

Duurzaamheidseffecten van verwaarding van overschot van paprika's voor voedsel-toepassing: paprika pasta

Jan Broeze, 6 oktober 2026
Wageningen Food & Biobased Research

Inleiding

Bij de teelt van paprika's ontstaan in sommige periodes van het productieseizoen overschotten. Als het aanbod hoger is dan de vraag, wordt het overschot afgezet naar andere bestemmingen, zoals veevoer of vergisting.

Food Fellows beoogt een alternatieve toepassingen voor de overschotten te ontwikkelen: paprika pasta die kan worden gebruikt als ingrediënt voor voedselproducten. Deze – op basis van de reststroom geproduceerde pasta – vervangt ingrediënten waarvoor gangbaar paprika's worden geteeld.

De vraag is hoe de alternatieve toepassing op duurzaamheidseffecten presteert ten opzichte van gangbare verwaarding.

Binnen het Kennis Op Maat-project KomCirc voert Wageningen Food & Biobased Research – in samenwerking met bedrijven, brancheorganisaties en onderwijsinstellingen – kwantitatieve analyses uit naar duurzaamheidseffecten¹ van de benutting van reststromen. Daarbij wordt gebruik gemaakt van de op basis van de wetenschappelijk onderbouwde *Circularity Analysis Tool CAT* (zie nevenstaand kader).

Deze brochure presenteert de resultaten van een uitgewerkte casestudy naar gangbare en alternatieve verwerkingsopties voor overschotpaprika's.

De hier gepresenteerde resultaten zijn gegenereerd op basis van financiering door Nederlandse Ministerie van Landbouw, Visserij en Voedselzekerheid en Natuur*. Ontwikkeling van de CAT-tool is mede mogelijk gemaakt door financiering van de EU**.

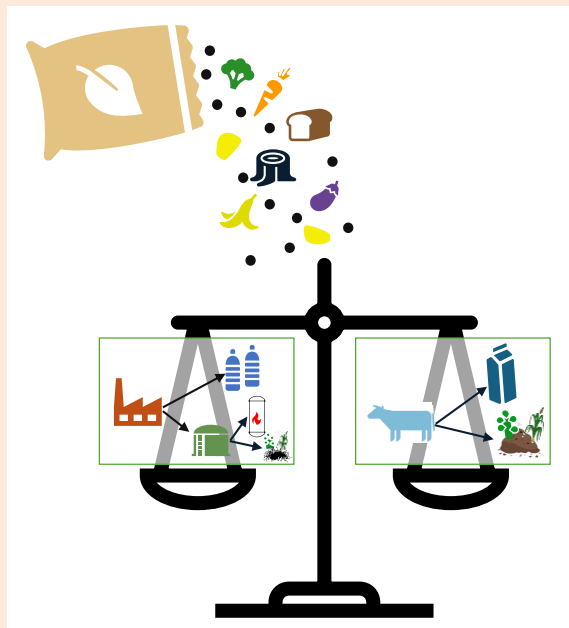
* Het KomCirc project wordt financieel gesteund door de Kennis- en Innovatie Agenda landbouw, water en voedsel. Binnen de KIA werken bedrijfsleven, kennisinstellingen en overheid samen aan innovaties voor veilig en gezond voedsel (en een groene leefomgeving) voor 9 miljard mensen in een veerkrachtige wereld.

** Het EU Agriloop-project heeft financiering ontvangen van het Horizon Europe onderzoeks- en innovatieprogramma van de Europese Unie onder de subsidieovereenkomst No. 101081776, het UK Research and Innovation (UKRI) fund under the UK government's Horizon Europe funding guarantee, het Swiss State Secretariat for Education, Research and Innovation (SERI) en van het National Key Research and Development Program of China (NKRDPC).

¹ In dit project worden potentiële effecten op enkele duurzaamheidsindicatoren uitgewerkt. Eventuele belemmeringen (bijvoorbeeld t.a.v. technische, veiligheids- of wettelijke aard) vallen buiten de scope van dit project.

