

Financiële haalbaarheid tuinbouwreststromen als voer voor Black Soldier Fly larven

Ilse Groeneveld¹, Hilde Niyonsaba², Adriaan Vernooij¹, Seppe Salari³, Jason Kiem³, Willem Kemmers⁴,
Alexander van Tuyl⁵

- 1 Wageningen Livestock Research
- 2 Wageningen University (Business economics)
- 3 InsectoCycle
- 4 Greenport West Holland/Innoventuri
- 5 Wageningen Plant Research (Glastuinbouw)

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Livestock Research en gesubsidieerd door het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, in het kader van het Beleidsondersteunend onderzoek thema 'Duurzame voedselvoorziening & -productieketens & Natuur – Hergebruik zij- en reststromen' (projectnummer BO-43-124-010).

Wageningen Livestock Research
Wageningen, juni 2023

Rapport 1432

Groeneveld, I., H. Niyonsaba, A. Vernooij, S. Salari, J. Kiem, W. Kemmers, A. van Tuyll, 2023. *Financiële haalbaarheid tuinbouwreststromen als voer voor Black Soldier Fly larven*. Wageningen Livestock Research, Rapport 1432.

Samenvatting NL Recentelijk onderzoek heeft de technische haalbaarheid van black soldier fly (BSF) productie aangetoond op reststromen uit de glastuinbouw. Op basis van technische gegevens uit deze studie, is in de huidige studie een inventarisatie gemaakt van kosten, opbrengsten en winstgevendheid van drie typen productie systemen: een centraal, een decentraal collectief, en een decentraal productiesysteem. Er is achtereenvolgens een inventarisatie gemaakt van benodigde investeringen, benodigde input naast beschikbare tuinbouwreststromen, en productiekosten. Op basis van deze inventarisatie is een berekening gemaakt van de jaarlijkse winstgevendheid, netto contante waarde (NCW), en interne rentabiliteit (IRR) van de productiesystemen.

Summary UK A recent study has demonstrated the technical feasibility of black soldier fly (BSF) production on residual flows from greenhouse horticulture. Based on technical data from this study, the current study identified costs, revenues and profitability of three types of production systems: a centralised, a decentralised collective, and a decentralised production system. An inventory of required investments, input streams in addition to available horticultural residual flows and production costs was made. Based on this inventory, the annual profitability, net present value (NCW) and internal rate of return (IRR) of the production systems were calculated.

Dit rapport is gratis te downloaden op <https://doi.org/10.18174/632308> of op www.wur.nl/livestock-research (onder Wageningen Livestock Research publicaties).



Dit werk valt onder een Creative Commons Naamsvermelding-Niet Commercieel 4.0 Internationaal-licentie.

© Wageningen Livestock Research, onderdeel van Stichting Wageningen Research, 2023

De gebruiker mag het werk kopiëren, verspreiden en doorgeven en afgeleide werken maken. Materiaal van derden waarvan in het werk gebruik is gemaakt en waarop intellectuele eigendomsrechten berusten, mogen niet zonder voorafgaande toestemming van derden gebruikt worden. De gebruiker dient bij het werk de door de maker of de licentiegever aangegeven naam te vermelden, maar niet zodanig dat de indruk gewekt wordt dat zij daarmee instemmen met het werk van de gebruiker of het gebruik van het werk. De gebruiker mag het werk niet voor commerciële doeleinden gebruiken.

Wageningen Livestock Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Wageningen Livestock Research is NEN-EN-ISO 9001:2015 gecertificeerd.

Op al onze onderzoeksopdrachten zijn de Algemene Voorwaarden van de Animal Sciences Group van toepassing. Deze zijn gedeponeerd bij de Arrondissementsrechtbank Zwolle.

