university of groningen
faculty of science and engineering
energy and sustainability research institute groningen

Milieu-impact circulaire opties voedsel & verpakking

VERANTWOORDING

Dit rapport is tot stand gekomen in het kader van het Werkprogramma Monitoring en Sturing Circulaire Economie 2019-2023. Dit werkprogramma is een samenwerkingsverband van het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS), Centrum voor Milieuwetenschappen Leiden (CML), het Centraal Planbureau (CPB), het Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu (RIVM), RVO.nl, Rijkswaterstaat, TNO en de Universiteit Utrecht (UU) onder leiding van het Planbureau voor de Leefomgeving (PBL). Het kabinet streeft naar een volledig circulaire economie in 2050. Het doel van het werkprogramma is om de door het kabinet uitgezette koers naar 2050 te kunnen monitoren en te evalueren en de overheid te voorzien van de kennis die nodig is voor de vormgeving of bijsturing van beleid. Meer informatie over het Werkprogramma Monitoring en Sturing Circulaire Economie is te vinden op https://www.pbl.nl/monitoring-circulaire-economie.

Monitoring en Sturing
Circulaire Economie

INHOUDSOPGAVE

1. Introductie ... 3
2. PLAN van aanpak ... 4
   2.1. Ketenanalyse ... 4
3. Achtergrond van de methode en het EAP softwarepakket ... 6
   3.1. Wetenschappelijke inbedding en beschrijving van de methode ... 6
   3.2. Opmerkingen bij de implementatie van de methode in EAP ... 7
   3.3. Het EAP Softwarepakket ... 7
      3.3.1. Data en databronnen ... 8
4. Data en Databases ... 9
   4.1. Algemeen ... 9
   4.2. Basisgoederen ... 10
      4.2.1. Ketenverliezen ... 10
      4.2.2. Seizoensopslag ... 11
      4.2.3. Biologische producten ... 12
   4.3. Verpakkingsmaterialen ... 12
   4.4. Producenten ... 12
   4.5. Transport ... 12
   4.6. Handel ... 13
   4.7. Direct energiegebruik ... 13
   4.8. Afvalverwerking ... 14
5. Analyses ... 15
6. Resultaten ... 17
   6.1. Overzicht milieuwinst van reductiemaatregelen ... 17
   6.2. Maaltijden ... 19
   6.3. Overzicht per categorie ... 20
   6.4. Vergelijking ... 26
   6.5. Conclusies ... 28
7. Referenties ... 30

APPENDIX A: Analyses ... 32
APPENDIX B: Databestanden ... 35
APPENDIX C: maaltijden ... 36
APPENDIX D: Resultaten ... 39
APPENDIX E: Verbeteropties en alternatieven ... 48
APPENDIX F: Standaard producten ... 50

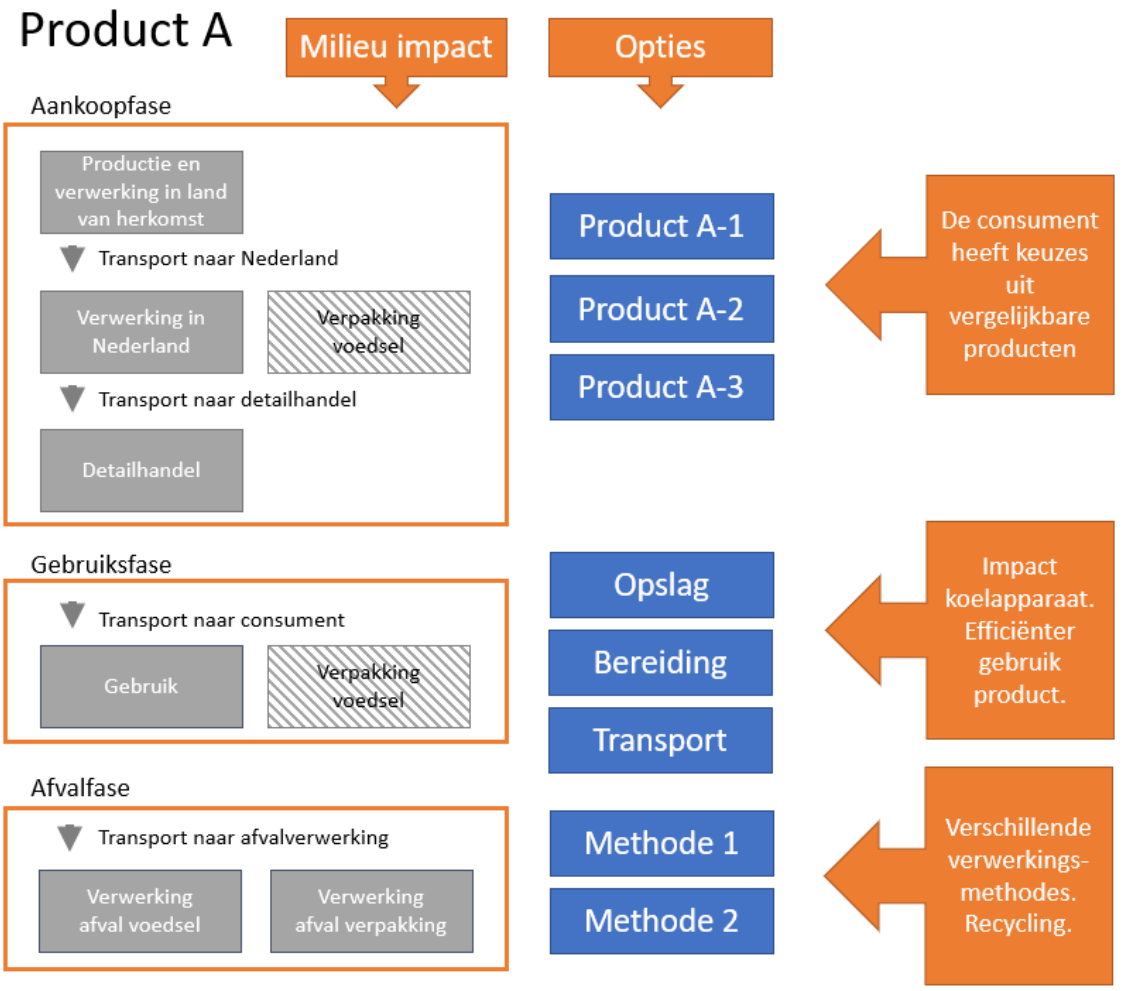
1. INTRODUCTIE

Het onderliggende rapport is de verslaglegging van het project: Milieu impact circulaire opties voedsel en verpakking. Voor dit project wordt de milieu impact van verschillende voedselketens geïnventariseerd. Dit is om aanbevelingen over circulaire opties voor consumenten te doen. Alleen de aanbevelingen waarin consumentenkeuzes een rol spelen worden meegenomen. De milieu impact wordt beoordeeld op klimaatverandering (broeikasgas) en landgebruik. Voor elke geselecteerde voedselcategorie (groente, fruit, vlees, drank e.d.) worden 2 à 3 producten gekozen die de bandbreedte aan consumenten keuzes weerspiegelen (bijv. kas- en vollegrondgroente in de categorie groente).

Het rapport bestaat uit een korte beschrijving van de achtergrond, vervolgens wordt het plan van aanpak voor dit project geschetst (H2) en de methode en de software EAP wordt kort beschreven (H3). In de hoofdstukken 4 en 5 worden de gebruikte data, de specifieke keuzes die hierbij zijn gemaakt t.o.v. de EAP update van eerder dit jaar (Benders, 2021), de berekeningen die buiten EAP om gedaan zijn (H4) en gemaakte analyses (H5) beschreven. In het resultatenhoofdstuk (H6) worden de diverse analyses binnen een categorie getoond en worden de resultaten vergeleken met andere onderzoeken om een idee te krijgen van de kwaliteit van de verkregen resultaten.

2. PLAN VAN AANPAK

Voor dit project wordt de milieu impact van verschillende voedselketens geïnventariseerd. Dit is om aanbevelingen over circulaire opties voor consumenten te doen. Alleen de aanbevelingen waarin consumentenkeuzes een rol spelen worden meegenomen. De milieu impact wordt beoordeeld op klimaatverandering (broeikasgassen) en landgebruik.



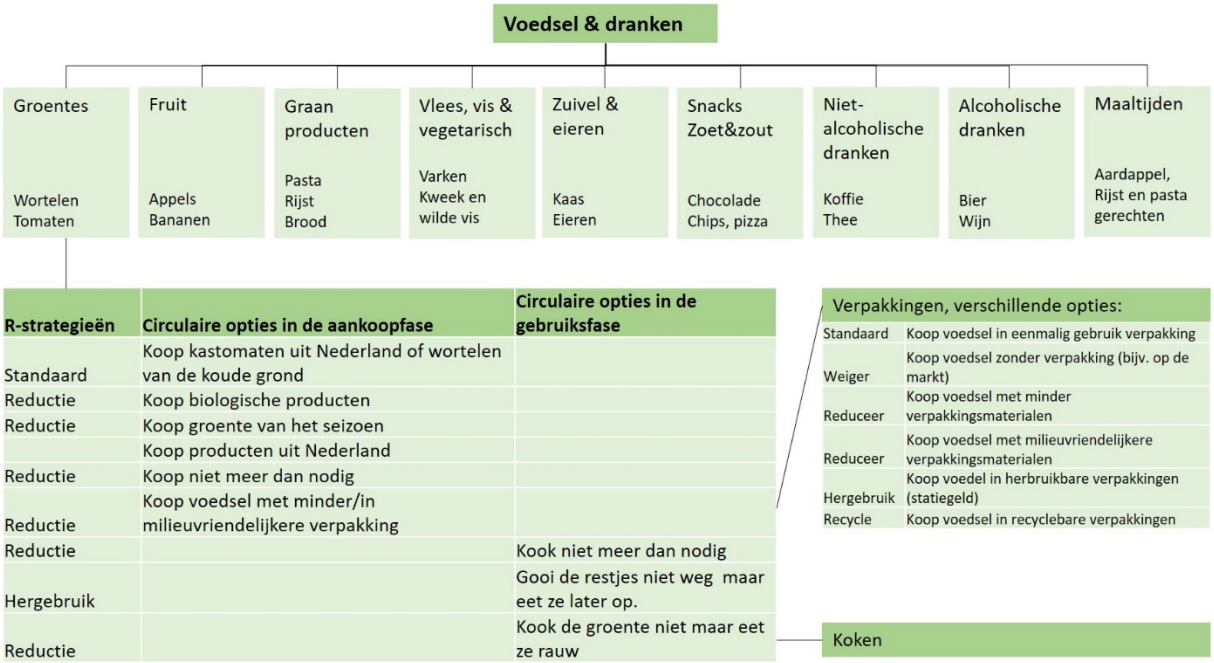
Figuur 1: Keuzes in de keten voor product A

2.1. Ketenanalyse

Voor de verschillende keuze worden ketens geconstrueerd waarvan de milieu impact wordt bepaald. Deze ketens worden in drie delen opgeknipt (aankoop, gebruik en afval). In Figuur 2 is geïllustreerd hoe de verschillende consumentenkeuzes opgebouwd worden. Om uiteindelijk tot deze consumentenkeuzes te komen zijn 5 stappen gemaakt.

1. *Categorieën en producten*
   Per geselecteerde categorie worden twee of meerdere producten gekozen die representatief zijn voor de betreffende categorie (zie Figuur 3). Deze figuur geeft geen volledig overzicht van alle producten. Zo zijn bijvoorbeeld in de categorie vlees & vis ook vegetarische en plantaardige eiwit bronnen toegevoegd.

2. *Verschillende opties voor consumenten*
   Voor de geselecteerde producten zijn, naast de standaard optie, product specifieke opties gedefinieerd die consumentenkeuzes representeren. Elk van deze keuzes heeft een meer of mindere impact op het milieu. Deze consumentenopties zijn weer onderverdeeld in aankoop- en gebruiksfase opties. Voorbeelden hiervoor zijn respectievelijk: kas/vollegrond groente, preciezer koken zodat er niets of minder weggegooid hoeft te worden. Het huishoudelijk energiegebruik: elektriciteit voor koeling en gas/elektriciteit voor koken is gekoppeld aan de keuze voor een bepaald product en consumentenkeuze (zie Figuur 3).
3. *Toevoegen informatie EAP*
   Op basis van verliezen in de keten, tijdens productie of bij de consument en hierboven geschetste opties (stap 2) wordt de invoer voor EAP berekend. De belangrijkst gegevens zijn de hoeveelheid basisgoederen, de verpakkingsmaterialen, het transport en het direct energiegebruik (zie Figuur 2).
4. *De milieu-impact van aankoop en gebruik*
   EAP berekend vervolgens de milieu-impact van de diverse producten en de consumentenkeuzen van deze producten. De milieu-impact wordt uitgedrukt in broeikasgasemissies (kg CO_2-eq.) en landgebruik (m^2). De uitkomsten van de afzonderlijke berekeningen worden vervolgens met elkaar vergeleken zodat dat duidelijk wordt welke opties een positieve of negatieve impact hebben op het milieu en in welke mate,
5. *Milieu-impact van maaltijden*
   Als laatste worden diverse producten gecombineerd tot maaltijden: 4 varianten (vlees of vis, vegetarisch, volledig plantaardig, biologisch) voor de die basis ingrediënten (aardappelen, rijst en pasta).



Figuur 2: Schema van voedsel & dranken categorieën, producten en consumentenopties. Zie Appendix A en E voor een complete lijst van de opties.

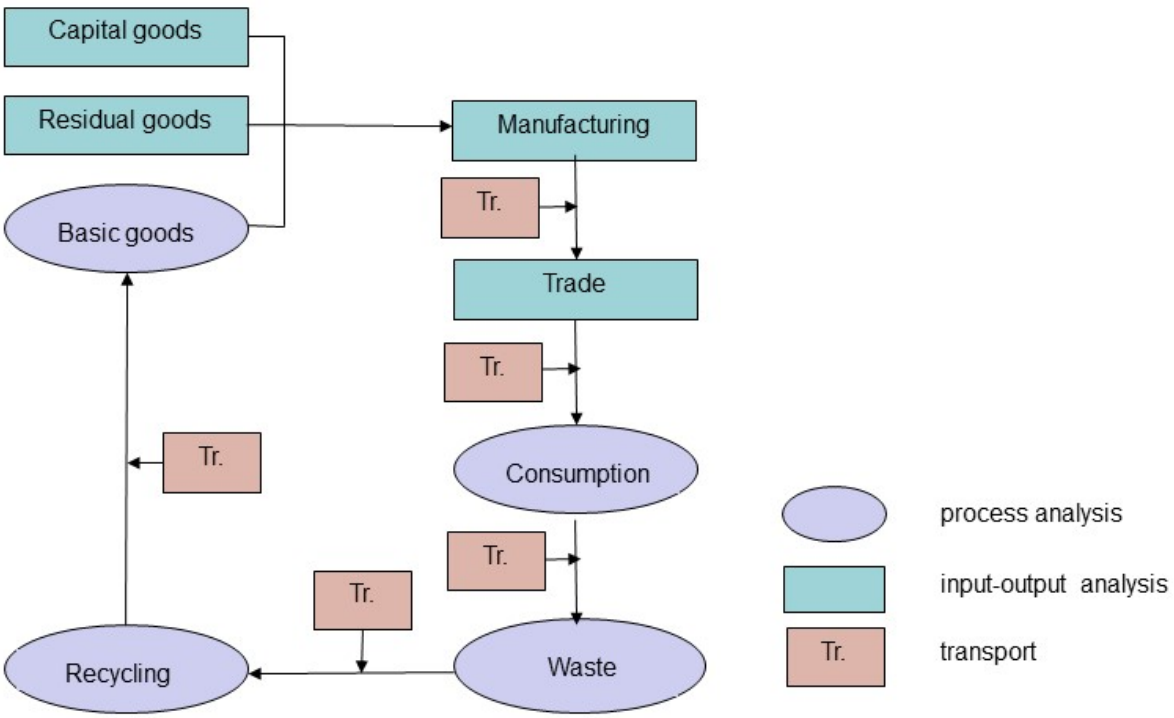
3. ACHTERGROND VAN DE METHODE EN HET EAP SOFTWAREPAKKET

Het EAP softwarepakket (kortweg EAP) is ontwikkeld aan de Rijksuniversiteit Groningen in de jaren negentig van de vorige eeuw [Wilting, 1996]. De eerste versie van EAP is ontwikkeld in de context van het "Energie-intensiteit van leefsstijlen" project. Dit onderzoek werd gedaan in opdracht van het Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke ordening en Milieu. Onderzoekers van ECN, de Rijksuniversiteit Utrecht (NW&S) en de Rijksuniversiteit Groningen (IVEM) berekenden het energiegebruik van meer dan 350 consumptie-categorieën. EAP is daarna verder ontwikkeld in het kader van het "Perspectief" project uitgevoerd in opdracht van hetzelfde Ministerie en voor het project "Reduction of CO_2 emissions by lifestyle changes". Dit project werd uitgevoerd als onderdeel van het Nationaal programma ''Global air pollution and Climate Change'' [Biesiot et al., 1995]. Hiervoor werden de broeikasgassen CO_2, CH_4 en N_2O toegevoegd. In het kader van het Europese Toolsust-project zijn er ook versies voor de UK, Noorwegen en Zweden ontwikkeld [Moll et al., 2005]. Later werden hieraan nog andere emissies en landgebruik toegevoegd [Benders et al., 2012]. In het kader van het Werkprogramma Monitoring en Sturing Circulaire Economie is in 2020-2021 een nieuwe update gemaakt met data uit 2017 en zijn materialen deels toegevoegd (Benders et. al, 2021).

3.1. Wetenschappelijke inbedding en beschrijving van de methode

De wetenschappelijke basis voor de hybridemethode om het energiebeslag van huishoudelijke bestedingen te berekenen, zoals toegepast in EAP, werd gelegd in de jaren zeventig van de vorige eeuw. Bullard et al. [1978] ontwikkelde een methode voor het bepalen van het indirecte energiegebruik van consumptieve bestedingen. Deze methode combineert proces- en input-outputanalyse. Engelenburg et al. [1994] hebben deze methode verder uitgewerkt tot een praktische stap-voor-stapmethode. Wilting [1996] heeft deze methode vervolgens geïmplementeerd in het softwarepakket, EAP genaamd. Procesanalyse is gebaseerd op fysieke termen van de processen en materialen die een onderdeel vormen van een consumptieve besteding. De procesanalyse is preciezer, vergt meer (gedetailleerde) data en meer tijd voor het maken van product analyses. De input-output analyse is afhankelijk van de beschikbaarheid van statische data, sneller maar minder precies. Castellani et al. (2019) vergelijkt beide methode en komt o.a. met de conclusie dat er meer onderzoeksinspanningen moet komen gericht op een combinatie van beide methoden. De hier beschreven hybride methode maakt gebruik van de sterke kanten zonder al in te leveren op de zwakke punten. Figuur 1 laat zien welke onderdelen van de methode m.b.v. proces- en input-out analyse worden gedaan.

De methode kan gebruikt worden om de milieudruk van de gehele levenscyclus van een consumentenbesteding te bepalen.



Figuur 3. Schema van de EAP berekeningswijze.

3.2. Opmerkingen bij de implementatie van de methode in EAP

De hydridemethode in EAP maakt slechts gebruik van Nederlandse input-outputtabel. Dit betekent dat impliciet de aanname wordt gedaan dat de productie buiten Nederland dezelfde milieu-impact heeft als die verwacht kan worden op basis van het Nederlandse productiesysteem. Het procesanalysedeel van de hybridemethode, met name de basisgoederen, maakt het mogelijk om een belangrijk deel van de productie toch in het buitenland 'plaats te laten vinden'. De data van de gebruikte grondstoffen kunnen wel gebaseerd zijn op de milieu-impact zoals die in andere landen plaatsvond. Een analyse van de verschillen tussen de hybridemethode en de multiregionale IO methode wordt beschreven door Vringer et al. (2010). De auteurs komen tot de conclusie dat beide methoden een positieve bijdrage leveren t.o.v. een Single-regionale benadering en dat een volgende stap een combinatie van beiden zou moeten zijn.

De hierboven beschreven methode kan zonder problemen op de meeste bestedingscategorieën worden toegepast. Voor sommige bestedingscategorieën blijkt de methode echter minder geschikt, speciaal voor die in de dienstensector. In deze gevallen moet er een ad hoc methode gebruikt worden om het energiegebruik en andere milieudrukken en -impacts te bepalen.

Zoals hierboven beschreven is de methode oorspronkelijk ontwikkeld voor het bepalen van de cumulatieve milieudruk van bestedingscategorieën.

3.3. Het EAP Softwarepakket

Onder het EAP softwarepakket (kortweg EAP) wordt het rekenprogramma inclusief de bijbehorende databases verstaan. In de databases staan alle gegevens (kosten, energie- en emissie-intensiteiten van de sectoren, materialen, transport e.d.) die nodig zijn bij de stap-voor-stapanalyse zoals hiervoor beschreven. De software met de bijbehorende databases maken het doen van een analyse van een bestedingscategorie met deze stap-voor-stapmethode een relatief eenvoudige invuloefening. Zoals vermeld (zie: "Opmerkingen bij de methode") geldt dit niet voor alle analyses. Deze analyses zullen dus (deels) buiten EAP gedaan moeten worden. EAP biedt echter wel de mogelijkheid om de

resultaten van deze berekeningen als resultaatanalyse in een aparte database in EAP op te slaan. Het voordeel hiervan is dat deze analyses opgenomen worden in de totaallijst van de budgetcategorieën zoals aanwezig in het budgetonderzoek.

3.3.1. Data en databronnen

In EAP zijn gegevens uit verschillende bronnen gebruikt. De benodigde data zijn op te delen in twee groepen: data voor procesanalyse (in fysieke termen) en data voor input-output analyse (economische termen) Voor het procesanalyse deel zijn de databases van Agrifootprint, Ecoinvent en de FAO. Voor deze studie wordt nagegaan of de beschikbare data toereikend is of moet worden uitgebreid. Voor de toegang tot de Ecoinvent en Agrifootprint databases wordt de online omgeving van de RUG gebruikt. Voor het input-output deel wordt voornamelijk gebruik gemaakt van CBS statistieken: input-outputtabellen, nationale rekeningen, marges van de handel, sectorclassificaties, aardgas- en elektriciteitsprijzen, prijsindexcijfers voor de basisgoederen. Voor zover mogelijk worden gegevens uit 2017 gebruikt.