Circularity Analysis Tool (CAT)

De CAT-tool kan gebruikt worden om de mate van circulariteit en de klimaat impact effecten van verschillende mogelijke toepassingen van biomassa (rest)stromen in te schatten en te vergelijken.



Mate van circulariteit

De CAT schat en vergelijkt de efficiëntie van het grondstoffefficiëntie van verschillende toepassingen van biomassa (reststromen).

Voor deze circulariteitsindicator wordt een rekenmethode toegepast die analoog is aan de circulariteitsindicator die wordt gebruikt voor fossiel materialen (die het aandeel gerecyclede materialen in eindproducten beschrijft). Daartoe schat CAT de opbrengst via elke bestemming of verwerkingsroute naar eindproducten.

De mate van circulariteit wordt gedefinieerd als de verhouding van het energiegehalte van alle producten die in een bestemmingsroute worden gegenereerd ten opzichte van het energiegehalte van de biomassaastroom.

De berekeningen zijn gebaseerd op verschillende vuistregels* en parameters, waaronder de omzettingsefficiëntie per macronutriënt (bv. eiwit, vetten/oliën, koolhydraten, etc.) voor elk 'bestemming' naar eindproducten. De mate van circulariteit wordt gedefinieerd als de verhouding van het energiegehalte van alle producten die in een bestemmingsroute worden gegenereerd ten opzichte van het energiegehalte van de biomassaastroom.

Een correctiefactor wordt toegepast om maatschappelijke voorkeuren te verdisconteren: een hogere waardering van voedsel ten opzichte van (bio-)energie en de hogere waardering van eiwitten in voedsel ten opzichte van koolhydraten en vetten. Biomaterialen krijgen een hogere waarderingsfactor dan bio-energiedragers toegewezen op basis van een geschat recyclingfactor.

Om berekeningen te faciliteren bevat de tool samenstellingsgegevens van een groot aantal biomassa reststromen en andere producten.

Klimaat impact

De CAT kan klimaat-impact van verschillende toepassingen en processen inschatten, conform gangbare LCA-methodologieën**. Daarbij worden de volgende aspecten meegenomen:

- substitutie van referentiematerialen (zoals veelgebruikte primaire veevoedergrondstoffen of fossiele brandstoffen);
- tot aan het punt van substitutie en voor effecten zonder substitutie:
 - gebruik van energie en andere inputs;
 - koolstof vastlegging (in materiaal of in de bodem);
 - emissies van andere broeikasgassen: methaan en lachgas.

Alle aspecten worden beschreven aan de hand van gemiddelde/typische factoren, gespecificeerd per macronutriënt.

In de analyse van de toepassingsroute worden alle significante effecten meegenomen, inclusief de effecten die geassocieerd zijn met de geproduceerde reststromen. Aangezien alle massabalansen worden uitgevoerd op macronutriënt-niveau (van biomassa(reststromen) naar product), worden de resultaten per toepassing weergegeven.

* De gebruikte vuistregels en parameters in deze methode zijn gebaseerd op (gemiddelden uit) referentiestudies met veelal een beperkte omvang. Door deze generalisatie en het gebruik van gemiddelden kan er enige onnauwkeurigheid ontstaan bij het analyseren van casestudies. De methode van de CAT zal nog verder ontwikkeld worden. Nieuwe inzichten kunnen leiden tot aanpassingen van vuistregels en parameters, wat onvermijdelijk (voornamelijk kleine) effecten zal hebben op resultaten van casestudies. Ook actualisaties van dynamische broeikasgasemissiefactoren, zoals voor energiedragers en gewassen, zullen (kleine) effecten hebben op resultaten. Daardoor wordt afgeraden om resultaten van scenario's die verkregen zijn met verschillende versies van de tool met elkaar te vergelijken.

** Doordat de CAT-tool is gebaseerd op secundaire data, kunnen berekeningen worden gezien als een prospectieve carbon footprint analyse. Voor erkende duurzaamheidsclaims wordt in de regel vereist dat de berekeningen (grotendeels) gebaseerd worden op primaire data. Dat geldt niet voor de CAT-tool, tenzij deze voor de casestudy wordt gevuld met primaire data. Het rekenmodel volgt richtlijnen van diverse standaarden, zoals het Greenhouse Gas Protocol; onder andere ten aanzien van scope systeemgrenzen. Door het generieke karakter van de tool worden echter specifieke eisen zoals datakwaliteit voor de specifieke situatie niet meegenomen.

