabel 4.3). De landvoetafdruk van Nederlandse voedselconsumptie kan van ruim 3 miljoen hectare dalen tot 1,9 - 2,7 miljoen hectare.

Tabel 4.2 Samenstelling onderzochte eetpatronen: inname (g per dag), eiwitinname en aandeel dierlijke eiwitten

	Referentie menu (ca. 60%-40%)	Minder dierlijke producten (50%-50%)	Verdere daling dierlijke producten (40%-60%)	Twee dagen geen vlees	Vegetarisch met vis	Duurzaam en gezond
<b>Vlees(-producten), eieren</b>						
Rundvlees	32	17	9	23	0	6
Varkensvlees	54	30	9	39	0	18
Kip	36	20	9	26	0	10
Eieren	13	10	8	16	23	13
<b>Zuivel</b>						
Kaas	37	33	21	33	37	21
Melk en melkproducten	388	388	388	388	388	346
<b>Vis</b>	17	17	15	25	17	20
<b>Alcoholische en niet-alcoholische dranken</b>						
Koffie	487	487	487	487	487	400
Bier	159	159	159	159	159	149
Thee	383	383	383	383	383	357
Frisdranken	319	319	319	319	319	286
Wijn	31	31	31	31	31	33
Kraanwater	630	630	630	630	630	632
<b>Overige productgroepen</b>						
Soepen	64	64	64	46	0	42
Vetten, oliën en hartige sauzen	60	54	56	60	60	41
Snacks	19	15	9	0	0	0
Brood	158	159	170	158	164	225
Graan en graanproducten	54	54	59	60	77	59
Aardappelen	101	101	101	101	101	99
Hartig broodbeleg	4	8	4	4	4	9
Groenten	131	131	150	150	220	191
Fruit	114	114	114	114	114	104
Gebak en koek	49	49	49	49	49	25
Suiker, snoep	36	36	36	36	36	16
Vegetarische producten (sojaburger, sojamelk)	6	20	70	70	92	14
Peulvruchten	3	19	45	19	44	32
Noten	4	30	40	20	38	50
Eiwitname (g)	92	86	81	91	77	84
Waarvan dierlijk eiwit (%)	63	50	40	56	37	37

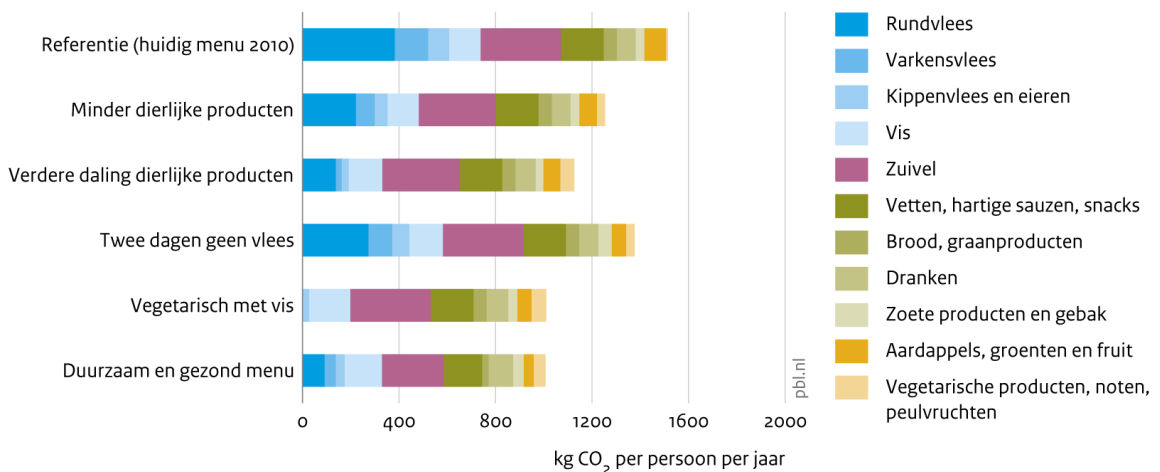
### Landvoetafdruk van Nederlandse voedselconsumptie



Bron: PBL

Figuur 4.1 Effect van de onderzochte eetpatronen op de landvoetafdruk van de Nederlandse voedselconsumptie.

### Broeikasgasvoetafdruk van Nederlandse voedselconsumptie



Bron: PBL

Figuur 4.2 Effect van de onderzochte eetpatronen op broeikasgasvoetafdruk van de Nederlandse voedselconsumptie.



Tabel 4.3 Samenvatting van resultaten

	Referentie (menu 2010)	Minder dierlijke producten	Verdere daling dierlijke producten	Twee da- gen geen vlees	Vegeta- risch met vis	Duurzaam en gezond
<b>Landvoetafdruk</b>						
(m <sup>2</sup> per persoon)						
Dierlijk	1.200	830	610	960	370	540
Plantaardig	600	670	730	640	720	660
Totaal	1.800	1.510	1340	1600	1090	1200
<b>Voor heel Neder- land:</b>	3.07	2.56	2.28	2.73	1.85	2.04
Mln hectare						
<b>Broeikasgasvoetaf- druk</b>						
(kg CO <sub>2</sub> -eq per per- soon per jaar)						
Dierlijk	1070	800	650	920	530	590
Plantaardig	440	450	480	460	480	420
Totaal	1510	1250	1130	1380	1010	1010
<b>Voor heel Neder- land:<sup>1</sup></b>	31.7	26.2	23.6	28.8	21.1	21.1
Mton CO <sub>2</sub> -eq						

<sup>1</sup> Vanwege eerdere genoemde factoren (onderrapportage in Voedselconsumptiepeiling van 16 procent, niet alle emissiebronnen zijn meegenomen in de LCA-analyse) is de per persoon berekende broeikasgasvoetafdruk waarschijnlijk een onderschatting. Daarom zijn bij berekening van de nationale waarden deze met 1,23 vermenigvuldigd (zie paragraaf 2.6 voor verdere toelichting). Voor landgebruik is deze correctie niet toegepast.

#### 4.1.4 Discussie

De resultaten komen goed overeen met andere studies gericht op de Nederlandse situatie. Van Dooren et al. (2016) geven aan dat een duurzaam en gezond 'lage landen' voedingspatroon leidt tot een vermindering van ruim 25 procent van de broeikasgasvoetafdruk en ruim 30 procent van de landvoetafdruk. Van de Kamp et al. 2018 berekenen een verlaging van de broeikasgasvoetafdruk van circa 15 tot 34 procent bij verlaging van de vleesconsumptie en/of vervanging van alcoholische en niet-alcoholische dranken.

## 4.2 Vermindering voedselverspilling

### 4.2.1 Inleiding en context

In Nederland wordt, net zoals in veel andere landen, voedsel verspild. Naar schatting bedroeg in 2016 de voedselverspilling per hoofd van de bevolking 105-145 kilogram. Dit is voor Nederland een totale hoeveelheid van minimaal 1.781 tot maximaal 2.466 kiloton per jaar in de hele keten (Soethoudt & Vollebregt 2018).

De afgelopen jaren is er veel aandacht van de overheid en bedrijfsleven voor de vermindering van voedselverspilling in Nederland. De Monitor Voedselverspilling laat zien dat er de afgelopen zeven jaar (2009 – 2016) echter nauwelijks voortgang is geboekt met het terugdringen van voedselverspilling (LNV 2018b; Soethoudt & Vollebregt 2018). Er zijn het afgelopen jaar in nieuwe initiatieven in gang gezet (zoals de Taskforce Circular Economy in Food) met de ambitie tot een versnelde reductie van voedselverspilling kunnen leiden. De rijksoverheid ondersteunt dit initiatief

en onderschrijft ook de doelstelling van 50 procent reductie van voedselverspilling (LNV 2018a; Taskforce Circular Economy in Food 2018). Dit is ook conform de SDG-doelstelling voor het jaar 2030 (UN 2015).

## 4.2.2 Uitgangspunten en methode

De basis is het huidige niveau van voedselverspilling in de consumptieketen. Hiervoor zijn de volgende aannames ten aanzien van de vermijdbare verliezen gedaan:

- Vermijdbare verliezen (in principe eetbare producten, het verschil tussen aangekochte en gegeten producten) bij de consument, bijvoorbeeld voedsel weggooien omdat de houdbaarheidsdatum is verstreken, of te veel is bereid (zie tabel 4.4)
- 1 procent verliezen bij distributie en transport
- 5 procent verliezen bij de supermarkt

Daarnaast zijn er onvermijdbare verliezen (oneetbare delen, zoals bijvoorbeeld schillen en botten), bij zowel de consument, als bij verwerking. Ook zijn er vermijdbare verliezen bij boeren en tuinders, bijvoorbeeld in de vorm van tijdelijke overproductie of van producten die niet aan de kwaliteitseisen voldoen. Vermindering van deze verliezen is in deze analyse niet verder onderzocht.

*Tabel 4.4 Huidige vermijdbare verliezen bij de consument, als percentage van de aangekochte hoeveelheid*

Productgroep	Vermijdbare verliezen
Vlees	5.8%
Vis	1.7%
Kaas	2.8%
Zuivel	5.4%
Eieren	2.2%
Groenten	8.9%
Fruit	8.5%
Aardappelen	5.4%
Brood en gebak	10.3%
Rijst	33.3%
Pasta's	23.4%
Andere graanproducten	0.0%
Zoetwaren en snacks	2.1%
Sauzen en vetten	5.6%
Dranken	1.5%
Gemiddelde	5.2%

Bron: Van Westerhoven & Steenhuisen 2010, Blonk et al. 2018

Tabel 4.5 geeft een overzicht van de geanalyseerde opties. De doelstelling van de Nederlandse overheid is (conform de SDG-doelstelling) een halvering van de voedselverspilling in 2030 ten opzichte van 2010. Daar deze doelstelling vrij ambitieus lijkt, is ook een vermindering van de verspilling met 25 procent als optie geanalyseerd.

Tabel 4.5 Overzicht geanalyseerde opties vermindering voedselverspilling

Optie	Omschrijving
Huidig niveau voedselverspilling	Huidige omvang van voedselverspilling
25 procent minder voedselverspilling	Daling voedselverspilling met 25 procent
50 procent minder voedselverspilling	Daling voedselverspilling met 50 procent, conform nationale ambitie en SDG voor 2030 (LNV 2018b)

### 4.2.3 Resultaten

Een halvering van de voedselverspilling (ten opzichte van 2015) levert naar verwachting een emissiereductie op van ruim 5 procent van de aan voedselconsumptie gerelateerde emissies (Tabel 4.6). Dit komt overeen met een reductie van circa 1,6 Mton CO<sub>2</sub>-equivalenten. Ook het voedselgerelateerde landgebruik vermindert met ruim 5 procent. Indien de voedselverspilling niet met 50 procent, maar met 25 procent wordt teruggebracht, dan halveren de bovengenoemde waarden.