De beschikbaarheid van emissies in de nationale milieurekeningen bepaalt wat er wel en niet meegenomen kan worden. Naast energie zijn dit de emissies van: CO_2, CH_4, N_2O, NO_x, SO_2, NH_3, $CFK12_{eq.}$, CO, NMVOS en PM10. Deze emissies worden gekoppeld aan de financiële gegevens van de productiewaarden van de sectoren. Naast de emissies uit de nationale rekeningen wordt landgebruik nog toegevoegd. Landgebruik is niet aanwezig in de nationale rekeningen daarom wordt er gebruik gemaakt van de data uit 2000. Landgebruik wordt voor het overgrote deel bepaald door landbouwproducten die ruim vertegenwoordigd zijn in de basisgoederen. Voor de basisgoederen zijn, m.b.v. de al eerder genoemde databases van Ecoinvent etc., nieuwe landgebruiksdata toegevoegd. De emissies kunnen worden gegroepeerd als de impactcategorieën klimaatverandering (GWP-100 in kg CO_2 eq.), verzuring (kg SO_2 eq.), ozonlaagaantasting (kg CFK-11 eq.) en fotochemische smog (kg C_2H_2 eq.). Zie voor meer achtergrondinformatie het EAP update rapport (Benders, 2021)

Voor deze studie is alleen gekeken naar klimaatverandering en landgebruik, zie Tabel 1voor de gebruikte GWP emissiecoëfficiënten.

Tabel 1. Global Warming Potential

Klimaatverandering, GWP 100 in kg CO_2[a]	CO_2	1
	CH_4	28
	N_2O	265
	CFK-12	10200

[a] IPCC (2013);

4. DATA EN DATABASES

4.1. Algemeen

EAP is zoals beschreven is in hoofdstuk 2 gebaseerd op een hybride methode. Bij de berekeningen, gemaakt voor dit project is gebruik gemaakt van de versie gebaseerd op 2017 data en beschreven door Benders et al. (2021). De voor dit project gemaakte aanpassingen op de 2021 update worden in dit hoofdstuk beschreven. De belangrijkste aanpassingen hebben betrekking op de basisgoederen en verpakkingsmaterialen, en het directe energiegebruik en het expliciet maken van ketenverliezen.

4.2. Basisgoederen

De energie- en emissiedata zijn voornamelijk gebaseerd op de Ecoinvent 3 en de Agri-footprint database. Daarnaast is nog gebruik gemaakt van: FAOstat, Blonk en Idemat. De, in dit onderzoek gebruikte basisgoederen, zijn grotendeels aangepast voor dit onderzoek. De producentenprijzen voor de basisgoederen zijn waar mogelijk overgenomen uit de recente update (Benders et al., 2021) indien nodig aangepast. De energie- en emissiedata van de basisgoederen zijn exclusief transport naar Nederland. De basisgoederen worden door het toevoegen van transportafstanden herkomst specifiek gemaakt, zie paragraaf 4.5.

4.2.1. Ketenverliezen

Bij de productie van voedingsmiddelen treden er in alle stappen van de keten verliezen op. Deze stappen zijn: bij de boer (niet in de tabel), bij de eventuele productie (koken en inblikken), in de handel (supermarkt) en bij de consument, zie Tabel 2 (Caldeira et al., 2019). De verliezen bij de boer zijn in dit project niet meegenomen. De motivatie hiervoor is dat de keuze die de consument kan maken niet of nauwelijks van invloed is op deze verliezen. Daarnaast hebben de gebruikte gegevens (emissies, landgebruik en kosten) allen betrekking op de boerderij-af producten. De kosten en milieu-impact van de verliezen in deze stap van de keten zit dus in de producten die de boerderij verlaten als product. In de huishoudens wordt vervolgens weer onderscheid gemaakt in vermijdbaar en onvermijdbaar afval. Onvermijdbaar afval zijn de niet eetbare delen van groente fruit, aardappelen, thee en koffie (bijv. het groen van bospeen, bananenschil), deze zijn gebaseerd op eigen metingen (Tabel 3). Het vermijdbare afval (voedsel dat wordt weggegooid) bij consumptie zijn gebaseerd op een studie voor Nederland van het CREM (Steenhuizen, 2019) en een studie van de Stichting Voedingscentrum (Dooren, 2019). Vermijdbaar afval heeft weer een onderverdeling in: onaangeroerd (bijv. al bedorven voor het gebruikt kon worden) aangeroerd (geopende verpakking daarna bedorven) bereid (het teveel gekookte wordt weggegooid), zie Tabel 3.

Tabel 2: Voedselverliezen in procenten van de totale productie voor Verwerking & Bewerking en Handel & Distributie, voor de EU, bewerkt: Caldeira et al. (2019).

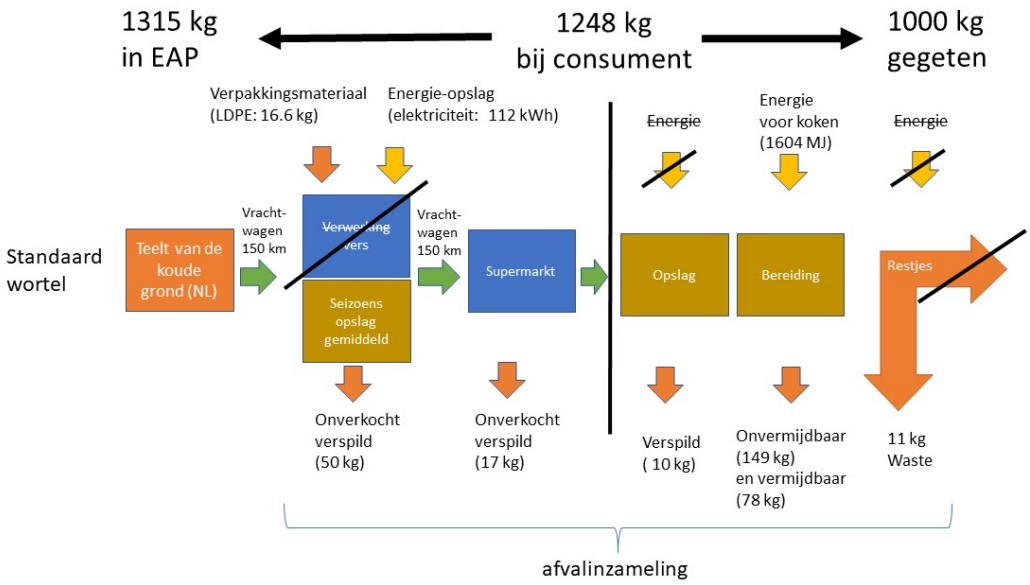
Product	Verwerking & Bewerking	Handel & Distributie
Vlees	4,7	2,8
Vis	3,8	2,4
Zuivel	0,7	0,3
Eieren	1,6	1,6
Granen	3,2	2,2
Fruit	9,0	1,2
Groente	3,8	1,3
Aardappelen	4,9	0,7

Tabel 3: Percentage verspilling per voedselcategorie. Onvermijdbaar zijn niet eetbare delen van groente, fruit en aardappelen. Vermijdbaar totaal is het percentage voedsel dat wordt weggegooid. De drie laatste kolommen zijn een onderverdeling van Vermijdbaar totaal.

Voedsel-categorie	Onvermijdbaar[1]	Vermijdbaar totaal[2]	Vermijdbaar bereid[3]	Vermijdbaar Onaangeroerd[3]	Vermijdbaar onbereid/ Aangeroerd[3]
Vlees	0	7,0	42	18	40
Vis	0	7,2	20	44	36
Eieren	0	6,2	6	0	94
Groente[4]	0-12	7.9	11	10	79
Fruit[4]	10-30	6,8	0	1	99
Aardappelen	18	12,6	47	4	49
Brood	0	21,5	2	11	87
Rijst	0	38,9	83	5	12
Pasta	0	34,1	75	3	22
Snoep, snacks	0	4,6	0	36	64

1 eigen metingen
2 naar Stichting Voedingscentrum Nederland (Dooren, 2019)
3 naar Steenhuisen (2019).
4 er is onderscheid gemaakt tussen de verschillende groente en fruit

Figuur 5 laat schematisch een rekenvoorbeeld zien van wortelen (1000kg gegeten). Als de vermijdbare verspilling wordt gereduceerd heeft dit impact op de energie voor koken en voor de hoeveelheden upstream in de keten.



Figuur 4: Keten verliezen en eneriegebruik in de standaard wortelketen (Groente).
De verliezen upstream komen uit Tabel 2, de verliezen bij de consument uit Tabel 3. De onvermijdbare verliezen voor wortelen zijn 12%.

4.2.2. Seizoensopslag

Sommigen basisgoederen (bijv. wortels, appels) worden gekoeld opgeslagen om na het seizoen geconsumeerd te worden. De aanname hierbij gemaakt is dat het opslag seizoen 180 dagen duurt en dat een gemiddelde groente 90 dagen gebruik maakt van deze opslag en het energiegebruik is 0.00059 kWh/liter/dag en een dichtheid van 0.5 kg/liter (Canals et al., 2007).

Figuur 5 laat een voorbeeld zien van de ketenverliezen en het benodigde energiegebruik in de keten, vanaf de boerderij.

4.2.3. Biologische producten

Naast een basisgoed uit de gangbare landbouw is er een voor een aantal basisgoederen een berekening gemaakt voor een biologische variant. Voor slecht een beperkt aantal landbouwproducten zijn er biologische varianten in de Ecoinvent 3 en de Agri-footprint database: aardappelen, sojabonen en tarwe. M.b.v. is een gemiddelde berekent wat de toe- of afname is voor de in dit onderzoek relevante milieu-impact (Broeikasgassen, landgebruik e.d.). Verder is voor vlees dezelfde correctiewaarde aangenomen daar het voer voor de dieren de belangrijkste factor is voor het biologische vlees, zie Tabel 4

Tabel 4: Correctiefactoren (GWP, landgebruik) biologische basisgoederen

Impact categorie	CO_2	CH_4	N_20	CFC12	Landgebruik	GWP
Biologische correctie factor	0,548	0,574	0,747	0,014	1,040	0,642

4.3. Verpakkingsmaterialen

Worden op een vergelijkbare manier verzameld en bewerkt als de basisgoederen.

4.4. Producenten

De producent is alleen toegevoegd in die gevallen dat het basisgoed nog een bewerking moet ondergaan om te leiden tot het gewenste product. Bijvoorbeeld het conserveren van een blik tomaten met als basisgoed tomaten uit de onverwarmde kas en als producent de groente en fruit verwerkende industrie.

4.5. Transport

Zoals beschreven bij de basisgoederen is de milieudruk exclusief transport per schip of vrachtwagen naar Nederland. Voor transport in Nederland is gekozen voor transport per vrachtwagen, al dan niet gekoeld met een gemiddelde afstand van 2 keer 150 km: van boerenbedrijf naar veiling en daarna naar de supermarkt. De afstanden en vervoermiddel voor de landen buiten Europa staan in Tabel 5.

Tabel 5: Transportmiddelen en -afstanden voor diverse basisgoederen

Transportmiddel	Land (afstand in km)	Product
Vrachtwagen groot gekoeld	Spanje (2.250)	Tomaten (onverw. Kas)
Schip transoceanisch	India/China (17.600)	Rijst
Schip transoceanisch	Zuid Europa (4000)	Rijst
Koelschip transoceanisch	Chili (14.500)	Appels
Vrachtwagen groot gekoeld	Spanje (2.250)	Sinaasappels
Koelschip transoceanisch	Ivoorkust (5.500)	Bananen
Koelschip transoceanisch	Midden Amerika (11.000)	Bananen, Papayas
Schip transoceanisch	Brazilië (11.500)	Koffie
Schip transoceanisch	Kenia (11.500)	Thee
Schip transoceanisch	Brazilië (11.500)	Sojabonen
Schip transoceanisch	India (12.000)	Kikkererwten
Koelschip transoceanisch	Brazilië (11.500)	Tilapia
Vrachtwagen groot	Europa (2.000)	Wijn
Schip transoceanisch	Zuid Afrika (10.000)	Wijn

4.6. Handel

De handel is onderverdeeld in groothandel, en detailhandel. Voor de detailhandel is gekozen voor de supermarkten en voor de groothandel zijn drie verschillende gekozen afhankelijk van het product: Groenten en fruit, Akkerbouwproducten of Voedingsmiddelen.

4.7. Direct energiegebruik

Het directe energiegebruik wordt bepaald door de hoeveelheid inclusief water, de kooktijd en het soort fornuis (gas of elektrisch). De berekening van de hoeveelheid energie die nodig is om een pan met inhoud aan de kook te brengen en aan de kook te houden gedurende de kooktijd is overgenomen uit Gerbens-Leenes (2000). Het energiegebruik voor de afzuigkap en eventuele koeling is gebruik gemaakt van jaarverbruik en vervolgens omgerekend.

$$E_{aankook/aanbak} = \sum_{g=1}^{n} \left(\left(G_g * sw_{rs} * \ \Delta T_g \right) + \left(\left(V_{wg} + V_g \right) * sw_w * \ \Delta T_w \right) \right) * \frac{1}{e} * 10^{-6} \ (MJ)$$

Waarin:

G_g = gewicht pan, gerecht g. Voor pannen worden de volgende gewichten gehanteerd:
kleine steelpan, doorsnede 12 com, inhoud 1 liter: 750 g
kleine pan, doorsnede 16 cm, inhoud 2,2 liter: 1100 g
middelste pan, doorsnede 18 cm, inhoud 3 liter: 1400 g
grote pan, doorsnede 20 cm, inhoud 4 liter: 17.50 g
koekenpan, doorsnede 20 cm: 500 g

sw_{rs} = soortelijke warmte roestvrij staal: 0.46 J/g.K

ΔT_g = temperatuurverhoging pan voor gerecht g: koken 100-20 = 80°C, bakken 120-20 = 100°C

V_{wg} = volume waterbenodigd voor het koken (kleine pan – 400 ml)

V_g = gewicht te koken ingredienten (g)

Sw_w = soortelijke warmte water: 4.18 J/g.K

ΔT_w = temperatuurverhoging water: 100-15 = 85°C

e = efficiëntie koken op gas

$$E_{doorkook/doorbak} = \sum_{g=1}^{n} K_g * 60 * VM_g * 10^{-6} \ (MJ)$$

Waarin:
K_g = kooktijd gerecht g volgens de kooktijd op de verpakking (rijst, pasta), op basis van recepten of het Haagse kookboek
VM_g = vermogen gaspit bij doorkoken: 350 W (optioneel zijn 200 W en 450 W ook mogelijk)

$E_{grill/oven} = E_{op} + T * \frac{E_{uur}}{60} (MJ)$
Waarin:
E_{op} = opwarmenergie: voor de ovens 2.1 MJ, voor een grill 1.1
T = tijd (minuten)
E_{uur} = energie voor een uur verwarmen, voor ovens 7.6 MJ/uur, voor een grill 4,3 MJ/uur
$E_{wasemkap}$ 15 kWh per jaar (Keukenloods, 2021; web)

$E_{koeling}$ 250 kWh/jaar (gemiddelde van een nieuwe en 10 jaar oude koelvries combinatie: 160, 340 kWh respectievelijk (Milieu centraal, 2021a; web)

Voor het type gasfornuis is gebruikgemaakt van een verhouding van de Nederlandse fornuizen volgens ETNA (2021; web): gas (56%, keramisch (15%), inductie (29%)

4.8. Afvalverwerking

In dit project is alleen het ophalen van het afval meegenomen en niet de verwerking ervan (compostering, recycling en verbranding). De redenen voor het niet meenemen is de extra complexiteit die lastig te kwantificeren, die deze toevoeging met zich meebrengt. Elk van de drie verwerkingsmethoden heeft een verminderde milieu-impact elders in de keten tot gevolg. Denk aan de uitgespaarde energie wanneer huisvuil wordt verbrand met energieopwekking (elektriciteit en warmte). In dit geval hoeft er dan minder elektriciteit te worden opgewekt. Er moet dan nog welonderscheid gemaakt worden tussen het biogene en fossiel deel van het afval. Alleen voor het fossiel deel (plastics) moet de CO_2 emissie worden meegenomen. Ook bij compostering kan al dan niet met een compensatie rekening houden: uitgespaarde kunstmest of uitgespaarde compost op basis van turf? Eenzelfde redenering kan voor de recycling van plastics worden opgehangen. Het hergebruik van glas en blik zijn via de basisgoederen wel meegenomen.

5. ANALYSES

Dit hoofdstuk geeft een beknopt overzicht van de gemaakte analyses (Tabel 6). Voor de volledige lijst zie Appendix A. Bij de categorieën is een keuze gemaakt voor die type voedselcategorieën waar de consument iets te kiezen heeft en waar een eventuele keuze ook een substantiële reductie van de milieu impact (GWP en landgebruik) kan hebben. Met andere woorden, alleen de aanbevelingen waarin consumentenkeuzes een rol spelen worden meegenomen. Voor elke geselecteerde voedselcategorie (groente, fruit, vlees, drank e.d.) worden 2 à 3 producten gekozen die de bandbreedte aan consumenten keuzes weerspiegelen (bijv. kas- en vollegrondgroente in de categorie groente, verschillende verpakkingen e.d.).

Tabel 6: analyse overzicht. In appendix E staat een volledig overzicht van de gemaakte analyses. In appendix F staat de beschrijving van de standaardproducten.

Categorie	**Product**	**Opmerking**
Groente en fruit	Wortel	Verschil in teeltwijze (kas of vollegrond), herkomst, verpakkingen, verliezen bij consumptie, bereidingswijze.
	Tomaat	
	Appel	Herkomst (o.a. transportafstand), teeltwijze.
	Banaan	
Basis voedsel	Pasta	Herkomst (o.a. transportafstand), teeltwijze, verliezen bij consumptie, bereiding.
	Rijst	
	Aardappel	
	Brood	Productiewijze, verliezen bij consumptie
Zoet & snacks	Chocolade	Verschillende basisproducten, herkomst, teeltwijze.
	Koekje	
	Chips	Verschillende basisproducten, teeltwijze
	Pizza	
Vlees & vis	Vlees	Varken, kip en rund, productiewijze
	Vis	Gekweekt (tilapia, forel), wild (haring, tonijn)
	Plantaardig	Als vlees vervanger (soja, falafel)
Zuivel & eieren	Kaas	Als vleesvervanger en als zelfstandig product, ook veganistische variant
	Eieren	productiewijze, ook veganistische variant
Niet alcoholische dranken	Koffie	Bereidingswijze, verpakkingen, teeltwijze
	Thee	
	Frisdrank	
Alcoholische dranken	Wijn	Herkomst, verpakkingen, teeltwijze
	Bier	
Maaltijden	Diversen	Zie Tabel 6

De functionele eenheid is 1000 kg consumptie voor de basisgoederen en 1000 porties voor de maaltijden.
Bij de samenstelling van de maaltijden is alleen gebruik gemaakt van de reeds gemaakte analyses, zie Tabel 6. Dit speelt voornamelijk bij de groenten. De geanalyseerde groente zijn een proxy voor vollegrond- en kasteelt. De, in de maaltijden, gebruikte groenten krijgen dus de waarden van wortel of tomaat of een mix in een bepaalde verhouding (zie Tabel 7 en appendix C).

Tabel 7: Maaltijd overzicht. Zie voor de gerechten appendix C

Basis	Vlees/vis	Vegetarisch	Veganistisch	Biologisch
Pasta	paprika, varkensgehakt, ui, blik tomaten	4 soorten kaas, ui, paprika, courgette	Als vlees maar dan met veganistische vervanger	Als vlees
Rijst	Tilapia wok gerecht, paprika, Chinese kool, ui	Risotto, pompoen, kaas, wijn	Gevulde pompoen, spinazie, kikkererwten	Als vis
Aardappel	Kip, sperziebonen (seizoen)	2 eieren, sperziebonen (seizoen)	Falafel, sperziebonen (seizoen)	Als vegetarisch

6. RESULTATEN

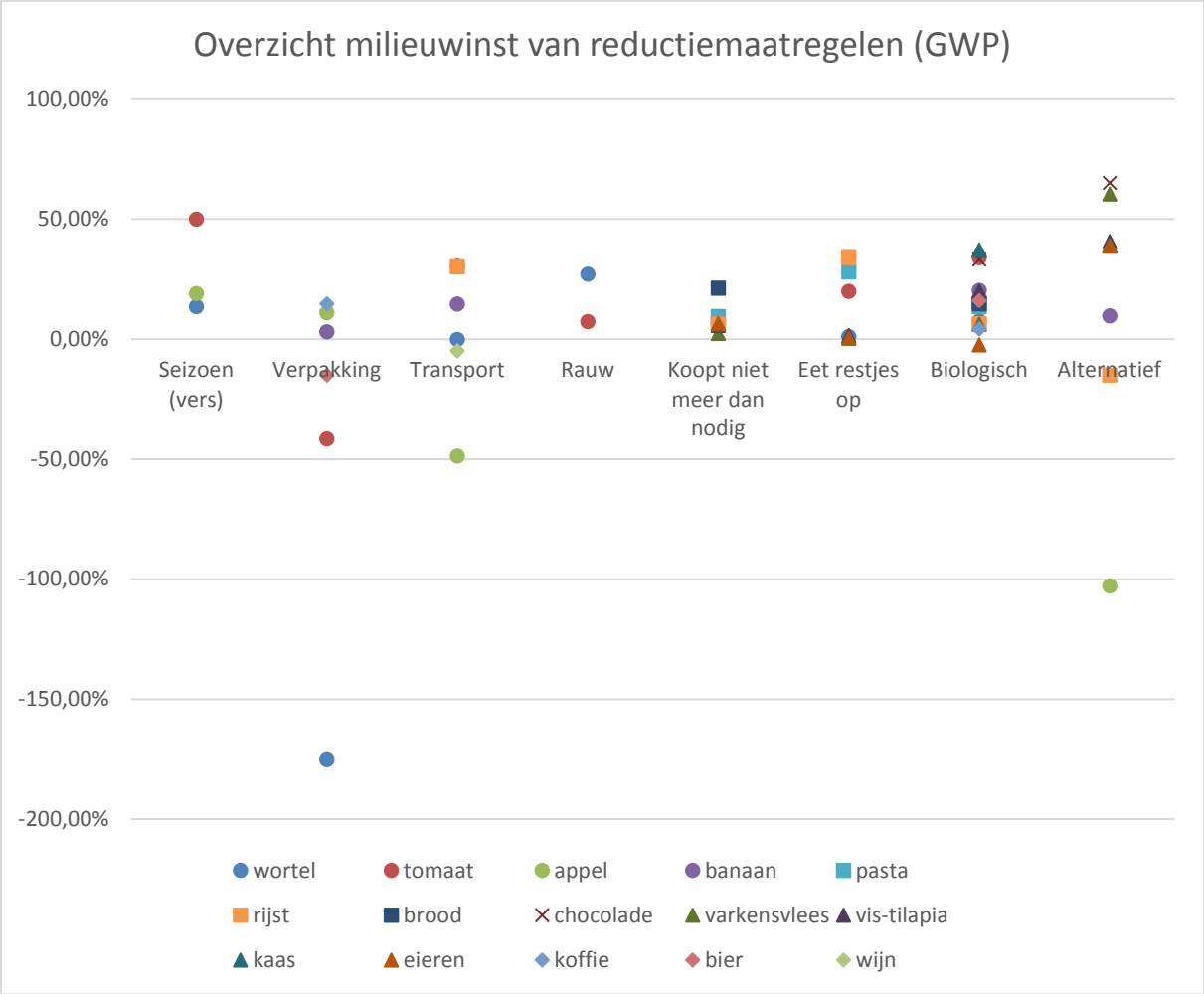
In dit hoofdstuk geeft een overzicht van de worden de belangrijkste resultaten. Appendix D geeft een volledig overzicht. Alle individuele producten zijn berekend voor 1000 kg gegeten. Voor de maaltijden is dit een aantal van 1000 porties.