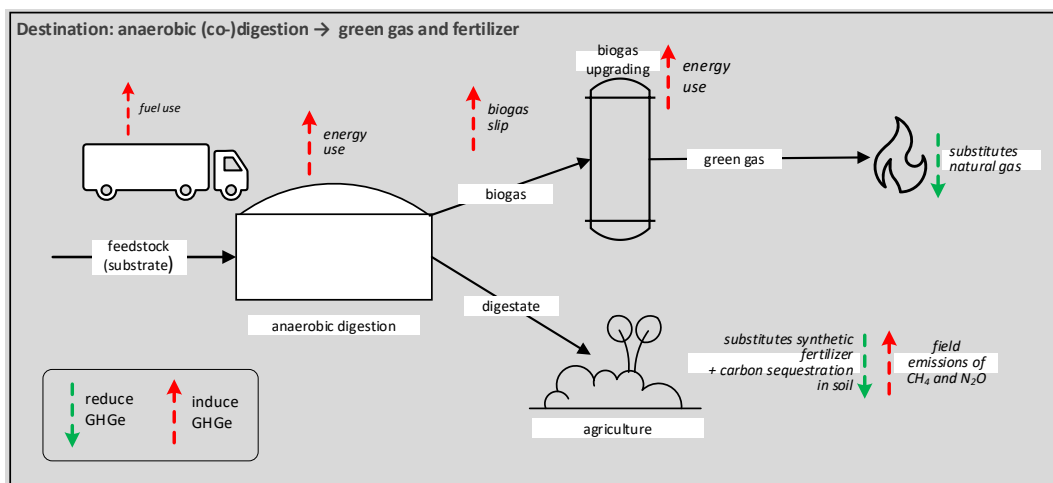
De CAT-tool is ontwikkeld door Wageningen Food & Biobased Research

Disclaimer: Aangezien de factoren die in de berekeningen worden gebruikt gebaseerd zijn op informatie uit secundaire bronnen, kunnen de ontwikkelaars geen garanties geven over de nauwkeurigheid of betrouwbaarheid van de resultaten. Door gegenereerde resultaten te gebruiken, gaat u ermee akkoord dat de ontwikkelaars van de CAT-tool niet aansprakelijk zijn voor eventuele verliezen of schade die voortvloeien uit het gebruik ervan.

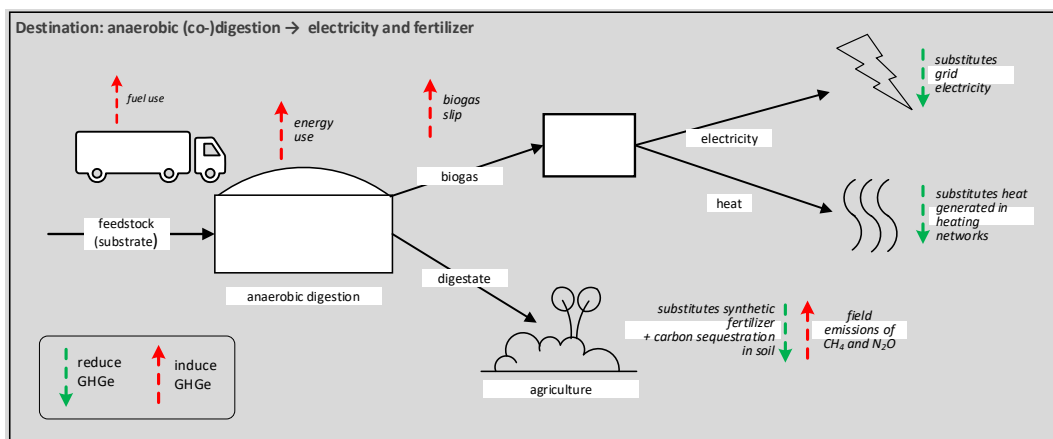
Gangbare bestemmingen voor overschotpaprika's

Hieronder worden inzet als veevoer en als digestaat voor co-vergisting toegelicht.