Wageningen Livestock Research Rapport 1432

Inhoud

Samenvatting	5
1 Doelstellingen en opzet van het onderzoek	7
2 Benodigde investeringen voor de verschillende productiefaciliteiten	9
3 Benodigde invoerstromen voor BSF-productie op basis van tuinbouwrestromen	11
4 Jaarlijkse kosten, opbrengsten, en winstgevendheid van de verschillende productiesystemen	13
5 Discussie en aanbevelingen	17
Literatuur	20
Bijlage 1 Bronnen dataverzameling	21



Samenvatting

Uit een recente haalbaarheidsstudie is gebleken dat het technisch haalbaar is om 70 ton (levende) black soldier fly (BSF) larven per maand te produceren op de huidige constant beschikbare tomatenreststromen vanuit het Greenport West-Holland gebied. In het huidige rapport is de financiële haalbaarheid van dit systeem berekend, op basis van de technische beschikbare gegevens en data verzameling van experts. In deze berekening zijn investeringen, benodigde invoerstromen, en overige productiekosten meegenomen. Deze variabelen zijn berekend voor drie productiesystemen: een centraal, een decentraal collectief, en een decentraal productiesysteem. Investerings voor het centrale systeem zijn gebaseerd op een bestaand grootschalig productiesysteem; investeringen voor de twee decentrale productiesystemen zijn ingeschat aan de hand van een bestaand container-gebaseerd model. Voor alle systemen zijn investeringen voor opslag, kweek, en oogst ingeschat. Voor het centrale systeem zijn ook de investeringen voor reproductie inbegrepen. Wat betreft het gebruik van tomatenreststromen, deze omvatten idealiter 65% van het totale substraat. Deze tomatenreststromen moeten normaliter tegen betaling verwerkt worden door een composteerder. Deze wegvallende kostenpost is als opbrengst in het rekenmodel meegenomen. Benodigde overige input voor productie omvat: GMP+ gecertificeerde voedermiddelen (35% van totale rantsoen), eitjes of neonaten (indien van toepassing), elektriciteit, arbeid, en transport. Uit de berekeningen is gebleken dat alleen de winstgevendheid van het centrale productiesysteem positief kan uitpakken onder de aangenomen bandbreedtes, afhankelijk van de in de praktijk gerealiseerde waarden van de variabelen: productieprijs van de eitjes, verkoopprijs van de BSF larven, en hoogte van het poorttarief bij de composteerder. Wat betreft de kosten kan geconcludeerd worden dat, ondanks dat er slechts voor 35% van het substraat (GMP+ gecertificeerde voedermiddelen) kosten gemaakt worden, voerkosten nog steeds een groot deel van de productiekosten omvatten. Ook nutsvoorzieningen en arbeidskosten zijn in onze berekeningen nog een hoge kostenpost voor productie. Voor de decentrale scenario's zijn de volumes te klein om op basis van huidige kosten en opbrengsten een winstgevende business case te creëren, binnen de aangenomen bandbreedtes. Naast de winstgevendheid, is geïnventariseerd of een 'warmte en CO₂ terugwinningssysteem' bij zou kunnen dragen aan winstgevendheid van een centraal productiesysteem. Hiervan is een beschrijving opgenomen in de discussie van het huidige rapport, maar de in de praktijk te realiseren toegevoegde waarde van een dergelijk systeem zal in de toekomst nader onderzocht moeten worden.



1 Doelstellingen en opzet van het onderzoek

Uit een recente haalbaarheidsstudie (Vernooij et al. 2022) is gebleken dat het technisch haalbaar is om 70 ton (levende) black soldier fly (BSF) larven per maand te produceren op de huidige constant beschikbare reststromen vanuit het Greenport West-Holland gebied. Deze reststromen zijn onder andere afkomstig uit de tomaten- en paprikateelt. De tomatenreststromen zijn continu beschikbaar, de paprika reststromen niet. Voor de productie van 70 ton BSF larven is aangenomen dat er maandelijks een minimale constante tomaten reststroom van 237 ton beschikbaar is. De beschikbare tomaten reststromen kunnen tot ongeveer 65% van een gemiddeld BSF substraat vervangen (nat gewicht). De overige 35% van het substraat zal moeten bestaan uit aanvullend rantsoen: GMP+ voedermiddelen, die idealiter bestaan uit bijproducten en zo lokaal mogelijk beschikbaar zijn. Momenteel moeten de tomatenreststromen door de tuinder worden afgevoerd en betaalt deze een poorttarief aan een centrale composteerder. Dit poorttarief is dus het bedrag dat een tuinder moet betalen om zijn reststromen af te voeren. Dit poorttarief is onder andere afhankelijk van de mate van vervuiling van de reststromen.