6.1. Overzicht milieuwinst van reductiemaatregelen

Figuur 5 en Figuur 6 zijn laten de resultaten zien van de diverse productgroepen verdeelt over acht besparingsopties:

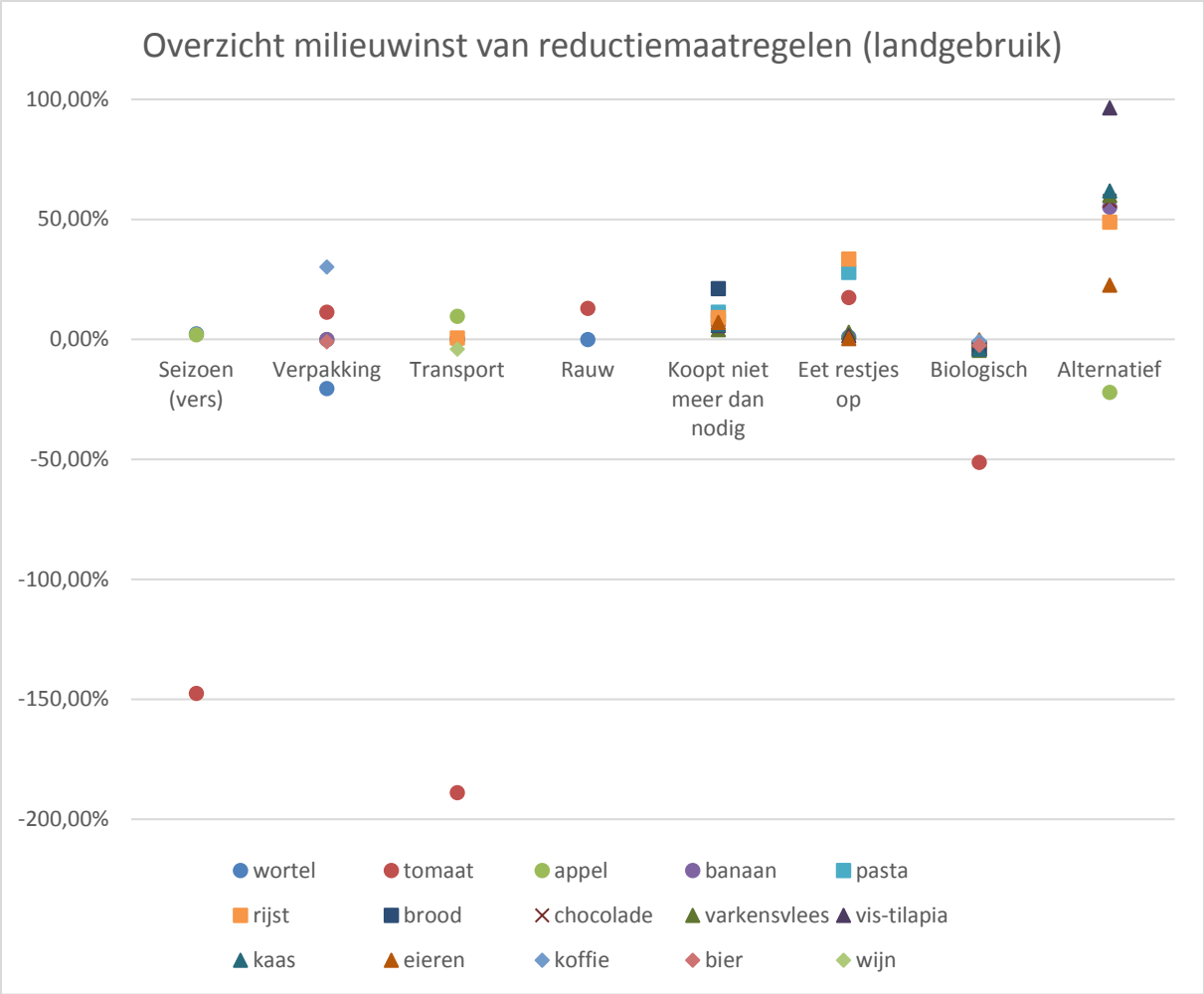
- *Seizoen (vers),* staat voor groente van de koude grond, zonder opslag in koelhuizen
- *Verpakking* laat de invloed van de verschillende verpakkingsmaterialen (papier, tot glas) zien t.o.v. de standaard verpakking.
- *Transport* laat het effect van langer transport afstanden van andere transportmiddelen zien.
- *Rauw* geeft het verschil aan met gekookte groente.
- *Koopt niet meer dan nodig,* laat het effect zien wanneer men precies zoveel koopt als nodig voor consumptie en dus niets hoeft te gooien omdat het over de datum of bedorven is.
- *Eet restjes op:* alles wat bereid wordt, wordt ook opgegeten. Dit betekent dus met preciezere hoeveelheden koken.
- *Biologisch,* laat het effect van biologische producten zien
- *Alternatief*, deze optie laat een scala van alternatieven zien die per categorie en of product kan verschillen.

Figuur 5 geeft een beeld van het effect van CE reductiemaatregelen (zie appendix E) voor broeikasgas emissies. De figuur laat de percentuele verschillen zien. Een positief percentage is een besparing t.o.v. de standaard (zie appendix F). Een duidelijk voorbeeld hier van is de tomaat uit het seizoen i.p.v. uit de verwarmde kas (rode rondje in 'Seizoen (vers)'. Een negatieve waarde bestekend een toename van de emissies t.o.v. de standaard. Een goed voorbeeld hiervan is wortelen in een glazen verpakking (blauwe rondje in 'Verpakking'). Wat ook op valt is dat in 'Eet restjes op' bij rijst en pasta de meeste winst te behalen valt. De reden dat tomaat hier hoog scoort is niet omdat er veel tomaat wordt weggegooid maar omdat het een kastomaat betreft die een hoge emissie-intensiteit heeft. Enkele voorbeelden in de besparingsoptie *Alternatief* zijn: koekjes i.p.v. chocolade, tofu als vervanger van varkensvlees en sinaasappel i.p.v. appel. De oorzaken van deze besparingen zijn respectievelijk: andere grondstoffen, plantaardige i.p.v. dierlijke producten en transportafstand.



Figuur 5: Deze figuur geeft een overzicht van de CO_2-eq. emissiereducties van de diverse CE opties ten opzichte van de standaard (zie appendix F). Elke categorie heeft een eigen 'marker' (rondje = groente&fruit, vierkantje = basisvoedsel, kruisje = snoep, driehoekje = dierlijke producten en ruitje – dranken) en elk product een eigen kleur. Wanneer meerdere alternatieven mogelijk waren is de meest extreme genomen. De alternatieven zijn appel = sinaasappel, banaan = papaja, rijst is aardappel (per portie), chocolade = koekje, varkensvlees = tofu, tilapia = forel, kaas = veganistische kaas, ei = veganistisch ei.

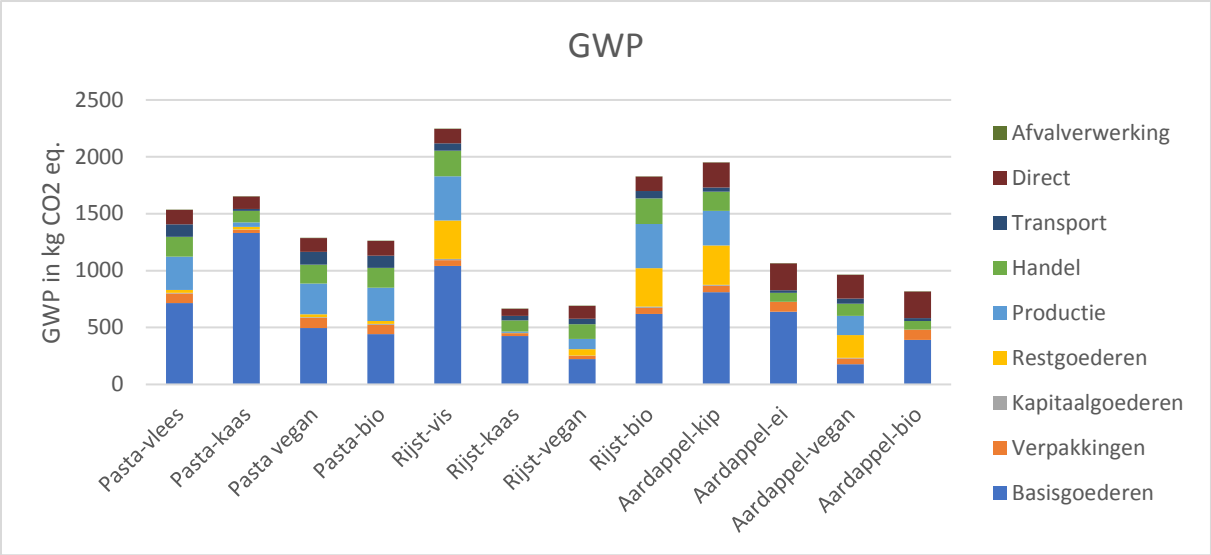
Figuur 6 geeft een beeld van het effect van CE reductiemaatregelen (zie appendix E) voor het landgebruik. De figuur laat de percentuele verschillen zien. Een positief percentage is een besparing t.o.v. de standaard (zie appendix F). Een duidelijk voorbeeld hier van is filterkoffie i.p.v. coffeepads (licht blauwe ruitje in 'Verpakking'. Een negatieve waarde bestekend een toename van het landgebruik t.o.v. de standaard. Een goed voorbeeld hiervan tomaten uit Spanje (rood rondje in 'Transport') die met een gekoelde vrachtwagen naar Nederland komen. Het moge duidelijk zijn dat een reductie van broeikasgassen niet altijd ook een reductie van landgebruik betekend. De biologische landbouw laat wel een reductie zien maar het landgebruik is juist hoger. Tomaten in de kas hebben een veel hogere broeikasgasemissie maar een veel geringer landgebruik. In de CE reductiemaatregelen: Verpakking, Transport, Rauw, Koopt niet meer dan nodig, Eet restjes op, lopen deze wel parallel. Bij de optie Alternatief geven de haring i.p.v. kweekvis, koekjes i.p.v. chocolade en plantaardige i.p.v. dierlijke producten (falafel en veganistische kaas) de grootste verschillen.



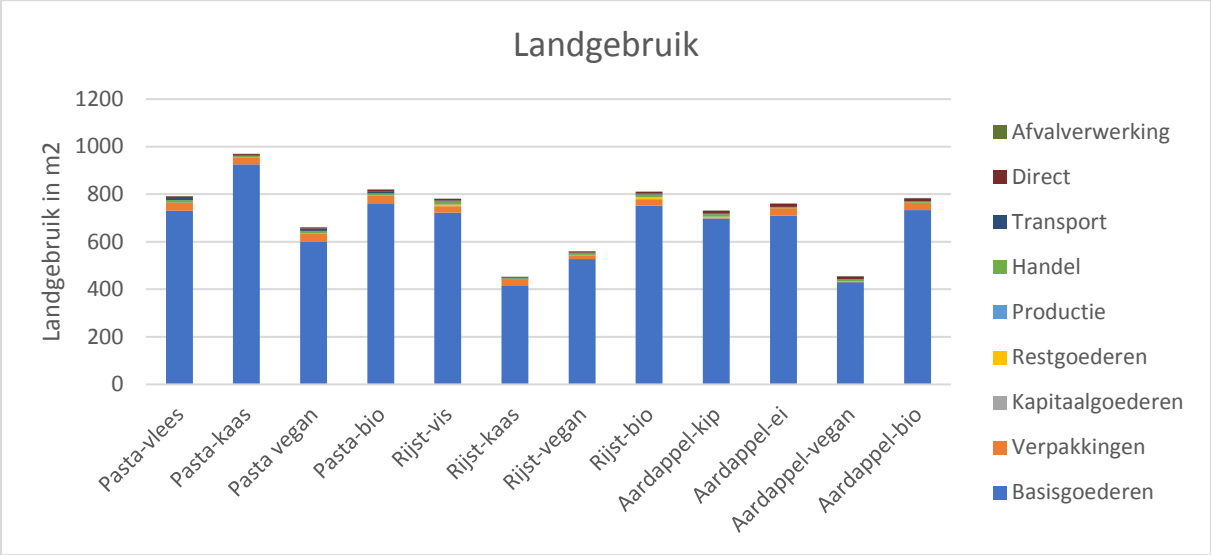
Figuur 6: Deze figuur geeft een overzicht van de landgebruik reducties van de diverse CE opties ten opzichte van de standaard (zie appendix F). Elke categorie heeft een eigen 'marker' (rondje = groente&fruit, vierkantje = basisvoedsel, kruisje = snoep, driehoekje = dierlijke producten en ruitje – dranken) en elk product een eigen kleur. Wanneer meerdere alternatieven mogelijk waren is de meest extreme genomen. De alternatieven zijn appel = sinaasappel, banaan = papaja, rijst is aardappel (per portie), chocolade = koekje, varkensvlees = falafel, tilapia = haring, kaas = veganistische kaas, ei = veganistisch ei.

6.2. Maaltijden

Naast de analyse van de individuele producten zijn ook een 12-tal maaltijden doorgerekend. Figuur 7 en Figuur 8 geven de resultaten weer van de 12 geanalyseerde maaltijden. De kanttekening die gemaakt moet worden dat de maaltijden binnen een basisvoedsel groep (pasta, rijst, aardappelen) niet altijd goed te vergelijken zijn daar meerdere ingrediënten kunnen verschillen. Bij de Aardappel schotel is alleen de eiwitbron vervangen door een andere. Het is lastig om algemene conclusies uit deze maaltijd vergelijking te trekken daar teveel variabelen tegelijk veranderen. Wat wel duidelijk te zien is dat de veganistische maaltijden (bijna) altijd een lage of de laagste milieu-impact hebben. De rijst maaltijd met kaas en de pasta met kaas maaltijd laten een groot verschil zien. Dit wordt veroorzaakt door de hoeveelheid kaas in beide gerechten (25g en 100g per persoon). Ook dit staaft de conclusie dat gerechten met minder dierlijke eiwitten een lagere milieu-impact hebben.



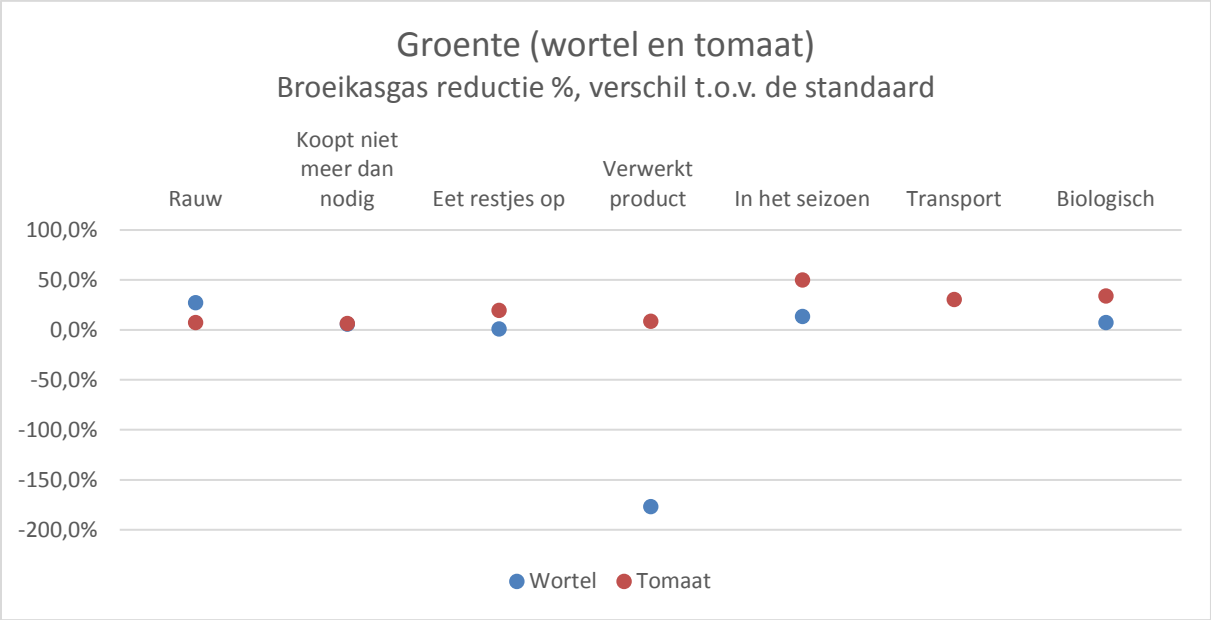
Figuur 7: Broeikasgasemissies van de 12 maaltijden. Zie appendix C voor een beschrijving van de maaltijdrecepten.



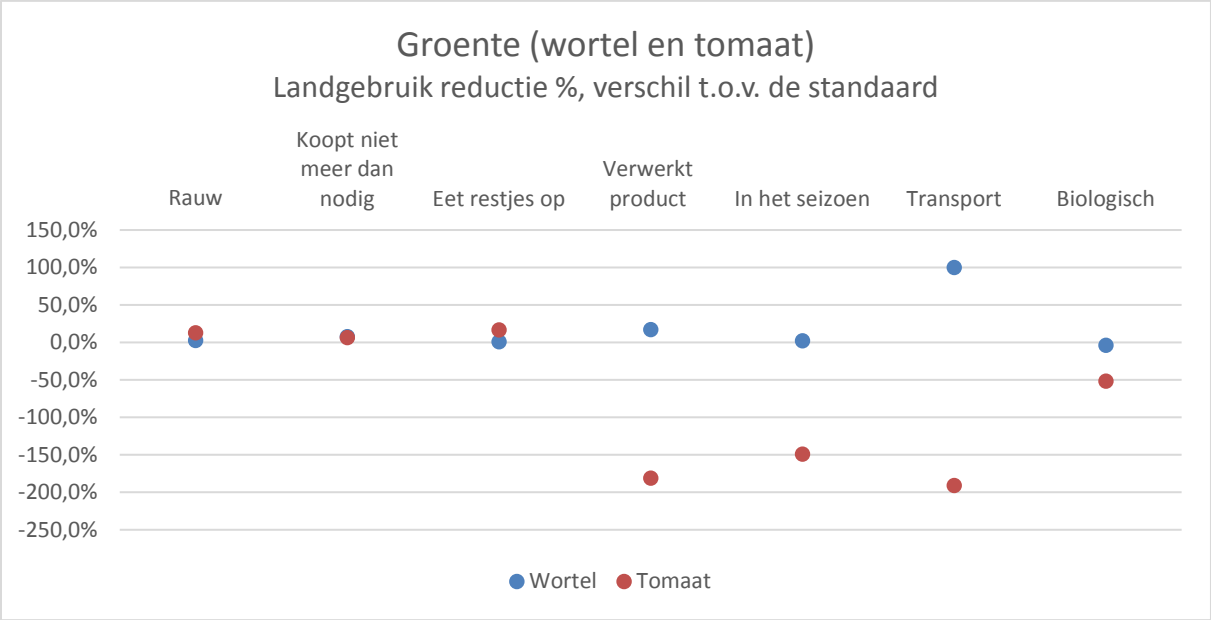
Figuur 8: Landgebruik van de 12 maaltijden. Zie appendix C voor een beschrijving van de maaltijdrecepten.

6.3. Overzicht per categorie

In deze paragraaf worden diverse overzichten op detail niveau gepresenteerd. Een positieve waarde betekent een lager emissie of landgebruik t.o.v. de standaard waarme wordt vergeleken.