Bij de bestemming "co-vergisting" wordt het materiaal – gecombineerd met mest – vergist waarbij biogas wordt geproduceerd. Biogas kan worden ingezet voor productie van groene elektriciteit of groen gas. Het co-product van co-vergisting – digestaat – kan worden ingezet als meststof; aangenomen wordt dat daarmee kunstmest wordt vervangen. De procesketens worden met alle effecten op broeikasgasuitstoot weergegeven in Figuur 1 en Figuur 2.

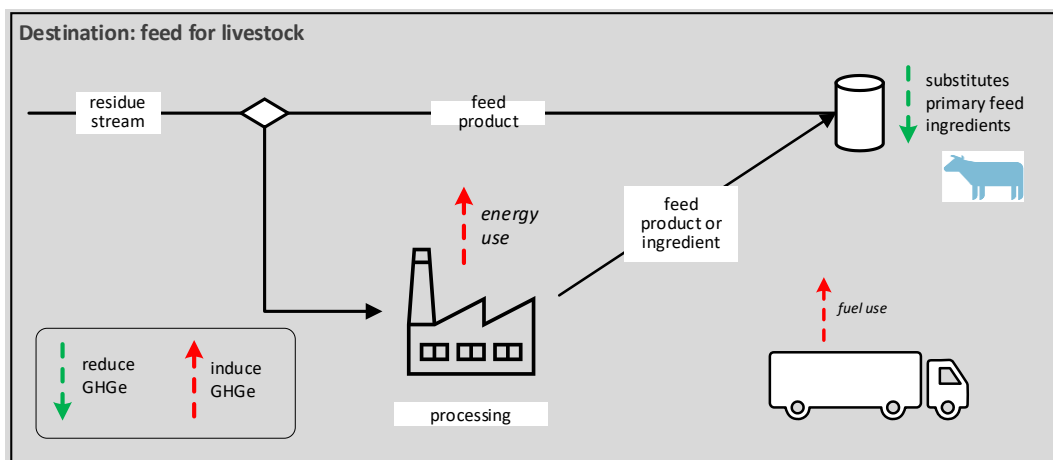


Figuur 1. Referentie-scenario voor bestemming van overschotpaprika's: vergisting met productie van groen gas.



Figuur 2. Referentie-scenario voor bestemming van overschotpaprika's: vergisting met productie van elektriciteit.

Effecten van een andere mogelijke toepassing – veevoer – worden weergegeven in Figuur 3. Hier wordt aangenomen dat het product rechtstreeks wordt afgezet als veevoer.