Vanuit technisch perspectief is het dus haalbaar om deze tomatenreststromen als voeding voor BSF larven in te zetten. Daar volgt logischerwijs de vraag op of het financieel haalbaar en mogelijk winstgevend is om BSF larven (gedeeltelijk) op reststromen te kweken en dit tegelijkertijd als verwerkingsmethode voor tuinbouwreststromen in te zetten. Dit zou centraal kunnen door bijvoorbeeld een composteerder, of decentraal door een of meerdere tuinbouwers.

Het doel van deze studie is het vaststellen van de financiële haalbaarheid van een BSF productiefaciliteit, waarbij de larven gedeeltelijk (65% van het totale substraat) gekweekt worden op tuinbouwreststromen. Voor het in kaart brengen van de financiële haalbaarheid worden drie productiesystemen onderscheiden:

1. Een centraal productiesysteem (CS), waarin de totale minimale constante reststroom van tuinbouwers (237 ton/maand) vanuit de gehele regio Greenport West-Holland verwerkt wordt in één centrale productiefaciliteit.
2. Een decentraal collectief productiesysteem (DCS), waarin circa 10 tuinders (20 ton/maand) vanuit de regio Greenport West-Holland gezamenlijk reststromen verwerken in een uitgebreide container opzet.
3. Een decentraal productiesysteem (DS), waarbij 1 grotere kweker (5 ton/maand) in de regio Greenport West-Holland zijn reststromen verwerkt in een uitgebreide container opzet.

Deze productiesystemen worden hierna aangeduid als: CS, DCS, en DS. Binnen CS zullen gegevens getoond worden voor twee situaties, één waarbij de reproductie op locatie plaatsvindt en één waarbij eitjes/neonaten ingekocht worden. Bij alle productiesystemen wordt de vermindering in poorttarieven gecategoriseerd als opbrengstenstroom in het verdienmodel. Daarnaast wordt voor alle productiesystemen geïnventariseerd wat het mogelijke potentieel is van het koppelen van de warmteproductie en CO₂ uit de BSF kweek aan het kasklimaat.

Voor het berekenen van de financiële haalbaarheid en winstgevendheid van de verschillende productiesystemen zijn de volgende doelen gesteld:

1. Inzicht verkrijgen in de benodigde investeringen voor de verschillende productiefaciliteiten.
2. In kaart brengen van benodigde invoerstromen naast de beschikbare tuinbouwreststromen.
3. In kaart brengen van de jaarlijkse kosten, opbrengsten, winstgevendheid, Netto Contante Waarde (NCW) en Interne rentabiliteit (IRR) van de productiesystemen.

De Netto Contante Waarde (NCW) wordt hierin gedefinieerd als:

$$NCW = \sum_{t=0}^N \frac{CF_t}{(1+r)^t}$$

Waarbij N de looptijd van de investering/het project is in jaren, CF_t de cashflow (verschil tussen inkomsten en uitgaven) in periode t en r de discontovoet is.

De interne rentabiliteit (oftewel internal rate of return (IRR)) wordt gedefinieerd als het effectief rendement, uitgedrukt als percentage, dat het netto rendement van de investeringen per jaar weergeeft. Dit is dus de discontovoet, waarbij de netto contante waarde (NCW) precies 0 is.

Allereerst zijn de benodigde data in kaart gebracht door Wageningen University & Research, waarna er verschillende gesprekken en e-mailcontacten hebben plaatsgevonden met partners en experts voor het verzamelen van deze data. De technische en economische gegevens die benodigd zijn om bovenstaande doelen te realiseren zijn afkomstig van meewerkende partners binnen het huidige project en twee externe experts. De verantwoording per onderdeel is te vinden in Bijlage 1. Bij de berekeningen en inschattingen zijn er verschillende aannames gedaan voor de verschillende productiesystemen, welke beschreven worden per onderdeel.

De resultaten van dit onderzoek geven inzicht in de eventuele economische meerwaarde van toepassing van tuinbouwreststromen als substraat voor insectenkweek boven het composteren van deze reststromen.