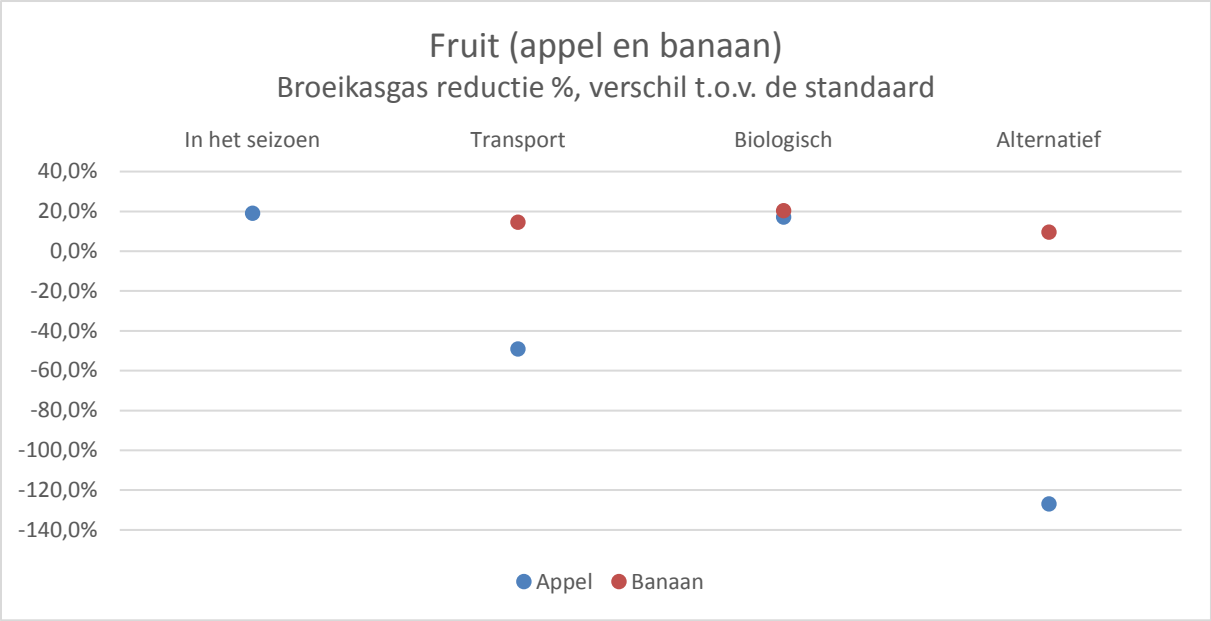


Figuur 9: Relatieve verschillen in milieu-impact (broeikasgasemissies) voor groentes t.o.v. de standaard (zie appendix F).

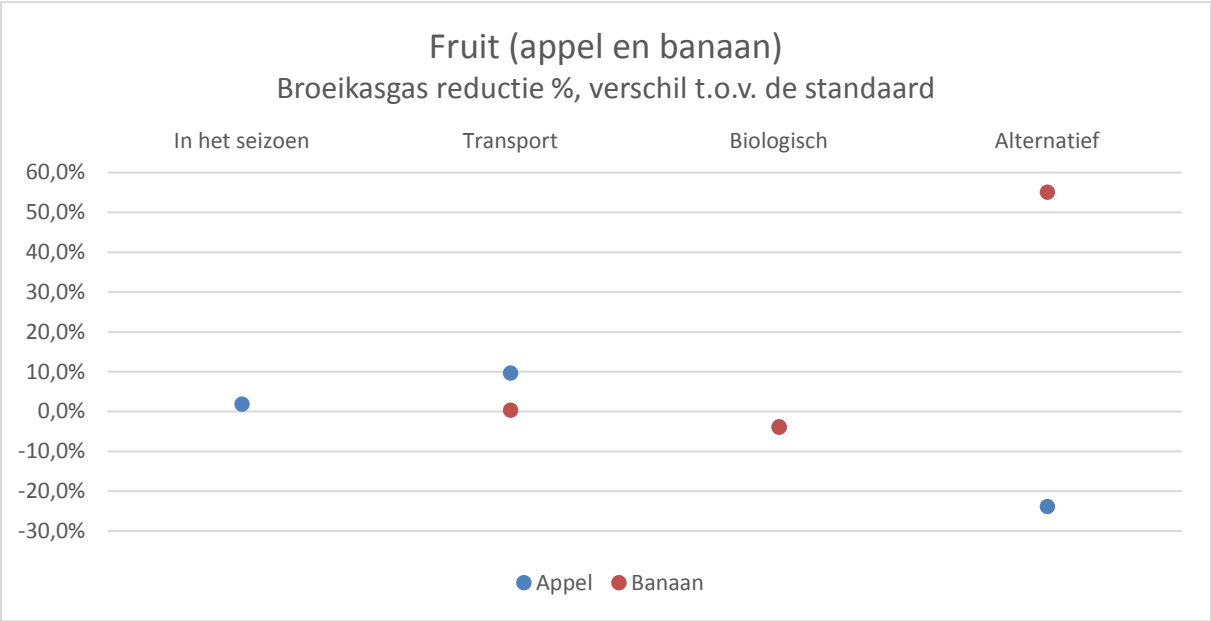


Figuur 10: Relatieve verschillen in milieu-impact (landgebruik) voor groentes t.o.v. de standaard (zie appendix F).

De verschillen in de resultaten tussen beide grafieken wordt veroorzaakt door de gebruikte verpakkingen en teeltwijze zie uitleg bij Figuur 11 en Figuur 12

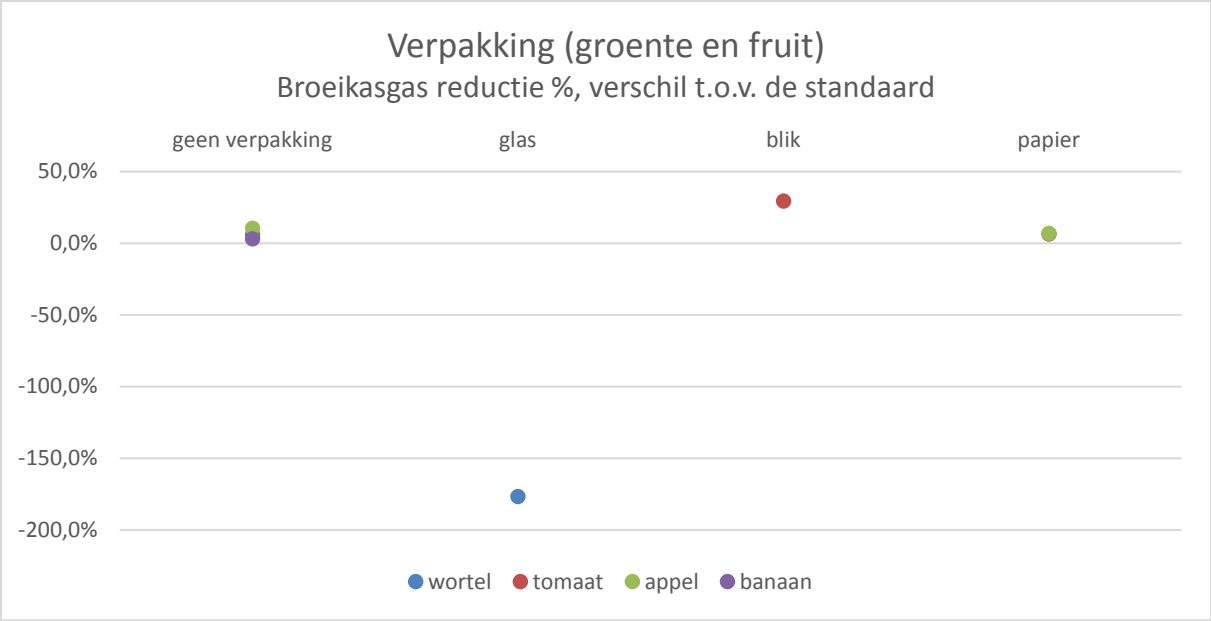


Figuur 11: Relatieve verschillen in milieu-impact (broeikasgasemissies) voor fruit t.o.v. de standaard (zie appendix F).

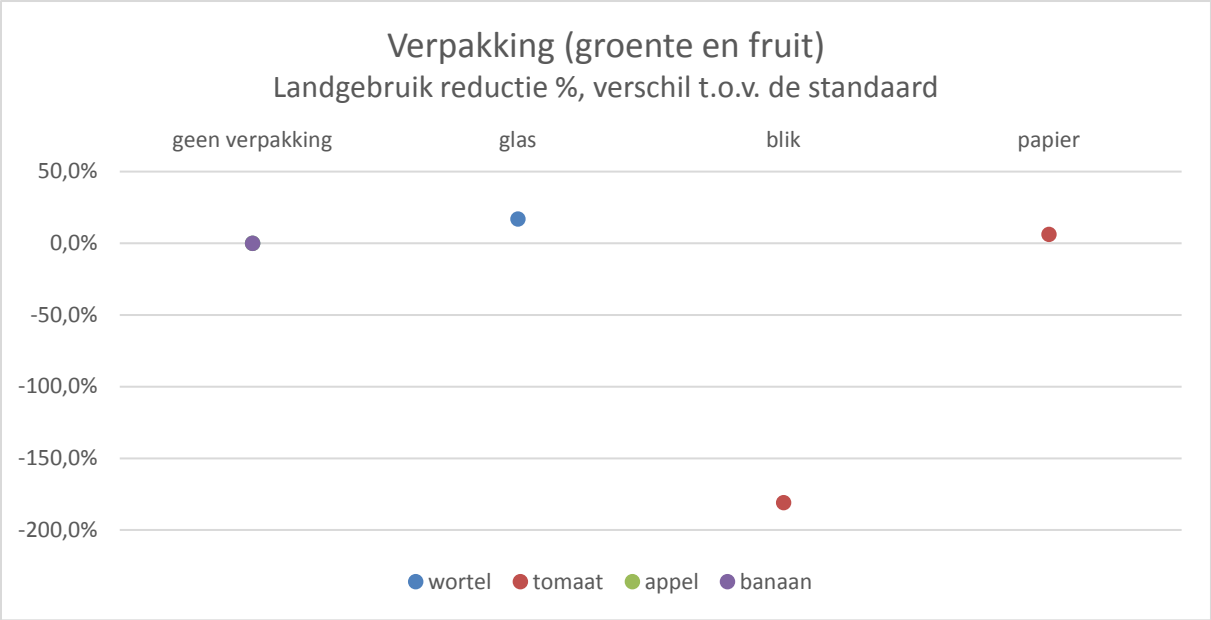


Figuur 12: Relatieve verschillen in milieu-impact (landgebruik) voor fruit t.o.v. de standaard (zie appendix F).

De standaard appel komt uit Nederland en de standaard banaan komt uit Zuid Amerika terwijl de respectievelijke transportalternatieven Chili en Zuid Afrika zijn. Dit maakt dat de broeikasgas emissies een negatief dan wel een positief resultaat laten zien. De Alternatieven zijn sinaasappel i.p.v. de appel en papaja i.p.v banaan. Daar wordt gerekend met 1000 kg eetbaar product bepaalt de dikte van de schil deels het effect op de emissies en landgebruik. Een dikke schil (banaan en sinaasappel, betekent meer kg gekochte en ook vervoerde producten en dus een hogere milieubelasting.

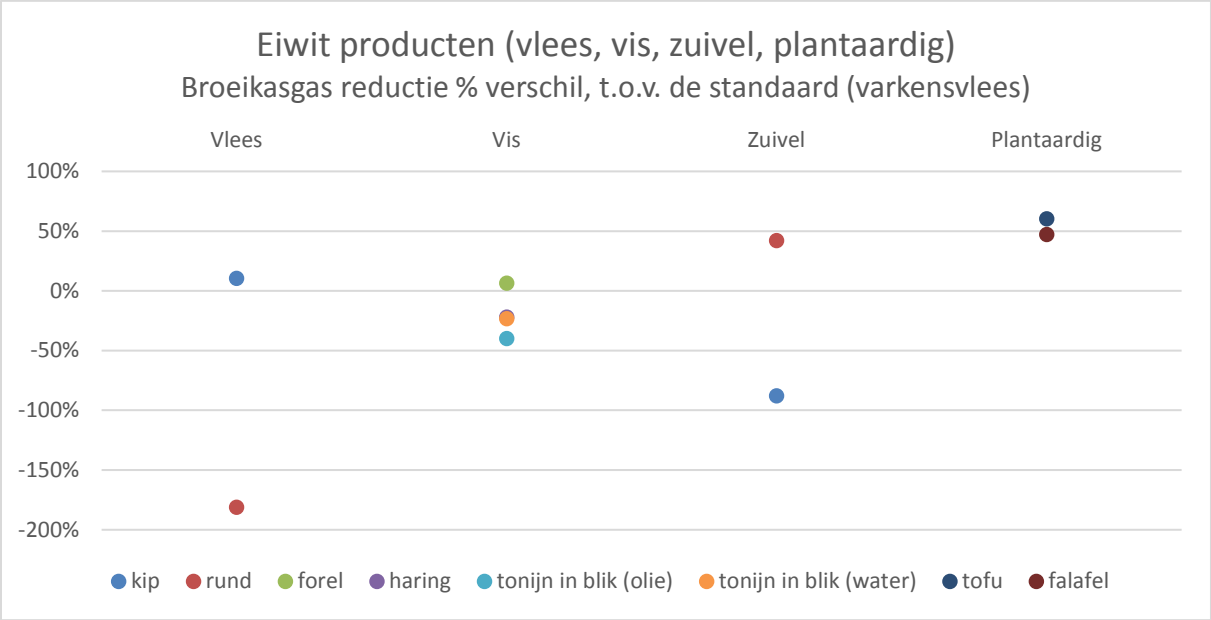


Figuur 13: Relatieve verschillen in milieu-impact (broeikasgasemissies) voor groente & fruit verpakkingen t.o.v. de standaard (zie appendix F).

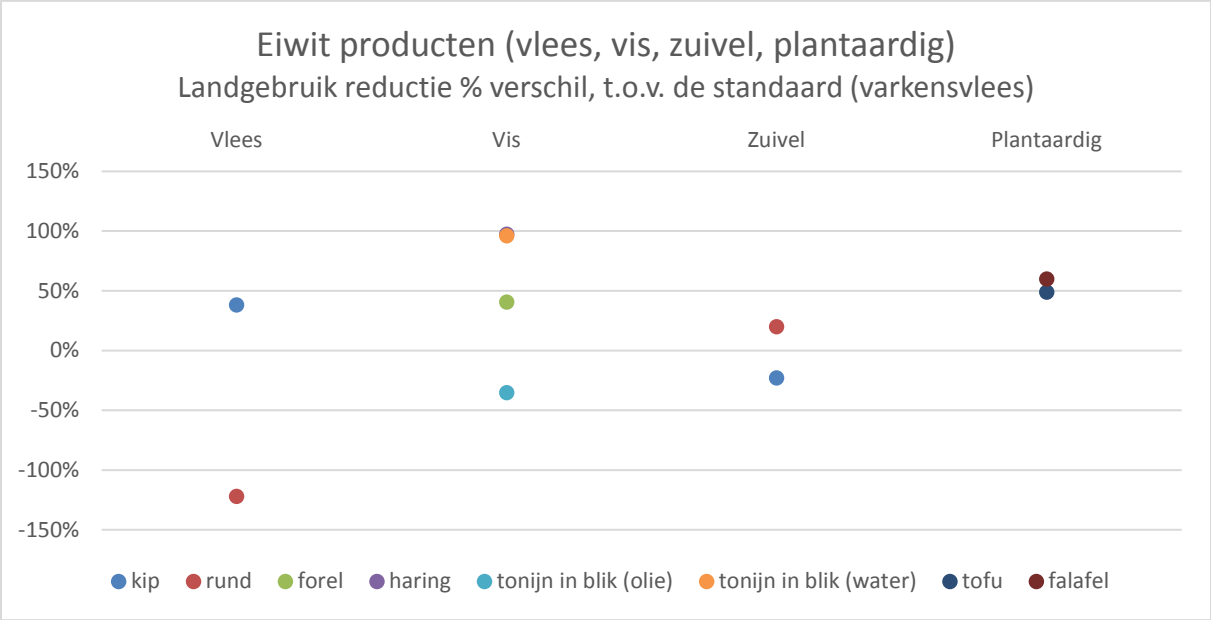


Figuur 14: : Relatieve verschillen in milieu-impact (landgebruik) voor groente & fruit verpakkingen t.o.v. de standaard (zie appendix F).

Deze verpakking grafieken laten een opvallend verschil zien in de resultaten van de glas en blik verpakkingsmaterialen. De glasverpakking is gebruikt voor wortelen. Het glas zorgt voor een veel hogere broeikasgasemissie daar het glas wordt omgesmolten tot nieuw glas. Bij land gebruik is het lager daar in de analyse ia aangenomen dat er van de in glas verpakte wortelen minder wordt weggegooid en daarnaast is het landgebruik van glas zeer gering.
Bij blik gaat het om tomaten. De ingeblikte tomaten komen van de koude grond met daardoor een lagere broeikasgasemissie. Deze wordt weliswaar deels gecompenseerd door het gebruikte blik maar niet helemaal. De tomaat van de koude grond heeft een hoger landgebruik dan de kas tomaat (de standaard) daar er in de kas meerdere oogsten per jaar zijn op hetzelfde oppervlak en daarnaast nog beter beheersbare omstandigheden waardoor de oogst hoger wordt.

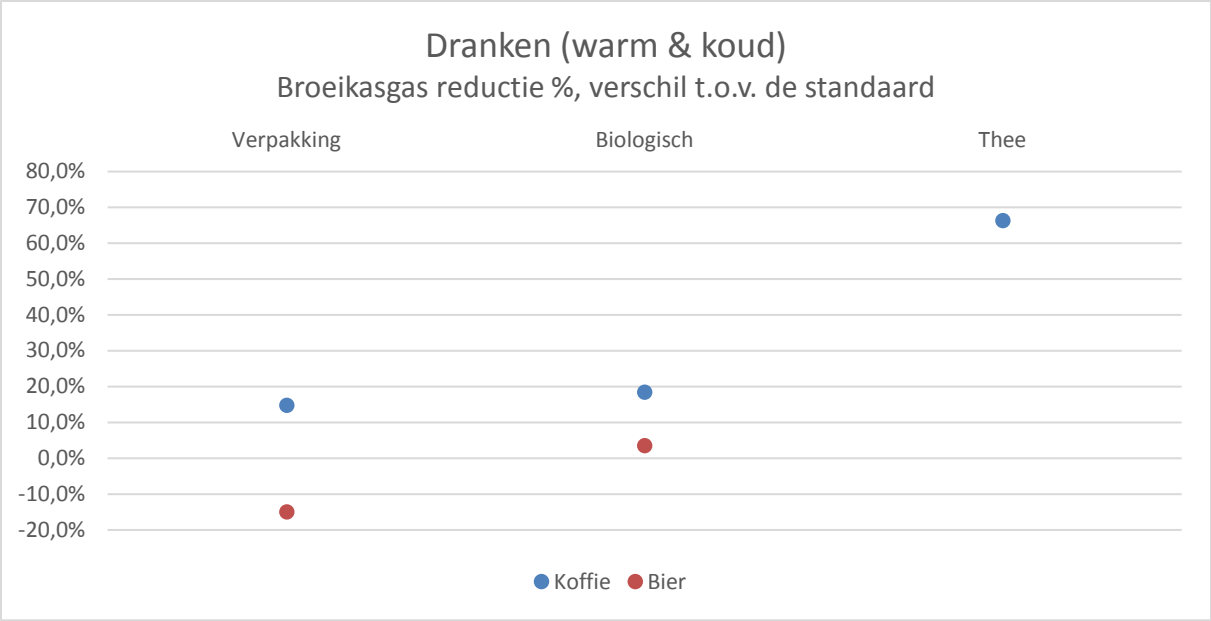


Figuur 15: Relatieve verschillen in milieu-impact (broeikasgasemissies) voor vlees en alternatieven t.o.v. de standaard (varkensvlees), zie appendix F.

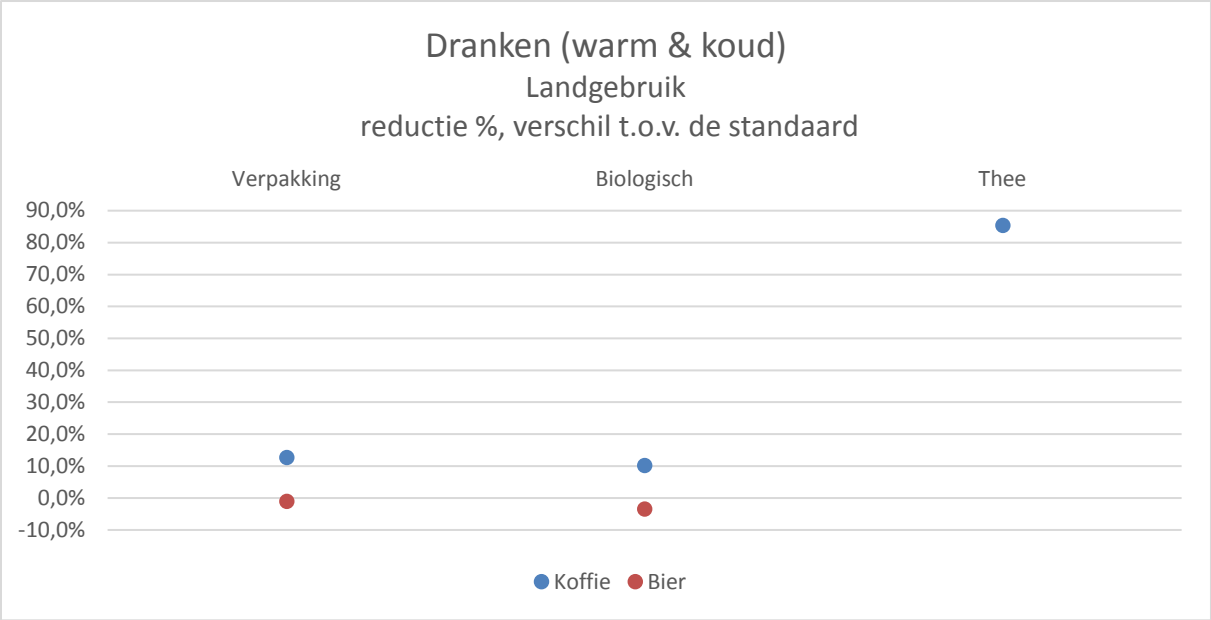


Figuur 16: Relatieve verschillen in milieu-impact (landgebruik) voor vlees en alternatieven t.o.v. de standaard (varkensvlees), zie appendix F.

Uit beide grafieken wordt duidelijk dat rundsvlees beduidend hogere emissies en landgebruik heeft dan de standaard. Dit komt door de methaan emissies van koeien en het gebruik van graslanden (landgebruik) daar de voedingswaarde van gras lager is dan van voer met een hoger eiwitgehalte. Verder leven koeien een stuk langer dan varkens met als gevolg dat de voederconversie (hoeveelheid voer nodig voor een kg lichaamsgewicht) voor koeien ongeveer drie keer groter is dan die van varkens (wikipedia). Verder valt op dat tonijn uit blik (olie) een veel groter landgebruik heeft dan tonijn op water, uiteraard veroorzaakt door de olie.