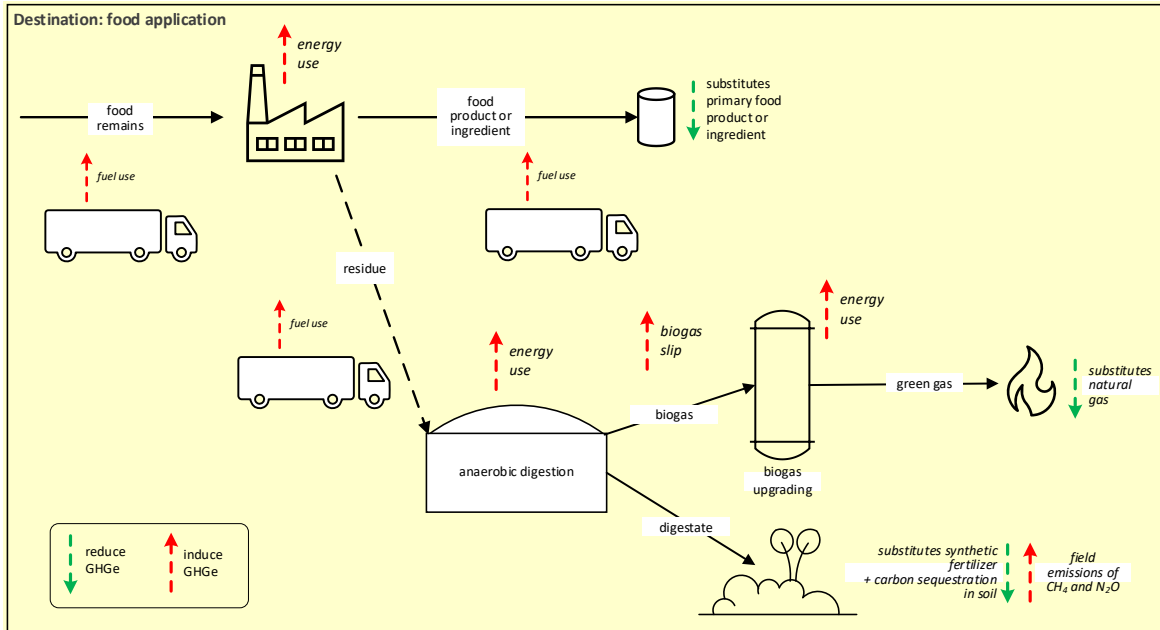


Figuur 3. Referentie-scenario voor bestemming van overschotpaprika's: veevoer

Beoogde alternatieve toepassing

In de beoogde alternatieve toepassingsketen wordt naast het voedselproduct een nevenstroom gegeneerd. Aangenomen is dat deze nevenstroom wordt vergist in een co-vergister. De procesketen wordt met alle effecten op broeikasgasuitstoot weergegeven in Figuur 4.

Alternatief proces:



Figuur 4. Alternatieve verwerkingsoptie voor overschotpaprika's, als voorgesteld door Food Fellows. De overschotpaprika's worden verwerkt tot levensmiddel-ingrediënt. Nevenstromen van dit proces (afkeur, en delen van de paprika's) worden vergist tot biogas (aanname: groen gas) en digestaat (meststof).

Bij deze toepassing wordt aangenomen dat de geproduceerde pasta geïmporteerde paprika pasta (op basis van daarvoor geteelde paprika's) vervangt.

Resultaten

Hieronder worden resultaten gepresenteerd op basis van met Food Fellows afgestemde details van de proces- en logistieke ketens. Resultaten worden gepresenteerd voor de volgende indicatoren:

- mate van circulariteit (indicator voor grondstof-efficiëntie, zoals hierboven uitgelegd);
- broeikasgasbalans:
 - attributional effect: toegerekende impact per eenheid (kg) geproduceerde product weergegeven. Attributional resultaten worden gewoonlijk gebruikt voor product-impactrapportage en benchmarking van producten. Hieronder wordt een vergelijking tussen het op basis van de reststroom in NL geproduceerde product met referentieproduct in de markt gepresenteerd. In de hier gepresenteerde attributional resultaten wordt aan de reststroom impact "0" toegerekend; de berekende carbon footprint is gebaseerd op emissies ten gevolge van transport en gebruikte energie en andere inputs.
 - Consequential effect: daarbij worden alle effecten (op totaal systeemniveau) bij keuze van een bestemming meegenomen. Consequential resultaten worden berekend op basis van:
 - substitutie van referentiematerialen (zoals veelgebruikte primaire veevoedergrondstoffen of fossiele brandstoffen) door het geproduceerde product;
 - tot aan het punt van substitutie en voor effecten zonder substitutie:
 - gebruik van energie en andere inputs;
 - vastlegging van koolstof in materiaal of in de bodem,
 - emissies van andere broeikasgassen: methaan en lachgas.

