Duurzaamheidseffecten van verwaarding van afgekeurde bananen voor voedseltoepassing

Jan Broeze en Marc Lanting, 28 april 2026
Wageningen Food & Biobased Research

Inleiding

Bij de import van bananen wordt een deel van de partijen afgekeurd. Afgekeurde bananen worden niet als levensmiddel verhandeld, maar worden gangbaar vergist.

Bakers & Bananas beoogt een alternatieve toepassingen voor afgekeurde bananen ontwikkeld*. Hierbij worden de bananen verwerkt tot bananenpuree, die kan worden ingezet als ingrediënt voor levensmiddelen.

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 duurzaamheidseffecten[1] 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 afgekeurde bananen.

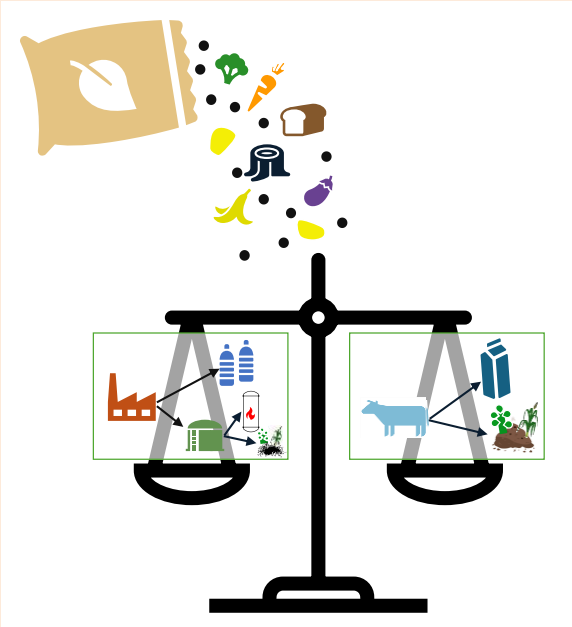
De hier gepresenteerde resultaten zijn gegeneerd op basis van financiering door Nederlandse Ministerie van Landbouw, Visserij en Voedselzekerheid en Natuur#. Ontwikkeling van de CAT tool is mede mogelijk gemaakt door financiering van de EU##.

 # 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 grondstofefficiëntie 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 biomassastroom.
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 biomassastroom.

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 referentie materialen (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.

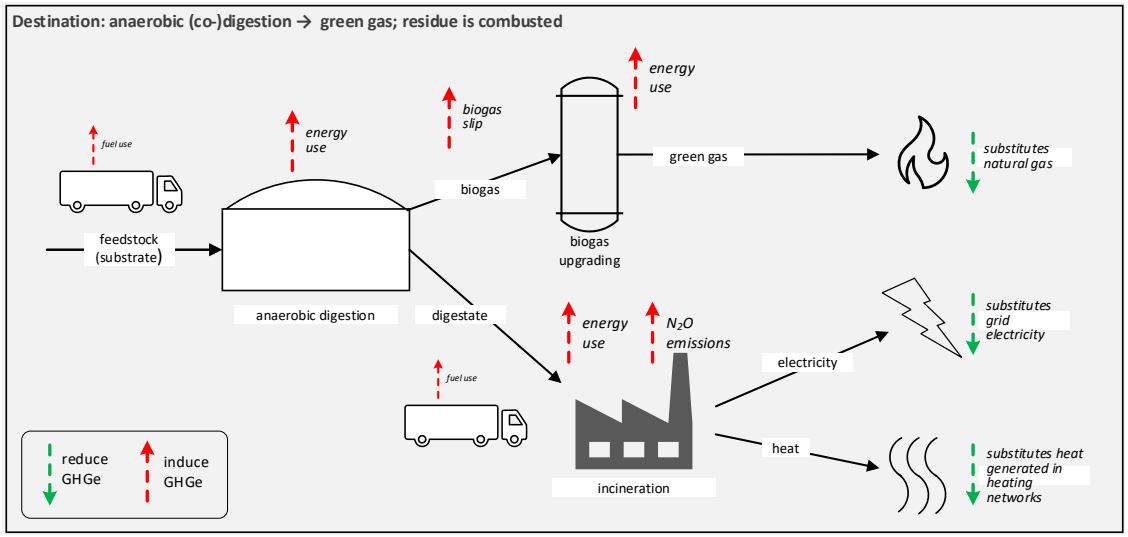
In de analyse van de toepassingsroute worden alle significante effecten meegenomen, inclusief de effecten die geassocieerd zijn met de geproduceerde reststromen. Aangezien alle massabalansen worden uitgevoerd op macronutriënt-niveau (van biomassa(reststromen) naar product), worden de resultaten per toepassing 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 nauwkeurigheid ontstaan bij het analyseren van case-studies.*
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 case-studies. Ook actualisaties van dynamische broekasgasemissiefactoren, 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 case-study gevuld wordt met primaire data.*
Het rekenmodel volgt richtlijnen van diverse standaards, zoals het Greenhouse Gas Protocol; o.a. t.a.v. 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 gegeneerde 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 bestemming voor afgekeurde bananen