Figuur 17: Relatieve verschillen in milieu-impact (broeikasgasemissies) voor dranken (koffie en bier) t.o.v. de standaard (koffie capsules en bier in statiegeld fles), zie appendix F.



Figuur 18: Relatieve verschillen in milieu-impact (landgebruik) voor dranken (koffie en bier) t.o.v. de standaard (koffie capsules en bier in statiegeld fles), zie appendix F.

De verpakking van bier geeft een toename van de emissies te zien (van statiegeld naar aluminium blikje) terwijl bij koffie juist een afname te zien is. Dit komt door de keuze van de standaard analyse. Bij bier is deze een statiegeld flesje terwijl het alternatief een aluminium blikje terwijl bij koffie de standaard een aluminium capsule is het alternatief een filterzakje. Hoewel thee per kg een hogere milieu-impact heeft is dit per kop thee een duidelijk lagere milieu-impact dan een kop koffie daar er voor thee minder gewicht nodig is per kop.

6.4. Vergelijking

In deze paragraaf wordt een vergelijking gemaakt met analyses die gemaakt zijn in de RIVM/Blonk studie (RIVM, web). De gebruikte methoden voor beiden studies zijn niet geheel hetzelfde. De resultaten uit de RIVM/Blonk studie zijn gebaseerd op een LCA analyse. De resultaten van deze studie (m.b.v. EAP) zijn gebaseerd op een hybride methode (deels LCA, deels input-output). Dit kan hier en daar tot afwijkingen in de onderling vergelijking leiden, zie voor een beknopte beschrijving van deze methoden Kok (2006)[1].

In Tabel 8 zijn voor sommige producten twee varianten opgenomen in de analyses bij een onderzoek en slecht één variant in het andere onderzoek. Bijvoorbeeld RIVM/Blonk heeft tonijn in blik en dit onderzoek heeft tonijn in blik met een olie en water variant. Bij het RIVM/Blonk onderzoek is niet vermeld of het tonijn in water, in olie of een gemiddelde betreft. Dit is opgelost door beide waarden voor tonijn in blik van dit onderzoek in de tabel weer te geven met een korte toelichting in de noten bij Tabel 8. In deze studie en die van RIVM/Blonk wordt uitgegaan van het product op het bord van de consument: inclusief transport, verpakking, verliezen in de keten, energie voor opslag en bereiding. Het transport van supermarkt naar consument is in beide studies niet meegenomen. Er is wel een verschil in de afvalverwerking. In EAP wordt het afval alleen opgehaald en de verwerking blijft buiten beschouwing. In de RIVM/Blonk analyses worden de afgedankte verpakkingen verbrand met energieterugwinning. Het is niet duidelijk wat hiervan de gevolgen zijn voor de broeikasgasemissies daar zowel de verbranding van verpakkingsmateriaal als de Nederlandse vermeden elektriciteitsproductie een zekere hoeveelheid CO_2 per kWh uitstoten.

De percentages afwijking in Tabel 8 laten zien dat de resultaten van analyses in beide studies niet goed overeenstemmen. De resultaten voor aardappelen komen het best overeen terwijl die van koffie zich aan het andere kant van het spectrum bevindt. De CO_2 emissie van koffie ligt ruim 8 keer hoger terwijl die van het landgebruik slechts 30% hoger is. De relatieve verschillen komen beter overeen, zeker als we kijken naar de broeikasgasemissies. Bijvoorbeeld binnen de categorie graanproducten/basisvoedsel: aardappelen < brood < pasta < rijst, waarbij aardappelen per kg de laagste emissies hebben. Verder geld voor beide studies dat: wortelen een lagere emissie hebben dan tomaat maar een hoger landgebruik, appels bij het fruit, bij warme dranken thee en bij alcoholische dranken bier de laagste impact hebben.
Hoewel er veel overeenkomsten zijn in de manier van berekenen zijn er ook veel aannames van de RIVM/Blonk studie niet bekend. In de disclaimer van de RIVM/Blonk studie staat: “dat de cijfers niet gebruikt kunnen worden voor de vergelijking van individuele voedingsmiddelen….”(RIVM, web). Met andere woorden, deze cijfers dienen niet als absolute getallen te worden gezien.

[1] De methode in deze studie neemt ook de emissies mee van onderdelen in de productie keten die niet in het product zelf zitten (gebouwen en machines om een product te verwerken, kantoormaterialen e.d.). In deel van de analyses speelt dit een rol (de behandelde producten zoals blikgroente, koffie, bier).

Tabel 8: Vergelijking RIVM/Blonk data (RIVM, web) met de EAP data uit deze studie emissies per kg product op bord. De vergelijking beperkt zich tot producten die in beide studies geanalyseerd zijn.
De afwijkingen zijn ten opzichte van de resultaten van deze studie. Een positieve waarde betekend dus een hogere waarde voor deze studie en een negatieve waarde betekend dan de RIVM/Blonk studie een hogere waarde heeft.

		RIVM/Blonk		Deze studie (EAP)		% afwijking	
Product		Broeikasgas-emissie kg CO_2 eq.	Landgebruik m^2a crop eq.	Broeikasgas-emissie kg CO_2 eq	Landgebruik m^2a	Emis.	Land
Aardappelen		0,923	0,350	0,965	0,381	4.4	8.1
Bier (fles)		0,707	0,262	1,067	0,359	34	27
Wijn[1]		2,021	1,264	2,745	0,469	26	-170
Brood (volk.)		1,033	0,915	1,365	0,900	24	-1.7
Appel[2]		0,525	0,251	0,585	0,554	10	55
Banaan[3]		0,757	0,400	0,880-0,752	0,601-0,599	7.2	33
Pasta		1,524	0,681	2,501	2,102	39	68
Rijst[4]		1,645-1,784	0,541-0,583	2,824-1,972	2,734-2,719	29	79
Wortel, rauw		0,400	0,237	0,433	0,324	7.6	27
Wortel, gekookt		0,778	0,265	0,595	0,333	-31	20
Tomaat, rauw[5]		1,792	0,039	1,604	0,049	-12	20
Tom., gekookt[5]		2,510	0,050	1,732	0,057	-45	12
Chips		4,833	2,340	3,878	5,369	-25	56
Kaas[6]		11,013-13,093	4,482-5,351	12,355	7,288	2.4	33
Koffie[7]		0,295	0,393	1,892	0,552	841	29
Frisdrank[8]		0,624	0,044	0,987	0,133	37	67
Thee[7]		0,160	0,189	0,747	0,092	79	-105
Tilapia		22,856	6,729	15,135	4,186	-51	-61
Tonijn uit blik[8]		14,550	0,022	13,431-11,837	8,201-0,231	-23	91
Varkensvlees[9]		12,419	10,048	9,595	6065	-29	-66
Tahoe/Tofu		4,335	2,233	3,792	3,094	-14	28

[1]: RIVM/Blonk, rode wijn herkomst onbekend; deze studie; wijn uit Europa
[2]: Deze studie, productie appel uit Zuid Europa, transport alsof uit Nederland
[3]: RIVM/Blonk, banaan herkomst onbekend; deze studie; banaan uit Zuid Amerika en uit Afrika
[4]: RIVM/Blonk, zilvervlies en witte rijst; deze studie, rijst uit Azië en rijst uit de EU
[5]: Deze studie, uit kas
[6]: RIVM/Blonk, Kaas Edam 40+ en Gouda 48+
[7]: Deze studie, filter koffie en thee als drank (per liter).
[8]: Deze studie, tonijn in olie en in water. Voor het % afwijking is de tonijn in water gebruikt.
[9]: RIVM/Blonk, mager varkensvlees, deze studie varkensgehakt.

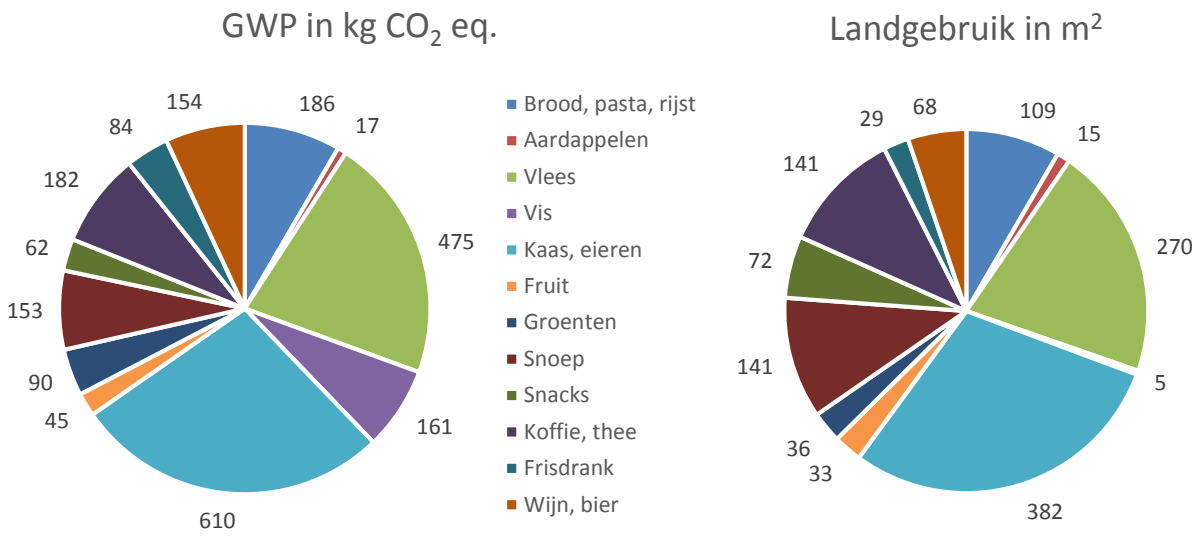
6.5. Conclusies

De resultaten van deze studie moeten, evenals de Blonk/RIVM studie niet gezien worden als absolute waarden. De gemaakte berekeningen zijn echter op een consistente manier tot stand gekomen en als zodanig geschikt om binnen de studie te vergelijken. Met ander woorden, deze studie laat in relatieve zin de effecten zien van consumenten keuzes op het gebied van voeding en dranken.

Op basis van deze studie zijn een aantal duidelijke conclusies te trekken:

- Groente van het seizoen uit Nederland hebben een lagere milieu-impact
- Groente uit de verwarmde kas hebben de hoogste milieu-impact
- Plantaardige eiwitten hebben een lagere milieu-impact dan dierlijke ongeacht welke (vlees, vis, zuivel)
- Binnen de categorie vlees is de impact volgorde: kip < varken < rund
- Minder verpakking is beter, mits hetzelfde product
- Eenmalige glasverpakking heeft een hoge milieu-impact
- Een kortere transport afstand is beter mits hetzelfde transport middel wordt gebruikt.
- Minder verspilling kan een flinke bijdrage in de milieu-impact betekenen (tussen 5% en 40% afhankelijk van het product).

Bij sommige keuzes ligt het wat genuanceerder. Wanneer je beter Nederlandse tomaten kunt kopen i.p.v. tomaten uit Spanje of ingeblikte tomaten uit Spanje hangt sterk af van het moment in het jaar dat de tomaten gekocht worden. In de winter kunnen beter tomaten in blik gekocht worden. Het probleem kan echter zijn dat blik tomaten niet uitwisselbaar zijn met verse tomaten. Wat de studie niet laat zien is wanneer het kantelpunt in het seizoen ongeveer ligt om een keuze te maken tussen Spaanse tomaten uit de onverwarmde kas en Nederlandse uit een weinig bijverwarmde kas (lente herfst).



Figuur 19: Absolute broeikasgasemissies en landgebruik van de consumptie van een gemiddeld Nederlands huishouden in 2017 (Benders et al., 2021) van de categorieën die in deze studie zijn onderzocht. Totaal CO_2 eq. = 2219 kg, landgebruik 1300 m^2. Dit is respectievelijk 57% en 50% van de totale voedsel&dranken consumptie.

Wat we uit deze studie alleen niet kunnen opmaken is wat de meest effectieve keuzes voor de consument zijn om de milieu-impact terug te dringen. Een relatief grote reductie potentie bij een product categorie met een laag gebruik geeft slechts een klein verbeterpotentieel. Met behulp van eerder onderzoek is Figuur 19 samengesteld. Deze figuur laat de broeikasgasemissies en het landgebruik zien van een gemiddeld Nederlands huishouden in 2017 (Benders et al., 2021). Het betreft enkel de categorieën die in dit onderzoek zijn meegenomen. Uit Figuur 19 blijkt dat de categorieën,: vlees, kaas&eieren de grootste impact hebben en daarna brood, pasta&rijst, snoep en koffie&thee. De conclusie uit deze studie dat er relatief een grote winst te behalen is bij de reductie van dierlijke eiwitten ten gunste van plantaardige eiwitten blijkt in combinatie met de resultaten in Figuur 19 dus nog sterker te gelden. De conclusie dat groente uit Nederland en van het seizoen duidelijk beter zijn dan groente uit de kas of van verre, klopt wel maar zal de milieu-impact van een Nederlands huishouden slechts beperkt beïnvloeden. Weggooien van voedsel, dit komt in alle categorieën voor is altijd de moeite van het reduceren waard.

Naast een verbeter potentie zoals in dit onderzoek en rapport bepaald en beschreven zijn, zal ook gedragsbeïnvloeding een belangrijke rol gaan spelen in de daadwerkelijke reductie van de milieu-impact. Hoewel dit buiten het kader van dit onderzoek valt, toch een paar opmerkingen. Om de consument een milieu vriendelijker gedrag te laten vertonen moet de consument niet alleen geïnformeerd worden maar ook geholpen en moeten keuzes zo laagdrempelig mogelijk worden gemaakt. Supermarkten kunnen hierin een belangrijke rol spelen. Veel consumenten weten bijvoorbeeld niet meer wat groente van het seizoen zijn. Dit zou met een bepaalde indeling en/of kleurcode in de winkel duidelijk gemaakt kunnen worden. Het weggooien van bedorven levensmiddelen kan beperkt worden door preciezer in te kopen is makkelijker als er ook kleinere porties beschikbaar zijn in de supermarkt. Minder weggooien scheelt in milieu-impact en in de portemonnee. We kunnen hier nog wel wat leren van buitenlandse culturen waarin het heel gewoon is om restjes van het avondeten de volgende dag als lunch op te eten. Wegen van het te bereiden voedsel is ook een manier om teveel koken te beperken.

7. REFERENTIES

Benders R., A. Younis, A Zuidema en R. Kok (2021). Milieudruk van het consumptiepatroon; EAP versie 4. IREES, University of Groningen, rapportnummer IREES-2021-01.

Benders, R. M. J., Moll, H. C., & Nijdam, D. S. (2012). From Energy to Environmental Analysis: Improving the Resolution of the Environmental Impact of Dutch Private Consumption with Hybrid Analysis. *Journal of Industrial Ecology*, *16*(2), 163-175.

Biesiot, W. and Moll, H.C. (eds.) (1995). Reduction of CO2emissions by lifestyle changes. Final report to the NRP Global Air Pollution and Global Change. 124 pp. IVEM, Rijksuniversiteit Groningen. Bestelnr: OR-80.

Bullard, C.W., Penner, P.S., Pilati, D.A. (1978). Net energy analysis: Handbook for combining process and input-output analysis. *Resources and Energy*, Vol 1, pp. 267-313.

Caldeira C., V. de Laurentiis, S. Corrado, F. van Holsteijn and S. Sala (2019). Quantification of food waste per product group along the food supply chain in the European Union: a mass flow analysis. Resources, Concervalion & Recycling 149, pp 479-488.
DOI: https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2019.06.011

Canals, L.M., S.J. Cowell, S. Sim and L. Basson (2007). Comparing domestic versus imported apples: A focus on energy use. Environmental Science and Pollution Research – International, 14, pp 338-344.
DOI: http://dx.doi.org/10.1065/espr2007.04.412

Castellani, V., A. Beylot, and S. Sala, Environmental impacts of household consumption in Europe: Comparing process-based LCA and environmentally extended input-output analysis. Journal of Cleaner Production, 2019. 240.

Dooren, C. van (2019). Syntheserapport Voedselverspilling bij huishoudens in Nederland in 2019. Stichting Voedingscentrum Nederland.

Engelenburg, B.C.W. va, Van, Rossum, T.F.M., Blok, K., Vringer, K. (1994). Calculating the energy requirements of household purchases: a practical step by step method. *Energy Policy*, Vol. 22, pp. 648-656.

Kok, R., Benders, R.M.J., Moll, H.C**.** (2006). Measuring the environmental load of household consumption using some methods based on input-output energy analysis: A comparison of methods and a discussion of results. *Energy Policy*, Vol. 34, issue 17, November 2006, pp. 2744-2761.

Moll, H.C., K.J. Noorman, R. Kok, R. Engström, H. Throne-Holst, C. Clark (2005). Pursuing more sustainable consumption by analyzing household metabolism in European countries and cities, *Journal of Industrial Ecology,* Vol. 9 (1/2), 259-275.

RIVM (2018). Voedselconsumptie 2012-2016; Wat, waar en wanneer.

Steenhuisen, F. (2019). Voedselverspilling in fijn huishoudelijk restafval en GFT-afval, Nederland 2019. CREM Waste management.

Gerbens-Leenes, P.W. (2000). Groen kookboek Werkdocument. IVEM-Onderzoeksrapport 103b. Groningen, Rijksuniversiteit Groningen.

Vringer, Kees, René Benders, Harry Wilting, Corjan Brink, Eric Drissen, Durk Nijdam, Nico Hoogervorst (2010). A hybrid multi-region method (HMR) for assessing the environmental impact of private consumption. *Ecological Economics*, Vol. 69, pp. 2510-2516.

Wilting, H.C. (1996). An energy perspective on economic activities, PhD Thesis, Groningen.

Web paginas:
ETNA
https://etna.nl/wp-content/uploads/2021/04/ETNA_20_01_001_Brochure-2021_Blader_spreads_LR-1.pdf (bezocht 21-09-2021)

Keukenloods
https://www.keukenloods.nl/keuzegids/apparatuur/afzuigkappen/faq/hoeveel-energie-verbruikt-een-afzuigkap (bezocht 21-09-2021)

Milieu centraal
https://www.milieucentraal.nl/energie-besparen/apparaten-in-huis/koelkasten-en-vriezers/#Koelvriescombi-vervangen:-dit-bespaar-je! (bezocht 21-09-2021)

RIVM
https://www.rivm.nl/voedsel-en-voeding/duurzaam-voedsel/database-milieubelasting-voedingsmiddelen (bezocht 27-09-2021)

Wikipedia
https://nl.wikipedia.org/wiki/Voederconversie (bezocht op 08-11-2021)

APPENDIX A: ANALYSES

GWP in kg CO_2 eq. en land gebruik in m^2 per 1000 kg product op tafel.