2 Benodigde investeringen voor de verschillende productiefaciliteiten

Voor het in kaart brengen van de investeringen voor het CS voor het verwerken van 385 ton substraat (237 ton tomatenreststromen en 148 ton GMP+ voedermiddelen) per maand is een offerte opgevraagd bij Insect Engineers (Tabel 1). Hier wordt gebruik gemaakt het ZOEM©-systeem, een insectenkweeksysteem voor BSF. De totale systeeminvesteringen omvatten o.a. het ontwerp voor de reproductie, kweek en oogst (incl. montage, advies en training). Voor de CS waarbij eitjes of neonaten ingekocht worden, zijn er geen investeringen meegenomen voor de reproductie. Deze investeringen zijn namelijk al verwerkt in de kostprijs van de eitjes en bij inkoop van neonaten zijn geen investeringen voor reproductie nodig. Daarnaast zijn investeringen voor de opslag van ingrediënten in de vorm van silo's nodig. Binnen deze productiefaciliteit (CS) is uitgebreide verwerking van larven niet meegenomen en zijn verse larven het eindproduct. De benodigde investeringen zijn berekend voor verwerking van 385 ton substraat per maand, maar hierbij wordt niet de gehele capaciteit van het systeem benut. In de praktijk zou de hoeveelheid verwerkte reststromen dus nog omhoog kunnen worden gebracht afhankelijk van de extra beschikbaarheid van reststromen gedurende het jaar. Dit is echter niet aangenomen in onze scenarioberekeningen. Daarnaast brengt uitbreiding van de insectenproductiecapaciteit geen lineaire stijging mee van investeringen door de modulaire opzet van het systeem, wat ruimte biedt voor schaalvoordelen. De investeringen per ton geproduceerde BSF larven zijn dus relatief hoog en kunnen bij een grotere schaal nog lager worden. De benodigde nutsvoorzieningen en arbeid voor het CS zijn ingeschat op basis van bovenstaand systeem (zie Tabel 4). De opslag van substraten vindt plaats in verschillende silo's, waarvan de waardes gebaseerd zijn op cijfers uit de KWIN-Veehouderij 2022-2023 (Blanken et al. 2022). Voor de investeringen m.b.t. opslag is een opslagcapaciteit van 1 ton substraat (natte stof) per m³ en een opslagtijd van maximaal 1 maand aangenomen. De opslagcapaciteit per silo voor het CS is 30 ton. Voor jaarlijkse onderhoudskosten is 1,5% van de totale investeringen aangehouden op basis van persoonlijke inschattingen en navraag bij experts/leveranciers.

Tabel 1 Investeringen voor de productiefaciliteiten (CS (2 varianten), DCS en DS).

Omschrijving	Kosten			
	CS-reproductie	CS-ei inkoop	DCS	DS
Investeringen voor opslag	€ 36.167	€ 36.167	€ 2.508	€ 627
Investeringen reproductie	€ 290.000	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Investeringen kweek (incl. gebouwen)	€ 415.000	€ 415.000	€ 55.750	€ 18.500
Investeringen oogst	€ 420.000	€ 420.000	€ 5.000	€ 5.000
Overige investeringen	€ 13.000	€ 134.000	n.v.t.	n.v.t.
Totale investeringen ^{1,2}	€ 1.286.821	€ 996.820	€ 63.258	€ 24.127

¹ Onderhoudskosten zijn geschat op 1,5% van de totale investeringen

² Een gemiddelde afschrijvingsperiode van 15,1 jaar is berekend over de totale investeringen (20 jaar voor gebouwen, 15 jaar voor andere investeringen)

Voor het in kaart brengen van investeringen en bijbehorende nutsvoorzieningen en arbeid voor het DCS (20 ton reststromen) en het DS (5 ton reststromen) is gebruikt gemaakt van een 'insect business calculator' (Manna Insect, n.d.). In beide systemen worden neonaten ingekocht, substraten opgeslagen in silo's en vindt er geen verwerking van BSF larven plaats. Voor het DCS is aangenomen dat één kweker gemiddeld ca. 2 ton constante reststromen produceert. Deze hoeveelheid is gebaseerd op een totale hoeveelheid reststromen van 237 ton en de aanwezigheid van 131 kwekers binnen het Greenport West-Holland gebied (Vernooij et al. 2022). Omdat gedetailleerde gegevens niet beschikbaar waren, is er, ondanks dat er een grote variatie bestaat in schaalgrootte van kwekers, wel met een gemiddelde grootte van 2 ton maandelijkse reststroom productie gerekend. Voor de investeringen voor het DCS is uitgegaan van een container gebaseerd model, waarbij er 3 containers nodig zijn om alle reststromen te verwerken. In deze containers wordt het kweekproces in kratten uitgevoerd. De opslag van substraten vindt plaats in verschillende silo's, waarvan de waardes gebaseerd zijn op KWIN-Veehouderij 2022-2023 (Blanken et al. 2022). Voor de investeringen voor opslag is een opslagcapaciteit van 1 ton substraat per m³ en opslagtijd van maximaal 1 maand aangenomen. De aangenomen opslagcapaciteit per silo voor het DCS is 12 ton.