Tabel 4.6 Samenvatting van resultaten voor voedselverspilling

	Basis	Verspilling -25%	Verspilling -50%
Broeikasgasvoetafdruk (kg CO <sub>2</sub> -eq per persoon per jaar)	1510	1474	1434
Emissie voor heel Nederland: (Mton CO <sub>2</sub> -eq)/jaar	31.7	30.9	30.1
Landvoetafdruk (m <sup>2</sup> per persoon per jaar)	1800	1760	1710
Voor heel Nederland: Mln hectare	3.07	2.98	2.90

### 4.2.4 Discussie

De Transitie-agenda Biomassa en Voedsel (ontwikkeld in het kader van Nederland Circulair) berekent een nationale emissiereductie van minimaal 2-3 Mton CO<sub>2</sub>-eq/jaar bij een halvering van de voedselverspilling, en een kostenvoordeel van minimaal 1 miljard Euro (Grondstoffenakkoord 2018). Dit is een hogere waarde dan we in dit rapport berekenen, waarbij aangetekend moet worden dat in onze berekeningen niet is gekeken naar vermindering voedselverspilling bij primaire producenten. Hiermee rekening houdend, komen de resultaten van beide benaderingen waarschijnlijk redelijk overeen.

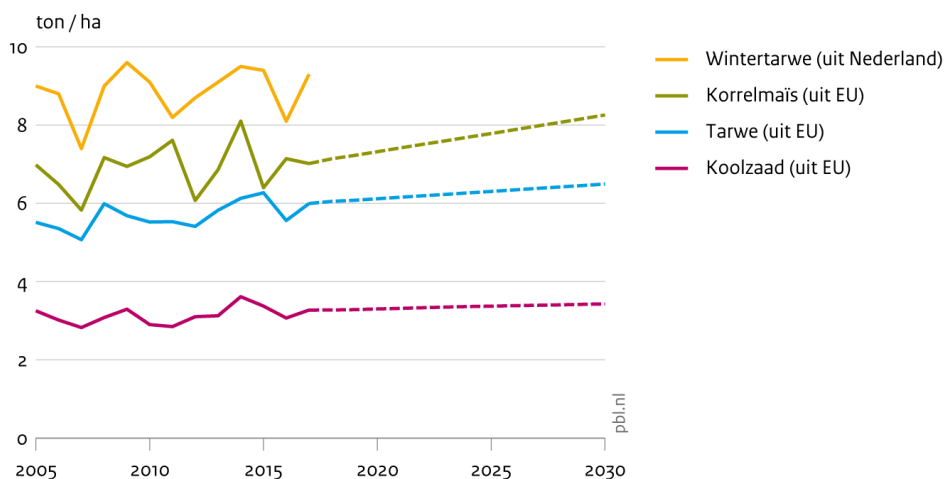
# 5 Uitgangspunten en resultaten efficiënter produceren

## 5.1 Verhoging gewasopbrengsten

### 5.1.1 Introductie en context

Het verhogen van gewasopbrengsten is een belangrijke route om met name de landvoetafdruk te verminderen. De afgelopen tientallen (of zelfs honderden) jaren is al veel gedaan om de gewasopbrengsten te verhogen, zowel van de zijde van onderzoek als door akkerbouwers en tuinders. Vruchtbare landbouwgrond is altijd al schaars geweest, dus er is al sinds de start van de landbouw een prikkel geweest om gewasopbrengsten te verhogen. Vooral sinds Liebig in 1840 het belang van mineralen en stikstof voor de gewasgroei aantoonde, en er ook kunstmest beschikbaar kwam, namen de gewasopbrengsten sterk toe. Ook gewasveredeling, bestrijding van ziekten en plagen en verbeterde teeltomstandigheden hebben hieraan bijgedragen. In Nederland waren de tarwe-opbrengsten in het begin van de 19<sup>e</sup> eeuw rond 1500 kg per ha, inmiddels is de gemiddelde tarweopbrengst meer dan 9000 kilo per hectare. De verwachting is dat deze ontwikkeling zich (met mate) doorzet (EC 2017; OECD & FAO 2017; van der Esch et al. 2017) (Figuur 5.1). Daarbij dient bedacht te worden dat de opbrengsten in 200 jaar met een factor zes zijn toegenomen, maar dat een dergelijke stijging in de komende decennia uitsloten is. Zelfs in absolute termen beschouwd is een stijging van de opbrengst van nogmaals 7500 kg per ha onwaarschijnlijk, gezien bijvoorbeeld het maximaal haalbare gewasopbrengstniveau. In met name delen van Afrika zijn de gewasopbrengsten nog wel op een laag niveau, en daar is nog ruimte voor sterke verhoging van gewasopbrengsten (van der Esch et al. 2017; Van Ittersum et al. 2016). Daar is het doel 'sustainable intensification': het verhogen van gewasopbrengsten op een ecologisch houdbare manier (Pretty & Bharucha 2014).

#### Gewasopbrengst



Bron: EC 2017 en CBS 2018

*Figuur 5.1 Historische en verwachte opbrengst van een aantal gewassen.*

Hoewel in principe wordt verwacht dat de gewasopbrengsten de komende jaren nog zullen stijgen, zijn er ook ontwikkelingen die kunnen leiden tot lagere gewasopbrengsten, zowel in Nederland, als daarbuiten. Een tweetal concrete bedreigingen zijn:

- **Klimaatverandering:** de opwarming van de aarde leidt in een aantal regio's in de wereld tot hogere temperaturen of minder neerslag, waardoor de gewasopbrengsten mogelijk licht tot sterk zullen dalen. In andere regio's (bijvoorbeeld Noord-Europa) kunnen gewasopbrengsten juist wat toenemen als gevolg van hogere temperaturen.
- **Bodemdegradatie:** dit is het achteruitgaan van de bodemkwaliteit, en daarmee het opbrengend vermogen van bodems. Wereldwijd, en ook in Nederland komt steeds meer aandacht voor dit aspect (LNV 2018c; van der Esch et al. 2017). Traditioneel was hierbij veel aandacht voor meer extreme vormen van water- en winderosie. Maar ook minder extreme vormen van bodemdegradatie, zoals bodemverdichting, kunnen grote invloed hebben op opbrengsten. Zo zijn er geluiden dat er in delen van Flevoland sprake is van teruglopende gewasopbrengsten, mogelijk als gevolg van bodemverdichting in de ondergrond.

Bij het streven naar hogere gewasopbrengsten zijn ook kanttekeningen te plaatsen:

- De inzet van gewasbeschermingsmiddelen en kunstmeststoffen om de gewasopbrengsten te verhogen hebben ook nadelige effecten op het milieu. Er zal dus ingezet moeten worden (zoals deels ook al is gebeurd) op vermindering van milieubelasting, met behoud van gewasopbrengsten. Ook hebben cultuurtechnische maatregelen zoals ontwatering van percelen, diepploegen en verwijdering van het micro-reliëf enerzijds bijdragen aan verhoging van de gewasopbrengsten, maar hebben deze ingrepen anderzijds een negatieve impact op biodiversiteit gehad;
- De hogere gewasopbrengsten hebben ook bijgedragen aan lagere prijzen van producten, en dat heeft weer geleid tot een extra vraag, bijvoorbeeld voor veevoer, of voor de productie van biobrandstoffen. Hierdoor komt mogelijk niet alle opbrengststijging ten goede aan vermindering op de druk op land. Met dit effect is in de berekeningen geen rekening gehouden.

### 5.1.2 Uitgangspunten en methode

Bij de trendmatige verhoging wordt uitgegaan van een stijging van de gewasopbrengst van 10 procent in de periode van circa 2010 tot 2030, dus een gemiddelde stijging met circa 0,5 procent per jaar (Blonk et al. 2018). Dit betreft dus de verwachte stijging van de gemiddelde gewasopbrengsten per hectare in gebieden waar productie voor de Nederlandse markt plaatsvindt. Dit betreft zowel de gewasproductie bij gewassen voor directe consumptie, als veevoergewassen (inclusief grasland). Deze stijging is redelijk in lijn met de EU-projectie, waar voor tarwe een stijging met 0,7 procent per jaar wordt verwacht, en voor koolzaad van 0,4 procent (EC 2017) (Figuur 5.1). Alleen voor maïs wordt een sterkere stijging verwacht, namelijk met 1,4 procent per jaar, waarbij geconstateerd moet worden dat de maïsopbrengst vanuit een wat lager niveau start, vergeleken met opbrengsten in eerdere jaren. De veronderstelde stijging is ook consistent met de FAO-OECD projectie (OECD & FAO 2017) (zie ook bijlage 1).

Bij hoge investering in landbouwkundig onderzoek en in de landbouwkundige praktijk is wellicht een iets hogere stijging mogelijk: met circa 15 procent in 20 jaar tijd. Een exacte onderbouwing hiervan is echter niet te geven. Anderzijds kunnen klimaatverandering, bodemdegradatie en hogere ecologische eisen leiden tot een beperktere stijging. Deze is dan verondersteld beperkt te blijven tot 5 procent tot 2030 (Tabel 5.1).

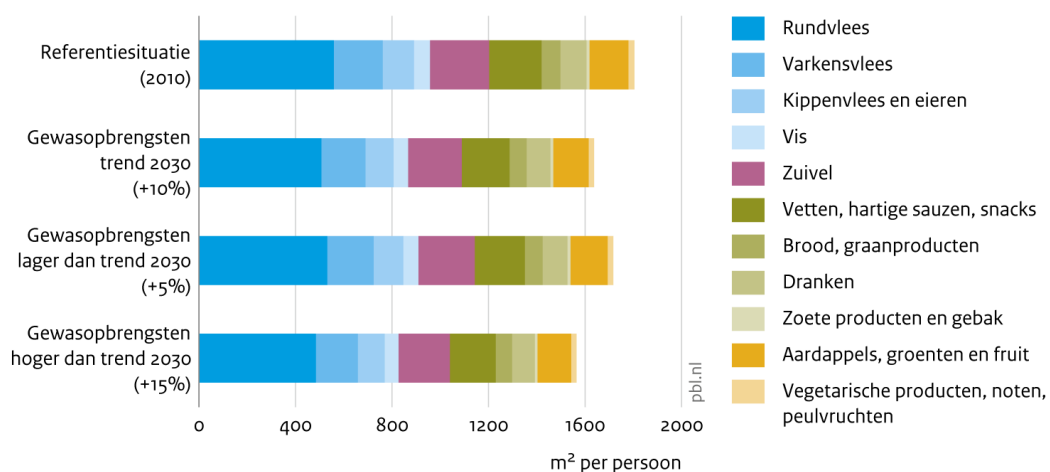
Tabel 5.1 Overzicht geanalyseerde opties verhoging gewasopbrengsten per hectare

Optie	Toelichting
Huidige gewasopbrengsten	Gemiddelde gewasopbrengsten per hectare in gebieden waar voedselproductie voor de Nederlandse markt plaatsvindt (Kramer & Blonk 2015; Blonk et al. 2018)
Gewasopbrengsten trend 2030 (+10%)	Stijging van 10 procent is de trendmatige verwachte toename in gewasopbrengsten per hectare (tot 2030) in gebieden waar voedselproductie voor Nederlandse markt plaatsvindt.
Gewasopbrengsten hoger dan trend (+15%)	Mogelijk hogere stijging tot 2030, indien beleid en praktijk sterk inzetten op verhoging gewasopbrengsten, bijvoorbeeld via delen goede praktijken, nieuwe technologie (precisielandbouw) etc.
Gewasopbrengsten lager dan trend (+5%)	Minder sterke stijging in de trendmatige verwachte toename in gewasopbrengsten per hectare (tot 2030) in gebieden waar voedselproductie voor de Nederlandse markt plaatsvindt.