[1] koffie en thee gebruik zijn omgerekend naar 1000 liter drank

Code	Analyse	GWP totaal	Land totaal
01001	Wortel Default	595.4	332.5
01002	Wortel uit diepvries	1483.5	341.7
01003	Wortel in Glas	1646.9	276.2
01004	Wortel in seizoen	513.8	324.8
01005	Wortel niets onbereid weggegooid	560.0	306.3
01006	Wortel restjes gaan op	589.5	329.0
01007	Wortel geen ketenverlies	554.3	256.6
01008	Wortel biologisch	550.2	344.8
01009	Wortel seizoen zonder verp.	478.3	324.8
01010	Wortel rauw	433.1	323.6
01011	Wortel met elastiekje	559.2	332.5
01012	Wortel gekookt optimaal	416.9	309.3
01101	Tomaat default	1732.5	56.8
01102	Tomaat in Seizoen	863.1	141.4
01103	Tomaat uit Spanje	1203.3	165.2
01104	Tomaat consument gooit niks onbereid weg	1618.0	53.2
01105	Tomaat consument gooit niks bereid weg	1389.5	47.4
01106	Tomaat zonder schil in blik	1578.2	312.1
01107	Tomaat biologisch	1142.0	86.2
01108	Tomaat onverw.kas in blik	1222.6	159.7
01109	Tomaat rauw	1603.9	49.4
01110	Tomaat in papieren zak	1619.2	53.3
01111	Tomaat optimal	569.4	236.1
02001	Appels default	585.3	553.8
02002	Appels gedroogd	2746.7	522.1
02003	Appelmoes	879.8	488.6
02004	Appels uit Chili	872.3	500.4
02005	Appels in het seizoen	473.6	543.3
02006	Appels consument gooit niet onbereid weg	540.2	511.9
02007	Appels geen ketenverlies	504.9	410.9
02008	Appels biologisch	484.6	575.2
02009	Appels in papieren zak	544.1	557.1
02010	Appels optimal	409.0	534.6
02011	Sinaasappel	1327.8	685.8
02012	Appels zonder verpakking	523.6	554.3
02101	Banaan default	879.9	601.4
02102	Banaan consument gooit niet onbereid weg	802.2	543.1
02103	Banaan geen ketenverlies	809.0	540.8
02104	Banaan biologisch	700.6	625.0
02105	Banaan geen verpakking	852.5	601.4
02106	Banaan optimal	643.8	565.3
02107	Papayas	794.3	269.9
02108	Banaan Ivoorkust	751.5	599.3
03001	Pasta default	2500.7	2101.9
03002	Pasta gooit niets onbereid weg	2264.3	1863.7
03003	Pasta consument eet restjes op	1799.5	1513.8
03004	Pasta biologisch	2160.0	2172.4

03005	Pasta geen ketenverlies	2511.7	2130.7
03101	Aardappelen	965.4	381.5
03201	Rijst default	2824.3	2734.3
03202	Rijst consument gooit niets onbereid weg	2645.0	2487.2
03203	Rijst geen ketenverlies	1864.3	1817.3
03204	Rijst biologisch	2641.2	2826.8
03205	Rijst uit de EU	1972.5	2718.7
03301	Brood default	1506.8	1231.9
03302	Brood volkoren	1365.1	900.1
03303	Brood consument gooit niets weg	1185.7	970.9
03304	Brood organisch	1284.0	1280.5
03901	Pasta 1000 porties (a 100g)	213.1	220.8
03902	Rijst 1000 porties (a 75g)	206.5	204.9
03903	Aardappelen 1000 porties (280g pp)	237.2	104.9
04001	Chocolade default	12683.5	4696.4
04003	Chocolade biologisch	8465.0	4881.9
04004	Koekjes	4418.1	1986.6
04101	Chips	3878.4	5368.6
04104	Pizza	3645.3	2077.3
05001	Varkensvlees default	9596.8	6064.7
05002	Varkensvlees niets onbereid weggegooid	9365.8	5814.7
05003	Varkensvlees consument eet restjes op	9308.6	5878.8
05005	Varkensvlees biologisch	8992.8	6344.4
05006	Vlees alternatief: kippenvlees	8576.2	3747.7
05007	Vleesvervanger: Tofu	3792.5	3093.8
05008	Vlees vervanger: falaffel	5065.4	2425.5
05009	Vleesvervanger: kaasburger	18027.2	7449.8
05010	Vlees alternatief: rundvlees	26969.0	13467.8
05101	Vis: Tilapia gekweekt default	15134.7	4185.5
05102	Vis: Tilapia gekweekt niets onbereid weg	14260.6	3941.5
05103	Vis: Tilapia gekweekt restjes gaan op	14903.2	4121.6
05104	Vis: Tilapia gekweekt biologisch	12094.7	4346.9
05105	Vis: Forel gekweekt	8984.6	3601.6
05106	Vis: Zoute haring	11689.3	149.6
05107	Vis: Tonijn uit blik (olie)	13430.8	8201.6
05108	Vis: Tonijn uit blik (water)	11836.7	231.0
06001	Kaas default	12354.7	7287.6
06002	Kaas, consument gooit niets weg	11588.1	6835.7
06003	Kaas biologisch	7758.8	7578.9
06004	Kaas veganistisch	8192.2	2776.4
06101	Eieren default	5541.8	4848.8
06102	Eieren, consument gooit niets onbereid w	5174.7	4505.5
06103	Eieren, consument gooit niets bereid weg	5519.6	4829.6
06104	Eieren biologisch	5670.0	4855.5
06105	Eieren ongekookt	5237.4	4832.3
06106	Eieren vegan kikkererwtenmeel	3390.2	3754.9
07001	Koffie capsules default	2221.6	632.0
07002	Koffie capsules Robusta	2121.0	416.6
07005	Koffie filterzakje	1892.0	551.7
07007	Koffie filter biologisch	1811.0	567.9
07009	Zwarte thee	746.6	92.4
07101	Frisdrank	986.7	113.6
08001	Bier default	1066.6	359.3
08002	Bier in blik	1225.9	362.9

08003	Bier biologisch	1029.1	371.7
08101	Sterke drank	4018.6	354.1
08201	Wijn Zuid Afrika	2623.4	451.3
08202	Wijn Europa	2744.7	468.9
10001	Pasta maaltijd: pasta	250.1	210.2
10002	Pasta maaltijd: Varkensgehakt	974.0	515.6
10003	Pasta maaltijd; uien	24.1	11.5
10004	Pasta maaltijd; paprika	68.1	2.5
10005	Pasta maaltijd; bliktomaten	220.1	51.7
10006	Pasta maaltijd: Varkensgehakt (bio)	755.6	535.9
10007	Pasta maaltijd: pasta (bio)	216.0	217.2
10008	Pasta maaltijd; uien (bio)	22.6	11.9
10009	Pasta maaltijd; paprika (bio)	48.9	3.5
11001	Rijst-vis maaltijd; rijst	211.7	205.1
11002	Rijst-vis maaltijd: tilapia	1879.2	524.4
11003	Rijst-vis maaltijd; uien	22.6	10.2
11004	Rijst-vis maaltijd; paprika	58.1	1.9
11005	Riijst-vis maaltijd: chinese kool	76.1	39.5
11006	Rijst-vis maaltijd; rijst (bio)	198.0	212.0
11007	Rijst-vis maaltijd: tilapia (bio)	1499.3	544.6
11008	Rijst-vis maaltijd; uien (bio)	21.3	10.6
11009	Rijst-vis maaltijd; paprika (bio)	38.9	2.9
11010	Riijst-vis maaltijd: chinese kool (bio)	70.7	40.9
12001	Aardappel-kip maaltijd; aardappel	247.6	105.5
12002	Aardappel-kip maaltijd; kippenvlees	1614.5	578.9
12003	Aardappel maaltijd; boontjes (seiz.)	91.0	46.2
12004	Aardappel veg.maaltijd: ei	726.9	608.6
12005	Aardappel vega maaltijd: falaffel	627.6	303.1
12006	Aardappel bio maaltijd: ei	480.1	631.6
12007	Aardappel maaltijd; boontjes (seiz/bio)	84.7	47.9
13001	Pasta-vega maaltijd: pasta	251.2	213.1
13002	Pasta-vega maaltijd: vegagehakt	640.9	368.6
13003	Pasta-vega maaltijd; uien	25.5	14.2
13004	Pasta-vega maaltijd; paprika	139.8	4.5
13005	Pasta-vega maaltijd; bliktomaten	232.2	61.4
14001	Rijst-vega maaltijd; rijst	105.9	102.5
14002	Rijst-vega: spinazie (vol)	26.4	10.3
14004	Rijst-vega maaltijd; pompoen	171.4	80.5
14005	Rijst-vega maaltijd; uien	20.7	11.1
14006	Rijst-vega maaltijd: kikkererwten	368.7	356.0
15001	Rijst-veg, maaltijd: rijst	179.6	203.4
15002	Rijst-veg. maaltijd: pompoen	99.0	52.9
15003	Rijst-veg. maaltijd: uien	12.8	5.7
15004	Rijst-veg. maaltijd: kaas	333.3	183.3
15005	Risotto-veg. maaltijd: wijn	42.4	7.1
16001	Pasta veg.: pasta	238.1	209.6
16002	Pasta veg.: uien	23.5	11.4
16003	Pasta veg.: paprika	63.6	2.2
16004	Pasta veg.: courgette	23.5	14.0
16005	Pasta veg.: courgettes (kas)	37.0	1.3
16006	Pasta veg.: kaas	1266.4	730.6

APPENDIX B: DATABESTANDEN

Gemiddeld groente en fruit

Gemiddeld groente, gemiddeld fruit en gemiddeld vollegrondsgroente zijn gebaseerd op tabel 4. De emissies van deze gemiddelden worden berekend uit een gewogen gemiddelde van de handelsproductie. Als de groente in de tabel niet in de basisgoederen beschikbaar was, is de tomaat vollegrondsteelt of tomaat verwarmde kasteelt voor de betreffende groente gebruikt. Voor fruit is daarvoor aardbei vollegrondsteelt of aardbei verwarmde kasteelt gebruikt.

Tabel 9: Percentages groenten en fruit geteeld op de vollegrond en in de kas.

	veilingaanvoer		handelsproductie	invoer	toegerekend aan	
	glas (1000 kg)	vol (1000 kg)	(1000 kg)	(1000 kg)	glas (%)	vol (%)
andijvie en sla	41401	49991	149850	58621	32,6	67,4
Spinazie	1584	8971	50460	9493	12,6	87,4
ov. bladgroenten (lof, postelein, prei)	885	146636	182000	34239	0,5	99,5
Bloemkool	1335	36445	56940	8116	3,1	96,9
Spruitkool	0	72082	88000	12543	0,0	100,0
ov. kool (boeren-, rode, witte, savooie, spits-, chinese, groene kool, broccoli)	9917	138153	240720	34309	5,9	94,1
sperzie- en snijbonen	4036	8395	84900	15972	27,3	72,7
ov. verse peulvruchten (tuinbonen, peulen, doperwten, spekbonen, pronkbonen)	0	2667	49740	9357	0,0	100,0
wortelen (fijn, grof, bospeen)	0	86232	350000	65845	0,0	100,0
Uien	0	17591	510000	130400	0,0	100,0
ov. wortel- en knolgewassen (bieten, radijs, knolselderij, koolraap)	28570	23364	104440	19648	46,3	53,7
Tomaten	415294	0	479840	264400	64,5	35,5
ov. verse groenten (aubergine, courgette, augurk, champignon, paprika, komkommer, tuinkruiden, bleekselderij, asperge, rabarber)	745603	125443	1231820	323768	67,8	32,2
w.v. champignons	0	99448	237000	17622	0,0	25,5
Appelen	0	321257	490000	271203	0,0	100,0
Peren	0	102859	135000	99572	0,0	100,0
Aardbeien	8255	19051	30000	275711	3,0	97,0
Kersen	0	304	680	6249	0,0	100,0
bessen en frambozen	0	3078	3700	34004	0,0	100,0
Pruimen	23	6614	8000	73523	0,0	100,0
Perziken	0	2	xx		0,0	100,0
Meloenen	1289	0	1611	14808	9,8	90,2
Druiven	0	152	278	2555	0,0	100,0
Citrusvruchten	0	0	0	642078	0,0	100,0
Bananen	0	0	0	252075	0,0	100,0

Tabel 10: Transportafstanden over zee

Land	Schip transoceanisch (km)
Brazilie	11610
Canada	7382
Chili	14526
China	21543
Dem rep kongo	9130
Ecuador	10768
Frankrijk	846
Italie	4292
Ivoorkust	6835
Oekraine	6642
Spanje	1818
Turkije	6372
Verenigde Staten	10228
Zuid afrika	6372
India	12106
Kenia	11406
Verenigd koninkrijk	760
Mexico	13139
Peru	6310

APPENDIX C: MAALTIJDEN

In deze appendix worden de maaltijden getoond en beschreven. Alle maaltijden zijn omgerekend naar 1000 porties. De ingrediënten die niet aanwezig zijn in de productanalyses zijn niet meegenomen. Meestal zijn dit ingrediënten met een relatief lage milieu-impact omdat de gebruikte hoeveelheden klein zijn.

De maaltijden binnen een basisvoedsel groep (pasta, rijst, aardappelen) zijn niet altijd goed te vergelijken daar meerdere ingrediënten kunnen verschillen. Bij de Aardappel schotel is alleen de eiwitbron vervangen door een andere.

De resultaten van de analyses zijn beschrijven in 6.1.

Pastamaaltijden

Recept voor 2-3 personen
Tijd: 25 min.

Benodigdheden:

- 1 ui
- 1 teen knoflook
- 250 gr gehakt
- een paar wortels
- 1 paprika
- 400 gr tomatenblokjes
- klein blikje tomatenpuree
- 1 el Italiaanse kruiden
- 1 tl paprikapoeder
- 2 tl sojasaus
- snufje zout en peper
- 200 gr pasta

Tabel 11: Ingrediënten pasta maaltijd

Vlees	Vegetarisch	Veganistisch	Biologisch[1]
pasta	pasta	pasta	pasta
varkensgehakt	kaas	veganistisch gehakt	varkensgehakt
uien	uien	uien	uien
paprika	paprika	paprika	paprika
Blik tomaten	courgette	Blik tomaten	Blik tomaten

[1] alle ingrediënten zijn biologisch

Rijstmaaltijden

INGREDIËNTEN

- 1 flespompoen
- 200 gram spinazie
- 2 tenen knoflook, fijngesneden
- 1 ui, gesnipperd
- 75 gram zilvervlies rijst
- 1 handje pijnboompitten
- 15 gram verse salie, fijn gesneden
- 240 gram kikkererwten
- 1 theelepel komijnpoeder

Ingrediënten

4 personen

- 300 g witte rijst
- 500 g tilapiafilet
- 1 bakje boemboe voor ajam paniki
- 2 el olie
- 2 uien
- 1 Chinese kool
- 1 rode paprika
- 1 bakje taugé

Ingrediënten

4 personen

- 300 gr risotto rijst
- 1 flespompoen of kleine pompoen (of 600 gram pompoenblokjes)
- 1 theelepel salie
- scheutje olie
- snuf peper en zout
- 1 ui
- Scheut droge witte wijn
- 1 blokje groentebouillon
- 1 liter water (of iets meer)
- 100 gr parmezaanse kaas
- Klontje boter
- basilicum

Maaltijden van boven naar beneden:

- Veganistische pompoen-rijstschotel met kikkererwten
- Rijst wok schotel met tilapiafilet en verse groenten
- Risotto met pompoen en Parmezaanse kaas
- De biologische schotel is identiek aan de visschotel maar dan met biologische ingrediënten.

Aardappelmaaltijden

Recept voor 2 personen
Tijd: 15 min. + 30 min. in de oven

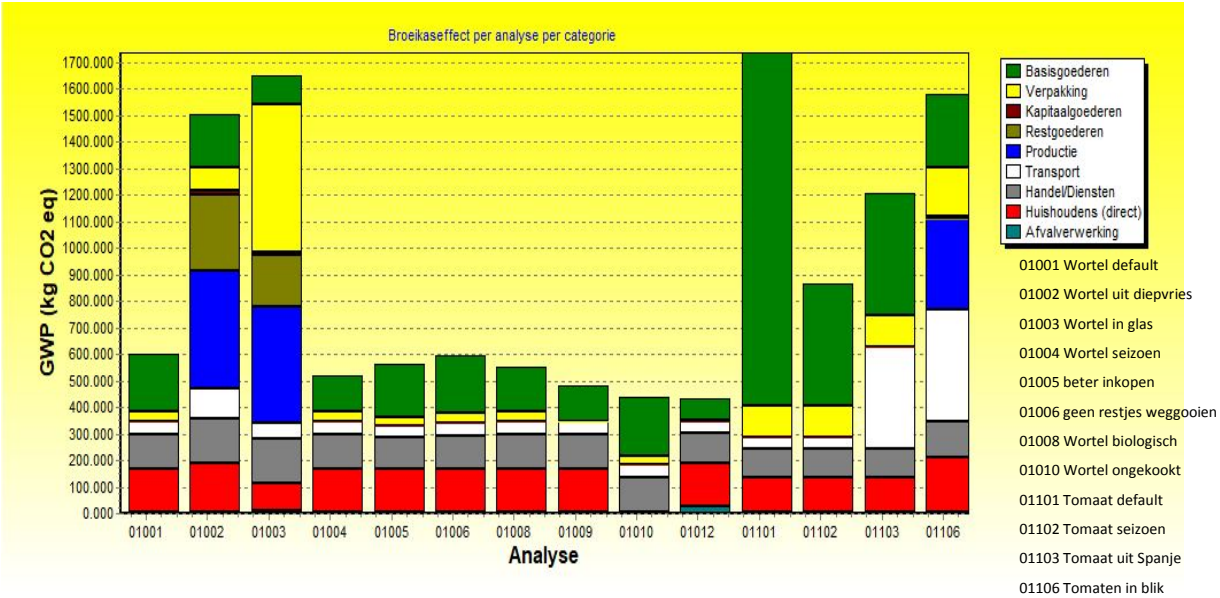
BENODIGDHEDEN:

- 300 gram kipfilet
- 3-4 aardappels
- 300-400 gram sperziebonen
- 1 teen knoflook
- 2 tl grove mosterd
- 3 el honing
- 2 el water
- zout en peper

De aardappelmaaltijden zijn min op meer identiek alleen het vlees of de vleesvervangers variëren:

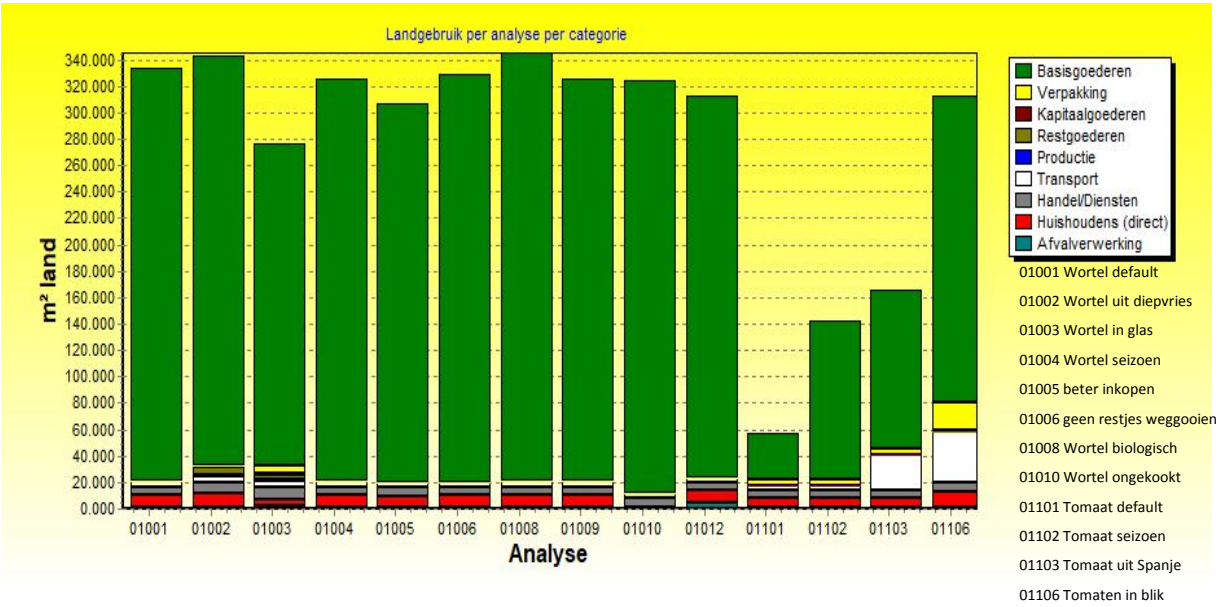
- Vlees: Aardappelen met sperziebonen (seizoen) en kip
- Vegetarisch: idem maar dan met 2 eieren
- Veganistisch: idem maar dan met falafel
- Biologisch: gelijk aan de vegetarische variant maar dan met biologische producten.

APPENDIX D: RESULTATEN



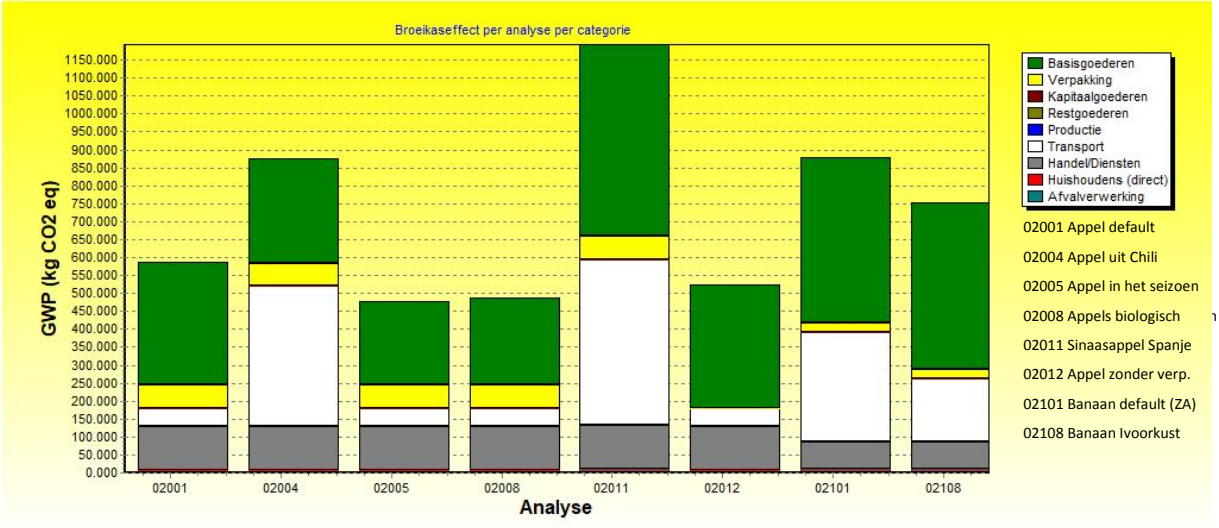
Figuur 20: Broeikasgasemissies van groentes per 1000 kg gegeten.

De kastomaten en de bewerkte producten: diepvries wortelen, wortelen in een glazen pot en tomaten in blik kastomaten (uit Spanje) hebben de hoogste waarde voor de GWP (zie Figuur 15). Dit wordt bij de niet verse producten deels veroorzaakt door de verpakking maar ook door de milieu-impact bij de productie (kapitaalgoederen+restgoederen+productie). Bij de kastomaten is het energiegebruik van de verwarmde kas de oorzaak voor de hoge milieu-impact. De ongekookte wortel heeft duidelijk de laagste GWP score. De optimale groente: rauw gegeten wortel, van het seizoen, onverpakt en niet vermijdbaar weggooien komt onder de 300 kg CO_2-eq, uit

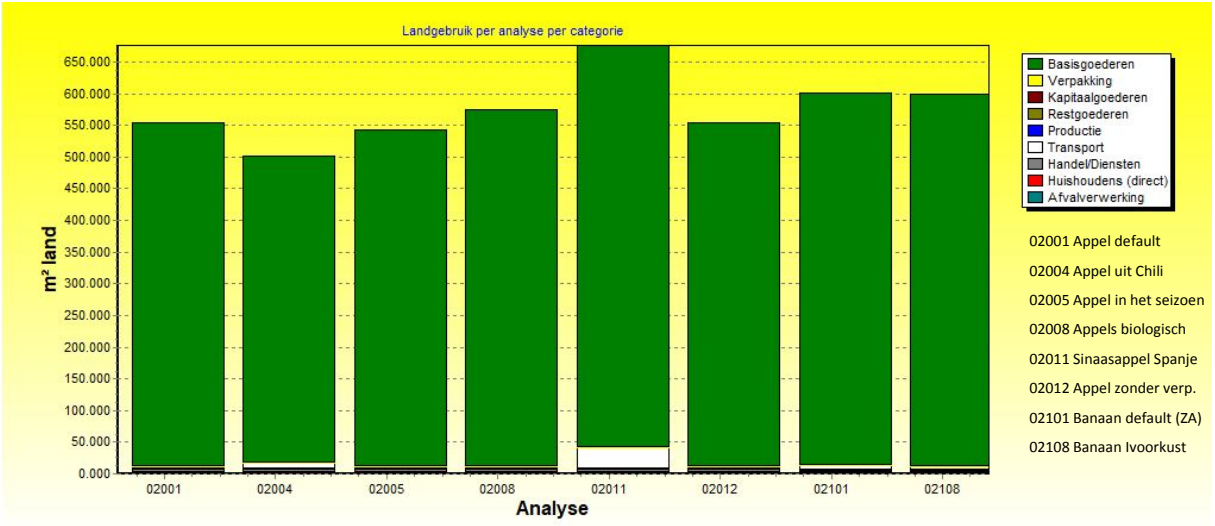


Figuur 21: Landgebruik van groentes, per 1000 kg gegeten.