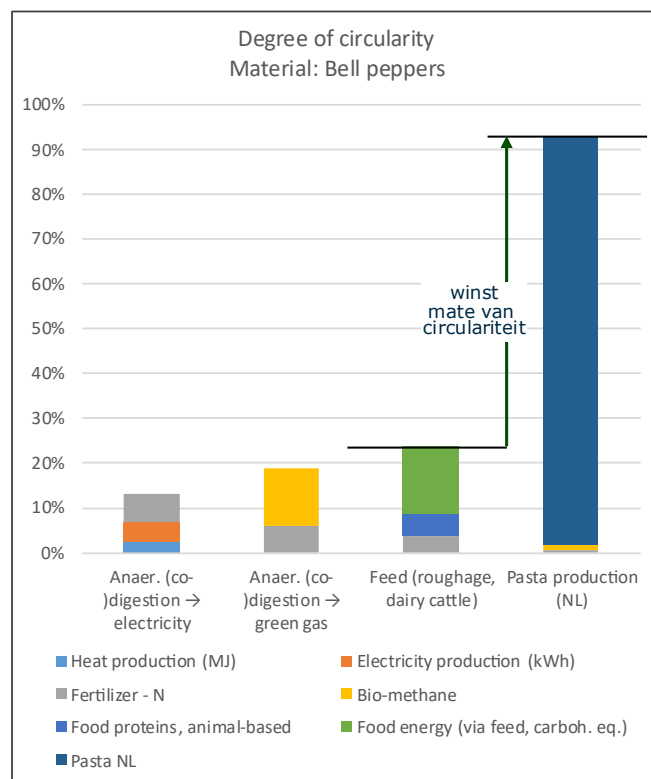
De vergelijking van resultaten voor verschillende bestemmingen geeft een ranking van milieu-impact voor verschillende bestemmingen per eenheid (kg) reststroom.

Aannames en databronnen

- Ingeschat in samenspraak met Food Fellows:
 - technische details van het proces voor productie van pasta,
 - transportafstanden en -modaliteiten voor alle scenario's.
- Broeikasgasemissiefactoren voor gebruikte elektriciteit en aardgas (warmtegebruik) zijn voor Nederland afgeleid van co2emissiefactoren.nl. Voor andere landen zijn emissiefactoren voor elektriciteit afgeleid van Ember², met correctie voor verliezen in elektriciteitstransmissie en -distributie (verkregen van de Wereldbank³). Uit alle bronnen zijn de meest recente waarden gebruikt.
- Voor energieverbruik in verwerkingsprocessen zijn factoren geschat uit wetenschappelijke literatuur.
- Broeikasgasemissiefactoren voor transport zijn afgeleid van SFC (2025)⁴. Gemiddelde beladingsgraden zijn afgeleid van NMT (2025)⁵.

Voor details / aannames voor referentiebestemmingen: zie betreffende factsheets.

Resultaten grondstofefficiëntie: mate van circulariteit



Figuur 5. Vergelijking van circulariteit bij verschillende bestemmingen van overschotpaprika's: (1) co-vergisting met productie van elektriciteit, (2) co-vergisting met productie van groen gas, (3) veevoer en (4) voedsel-ingrediënt (waarbij een reststroom wordt ingezet voor vergisting).

Conclusies mate van circulariteit

De toepassing als voedselingrediënt scoort aanzienlijk hoger dan de andere toepassingen. In de veevoer toepassing is de totale opbrengst naar voedsel veel lager ten gevolge van de beperkte efficiëntie van het dier.

Voor de referentietoepassing "vergisting" zijn twee scenario's gepresenteerd: met productie van groen gas (opgevaardeerd biogas) en met productie van elektriciteit en warmte. De laatstgenoemde optie scoort wat lager op circulariteit doordat het rendement van een gasmotor lager is dan 100%.

² <https://ember-energy.org/data/yearly-electricity-data/> (accessed 2026-01-28).

³ <https://data.worldbank.org/indicator/EG.ELC.LOSS.ZS> (accessed 2026-01-28).

⁴ Smart Freight Centre. Global Logistics Emissions Council Framework for Logistics Emissions Accounting and Reporting; v3.1 edition, revised and

updated (February 2025). https://smart-freight-centre-media.s3.amazonaws.com/documents/GLEC_FRAMEWORK_v3.1_March_2025_1-3.pdf (accessed 2025-05-28)