### 5.1.3 Resultaten

Figuur 5.2 geeft het effect van de opties gericht op verhoging van de gewasproductie. Zoals verwacht daalt het voor de Nederlandse voedselconsumptie benodigde landbouwareaal als de gewasopbrengsten stijgen. Bij een stijging van de gewasopbrengst met 10 procent daalt het benodigde landbouwareaal met ruim 9 procent. Het directe effect van verhoging van de gewasopbrengsten op de emissie van broeikasgassen is beperkt: deze dalen met circa 2 procent in het geval van een verhoging van de gewasopbrengst met 10 procent. De broeikasgassen per eenheid product dalen onder andere als gevolg van het feit dat sommige emissie zijn (zoals die ten gevolge van grondbewerking en oogst) die onafhankelijk van de gewasopbrengst zijn.

#### Landvoetafdruk van Nederlandse voedselconsumptie



Bron: PBL

Figuur 5.2 Effect van stijgende gewasopbrengsten op de landvoetafdruk van de Nederlandse voedselconsumptie.

## 5.2 Verhoging van de voederconversie

### 5.2.1 Introductie en context

Het landgebruik voor de dierlijke productie (evenals de omvang van de broeikasgasemissies) wordt voor een belangrijk deel bepaald door de voederconversie. Deze indicator geeft aan hoeveel kg voer er nodig is voor de productie van 1 kg vlees (of eieren, of melk). In de melkveehouderij wordt minder met de indicator voederconversie gerekend (onder andere omdat deze moeilijk te bepalen is), en zijn andere indicatoren van belang, zoals de melkproductie per koe.

Omdat de voerkosten een groot deel uitmaken van de kostprijs van vlees, zuivel en eieren, is er al tientallen jaren gestreefd naar een betere voederconversie. Zo bestaat bij vleeskuikens circa 62 procent van de kostprijs uit de kosten van het voer, bij varkens is dit circa 56 procent (Hoste 2017; Van Horne 2017). De voederconversie is de afgelopen decennia dan ook sterk verbeterd. Dit is onder andere gerealiseerd door beter voer, het gebruik van voeradditieven, andere rassen en beter management. Dit streven naar een hoge voederconversie heeft ook tot nadelige gevolgen geleid, zoals voor dierenwelzijn, milieu (gebruik van koper en zink in voer, hiervoor zijn maxima gesteld) en gezondheid (gebruik van antibiotica als groeibevorderaar, dit is inmiddels verboden). Gezien de forse inspanningen in het verleden gericht op verbetering van de voederconversie, in combinatie met fysiologische grenzen, is het niet te verwachten dat de voederconversie in Nederland en omliggende landen (de gebieden waar het vlees voor de Nederlandse consumptie vandaan komt) nog sterk kan verbeteren. Desondanks is er nog zeker wel verbetering mogelijk. Eén van de mogelijkheden die wordt genoemd is 'precision livestock farming', waarbij het voer nog meer wordt afgestemd op de individuele behoefte van het dier. Een andere mogelijkheid is het verbeteren van de voer samenstelling, of het nog meer gebruiken van reststromen.

### 5.2.2 Uitgangspunten en methode

Op basis van een trendmatige analyse is het effect gekwantificeerd van een aantal technische verbeteringen in de veehouderij (Tabel 5.2). Voor varkens gaat het om meer biggen per zeug, en een verbetering van de voederconversie (Tabel 5.3). Bij leghennen is het effect van meer eieren per hen berekend. Bij vleeskuikens en rundvee voor de vleesproductie is vooral gekeken naar verbetering van de voederconversie. Bij melkveehouderij is het effect van een verhoging van de melkproductie beoordeeld. Hoewel verschillende opties zeker zullen leiden tot lagere broeikasgasemissies, zijn er geen maatregelen beoordeeld die specifiek daarop zijn gericht, zoals aanpassingen in het voer. Vooral bij rundvee is mogelijk winst te boeken met voer dat leidt tot een lagere emissie van methaan.

*Tabel 5.2 Overzicht geanalyseerde opties verhoging voederconversie*

Optie	Toelichting
Dierlijke productie trend 2030 (+6%)	Verwachte trendmatige stijging van productiviteit per dier en betere voederconversie; komt overeen met 6 procent stijging efficiency.
Dierlijke productie hoger dan trend (+9%)	Mogelijk hogere stijging tot 2030 (tot 9 procent), mogelijk als beleid en praktijk sterk inzetten op verhoging efficiency.
Dierlijke productie lager dan trend (+3%)	Minder sterke stijging tot 2030 (tot 3 procent).

Tabel 5.3 Waardes voor een aantal technische parameters in de veehouderij voor 2010 en 2030, uitgaande van een trendmatige verbetering.

Productiesysteem	Indicator	Originele waarde (2010)	Waarde voor 2030 (trendmatige verhoging)
Varken	Grootgebrachte big/zeug	28,50	35,13
Varken	Voederconversie vleesvarken (kg voer per kg vlees)	2,66	2,50
Leghennen	Eieren per hen	156	170
Vleeskuikens	Voederconversie vleeskuiken (kg voer per kg vlees)	1,79	1,65
Melkvee	Melkproductie per melkkoe	8010	9572
Vleesvee	Voederconversie rundvlees (kg voer per kg vlees)	15,8	13,0

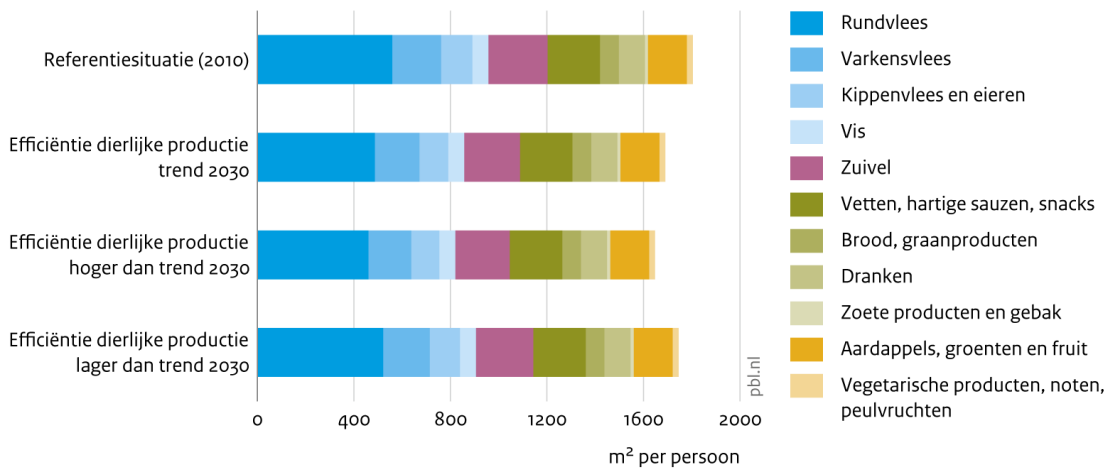
### 5.2.3 Resultaten

Bij een trendmatige verhoging van de dierlijke productie is in 2030 ruim 6 procent minder land voor het Nederlandse voedsel nodig, en daalt de met de Nederlandse voedselconsumptie samenhangende broeikasgasvoetafdruk met 4 procent (Figuur 5.3). Uiteraard zijn de effecten alleen terug te vinden bij dierlijke productie. In de melkveehouderij is 10 procent minder land nodig, en is de uitstoot van broeikasgassen 6 procent lager. Bij de rundvleesproductie daalt het voedselgerelateerde landgebruik zelfs met 14 procent, en de uitstoot van broeikasgassen met 8 procent. Bij de intensieve veehouderij daalt het benodigde areaal met 8 procent en de broeikasgasemissie met 5 procent.

Indien de verhoging van de efficiënte van dierlijke productie sterker zou zijn dan de langjarige trend, dan zou de totale landvoetafdruk de Nederlandse voedselconsumptie met bijna 9 procent dalen (en bijna 6 procent voor broeikasgassen). Bij een minder sterke stijging daalt deze landvoetafdruk met ruim 3 procent en deze broeikasgasvoetafdruk met 2 procent ten opzichte van de referentiesituatie.

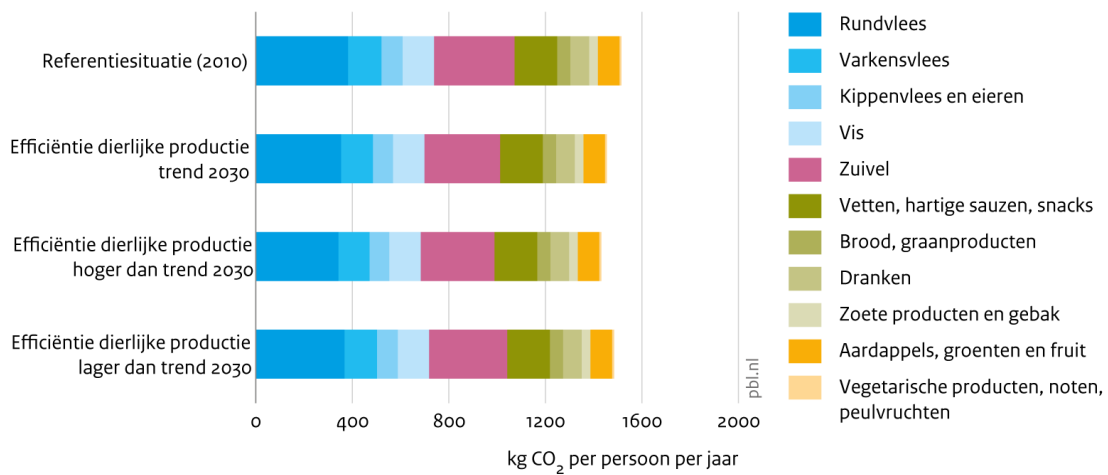


### Landvoetafdruk van Nederlandse voedselconsumptie



Bron: PBL

### Broeikasgasvoetafdruk van Nederlandse voedselconsumptie



Bron: PBL

Figuur 5.3 Effect van verschillende technische verbeteringen in de veehouderij op land- en broeikasgasvoetafdruk van de Nederlandse voedselconsumptie.