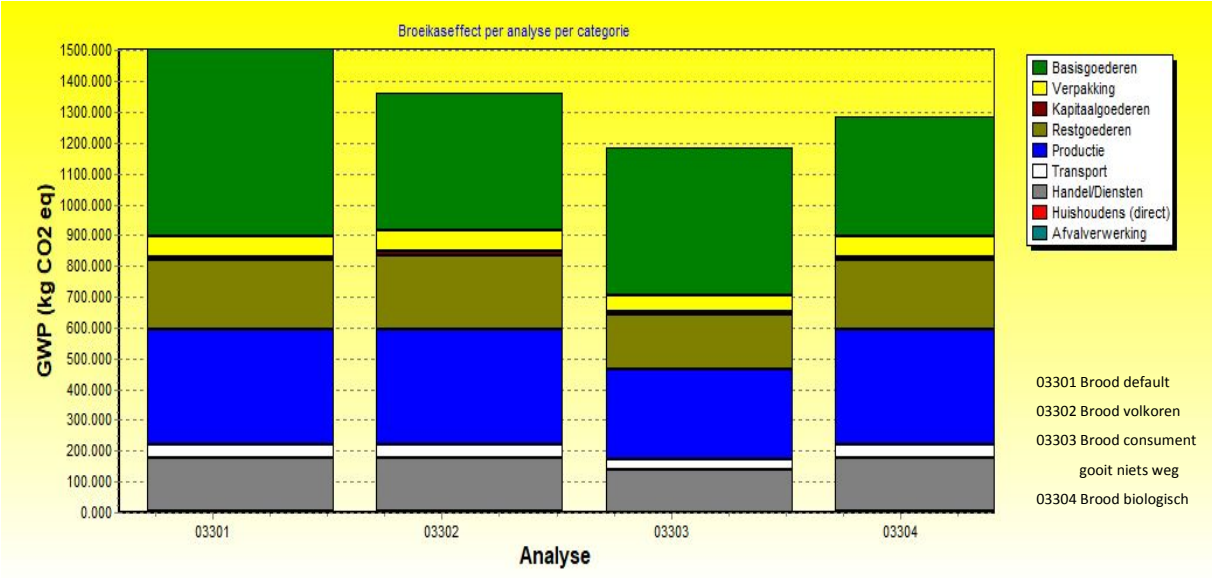
In Figuur 16 is duidelijk te zien dat het landgebruik van kasgroente beduidend lager ligt dan dat van koude grond groentes. Oorzaak hiervoor is het optimale gebruik van het kas oppervlak en ideale omstandigheden.



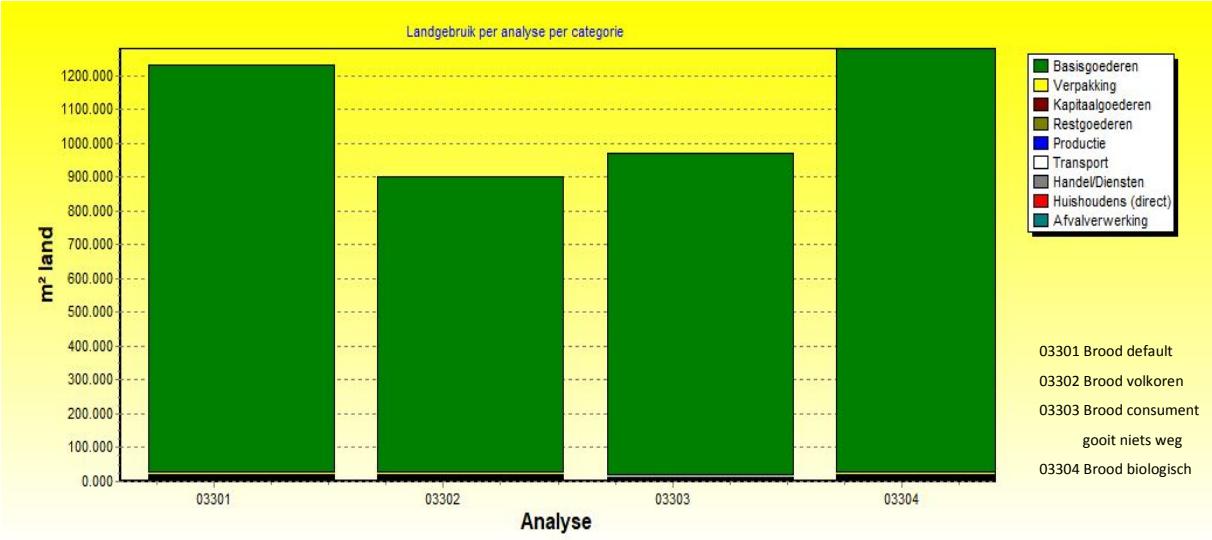
Figuur 22: Broeikasgasemissies van fruit, per 1000 kg gegeten.



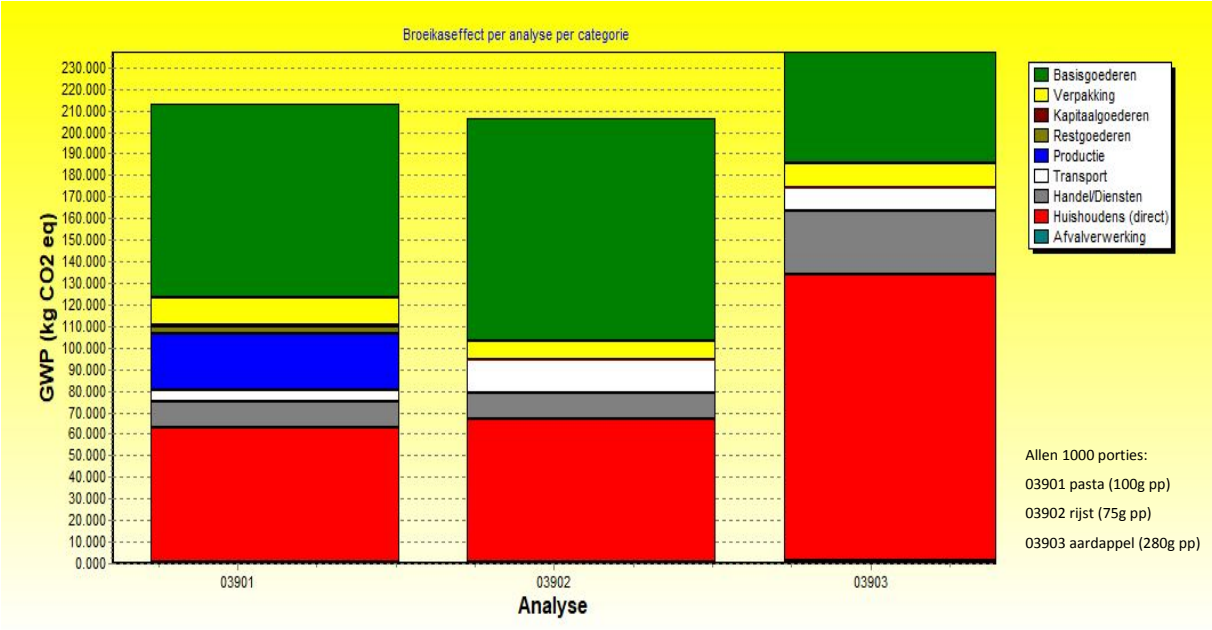
Figuur 23: Landgebruik van fruit, per 1000 kg gegeten



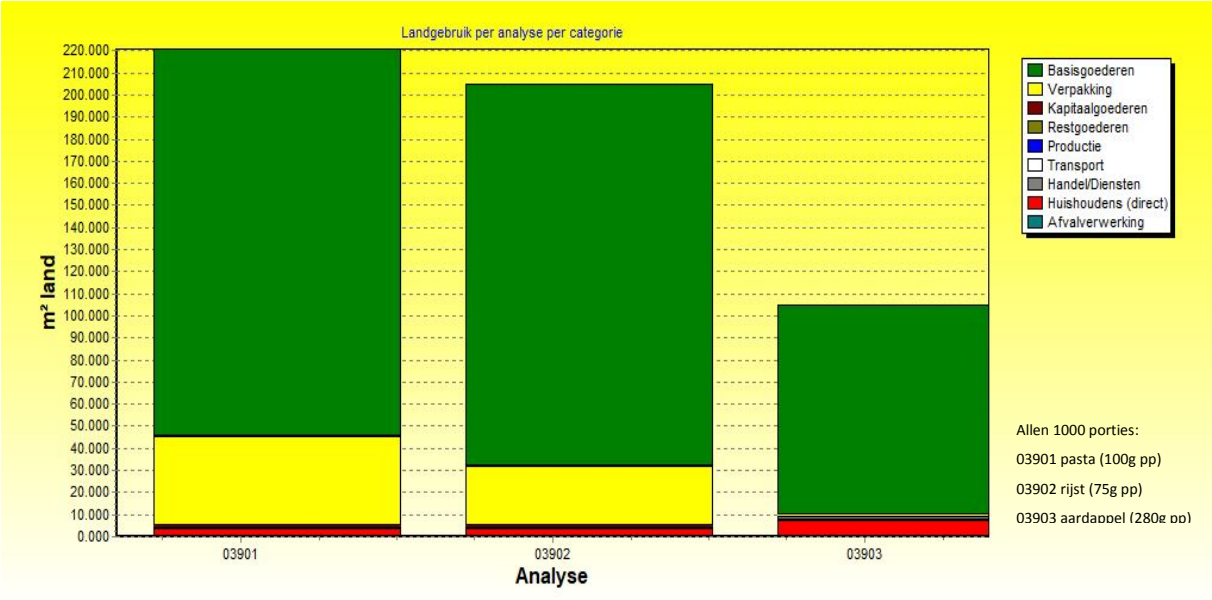
Figuur 24: Broeikasgasemissies van brood, per 1000 kg gegeten.



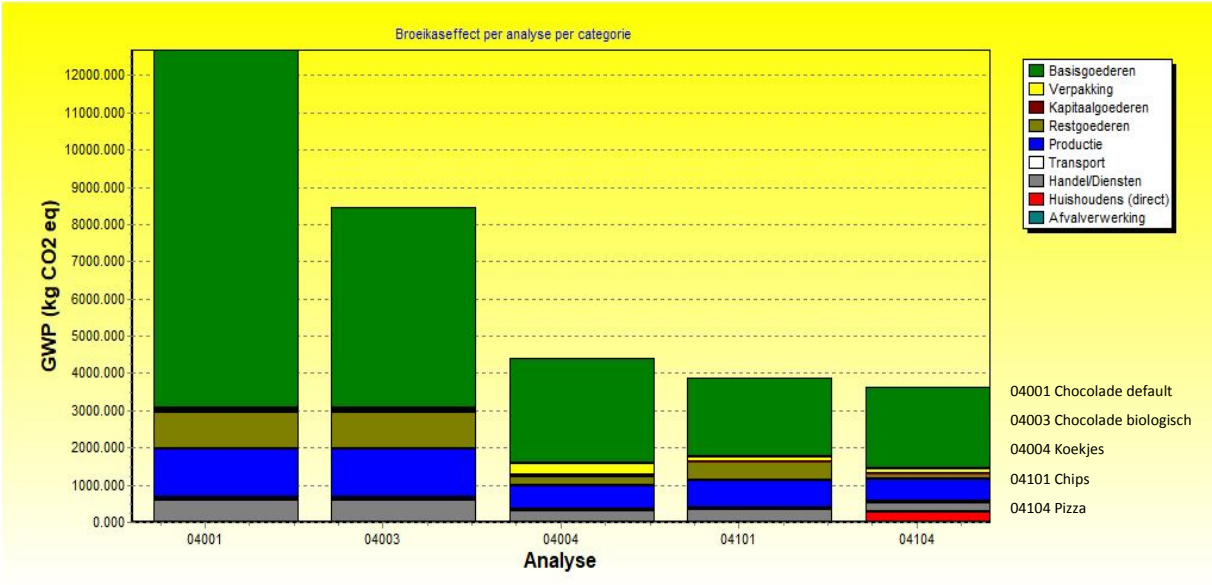
Figuur 25: Landgebruik van brood, per 1000 kg gegeten.



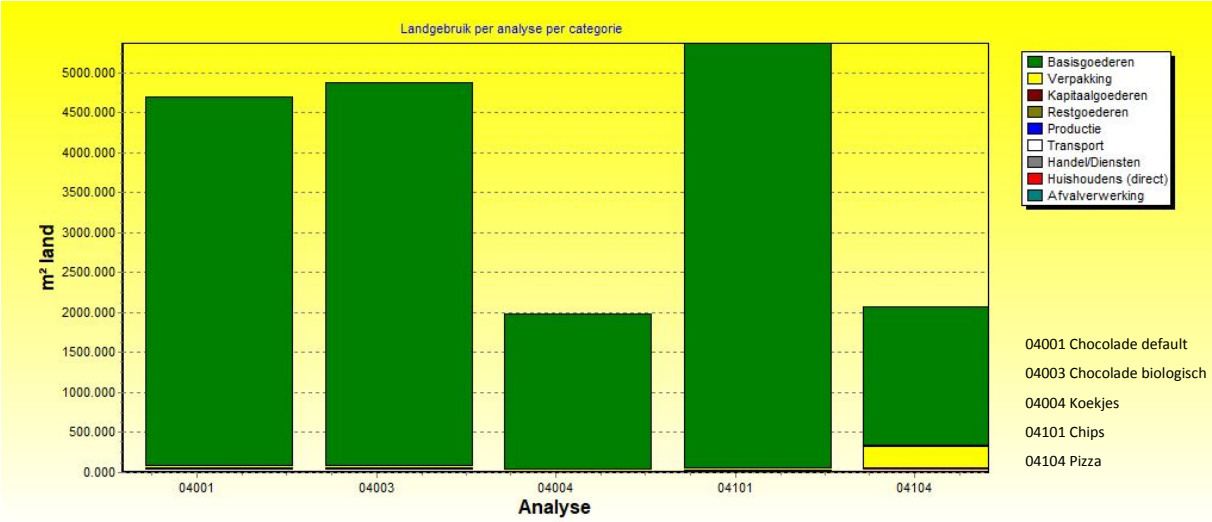
Figuur 26: Broeikasgasemissies van basisvoedsel, per 1000 porties



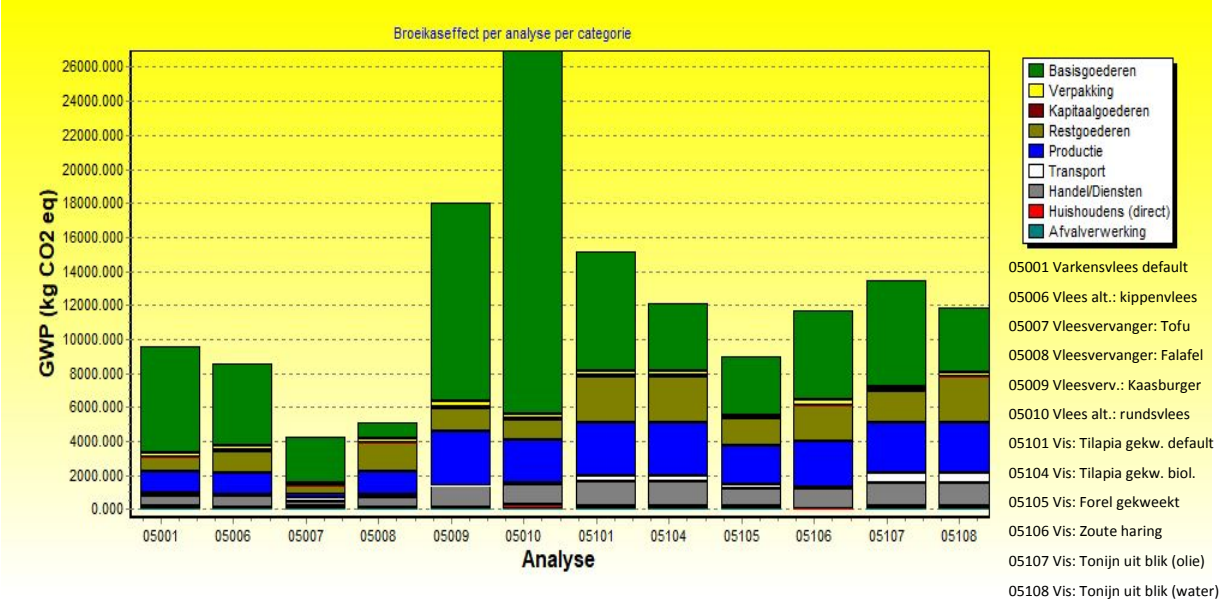
Figuur 27: Landgebruik van basisvoedsel, per 1000 porties



Figuur 28: Broeikasgasemissies van zoet en snacks, per 1000 kg gegeten.

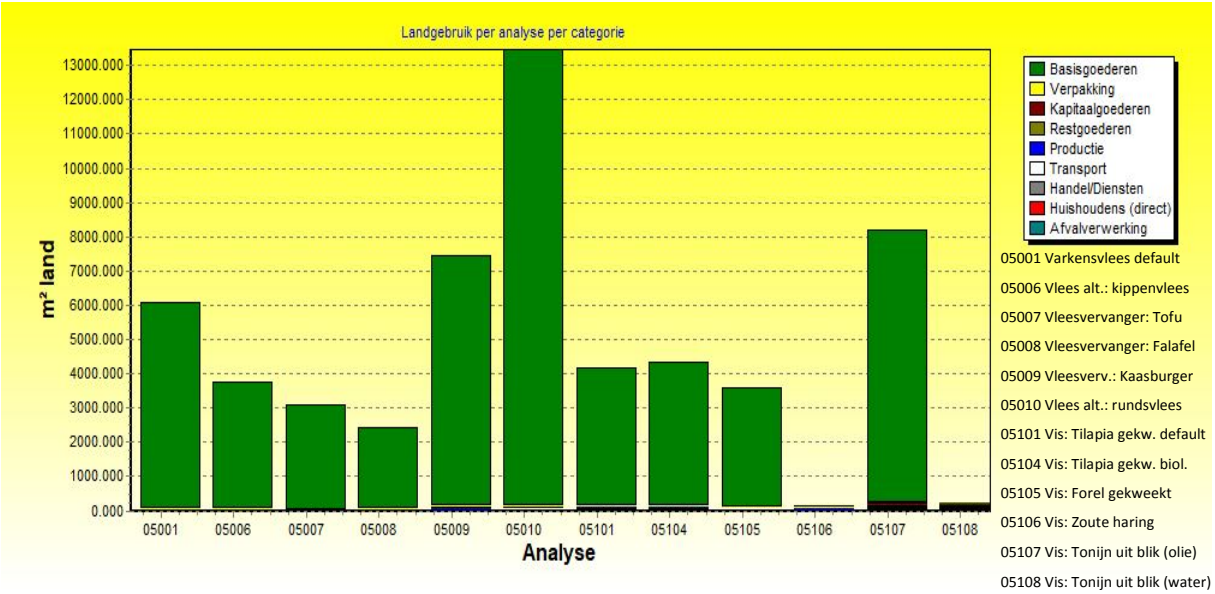


Figuur 29: Landgebruik van zoet en snacks, per 1000 kg gegeten.

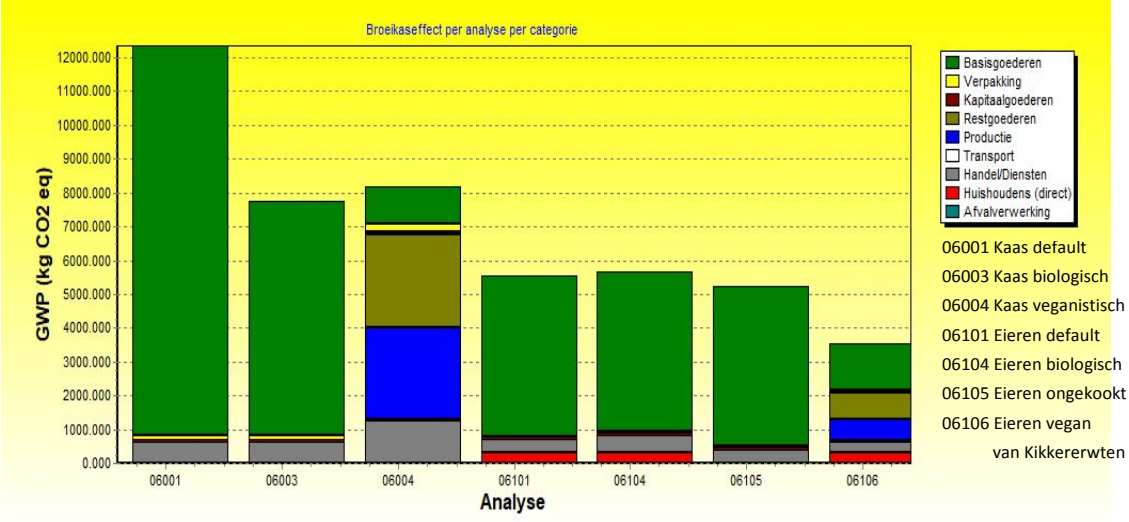


Figuur 30: Broeikasgasemissies van vlees, vis en alternatieven, per 1000 kg gegeten

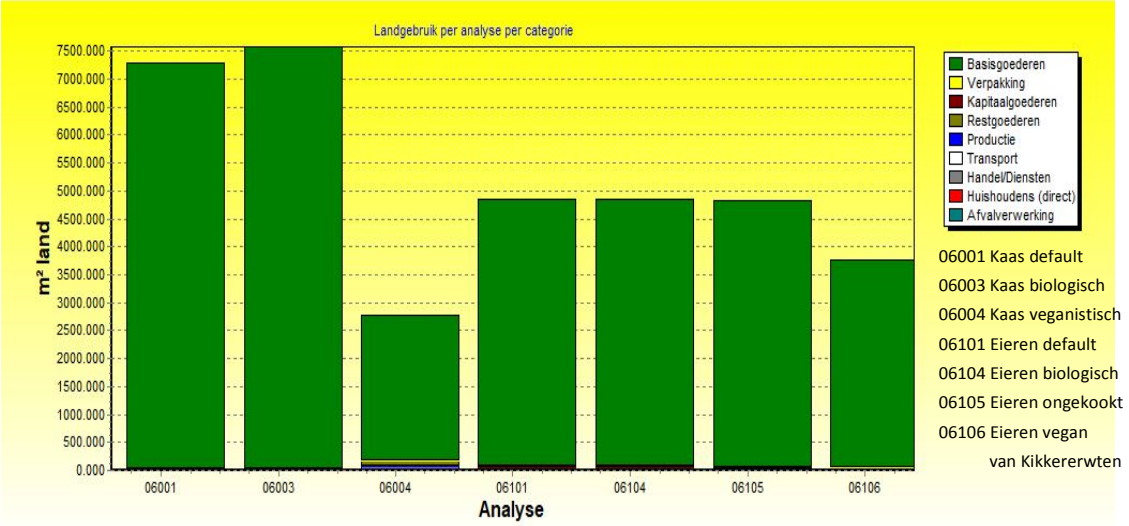
Figuur 25 en Figuur 26 laten zien dat rundsvlees de hoogste milieu impact heeft in deze categorie. De oorzaak hiervoor zijn de hoge methaan emissies van koeien en het relatieve grote oppervlak nodig voor het grazen. Het plantaardige tofu heeft de laagste score voor de broeikasgassen. Bij land gebruik zijn dit de wilde vissen. De in olie ingeblikte tonijn heeft hier een hoge impact wat uiteraard wordt veroorzaakt door de plantaardige olie.