Bij vergisting wordt biogas geproduceerd, waaruit elektriciteit of groen gas (een duurzame vervanger voor aardgas) wordt geproduceerd. In de referentiesituatie (industriële vergister) wordt het co-product van vergisting – digestaat – verbrand. De procesketen wordt met alle effecten op broeikasgasuitstoot weergegeven in Figuur 1.

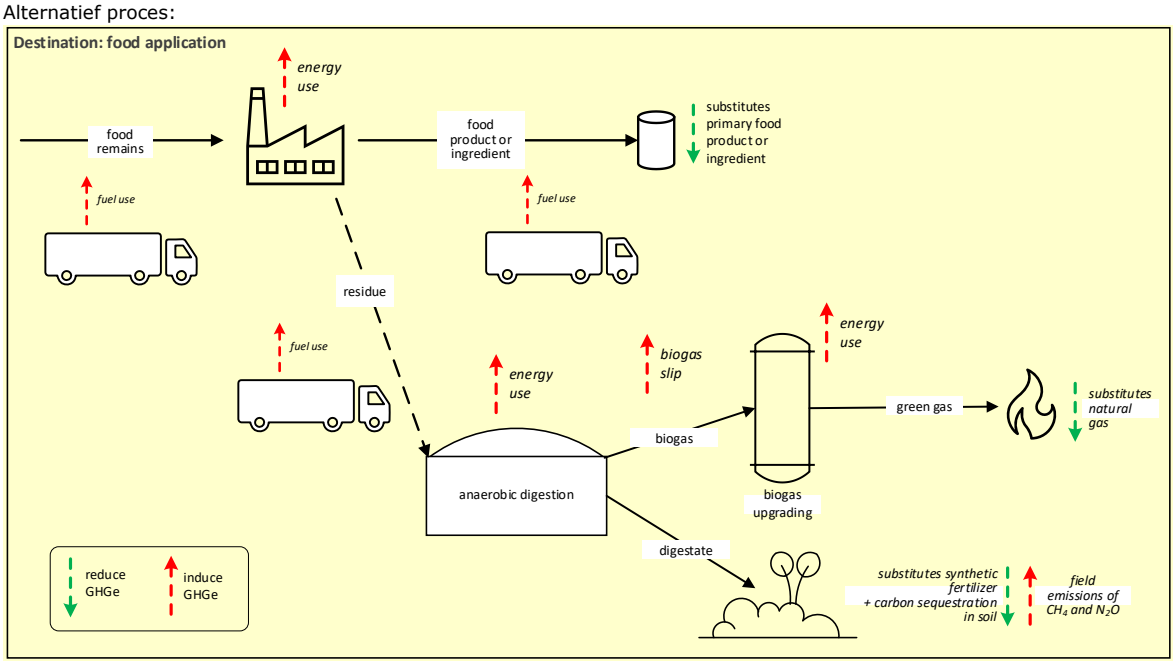


Figuur 1. Huidige situatie bij de verwerking van afgekeurde bananen. Deze worden vergist om biogas (groengas) te produceren. Het digestaat wordt verbrand.

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 2.