## 5.3 Algemene verbeteringen energievoorziening

### 5.3.1 Introductie en context

Een aantal processen en systemen zijn specifiek voor landbouw, zoals de akkerbouw en de veehouderij, met alles wat daarbij hoort. Dit wordt in dit rapport als het 'voorgrondstelsel' beschouwd. Het achtergrondstelsel zijn een aantal processen die niet specifiek zijn voor de landbouw, zoals elektriciteitsproductie, efficiëntie van transport, verwerking, koeling en verpakkingen. In dit achtergrondstelsel zijn de komende jaren verbeteringen te verwachten, bijvoorbeeld door een stijgend aandeel hernieuwbare energie. Hierdoor dalen ook voor voedselproductie de broeikasgasemissies.

### 5.3.2 Uitgangspunten

Conform het rapport van Blonk Consultants (Blonk et al. 2018) zijn voor het jaar 2030 de volgende aannames gedaan:

- Als voorzichtige inschatting voor de verbetering van stikstofkunststofproductie is verondersteld dat de emissies per kg stikstof met 30 procent dalen. Dit is een combinatie van reductie van de lachgasemissies (N<sub>2</sub>O) en die van de hoeveelheid fossiele brandstof per kg. De broeikasgasemissie van Europese N-kunststof bedraagt dan in 2030 4,4 kg CO<sub>2</sub>-eq per kg N-kunststof.
- Daling van de broeikasgasuitstoot met 13 procent in de transportsector, door toename van de energie-efficiëntie van wegtransport.
- Voor de emissie-intensiteit van elektriciteit is een daling verondersteld van 0,50 kg CO<sub>2</sub> per kWh naar 0,35 kg CO<sub>2</sub> per kWh;
- Verder is ook verbetering van de energie-efficiëntie van processing verondersteld van 14 procent, en van 20 procent in de verpakkingsector.

### 5.3.3 Resultaat

De verwachte verbetering van de energie-efficiëntie tot 2030 leidt tot een daling van de broeikasgasvoetafdruk van de Nederlandse voedselconsumptie met circa 7,5 procent. De landvoetafdruk blijft ongewijzigd.

## 6 Uitgangspunten en resultaten zorgvuldiger produceren

Duurzaamheid omvat meer dan de broeikasgas- en landvoetafdruk, het gaat daarbij bijvoorbeeld ook om duurzaam bodemgebruik, het voorkomen van aantasting van biodiversiteit (bijvoorbeeld door gewasbeschermingsmiddelen) en het verbeteren van dierenwelzijn. Twee facetten van hiervan zijn onderzocht. Dit zijn de consumptie van biologische producten (en de daarbij behorende biologische productie) en de consumptie van vlees en zuivel uit houderijsystemen met verbeterd dierenwelzijn ten opzichte van de huidige situatie.

### 6.1 Consumptie van biologisch geproduceerd voedsel

#### 6.1.1 Introductie en context

De biologische landbouw verschilt op een aantal cruciale punten van de gangbare landbouw. Het is daarom interessant om te onderzoeken wat het effect is van een hogere consumptie van biologische producten. In de biologische landbouw worden geen kunstmeststoffen gebruikt (een aantal minerale meststoffen zijn overigens wel toegelaten, zoals ruwfosfaat), geen synthetische gewasbeschermingsmiddelen (sommige organische gewasbeschermingsmiddelen zijn wel toegelaten) en evenmin synthetische substraten (zoals steenwol in de tuinbouw). Deze eisen leiden er in het algemeen toe dat de gewasopbrengsten veelal lager zijn dan in de gangbare landbouw (De Ponti et al. 2012; Muller et al. 2017). Ook in de dierlijke productie zijn er aanvullende eisen, zoals op gebied van dierenwelzijn (niveau Beter Leven 3\*), en rond het gebruik van diergeneesmiddelen en veevoer. Het veevoer dient van biologische oorsprong te zijn. Componenten als synthetische aminozuren zijn niet toegestaan. Dit leidt ertoe dat er meer voer nodig is per kg vlees of melk (Oenema et al. 2010).

#### 6.1.2 Uitgangspunten en methode

Tabel 6.1 geeft een overzicht van de geanalyseerde opties rondom de consumptie van biologisch voedsel. Er is afzonderlijk gekeken naar het effect van omschakeling naar de consumptie van biologische geproduceerde dierlijke producten (25 procent en 100 procent aandeel in de Nederlandse voedselconsumptie), en naar het effect van biologische plantaardige producten. Ook is het effect van algehele omschakeling naar biologisch voedsel onderzocht. Het is echter de vraag in hoeverre een omschakeling naar 100 procent biologisch voedsel in combinatie met het huidige eetpatroon een realistische optie is (zie paragraaf 6.1.4).

Voor deze studie is aangenomen dat biologische akker- en tuinbouw gemiddeld een 20 procent lagere opbrengst per hectare kent (Blonk et al. 2018). Dit is globaal in overeenstemming met De Ponti et al. 2012. Het is verondersteld dat deze lagere opbrengst voor alle gewassen geldt, in binnen- en buitenland. Verder is er rekening gehouden met het effect van 1) het gebruik van alternatieven voor kunstmest en 2) de stikstof-efficiency van de teelt (Blonk et al. 2018). Dit is vooral belang voor de broeikasgasemissies. Voor de biologische veehouderij is rekening gehouden met een grotere voederbehoefte per kg vlees of melk.

Het marktaandeel van biologische producten in de Nederlandse voedselconsumptie bedroeg in 2017 circa 3 procent (Logatcheva et al. 2018). Dit is in geld uitgedrukt, gezien de hogere prijs zal het aandeel in producten uitgedrukt nog wat lager zijn. Er is in het referentiescenario echter verondersteld dat er geen biologische producten worden geconsumeerd. Dit is gedaan om het verschil met de opties biologische producten zuiver in beeld te kunnen brengen.

Tabel 6.1 Overzicht geanalyseerde opties consumptie van biologisch geproduceerd voedsel

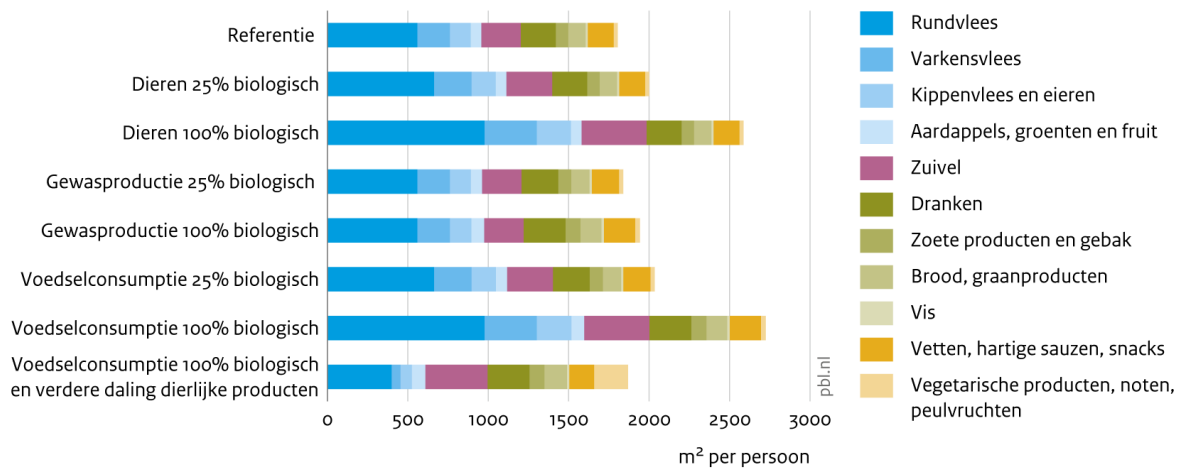
Optie	Toelichting
Referentie	Geen consumptie van biologische producten
Dieren 25% biologisch	25 procent van de kippen, varkens en rundvee conform normen biologische productie; dit in combinatie met biologische gewasproductie
Dieren 100% biologisch	100 procent van de kippen, varkens en rundvee conform normen biologische productie; dit in combinatie met biologische gewasproductie
Gewasproductie 25% biologisch	25 procent van de consumptie van plantaardige producten is van biologische herkomst
Gewasproductie 100% biologisch	100 procent van de consumptie van plantaardige producten is van biologische herkomst
Voedselconsumptie 25% biologisch	25 procent van de gehele voedselconsumptie is in de vorm van biologische landbouw
Voedselconsumptie 100% biologisch	100 procent van de gehele voedselconsumptie is in de vorm van biologische landbouw
Voedselconsumptie 100% biologisch, Eetpatroon verdere daling dierlijke producten	100 procent van de gehele voedselconsumptie is in de vorm van biologische landbouw; met daarbij een aanpassing in het eetpatroon met een verdere vermindering in dierlijk eiwit, meer granen, peulvruchten, noten en vleesvervangers. Totaal eiwitname -12%.

### 6.1.3 Resultaten

De voedselgerelateerde landvoetafdruk neemt met ruim 50 procent toe als de Nederlandse voedselconsumptie geheel uit biologische producten zou bestaan (figuur 6.1), de broeikasgasemissies van deze consumptie zouden met 6 procent toenemen. De forse toename in landgebruik komt vooral door de stijging van het landgebruik voor de dierlijke productie (in binnen- en buitenland): als de productie van dierlijke producten geheel biologisch is dan stijgt het totale voedselgerelateerde landgebruik met ruim 40%, en de broeikasgasemissies met 6%. Als alleen de plantaardige producten van biologische herkomst zouden zijn dan stijgt de landvoetafdruk met 10%, terwijl de broeikasgasvoetafdruk niet verandert.

Uiteraard zou de toename minder zijn als er tegelijkertijd een verschuiving zou zijn naar een lagere consumptie van dierlijke producten. Dat laat het resultaat van de variant ook zien met 100 procent biologisch en een aanpast eetpatroon (*Verdere daling dierlijke producten (40%-60%)*). In die combinatie daalt het landgebruik van de Nederlandse voedselconsumptie zelfs met 4 procent ten opzichte van de referentiesituatie, en de emissie van broeikasgassen met 23 procent. Deze daling is uiteraard minder vergeleken met de situatie waarin hetzelfde eetpatroon wordt gecombineerd met producten geproduceerd met gangbare landbouwmethoden (paragraaf 4.1).

## Landvoetafdruk van Nederlandse voedselconsumptie



Bron: PBL

Figuur 6.1 Effecten van eetpatronen met biologische producten op de landvoetafdruk van de Nederlandse voedselconsumptie.