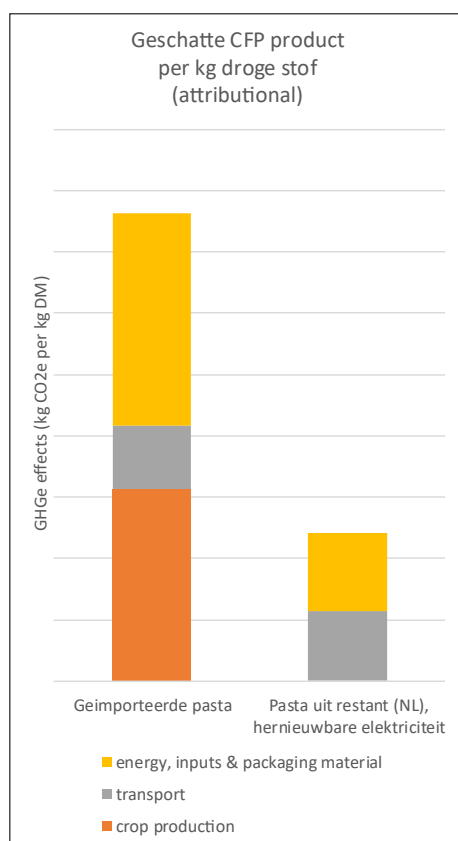
⁵ Network for Transport Measures, Stockholm, Sweden.

<https://www.transportmeasures.org/en/wiki/> (values for 2025).

Effecten broeikasgasuitstoot: attributional

Attributional resultaten worden gewoonlijk gebruikt voor product-impactrapportage en benchmarking van producten. In de hier gepresenteerde attributional resultaten wordt aan de reststroom impact "0" toegerekend; de berekende carbon footprint is gebaseerd op emissies ten gevolge van transport en gebruikte energie en andere inputs.

Een vergelijking van de berekende attributional broeikasgasuitstoot (geschatte carbon footprints) voor pasta uit reststroom in Nederland en voor geïmporteerde pasta wordt in Figuur 6 weergegeven. Deze resultaten zijn, zowel voor het in NL op basis van reststroom geproduceerde product, als het referentieproduct (geïmporteerde pasta⁶) met de CAT-tool berekend op basis van met Food Fellows afgestemde ketenbeschrijving.



Figuur 6. Vergelijking attributional effecten (geschatte CFP): vergelijking van geïmporteerde pasta en in Nederland geproduceerde pasta uit reststroom. Dit resultaat is weergegeven in kg droge stof om het geconcentreerde product uit import te kunnen vergelijken met het niet/amper ingedikt product van productie in Nederland.

Conclusies CFP (attributional)

In Nederland uit de reststroom geproduceerde pasta heeft een veel lagere CFP dan geïmporteerde pasta doordat

- Teelt van paprika's t.b.v. het product wordt vermeden. De teelt levert een aanzienlijke bijdrage aan de CFP van geïmporteerde pasta.
- De geïmporteerde pasta wordt geconcentreerd. Dat leidt tot aanzienlijke transportbesparing. Mede door de aanname van lange-afstandstransport met een lage emissiefactor (trein), de transport-gerelateerde emissie vergelijkbaar voor beide scenario's.
- Energieverbruik voor indikken van het geïmporteerde product leidt tot een aanzienlijk hogere proces-gerelateerde broeikasgasuitstoot t.o.v. het in NL geproduceerde product.
- In totaal heeft het in NL uit de reststroom geproduceerde product een geschatte CFP die een factor 3 lager is dan het geïmporteerde product (onder voorwaarde dat aan de reststroom geen broeikasgasuitstoot wordt toegerekend).

⁶ Voor geïmporteerde puree is een carbon footprint waarde geschat op basis van Adal et al. (2024). <https://doi.org/10.1002/fes3.70019>.