Alternatief proces:



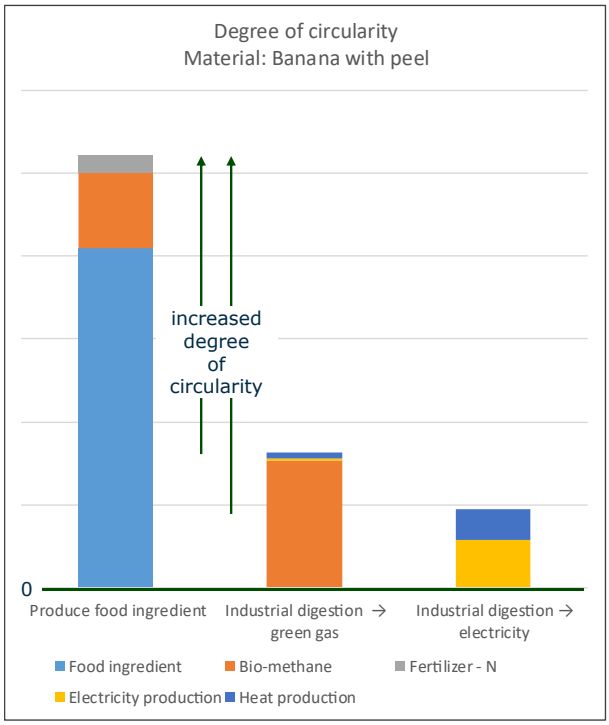
Figuur 2. Alternatieve verwerkingsoptie voor afgekeurde bananen, als voorgesteld door Bakers & Bananas. De afgekeurde bananen worden verwerkt tot levensmiddel-ingrediënt. Het restant wordt vergist tot biogas (groengas) en digestaat (meststof).

Bij deze toepassing wordt aangenomen dat de geproduceerde puree geïmporteerde bananenpuree vervangt.

Resultaten

Hieronder worden resultaten gepresenteerd op basis van met Bakers & Bananas afgestemde details van de proces- en logistieke keten.

Grondstofefficiëntie: mate van circulariteit



Figuur 3. Vergelijking van circulariteit bij verschillende bestemmingen van afgekeurde bananen: (1) productie van voedsel-ingrediënt en (2) industriële vergisting (met productie van groen gas) en industriële vergisting (gericht op productie van elektriciteit).

Conclusies Mate van circulariteit

Voor de referentietoepassing (vergisting) worden twee scenario's gepresenteerd: met productie van groen gas (opgewaardeerd 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%.

De alternatieve toepassing – waarbij een deel als voedsel-ingrediënt wordt benut – scoort aanzienlijk hoger op mate van circulariteit dan vergistingsopties. Dit resultaat wordt vooral veroorzaakt door de 'directe' inzet van een deel van de banaan als voedsel-ingrediënt. Daarnaast levert ook de toepassing van het residu (in co-vergisting, waarbij is aangenomen dat biogas wordt opgewaardeerd naar groen gas) een significante bijdrage.

Aannames en databronnen

- Ingeschat in samenspraak met Bakers & Bananas:
  - technische details van het proces voor productie van puree,
  - transportafstanden en -modaliteiten voor alle scenario's,
  - voor de referentie-bestemming is aangenomen dat de vergister in België staat.
- Broeikasgasemissiefactoren voor gebruikte elektriciteit en aardgas (warmtegebruik) zijn voor Nederland afgeleid van co2emissiefactoren.nl. Voor andere landen zijn emissiefactoren voor elektriciteit afgeleid van Ember[2], met correctie voor verliezen in elektriciteitstransmissie en -distributie (verkregen van de Wereldbank[3]). 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.

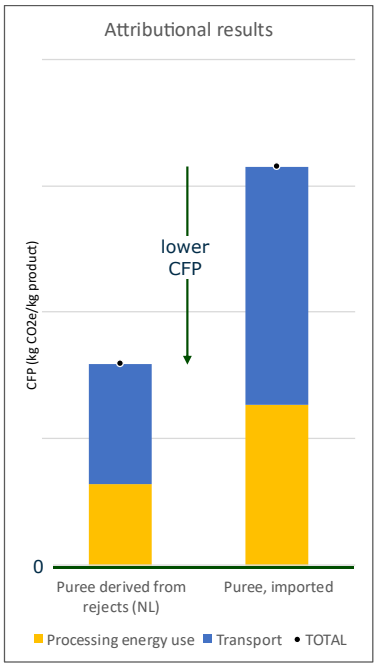
[2] https://ember-energy.org/data/yearly-electricity-data/ (accessed 2026-01-28).
[3] https://data.worldbank.org/indicator/EG.ELC.LOSS.ZS (accessed 2026-01-28).
[4] Smart Freight Centre. Global Logistics Emissions Council Framework for Logistics Emissions Accounting and Reporting; v3.1 edition, revised 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

Hieronder worden effecten volgens zowel attributional LCA als consequential LCA gepresenteerd.