### 6.1.4 Discussie

Via de rekentool is het effect onderzocht van een hoger aandeel (tot 100 procent) van biologische producten in het voedselpakket. De resultaten laten zien dat vooral bij de dierlijke producten dit tot een forse toename van de landvoetafdruk leidt. Hierbij zijn een aantal opmerkingen te plaatsen:

- Er is bij de vergelijking verondersteld dat het eetpatroon niet verandert. Sommige mensen die geheel of grotendeels biologisch eten, zullen ook minder dierlijke producten eten, al is het maar omdat deze duurder zijn dan die uit de gangbare landbouw. De resultaten laten ook zien dat wanneer het eetpatroon gelijktijdig verschuift naar minder dierlijke producten, dat dan de voetafdruk minder stijgt of mogelijk weer daalt.
- In het theoretische geval dat alle Nederlanders zouden kiezen voor 100 procent biologisch in combinatie met het huidige eetpatroon, dan zou het landgebruik fors toenemen. Dit zou op Europese schaal tot verschuivingen in landgebruik leiden, die feitelijk buiten het bereik van het gebruikte model vallen. De uitkomsten per persoon mogen in dit geval daarom niet opgeschaald worden tot geheel Nederland, de uitkomsten geven slechts ordegrrootte van de effecten.
- Indien alleen nog biologisch geproduceerde producten worden gegeten, en daarom alle landbouw biologisch wordt, treden er wellicht andere effecten op die niet gemodelleerd kunnen worden. Zo is de aanvoer van mineralen (met name stikstof) één van de knelpunten van biologische landbouw, vooral voor de akker- en tuinbouw (Muller et al. 2017). Nu wordt dat probleem in Nederland deels op gelost via de aanvoer van stikstof in de vorm van rundveemest van gangbare bedrijven. Bij uitbreiding van de biologische productie kan een gebrek aan mineralen mogelijk een barrière vormen. De aanvoer van stikstof zou kunnen worden vergroot door óf meer vlinderbloemigen te telen, óf door stikstof in de gehele voedselketen beter te recyclen. De teelt van meer vlinderbloemigen zal het landbeslag verder doen toenemen.
- De (mogelijke) positieve effecten op onder andere biodiversiteit, lokale milieukwaliteit en bodemkwaliteit van deze optie komen niet tot uitdrukking in de indicatoren landgebruik en emissie van broeikasgassen. Er zijn verschillende perspectieven in de samenleving over welk aspect van duurzaamheid het meeste aandacht zou moeten krijgen.

## 6.2 Verbeterd dierenwelzijn

### 6.2.1 Introductie en context

De optie 'verbeterd dierenwelzijn' heeft als doel het verbeteren van het dierenwelzijn van landbouwhuisdieren, niet het verkleinen (of veranderen) van de voetafdruk. De ambitie van overheid en bedrijfsleven is dat in 2020 100 procent van de consumptie van varkensvlees en pluimveevlees ten minste voldoet aan een hoger niveau van dierenwelzijn (FNLI 2015; Rijksoverheid 2107; UDV 2015). Bedrijfsleven en organisaties, verenigd in de Alliantie Verduurzaming Voedsel (CBL, FNLI, KHN, LTO en Veneca), hebben met het Ministerie van Economische Zaken, hun ambities vastgelegd in de Agenda Verduurzaming Voedsel 2013-2016.

Het is bekend dat verbetering van het dierenwelzijn in veel gevallen leidt tot een stijging van de behoefte aan veevoer, waardoor vooral de landvoetafdruk stijgt (Oenema et al. 2010; PBL 2013). Dit heeft meerdere oorzaken: de dieren groeien in een aantal gevallen minder snel, soms zijn ze van een robuuster ras zijn en verder hebben ze meer bewegingsvrijheid. In de rekentool zijn daarom houderijsystemen opgenomen met een verbeterd dierenwelzijn. In deze paragraaf worden de effecten van het houden van vleeskuikens en varkens volgens de normen van 1\*- en 2\* Beter Leven Keurmerk onderzocht. Het effect van 3\* Beter Leven Keurmerk is onderzocht in de voorgaande paragraaf bij de optie 'dieren biologisch'.

### 6.2.2 Uitgangspunten en methode

Tabel 6.2 geeft een overzicht van de geanalyseerde opties. Dit betreft het effect van 1\*- en 2\* Beter Leven Keurmerk voor varkens en vleeskuikens. Voor vleeskuikens is ook het effect van de 'verbeterde supermarktkip' onderzocht. Deze ligt qua eisen tussen het wettelijke niveau en 1\* Beter Leven Keurmerk in. Bij vleeskippen is namelijk het verschil tussen het 1\* en het standaardsysteem groter dan bij varkens: het zijn langzaam groeiende kippenrassen, ze hebben meer ruimte in de stal en ook een beperkte buitenuitloop. Het grotere verschil tussen het standaardsysteem en het 1-ster systeem heeft ertoe geleid dat in het kader van de bovengenoemde ambities is afgesproken dat er bij kippen niet gekozen is voor 1\*-BLK als standaard, maar voor een tussenniveau. Dit systeem wordt soms aangeduid als de 'conceptkip' of de 'Kip van morgen'. Een belangrijk verschil is dat de kippen in deze systemen geen buitenuitloop hebben, en dat de kippen iets sneller groeien dan bij het 1\*-BLK systeem.

Bij varkens zijn de veranderingen van het 1\*-BLK systeem ten opzichte van het standaardsysteem beperkt: de vleesvarkens hebben onder andere iets meer ruimte in de stal, maar zij hebben geen buitenuitloop.

Tabel 6.2 *Overzicht geanalyseerde opties verbetering dierenwelzijn*

Optie	Toelichting
Wettelijk niveau dierenwelzijn 2015	Dierenwelzijn conform wettelijke normen uit 2015 (Kramer & Blonk 2015a)
Verbeterd dierenwelzijn (1* varkens, vleeskuiken verbeterd)	Groot aandeel vlees van 'Kip van morgen' en varkensvlees met Beter Leven keurmerk 1*. Dit is conform ambitie van overheid en bedrijfsleven in 2020.
Scharrelvarkens en -kippen	Zowel kippen als varkens productie conform Beter Leven keurmerk 2*.

### 6.2.3 Resultaten

Tabel 6.3 geeft per kg vlees het verschil in landgebruik en broeikasgasemissie vergeleken met de referentiesituatie, die is gebaseerd op de wettelijke normen. De uitkomsten laten zien dat bij varkens de toename in voetafdruk bij de overschakeling van de standaardproductiewijze naar 1\* Beter

Leven Keurmerk (BLK) gering is met een stijging van 1-2 procent. Het 2\*-BLK gaat gepaard met een stijging van 17 procent van de broeikasgasemissies per kg vlees en een 20 procent hoger landgebruik. Bij vleeskuikens betekent de 'verbeterde supermarktkip' een stijging van de broeikasgasuitstoot met 4 procent en van landgebruik met 8 procent ten opzichte van de standaardproductiewijze. Bij 1\*-BLK vleeskip vertalen de hogere eisen zich ook in hogere voerbehoefte, wat weer leidt tot een 8 procent hogere broeikasgasemissie en een 16 procent hoger landgebruik. In alle gevallen betreft de toename in landbeslag de omvang van de extra landbouwgrond voor de productie van veevoer. Het effect van de grotere stalruimte is verwaarloosbaar.

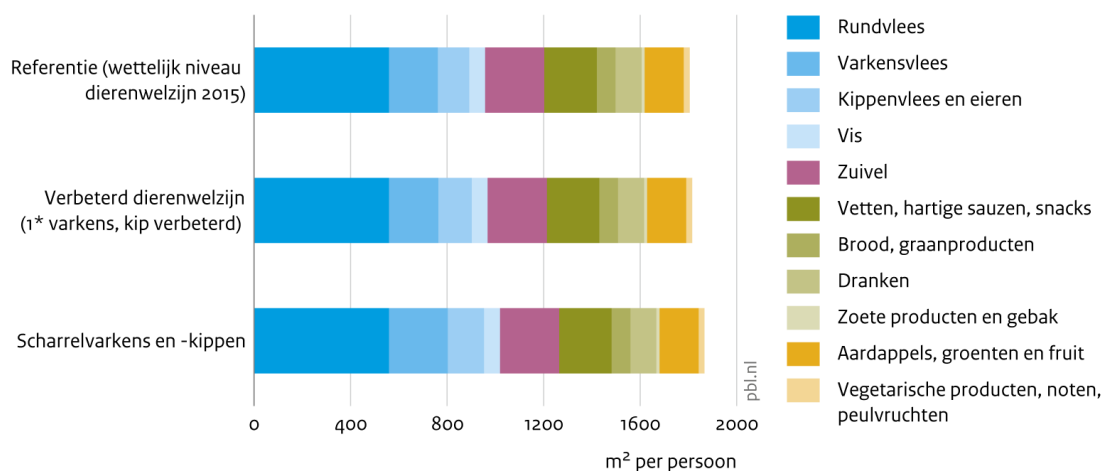
Tabel 6.3 Verandering ten opzichte van de referentiesituatie (wettelijke normen) in broeikasgasemissies en landgebruik per kg vlees bij verbetering dierenwelzijn varkens en kippen naar 1\* of 2\* Beter Leven Keurmerk (BLK).

	Verbeterde supermarktkip <sup>1</sup>	1*-BLK systeem	2*-BLK systeem
Varkensvlees			
Broeikasgasemissies		2%	17%
Landgebruik		1%	20%
Kippenvlees			
Broeikasgasemissies	4%	8%	11%
Landgebruik	8%	16%	19%

<sup>1</sup> Deze ligt onder verschillende namen in de winkel, zoals de Nieuwe Standaard Kip (Jumbo), Nieuwe AH Kip (Albert Heijn). De eisen van de verschillende concepten variëren enigszins tussen de supermarkten. Tussen deze concepten en Beter Leven 1-ster zitten een aantal verschillen.

Figuur 6.2 laat de effecten zien binnen het gehele voedselpakket. De effecten zijn dan uiteraard veel kleiner. Indien de gehele consumptie van varkens- en kippenvlees in Nederland voldoet aan de normen van 1\*-BLK dan zal de voetafdruk voor broeikasgassen met minder dan 1 procent toenemen, en die voor landgebruik met circa 1 procent. Bij overgang naar scharrelsystemen met 2\*-BLK voor varkens- en pluimvee is deze toename 2 procent voor broeikasgassen en ruim 3 procent voor landgebruik.

### Landvoetafdruk van Nederlandse voedselconsumptie



Bron: PBL

Figuur 6.2 Effect van verschillende opties voor dierenwelzijn op de landvoetafdruk van de Nederlandse voedselconsumptie

## 7 Effect van combinatie van opties

### 7.1 Introductie en context

In de praktijk is het natuurlijk zeer goed mogelijk dat opties worden gecombineerd. Een voorbeeld is een aanpassing van het eetpatroon, in combinatie met minder voedselverspilling en een efficiëntere productie, maar wel met meer aandacht voor dierenwelzijn. In theorie zijn duizenden combinaties van opties mogelijk. Met de webtool ([www.pbl.nl/duurzaam-voedsel](http://www.pbl.nl/duurzaam-voedsel)) zijn de effecten van een groot aantal combinaties van opties door te rekenen.

### 7.2 Uitgangspunten

Voor de combinaties moest uiteraard een keuze worden gemaakt uit een groot aantal mogelijkheden. Tabel 7.1 geeft een beschrijving van de onderzochte combinaties van opties. Bij alle combinatieopties is verondersteld dat tussen nu en 2030 de broeikasgasemissies uit het achtergrondsysteem dalen (zie paragraaf 5.3).