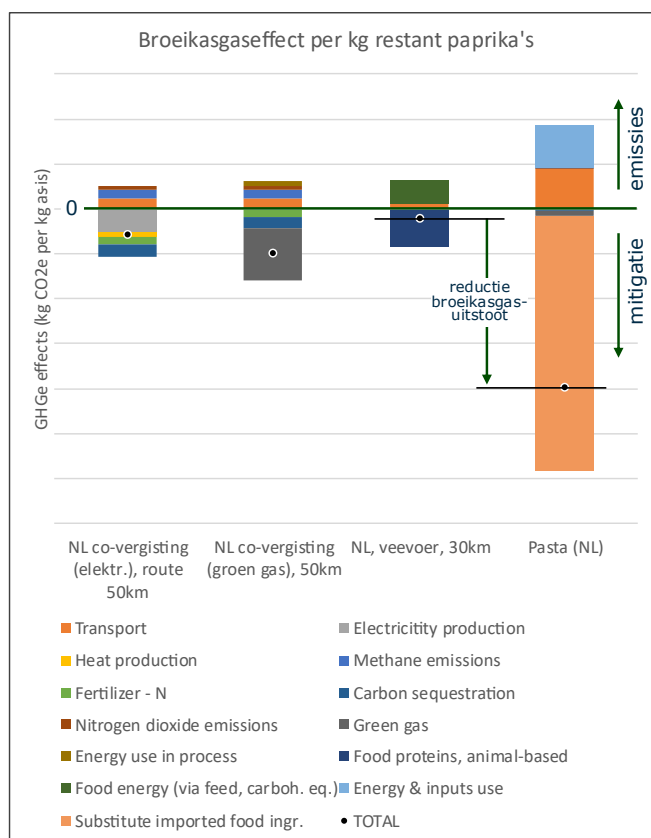
Effecten broeikasgasuitstoot: consequential

In **consequential** resultaten worden alle effecten (op totaal systeemniveau) bij keuze van een bestemming meegenomen. De vergelijking van resultaten voor verschillende bestemmingen wordt vergeleken per eenheid (kg) reststroom.

Consequential resultaten worden berekend op basis van:

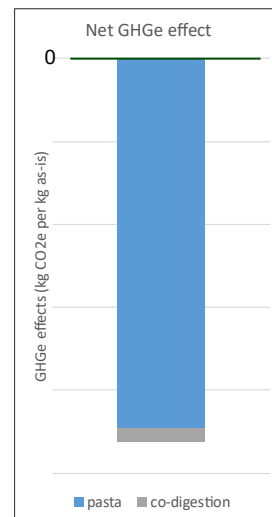
- substitutie van referentiematerialen (zoals veelgebruikte primaire veevoedergrondstoffen of fossiele brandstoffen) door het geproduceerde product;
- tot aan het punt van substitutie en voor effecten zonder substitutie:
 - gebruik van energie en andere inputs;
 - vastlegging van koolstof in materiaal of in de bodem;
 - emissies van andere broeikasgassen: methaan en lachgas.

Berekende consequential effecten worden gepresenteerd in Figuur 7.



Figuur 7. Vergelijking consequential effecten voor verschillende bestemmingen van overschotpaprika's in NL.

Voor de nieuwe toepassing worden de netto-effecten van productie van pasta-productie en vergisting (voor het restant) weergegeven in Figuur 8.



Figuur 8. Netto-effecten voor de nieuwe toepassing in Nederland: effecten van de pasta productie en vergisting (met productie van groen gas en meststof) van de residu-stroom.

Conclusies consequential broeikasgaseffecten

- Voor zowel de gangbare als de nieuwe bestemming is de netto-broeikasgasbalans "negatief". Dat betekent dat inzet van de reststroom een reductie van broeikasgasuitstoot oplevert. Dat komt doordat het effect van substitutie van gangbare materialen groter is dan de berekende uitstoot (ten gevolge van energie- en materiaalgebruik, transport en uitstoot van andere broeikasgassen).
- In vergisting scoort groengasproductie beter dan productie van elektriciteit; dit kan worden verklaard doordat elektriciteit in NL al voor een aanzienlijk deel uit hernieuwbare bronnen (met lage emissiefactoren) wordt geproduceerd.
- Anders dan in de circulariteitsanalyse is de netto-broeikasgasbalans bij veevoer toepassing (met substitutie van ruwvoer) minder gunstig dan vergisting. Dit wordt veroorzaakt door de relatief hoge broeikasgas emissiefactor van aardgas (substitutieproduct van groen gas) t.o.v. veevoer (ruwvoer, substitutieproduct bij veevoer toepassing).
- Productie van pasta in NL scoort beter dan de referentie-bestemmingen. Dat wordt vooral bepaald door de substitutie van het geïmporteerde product. De benutting van de nevenstroom (naar co-vergisting) draagt daar beperkt aan bij.