In **attributional** resultaten wordt impact per eenheid (kg) geproduceerde product weergegeven.
Attributional resultaten worden gewoonlijk gebruikt voor product-impact rapportage 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 t.g.v. transport en gebruikte energie en andere inputs.

Een vergelijking van de berekende attributional broeikasgasuitstoot (geschatte carbon footprints) voor puree uit reststroom in Nederland en voor geïmporteerde puree wordt in Figuur 4 weergegeven. Deze resultaten zijn, zowel voor het in NL op basis van reststroom geproduceerde product, als het referentieproduct (geïmporteerde puree) met de CAT tool berekend op basis van met Bakers & Bananas afgestemde ketenbeschrijving.



Figuur 4. Vergelijking attributional effecten (geschatte CFP): vergelijking van in Nederland geproduceerde puree uit reststroom en geimporteerde puree.

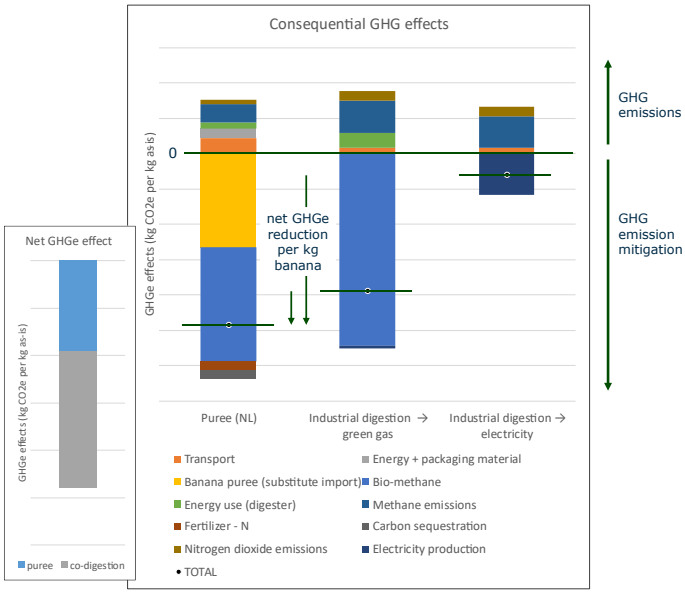
Conclusies CFP (attributional)

- Het geëlektrificeerde proces (aangenomen voor productie in NL) leidt tot een lagere broeikasgasuitstoot dan het (aangenomen klassieke thermische) proces voor geïmporteerde puree.
- Voor het geïmporteerd product zijn de broeikasgasemissies t.g.v. transport slechts iets hoger dan voor het in NL geproduceerde product. Dit reflecteert de beperkte uitstoot door zeetransport.

In **consequential** resultaten worden alle effecten (op totaal systeemniveau) bij keuze van een bestemming meegenomen. De vergelijking van resultaten voor verschillende bestemmingen geeft een ranking van milieu-impact voor verschillende bestemmingen per eenheid (kg) reststroom.
Consequental resultaten worden berekend op basis van:

- substitutie van referentie materialen (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;
  - koolstof vastlegging (in materiaal of in de bodem),
  - emissies van andere broeikasgassen: methaan en lachgas.

Berekende consequential effecten worden gepresenteerd in Figuur 5.
N.B. voor geïmporteerde puree is ook re-allocatie (onttrekken aan de aldaar gangbare toepassing veevoer of substraat voor co-vergisting) meegerekend.



Figuur 5. Vergelijking consequential effecten voor verschillende bestemmingen van in NL afgekeurde bananen.

Conclusies consequential broeikasgaseffecten

- Voor alle bestemmingen is het netto effect "negatief". Dat betekent dat inzet van de reststroom een besparing op broeikasgasuitstoot oplevert. Dat komt doordat het effect van substitutie van gangbare materialen groter is dan de berekende uitstoot (t.g.v. energie- en materialengebruik, transport en uitstoot van andere broeikasgassen).
- Wederom scoort groen gas productie beter dan productie van elektriciteit uit vergisting.
- Productie van puree in NL scoort beter dan de referentie-toepassingen. Daarbij draagt ook de benutting van de nevenstroom (naar co-vergisting) aanzienlijk bij.
  Dat vergisting met groen gas productie toch bijna vergelijkbaar scoort met productie van puree komt door de relatief hoge broeikasgasintensiteit van aardgas.