Tabel 7.1 *Overzicht geanalyseerde combinatie van opties*

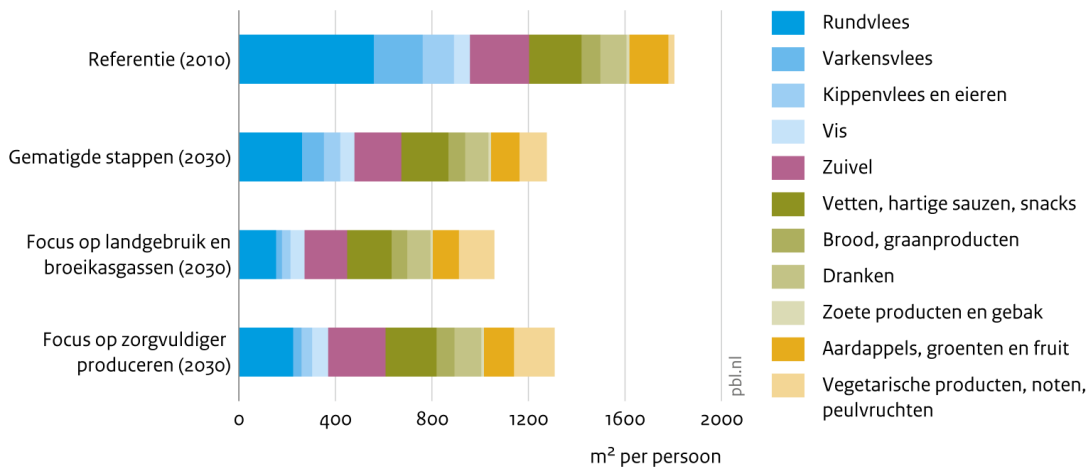
Opties	Toelichting
Gematigde stappen	Eetpatroon minder dierlijke producten (50%-50%); 25% minder voedselverspilling; Gewasopbrengsten trend 2030 (+10%); Dierlijke productie trend 2030 (+6%); Verbeterd dierenwelzijn Trendmatige verhoging energie-efficiëntie
Focus op landgebruik en broeikasgassen	Eetpatroon verdere daling dierlijke producten (40%-60%); 50% minder voedselverspilling; Vewasopbrengsten hoger dan trend (+15%); Dierlijke productie hoger dan trend (+9%); Wettelijk niveau dierenwelzijn 2015 Trendmatige verhoging energie-efficiency
Focus op zorgvuldig produceren: dierenwelzijn, biodiversiteit en milieukwaliteit	Eetpatroon Verdere daling dierlijke producten (40%-60%); 50% minder voedselverspilling; Gewasopbrengsten lager dan trend (+5%); Dierlijke productie lager dan trend (+3%); Veehouderij en gewasproductie 25% biologisch Trendmatige verhoging energie-efficiency

### 7.3 Resultaten

Door de vier aangrijpingspunten te combineren, kan de voedselgerelateerde landvoetafdruk met 27 tot 41 procent verminderen, de broeikasgasvoetafdruk door voedselconsumptie in Nederland daalt 29 tot 39 procent. De combinatie *Gematigde stappen* leidt tot een daling van zowel het landgebruik als van de broeikasgasvoetafdruk door voedselconsumptie met circa 29 procent ten opzichte van de referentie. Bij verdergaande stappen gericht op beperking van de met voedsel samenhangende voetafdruk (combinatie *Focus op landgebruik en broeikasgassen*) daalt de landvoetafdruk met 41 procent en de broeikasgasvoetafdruk met 39 procent. Tot slot is een combinatie onderzocht die gericht is op verdere verbetering dierenwelzijn en vermindering van lokale effecten, onder andere om de lokale biodiversiteit te verbeteren (Combinatie *Focus op zorgvuldig produceren: dierenwelzijn, biodiversiteit en milieukwaliteit*). Deze combinatie leidt een daling van 27 procent van landvoetafdruk ten opzichte van de referentie, en 36 procent voor broeikasgasemissies. De verwachte positieve effecten op biodiversiteit en lokale milieukwaliteit van deze optie zijn niet gekwantificeerd.

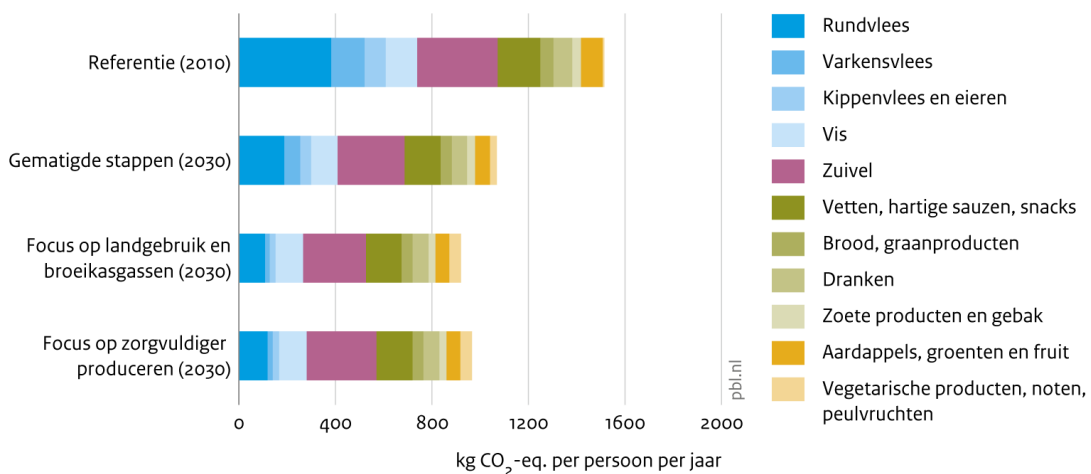


## Landvoetafdruk van Nederlandse voedselconsumptie



Bron: PBL

## Broeikasgasvoetafdruk van Nederlandse voedselconsumptie



Bron: PBL

Figuur 7.1 Effect van de verschillende combinaties van opties op de landvoetafdruk en broeikasgasvoetafdruk van de Nederlandse voedselconsumptie

## 7.4 Discussie

Zoals eerder aangegeven zijn er nog meer of verdergaande verbeteringen mogelijk om de land- en broeikasgasvoetafdruk te verminderen. Daarnaast zij nogmaals benadrukt dat voor het effect van voedsel op de leefomgeving meer aspecten een rol spelen dan de land- en broeikasgasvoetafdruk, zoals behoud en verbetering van lokale biodiversiteit en duurzaam bodembeheer.

De verdergaande maatregelen betreffen deels aspecten die wel in de rekentool geanalyseerd kunnen worden, zoals verdere stijging van de gewasproductie, of aanpassingen in het eetpatroon. Bij dat laatste kan onder andere worden gedacht aan vermindering van producten zoals koffie en alcoholische drank.

Daarnaast zijn op andere punten ook nog verbeteringen mogelijk, zoals de productkeuze binnen productgroepen, en de toepassing van technologie om de emissie of landgebruik per eenheid verder te verminderen.

## 8 Algemene discussie

### 8.1 Beperkingen LCA-methode

De gebruikte methode, waarin we zijn uitgegaan van vaste waarden voor de hoeveelheid broeikasgassen en landgebruik per eenheid product kent een aantal beperkingen. Deze beperkingen bespreken we hieronder. Uiteraard kent de methode ook een aantal voordelen: de methode is redelijk transparant en navolgbaar, en er bestaan ISO-gecertificeerde methoden voor de berekening.

Een eerste beperking is dat veel relaties in het voedselsysteem niet-lineair zijn. Dit betekent dat het effect van vermeerdering of vermindering van de consumptie van een bepaald product niet eenvoudig vast te stellen is. Bijvoorbeeld in het geval van varkensvlees: het veevoer bestaat nu uit een mengsel van bijproducten en speciaal voor veevoer geteelde producten, zoals granen en soja. Bij vergroting van de varkensproductie zal het aanbod van bijproducten waarschijnlijk niet groter worden, en zal de extra productie geheel zijn gebaseerd op speciaal geteelde producten (zoals granen en soja), waardoor de milieudruk van de extra productie per kg vermoedelijk ook hoger is. Omgekeerd zal bij vermindering van de varkensproductie het gebruik van bijproducten gelijk blijven, waardoor de milieuwinst waarschijnlijk wat groter is dan wanneer van een gemiddelde waarde wordt uitgegaan. Startend vanuit een systeem zonder varkensvleesproductie, is het milieueffect van de eerste tonnen varkensvlees laag, omdat dan grotendeels gebruik gemaakt kan worden van bijproducten, die anders mogelijk afval zouden zijn. Hetzelfde geldt voor rundvlees, waar een deel van de huidige productie plaatsvindt op semi-natuurlijke graslanden.

Ook bij de gewasproductie kunnen dergelijke niet-lineaire effecten optreden. De gewasopbrengst (aantal kg per ha) bepaalt een aanzienlijk deel van de milieudruk van plantaardige producten. Vanuit beperking van het landgebruik gezien, is het gunstig om zoveel mogelijk gebruik te maken van gronden (gebieden) met hoge gewasopbrengsten. Uitbreiding van de productie kan echter meestal niet in deze gebieden plaatsvinden, omdat de beschikbaarheid van extra goede landbouwgrond beperkt is. De Flevopolders kunnen bijvoorbeeld niet simpelweg worden verdubbeld. Dit betekent dat de productie soms op minder goede gronden zal plaatsvinden, waardoor de milieudruk van de extra productie dus mogelijk hoger is.

Bij het bepalen van het effect op de omvang van de broeikasgasemissies is alleen gekeken naar de verandering in de directe emissies. Veel opties leiden tot een vermindering van het landgebruik. Op mondiale schaal zou hierdoor de druk op het land kunnen verminderen, waardoor er minder landbouwgrond nodig is, wat op zijn beurt weer zou leiden tot lagere CO<sub>2</sub>-emissies elders. Dit effect is niet meegenomen in de berekeningen, hoewel het substantieel kan zijn (PBL 2011).

In de LCA-wereld zijn methoden ontwikkeld om met deze niet-lineariteit, en mondiale effecten om te gaan, zoals de zogenoemde consequential LCA-methode (Van Zanten et al. 2018a; Vellinga et al. 2013). Een andere mogelijkheid om het effect van grote veranderingen te simuleren zijn mondiale modellen, zoals het PBL IMAGE-model (Stehfest et al. 2014).

In deze studie, waar vooral wordt gekeken naar orde van grootte, is gebruik gemaakt van gemiddelde waarden, afkomstig uit een 'attributional LCA'. Dit wordt pas echt bezwaarlijk als er voedingspatronen worden berekend (of andere opties) die sterk afwijken van het huidige systeem, zoals veganistische eetpatronen.