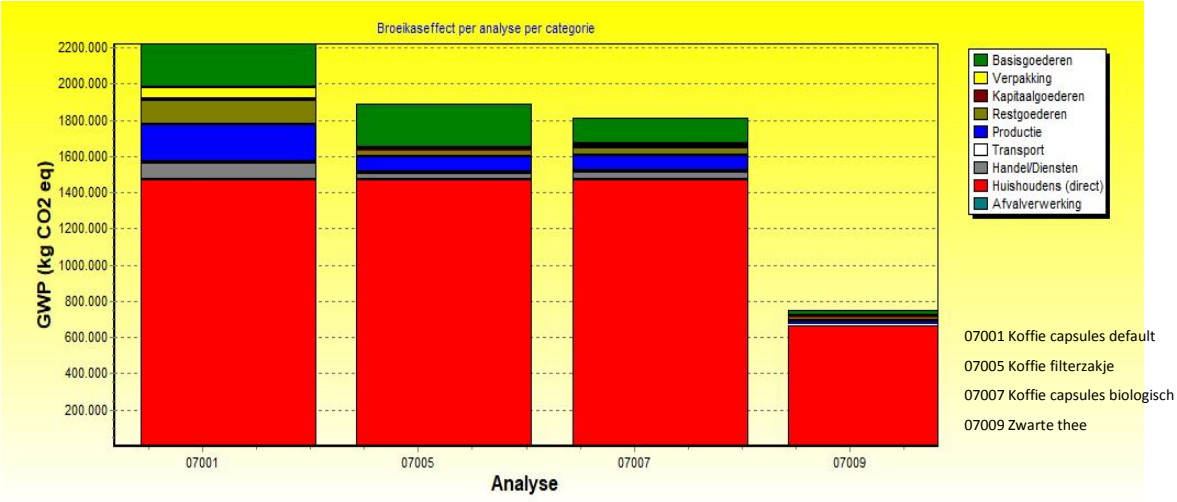
Figuur 31: Landgebruik van vlees, vis en alternatieven, per 1000 kg gegeten



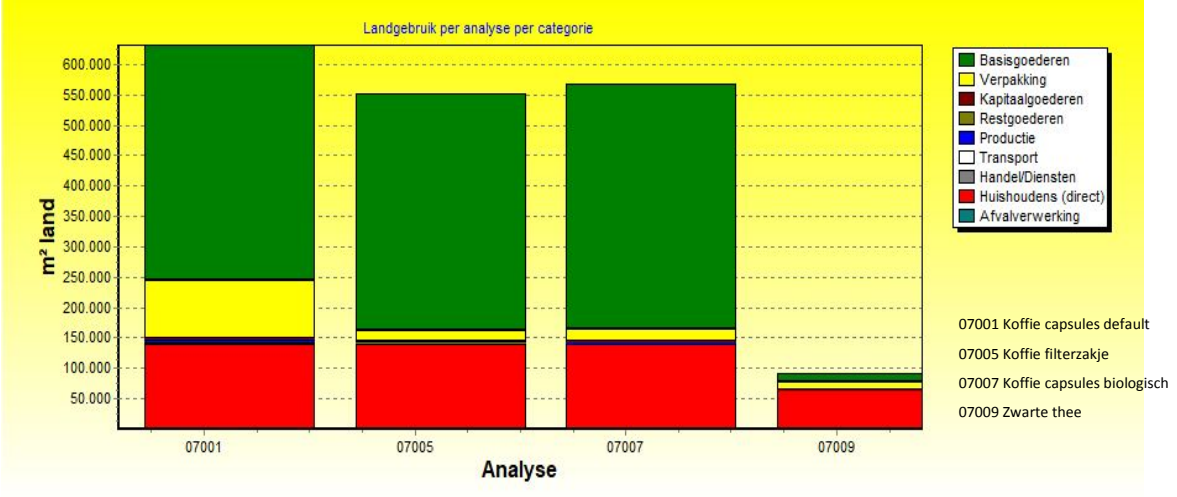
Figuur 32: Broeikasgasemissies van kaas & eieren, per 1000 kg gegeten.



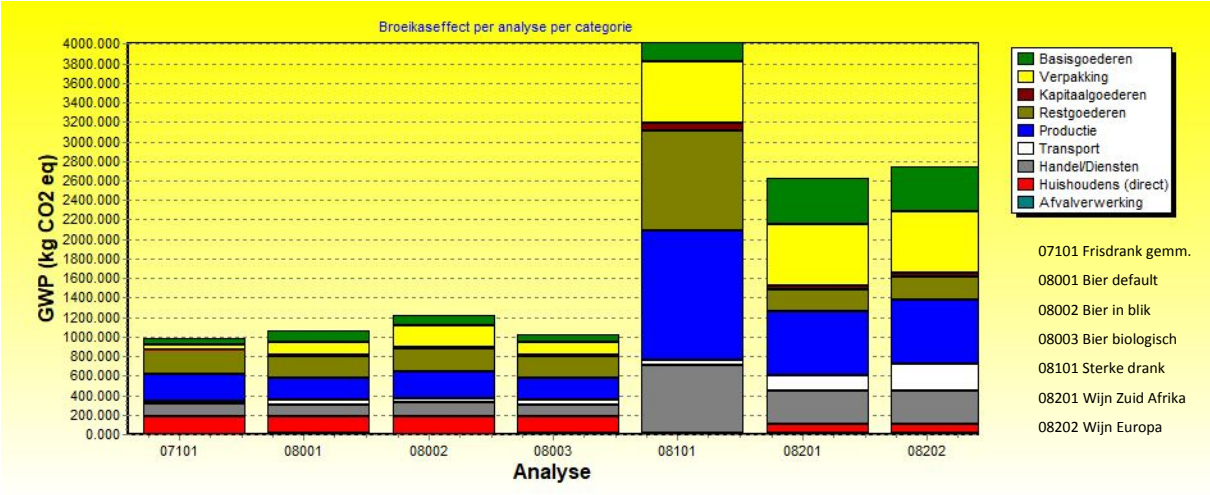
Figuur 33: Landgebruik van kaas & eieren, per 1000 kg gegeten.



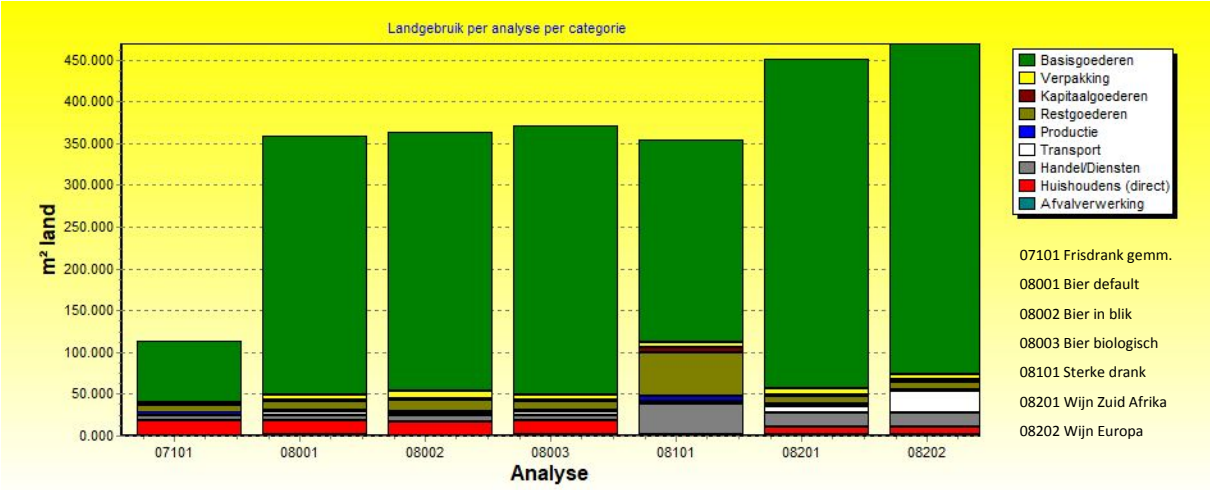
Figuur 34: Broeikasgasemissies van warme dranken, per 1000 liter gedronken.



Figuur 35: Landgebruik van warme dranken, per 1000 liter gedronken.



Figuur 36: Broeikasgasemissies van koude dranken, per 1000 liter gedronken.



Figuur 37: Landgebruik van koude dranken, per 1000 liter gedronken.

APPENDIX E: VERBETEROPTIES EN ALTERNATIEVEN

Categorie	Product	Circulaire optie	R-strategie
Groentes	Wortelen	Nederland (koude grond)	standaard
		koopt niet meer dan nodig	reductie
		eet restjes op	hergebruik
		biologisch	
		seizoen	reductie
		rauw	reductie
		diepvries	
		in glas	
		gekookt optimaal	
	tomaten	Nederland (kas)	standaard
		koopt niet meer dan nodig	reductie
		eet restjes op	hergebruik
		biologisch	
		in seizoen	reductie
		rauw	reductie
		uit blik	
		uit Spanje	
		gekookt optimaal	
Fruit	Appel	Nederland	standaard
		koopt niet meer dan nodig	reductie
		biologisch	reductie
		seizoen	reductie
		in papier	reductie
		uit Chili	
		optimaal	
	Banaan	Midden Amerika	standaard
		koopt niet meer dan nodig	reductie
		biologisch	
		geen verpakking	weiger
		uit Afrika	
		optimaal	
	Alternatief	Papaya	
	Alternatief	Sinaasappel	
Graan producten	Pasta	standaard	
		koopt niet meer dan nodig	reductie
		eet restjes op	hergebruik
		biologisch	
	Rijst	Azië	standaard
		koopt niet meer dan nodig	reductie
		eet restjes op	hergebruik
		biologisch	
		uit de EU	reductie
	Alternatief	Aardappel	

	Brood	standaard	
		koopt niet meer dan nodig	reductie
		eet restjes op	hergebruik
		biologisch	
		volkoren	
Zoet & snacks	Chocolade	Ivoorkust	standaard
		koopt niet meer dan nodig	reductie
		biologisch	
	Alternatief	Koekje	
	Chips	Nederland	standaard
		koopt niet meer dan nodig	reductie
		biologisch	
	Alternatief	pizza	
Vlees, vis & vegetarisch	Varkensvlees	Nederland	standaard
		koopt niet meer dan nodig	reductie
		eet restjes op	hergebruik
		biologisch	
	Alternatief	kippenvlees	
	Alternatief	rundsvlees	
	Tilapia	Brazilië	standaard
		koopt niet meer dan nodig	reductie
		eet restjes op	hergebruik
		biologisch	
	Alternatief	Forel (Europa)	reductie
	Alternatief	Haring	
	Alternatief	Tonijn uit blijk (water)	
	Alternatief	Tonijn uit blijk (olie)	
	Vegetarisch	Tofu (naturel)	
		Falaffel	
		Kaasburger	
Non-alcoholische dranken	koffie	Brazilië	standaard
		koopt niet meer dan nodig	reductie
		eet restjes op	hergebruik
		biologisch	
		papieren filter	
	Thee	Kenia	standaard
	Alternatief	frisdrank	
Alcohilische dranken	Bier	Nederland	
		biologisch	
		in blik	
		biologisch	
	Wijn	Zuid Afrika	standaard
		uit de EU	reductie
	Alternatief	sterke drank	

APPENDIX F: STANDAARD PRODUCTEN

Categorie	Product	Standaardwaarden
Groente	Wortelen (bospeen)	Herkomst: Nederland Verpakking: - LDPE, 10g/750g product Transport: - 150 km vrachtwagen groot - 150 km koelwagen groot Koeling: 90 dagen in de koelopslag Ketenverliezen: - Verwerker: 3,8% - Supermarkt: 1,31% Kooktijd: 8 min. Verliezen bij consument: - Onvermijdbaar: 12,0% - Vermijdbaar ongeopend: 0,79% - Vermijdbaar onbereid: 6,24% - Vermijdbaar bereid: 0,87%
	Tomaten (verwarmde kas)	Herkomst: Nederland Verpakking: - LDPE, 5g/500g product - HDPE, 15g/500g product Transport: - 150 km vrachtwagen groot - 150 km koelwagen groot Koeling: 90 dagen in de koelopslag Ketenverliezen: - Verwerker: 3,8% - Supermarkt: 1,31% Kooktijd: 15 min. Verliezen: - Onvermijdbaar: 0,0% - Vermijdbaar ongeopend: 0,79% - Vermijdbaar onbereid: 6,24% - Vermijdbaar bereid: 0,87%
Fruit	Appels	Herkomst: Nederland Verpakking: - LDPE, 25g/500g product

		Transport: - 150 km vrachtwagen groot - 150 km koelwagen groot Koeling: 120 dagen in de koelopslag Ketenverliezen: - Verwerker: 8,98% - Supermarkt: 1,18% Kooktijd: geen Verliezen: - Onvermijdbaar: 10,0% - Vermijdbaar ongeopend: 0,68% - Vermijdbaar onbereid: 6,73% - Vermijdbaar bereid: 0,0%
	Bananen	Herkomst: Centraal Amerika Verpakking: - LDPE, 10g/500g product Transport: - 150 km vrachtwagen groot - 150 km koelwagen groot - 11000 km transoceanisch schip Koeling: geen Ketenverliezen: - Verwerker: 8,98% - Supermarkt: 1,18% Kooktijd: geen Verliezen: - Onvermijdbaar: 30% - Vermijdbaar ongeopend: 0,68% - Vermijdbaar onbereid: 6,73% Vermijdbaar bereid: 0,0%
Graanproducten	Pasta	Herkomst: Nederland Verpakking: - Karton, 30g/700g product Transport: - 150 km vrachtwagen groot - 150 km vrachtwagen groot Koeling: geen Ketenverliezen: - Verwerker: 3,20% - Supermarkt: 2,17% Kooktijd: 8 min. Verliezen: - Onvermijdbaar: geen - Vermijdbaar ongeopend: 0,68% - Vermijdbaar onbereid: 7,84% - Vermijdbaar bereid: 25,6%
	Rijst	Herkomst: mix China, India Verpakking: - Karton, 20g/400g product

		Transport: - 150 km vrachtwagen groot - 150 km vrachtwagen groot - 17600 km transoceanisch schip Koeling: geen Ketenverliezen: - Verwerker: 3,20% - Supermarkt: 2,17% Kooktijd: 8 min. Verliezen: - Onvermijdbaar: geen - Vermijdbaar ongeopend: 1,95% - Vermijdbaar onbereid: 4,28% - Vermijdbaar bereid: 32,3%
	Brood	Herkomst: Nederland Verpakking: - LDPE, 20g/800g product Transport: - 150 km vrachtwagen groot - 150 km vrachtwagen groot Koeling: geen Ketenverliezen: - Verwerker: 3,20% - Supermarkt: 2,17% Kooktijd: geen Verliezen: - Onvermijdbaar: geen - Vermijdbaar ongeopend: 2,37% - Vermijdbaar onbereid: 18,7% - Vermijdbaar bereid: 0,43%
Vlees en vis	Varkensvlees (Heel varken Dressing factor: 0.7)	Herkomst: Nederland Verpakking: - LDPE, 20g/180g product - Polystryreen, 5g/250g product Transport: - 150 km vrachtwagen groot - 150 km koelwagen groot Koeling: geen Ketenverliezen: - Verwerker: 4,70% - Supermarkt: 2,76% Kooktijd: 15 min. Verliezen: - Onvermijdbaar: geen - Vermijdbaar ongeopend: 1,26% - Vermijdbaar onbereid: 2,8% - Vermijdbaar bereid: 2,94%
	Tilapia	Herkomst: Verpakking: - LDPE, 20g/250g product

		Transport: - 150 km vrachtwagen groot - 150 km koelwagen groot - 11500 km transoceanisch schip Koeling: geen Ketenverliezen: - Verwerker: 37.8% - Supermarkt: 2,44% Kooktijd: 10 min. Verliezen: - Onvermijdbaar: geen - Vermijdbaar ongeopend: 3,17% - Vermijdbaar onbereid: 2,59% - Vermijdbaar bereid: 1,44%
Zuivel & eieren	Kaas	
	Eieren	
Zoet & snacks	Chocolade	Herkomst: Ivoorkust Verpakking: - Papier, 5g/100g product - Aluminium 1g/100g product Transport: - 150 km vrachtwagen groot - 150 km vrachtwagen groot - 3430 km transoceanisch schip Koeling: geen Ketenverliezen: - Verwerker: 3,19% - Supermarkt: 0,64% Kooktijd: geen Verliezen: - Onvermijdbaar: geen - Vermijdbaar ongeopend: 1,66% - Vermijdbaar onbereid: 2,94% - Vermijdbaar bereid: geen
	Chips (aardappelen:olie 4:0.3)	Herkomst: Nederland Verpakking: - LDPE, 10g/200g product - Aluminium, 1g/200g product Transport: - 150 km vrachtwagen groot - 150 km vrachtwagen groot Koeling: geen Ketenverliezen: - Verwerker: 6,27% - Supermarkt: 0,68% Kooktijd: geen Verliezen: - Onvermijdbaar: geen - Vermijdbaar ongeopend: 1,66% - Vermijdbaar onbereid: 2,94% - Vermijdbaar bereid: 1,66%

	Pizza (Bloem:tomaat:kaas 0.43:0.3:0.15)	Herkomst: Nederland Verpakking: - LDPE, 10g/500g product - Karton, 30g/500g product Transport: - 150 km vrachtwagen groot - 150 km vrachtwagen groot Koeling bij producent: 20 dagen Koeling bij consument: 3 dagen vriezer Ketenverliezen: - Verwerker: 3,58% - Supermarkt: 1,50% Kooktijd: geen Verliezen: - Onvermijdbaar: geen - Vermijdbaar ongeopend: 1,66% - Vermijdbaar onbereid: 2,94% - Vermijdbaar bereid: 1,66%
Non-aloholische dranken	Koffie (capsules, Mix van Arabica en Robusta bonen. 14g per 400 ml.)	Herkomst: Brazilië Verpakking: - Papier, 10g/40g product - Karton, 20g/40g product Transport: - 150 km vrachtwagen groot - 150 km koelwagen groot - 11500 km transoceanisch schip Koeling: geen Ketenverliezen: - Verwerker: 8,98% - Supermarkt: 1,18% Kooktijd: aan de kook brengen Verliezen: - Onvermijdbaar: geen - Vermijdbaar ongeopend: 4,73% - Vermijdbaar onbereid: 4,73% - Vermijdbaar bereid: 4,25%
	Thee (theezakjes, 4g per 400 ml)	Herkomst: Kenia Verpakking: - LDPE, 5g/140g product - Karton 50g/140g product - Aluminium 80g/140g product Transport:

		- 150 km vrachtwagen groot - 150 km koelwagen groot - 11500 km transoceanisch schip Koeling: 7 dagen Ketenverliezen: - Verwerker: 8,98% - Supermarkt: 1,18% Kooktijd: aan de kook brengen Verliezen: - Onvermijdbaar: geen - Vermijdbaar ongeopend: 4,73% - Vermijdbaar onbereid: 4,73% - Vermijdbaar bereid: 4,25%
Alcoholische dranken	Bier (statiegeld flesjes)	Herkomst: Nederland Verpakking: - Glas, 5760g/7200g product - Staal, 120g/7200g product Transport: - 150 km vrachtwagen groot - 150 km koelwagen groot Koeling bij consument: 7 dagen Ketenverliezen: - Verwerker: 3,20% - Supermarkt: 2,17% Kooktijd: geen Verliezen bij consument: - Onvermijdbaar: 0,0% - Vermijdbaar ongeopend: 0,65% - Vermijdbaar onbereid: 0,65% - Vermijdbaar bereid: 1,30%
	Wijn	Herkomst: Zuid Afrika Verpakking: - Glas, 500g/750g product - Staal, 20g/750g product Transport: - 150 km vrachtwagen groot - 150 km koelwagen groot - 10000 km transoceanisch schip Koeling bij consument: 3,5 dagen Ketenverliezen: - Verwerker: 8,98% - Supermarkt: 1,18% Kooktijd: geen Verliezen bij consument: - Onvermijdbaar: 0,0% - Vermijdbaar ongeopend: 0,87% - Vermijdbaar onbereid: 0,87% Vermijdbaar bereid: 0,87%

Integrated Research on Energy, Environment and Society | IREES

IREES-2021-03

René Benders
Arjan Zuidema

www.rug.nl/research/irees