## 8.2 Onzekerheden en onnauwkeurigheden

De LCA-methodiek heeft, net zoals elke andere methodiek, een aantal onzekerheden en onnauwkeurigheden. Dit betekent dat de uitkomsten niet als te absoluut moeten worden gezien, en met de nodige voorzichtigheid moeten worden geïnterpreteerd. De voornaamste hiervan zijn:

- Bij het kwantificeren van de effecten is uitgegaan van mogelijke ontwikkeling tot 2030. Dit is vooral relevant voor technologische ontwikkelingen. Aan de kant van gedragsverandering is het uiteraard onzeker hoe snel deze veranderingen zullen gaan.
- Er zijn algemene verbeteringen in het energiesysteem mogelijk, die ook positieve effecten hebben in het voedselsysteem. Nu komt veel energie voor transport, verwerking en koeling nog van fossiele bronnen. De ambitie is hier een omschakeling naar duurzame bronnen in de komende jaren. In de combinatie van opties is rekening gehouden met een verbetering van de energie-efficiëntie en gedeeltelijke inzet van hernieuwbare energiebronnen.
- De LCA-analyses kennen onzekerheden. Zo is de inschatting dat de resultaten voor varkensvlees 10-15 procent onzeker zijn (Kool et al. 2009). Eén van de factoren hierbij is de toedeling van de effecten aan bijproducten.
- De voedselconsumptiedata zijn gebaseerd op de periode 2007-2010 (Van Rossum et al. 2011). Uit recent beschikbaar gekomen data over de periode 2012-2016 blijkt dat de consumptie van vlees met 8 procent is gedaald ten opzichte van de periode 2007-2010, die van zuivel met 12 procent en de alcoholconsumptie met 19 procent. De consumptie van groenten, fruit en noten is toegenomen (bron: [www.waeteetnederland.nl](http://www.waeteetnederland.nl)). Dit betekent dat mogelijk een deel van de verkleining van de voetafdruk al is gerealiseerd.
- Ook zijn er onzekerheden in de omvang van voedselconsumptie, zowel van de netto-voedselinname, als van de voedselverliezen in de keten.
- Er zijn onzekerheden in de broeikasgasemissies en in die van het landbeslag bij de landbouwproductie zelf. Zo is de broeikasgasemissie per koe, en dus ook per kg melk niet exact te bepalen.
- Onzekerheid in de herkomst van het product: een kg rundvlees uit Brazilië heeft een andere voetafdruk dan een kg rundvlees uit Ierland.
- Onzekerheden ontstaan door keuzes in wat in LCA-termen 'systeemaafbakening' heet: wat neem je nog mee als behorend bij het voedselsysteem? De brandstof van de trekker bijvoorbeeld wel, maar die van fabricage van de trekkers en die van de fabriek waar de trekkers zijn gemaakt zijn in deze studie bijvoorbeeld niet meegenomen.
- Niet-lineaire effecten in het landbouw-voedselsystemen, waardoor de effecten van grote verschuivingen niet geheel juist worden gekwantificeerd (zie ook paragraaf 2.9). Zo hebben verschuivingen die een groot effect hebben op landgebruik, mogelijk een effect op ontbossing. Verder is een deel van de melkvee- en rundvleesproductie gebaseerd op graslanden, waarvan een deel niet voor andere functies (dan natuur) kan worden gebruikt.

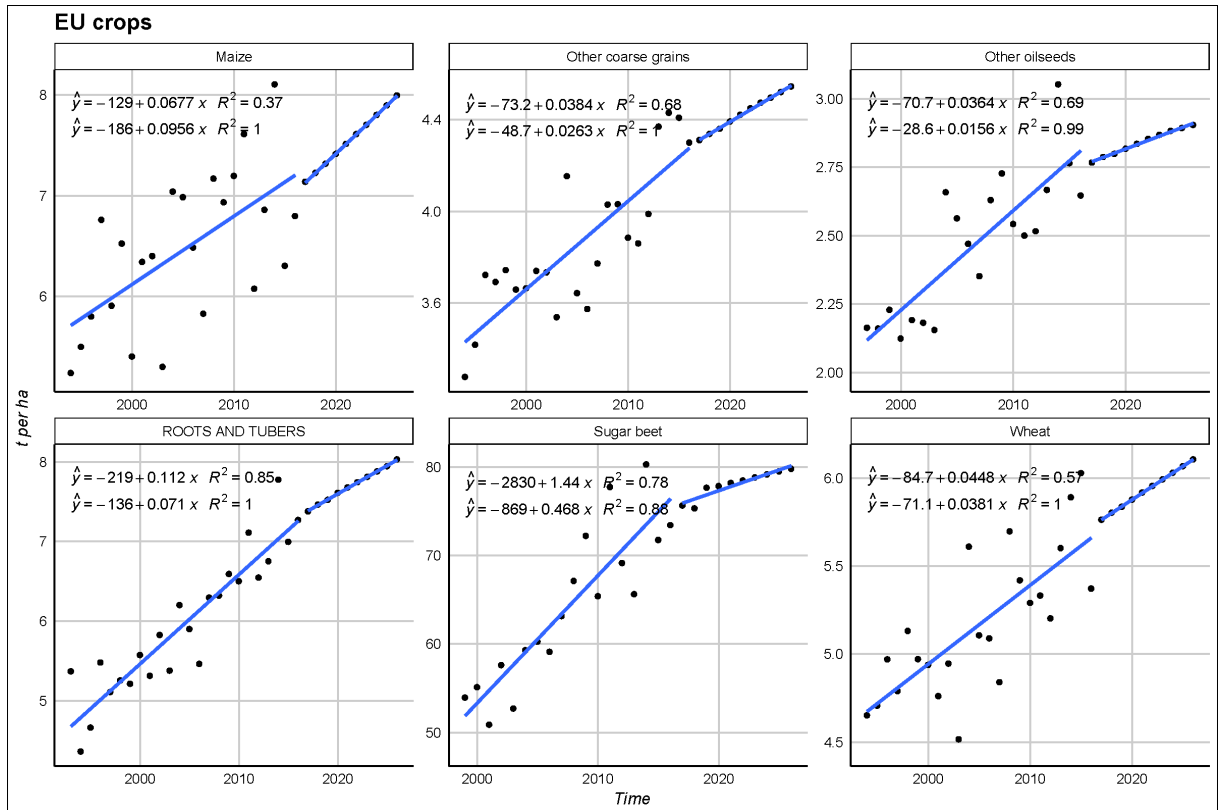
Bij de genoemde onnauwkeurigheden dient bedacht te worden dat we vooral hebben gekeken naar de effecten in relatieve termen (procentuele veranderingen), en minder naar de absolute hoogte. Dit betekent dat een aantal onzekerheden minder effect hebben.

De bovengenoemde beperkingen en onzekerheden geven aan dat de resultaten van de berekeningen moeten worden beschouwd als een orde-van-grootte schatting, en niet als absolute waarden. Deze orde-van-grootte schatting maakt het mogelijk om het effect van een aantal maatregelen op enkele aspecten op de leefomgeving op hoofdlijnen inzichtelijk te maken.

# Bijlage 1

Historische ontwikkeling gewasopbrengsten EU en projectie 2017-2026.

Bron data: FAO-OECD 2017, bewerking PBL



## Referenties

- Blonk, H., Kuling, L. & Kool, A. (2018), *Onderbouwing CO<sub>2</sub> en landgebruiksmodellering van voedingsproductgroepen geconsumeerd in Nederland*. Gouda: Blonk Consultants.
- Broekema, R. & Smale, E. (2011), *Nulmeting peulvruchten : inzicht in milieueffecten en nutritionele aspecten van peulvruchten*. Gouda: Blonk Milieu Advies.
- CBS (2018), Statline. [www.cbs.nl](http://www.cbs.nl)
- de Ponti, T., Rijk, B. & van Ittersum, M.K. (2012), 'The crop yield gap between organic and conventional agriculture', *Agricultural Systems* 108: 1-9.
- EC (2017), *EU Agricultural Outlook - Prospects for EU agricultural markets and income 2017-2030*. Brussels: European Commission.
- Eerdt, M. van & H. Westhoek (2019), *Broeikasgasemissies door landbouwproductie en voedselconsumptie*. Den Haag: PBL.
- Esch, S. van der, ten Brink, B., Stehfest, E., Bakkenes, M., Sewell, A., Bouwman, A., Meijer, J., Westhoek, H. & van den Berg, M. (2017), *Exploring future changes in land use and land condition and the impacts on food, water, climate change and biodiversity : scenarios for the UNCCD Global Land Outlook*. The Hague: PBL Netherlands Environmental Assessment Agency.
- Dooren, C. van (2018), *Naar een meer plantaardig voedingspatroon*. Den Haag: Voedingscentrum.
- Dooren, C. van & Aiking, H. (2016), 'Defining a nutritionally healthy, environmentally friendly, and culturally acceptable Low Lands Diet', *International Journal of Life Cycle Assessment* 21 (5): 688-700.
- Dooren, C. van, Marinussen, M., Blonk, H., Aiking, H. & Vellinga, P. (2014), 'Exploring dietary guidelines based on ecological and nutritional values: A comparison of six dietary patterns', *Food Policy* 44: 36-46.
- FNLI (2015), *Brochure agenda verduurzaming voedsel*.
- Gezondheidsraad (2006), *Richtlijnen Goede Voeding 2006*. Den Haag: Gezondheidsraad.
- Gezondheidsraad (2015), *Richtlijnen Goede Voeding 2015*. Den Haag: Gezondheidsraad.
- Green Protein Alliance (2017), *Green Protein growth plan <http://greenproteinalliance.nl/>*.
- Grondstoffenakkoord (2018), *Transitie-agenda Biomassa en Voedsel*. Den Haag: Rijksbrede programma Nederland Circulair.
- Hollander, A., Temme, E.H.M. & Zijp, M.C. (2016), *The environmental sustainability of the Dutch diet. Background report to: What's on our plate? : safe, healthy and sustainable diets in the Netherlands*. Bilthoven: Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM).
- Horne, P.L.M. van (2017), *Competitiveness of the EU poultry meat sector, base year 2015 : international comparison of production costs*. Den Haag: Wageningen Economic Research.
- Hoste, R. (2017), *International comparison of pig production costs 2015 : results of InterPIG*. Den Haag: Wageningen Economic Research.
- IPCC (2006), *2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Prepared by the National Greenhouse Gas Inventories Programme, Eggleston, H. Simon, Buendia, Leandro, Miwa, Kyoko, Ngara, Todd, Tanabe, Kiyoto (eds.)*. IGES, Japan.
- Ittersum, M.K. van, Van Bussel, L.G.J., Wolf, J., Grassini, P., Van Wart, J., Guilpart, N., Claessens, L., De Groot, H., Wiebe, K., Mason-D'Croz, D., Yang, H., Boogaard, H., Van Oort, P.A.J., Van Loon, M.P., Saito, K., Adimo, O., Adjei-Nsiah, S., Agali, A., Bala, A., Chikowo, R., Kaizzi, K., Kouressy, M., Makoi, J.H.J.R., Ouattara, K., Tesfaye, K. & Cassman, K.G. (2016), 'Can sub-Saharan Africa feed itself?', *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 113 (52): 14964-14969.
- Kamp, M.E. van de, Seves, S.M. & Temme, E.H.M. (2018), 'Reducing GHG emissions while improving diet quality: exploring the potential of reduced meat, cheese and alcoholic and soft drinks consumption at specific moments during the day', *BMC Public Health* 18 (1): 264.
- Klimaatberaad (2018), *Ontwerp van het Klimaatakkoord*. Den Haag: Sociaal-Economische Raad.
- Kool, A., Blonk, H., Ponsioen, T., Sukkel, W., Vermeer, H.M., Vries de, J.W. & Hoste, R. (2009), Carbon footprints van conventioneel en biologisch varkensvlees (in Dutch, Carbon Footprints of Conventional and Organic Pork). Analyse van typische productiesystemen in NI, DK, VK en D. Gouda, Blonk/WUR.
- Kramer, G. & Blonk, H. (2015a), *Menu van morgen : gezond en duurzaam eten in Nederland: nu en later*. Gouda: Blonk Consultants.

- Kramer, G. & Blonk, H. (2015b), *Menu van morgen: gezond en duurzaam eten in Nederland: nu en later*. Gouda: Blonk Consultants.
- Krom, M. de & Muilwijk, H. (2018), *Perspectieven op Duurzaam Voedsel, pluriformiteit in debat en beleid*. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- LNV (2018a), *Aanbieding agenda Taskforce Circular Economy in Food*. Den Haag, Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit.
- LNV (2018b), *Accenten in het voedselbeleid voor de komende jaren*. Den Haag.
- LNV (2018c), *Brief Bodemstrategie*. Den Haag: Ministerie van LNV.
- Logatcheva, K., Hovens, R. & Baltussen, W. (2018), *Monitor Duurzaam Voedsel 2017*. Den Haag: Wageningen Economic Research.
- Mottet, A., de Haan, C., Falcucci, A., Tempio, G., Opio, C. & Gerber, P. (2017), 'Livestock: On our plates or eating at our table? A new analysis of the feed/food debate', *Global Food Security*.
- Muilwijk, H., Westhoek, H. & De Krom, M. (2018), *Voedsel in Nederland. Verduurzaming bewerkstellingen in een veelvormig systeem*. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- Muller, A., Schader, C., El-Hage Scialabba, N., Brüggemann, J., Isensee, A., Erb, K.-H., Smith, P., Klocke, P., Leiber, F., Stolze, M. & Niggli, U. (2017), 'Strategies for feeding the world more sustainably with organic agriculture', *Nature Communications* 8 (1): 1290.
- Nijdam, D.S., Rood, T.G.A. & van Oorschoot, M.M.P. (2019), 'Land use related to Dutch consumption, 1990–2013', *Land Use Policy* 82: 401-413.
- Ocké, M.C., Toxopeus, I.B., Geurts, M., Mengelers, M.J.B., Temme, E.H.M. & Hoeymans, N. (2017), *Wat ligt er op ons bord? (versie met erratum d.d. 20-03-2018)*. Bilthoven: RIVM.
- OECD & FAO (2017), *OECD-FAO Agricultural Outlook 2017-2026*. Paris: OECD Publishing.
- Oenema, O., Bikker, P., Harn, J.v., Smolders, E.A.A., Sebek, L.B., Berg, M.v.d., Stehfest, E. & Westhoek, H. (2010), *Quickscan opbrengsten en efficiëntie in de gangbare en biologische akkerbouw, melkveehouderij, varkenshouderij en pluimveehouderij*. Wageningen: Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu.
- PBL (2011), *The Protein Puzzle. The consumption and production of meat, dairy and fish in the European Union*. The Hague PBL Netherlands Environmental Assessment Agency.
- PBL (2012), *Roads from Rio+20*. The Hague: PBL Netherlands Environmental Assessment Agency
- PBL (2013), *De macht van het menu*. Den Haag PBL (Planbureau voor de Leefomgeving).
- PBL (2017), *Exploring future changes in land use and land condition and the impacts on food, water, climate change and biodiversity : scenarios for the UNCCD Global Land Outlook*. The Hague: PBL Netherlands Environmental Assessment Agency.
- PBL (2018), *Naar een wenkend perspectief voor de Nederlandse landbouw. Voorwaarden voor verandering*. Den Haag: PBL Planbureau voor de Leefomgeving Wenkend perspectief
- PBL (2019), *Dagelijkse kost. Hoe overheden, bedrijven en consumenten kunnen bijdragen aan een duurzaam voedselsysteem* Den Haag: PBL (Planbureau voor de Leefomgeving).
- Pretty, J. & Bharucha, Z.P. (2014), 'Sustainable intensification in agricultural systems', *Annals of Botany* 114 (8): 1571-1596.
- Rijksoverheid (2017), *Rijksoverheid stimuleert duurzame productie voedsel*, <https://www.rijksoverheid.nl/onderwerpen/voeding/duurzame-productie-voedsel>,
- RIVM (2016), *Milieubelasting van de voedselconsumptie in Nederland*. Bilthoven: RIVM.
- RIVM (2018), *Wat eet Nederland*, <https://www.wateetnederland.nl/resultaten/voedingsmiddelen/richtlijnen/groente-en-fruit,11-12-2018>
- Rossum, C.T.M. van, Fransen, H.P., Verkaik-Kloosterman, J., Buurma-Rethans, E.J.M. & Ocké, M.C. (2011), *Dutch national food consumption survey 2007-2010 : diet of children and adults aged 7 to 69 years*. Bilthoven: RIVM.
- Seves, S.M., Verkaik-Kloosterman, J., Biesbroek, S. & Temme, E.H.M. (2017), 'Are more environmentally sustainable diets with less meat and dairy nutritionally adequate?', *Public Health Nutrition*: 1-13.
- Soethoudt, H. & Vollebregt, M. (2018), *Monitor Voedselverspilling, update 2009-2016*. Wageningen: Wageningen Food & Biobased Research.
- Springmann, M., Clark, M., Mason-D'Croz, D., Wiebe, K., Bodirsky, B.L., Lassaletta, L., de Vries, W., Vermeulen, S.J., Herrero, M., Carlson, K.M., Jonell, M., Troell, M., DeClerck, F., Gordon, L.J., Zurayk, R., Scarborough, P., Rayner, M., Loken, B., Fanzo, J., Godfray, H.C.J., Tilman, D., Rockström, J. & Willett, W. (2018) 'Options for keeping the food system within environmental limits', *Nature* 562 (7728): 519-525.



- Stehfest, E., Bouwman, L., van Vuuren, D.P., den Elzen, M.G.J., Eickhout, B. & Kabat, P. (2009), 'Climate benefits of changing diet', *Climatic Change* 95 (1-2): 83-102.
- Stehfest, E., Van Vuuren, D., Kram, T., Bouwman, L., Alkemade, R., Bakkenes, M., Biemans, H., Bouwman, A., Den Elzen, M., Janse, J., Lucas, P., Van Minnen, J., Müller, M. & Prins, A. (2014), *Integrated Assessment of Global Environmental Change with IMAGE 3.0. Model description and policy applications*. The Hague: PBL Netherlands Environmental Assessment Agency.
- Taskforce Circular Economy in Food (2018), *Agenda Samen tegen voedselverspilling*. Wageningen, Taskforce Circular Economy in Food.
- Temme, E.H., Bakker, H.M., Seves, S.M., Verkaik-Kloosterman, J., Dekkers, A.L., van Raaij, J.M. & Ocké, M.C. (2015), 'How may a shift towards a more sustainable food consumption pattern affect nutrient intakes of Dutch children?', *Public health nutrition* 18 (13): 2468-2478.
- Temme, E.H.M., van der Voet, H., Thissen, J.T.N.M., Verkaik-Kloosterman, J., van Donkersgoed, G. & Nonhebel, S. (2013), 'Replacement of meat and dairy by plant-derived foods: estimated effects on land use, iron and SFA intakes in young Dutch adult females', *Public Health Nutrition* 16 (10): 1900-1907.
- Tilman, D. & Clark, M. (2014), 'Global diets link environmental sustainability and human health', *Nature* 515 (7528): 518-522.
- UDV (2015), *Uitvoeringsagenda Duurzame Veehouderij, jaarrapportage 2015*.
- UN (2015), *General Assembly resolution 70/1, Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development, A/RES/70/1 (21 October 2015), available from [undocs.org/A/RES/70/1](http://undocs.org/A/RES/70/1)*.
- Valk, E. de, Hollander, A. & Zijp, M. (2016), *Milieubelasting van de voedselconsumptie in Nederland*. Bilthoven: RIVM.
- Vellinga, T.V., Blonk, H., Marinussen, M., van Zeist, W.J., de Boer, I.J.M. & Starmans, D. (2013), *Methodology used in FeedPrint: a tool quantifying greenhouse gas emissions of feed production and utilization*. Lelystad: Wageningen UR Livestock Research.
- Westerhoven van, M. & Steenhuisen, F. (2010), *Bepaling voedselverliezen bij huishoudens en bedrijfscatering in Nederland*. Amsterdam: CREM.
- Westhoek, H., Lesschen, J.P., Rood, T., Wagner, S., De Marco, A., Murphy-Bokern, D., Leip, A., van Grinsven, H., Sutton, M.A. & Oenema, O. (2014), 'Food choices, health and environment: Effects of cutting Europe's meat and dairy intake', *Global Environmental Change* 26: 196-205.
- Westhoek, H. & Vonk, M. (2019 (verwacht)), *Monitoring voortgang verduurzaming voedselsysteem. Wat is relevant, gewenst en mogelijk?* Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving.
- Willett, W., Rockström, J., Loken, B., Springmann, M., Lang, T., Vermeulen, S., Garnett, T., Tilman, D., DeClerck, F., Wood, A., Jonell, M., Clark, M., Gordon, L.J., Fanzo, J., Hawkes, C., Zurayk, R., Rivera, J.A., De Vries, W., Majele Sibanda, L., Afshin, A., Chaudhary, A., Herrero, M., Agustina, R., Branca, F., Lartey, A., Fan, S., Crona, B., Fox, E., Bignet, V., Troell, M., Lindahl, T., Singh, S., Cornell, S.E., Srinath Reddy, K., Narain, S., Nishtar, S. & Murray, C.J.L. (2019), 'Food in the Anthropocene: the EAT–Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems', *The Lancet* 393 (10170): 447-492.
- Wilting, H., Hanemaaijer, A., van Oorschot, M. & Rood, T. (2015), *Trends in Nederlandse voetafdrukken 1995-2010*. Den Haag: Planbureau voor de Leefomgeving (PBL).
- Zanten, H.H.E. van, Bikker, P., Meerburg, B.G. & de Boer, I.J.M. (2018a), 'Attributional versus consequential life cycle assessment and feed optimization: alternative protein sources in pig diets', *The International Journal of Life Cycle Assessment* 23 (1): 1-11.
- Zanten, H.H.E. van, Herrero, M., Van Hal, O., Rööös, E., Muller, A., Garnett, T., Gerber, P.J., Schader, C. & De Boer, I.J.M. (2018b), 'Defining a land boundary for sustainable livestock consumption', *Global Change Biology* 24 (9): 4185-4194.