In dit model worden neonaten ingekocht, substraten opgeslagen in silo's en vindt er geen verwerking van BSF larven plaats. Verder zijn er investeringen nodig om de BSF larven af te zeven. De waarde hiervan is gebaseerd op persoonlijke inschattingen en de KWIN-Veehouderij 2022-2023 (Blanken et al. 2022). Voor het DS is aangenomen dat één grote kweker gemiddeld ca. 5 ton constante reststromen produceert. De investeringen, ook gebaseerd op een container gebaseerd model, omvatten de investeringen voor 1 ingerichte container. Hierbij zijn dezelfde aannames als bij het DCS gedaan.

3 Benodigde invoerstromen voor BSF-productie op basis van tuinbouwreststromen

De technische parameters voor BSF-productie, zoals het droge stof gehalte van verse larven en frass, evenals de opbrengsten per ton substraat zijn weergegeven in Tabel 2.

Tabel 2 Technische parameters BSF-productie.

Omschrijving	Waarde	Eenheid
Droge stof gehalte verse larven	35	%
Droge stof gehalte frass	55	%
Hoeveelheid benodigde eitjes voor verwerking van één ton vers substraat	45	g
Hoeveelheid verse larven productie per ton vers substraat	180	kg
Hoeveelheid gedroogde larven productie per ton vers substraat	62	kg
Hoeveelheid verse frass productie per ton vers substraat	160	kg
Hoeveelheid droge stof frass per ton vers substraat	88	kg

Als basis voor de berekening van totale hoeveelheid reststromen is de minimale aanwezige constante tomatenreststroom genomen. In de ideale receptuur van het totale substraat is deze tomatenstroom 65% van het totaal (Vernooij et al. 2022), aangevuld met andere GMP+ voedermiddelen die ingekocht en opgeslagen moeten worden (Tabel 3). Voor de tomatenreststromen is een kostenvermindering in het poorttarief als opbrengst gerekend, gezien deze in de huidige situatie (zonder BSF-productie) verwerkt moeten worden door een centrale composteerder, voor een minimum poorttarief van € 45 per ton vers materiaal. De tomatenreststromen moeten voor gebruik behandeld worden, maar deze kosten zijn vanwege ontbrekende gegevens niet meegenomen (Vernooij et al. 2022). De geldstromen gerelateerd aan de afvoer van tomatenreststromen zijn dus als inkomensstroom meegenomen en niet als negatieve kostenpost bij de voerkosten. In Tabel 3 worden verder de prijzen per ton substraat en totale aantal benodigde tonnages per productiesysteem getoond.

Tabel 3 Samenstelling substraat en benodigde waarde.

Substraten	Percentage van totale dieet	Kosten per ton	Jaarlijkse input CS (ton)	Jaarlijkse input DCS (ton)	Jaarlijkse input DS (ton)
<u>Tuinbouwreststromen</u>					
Tomaten reststromen	65%	n.v.t.	3.000	156,0	39,0
<u>Overig benodigd substraat</u>					
Palmpitschilfers	7.0%	€ 368	323,1	16,8	4,2
Broodmeel	19.7%	€ 356	909,2	47,3	11,8
Aardappelstroomschillen	4.6%	€ 55	212,3	11,0	2,7
Tarwegries	3.7%	€ 348	171,7	8,9	2,2
<u>Totale receptuur</u>					
Ingekochte substraten **	35% van dieet	€ 111	1.617	84,0	20,9

*Inclusief negatieve waarde van tomatenreststromen.

**Exclusief negatieve waarde tomatenreststromen.

De invoerstromen voor productie van BSF larven omvatten eitjes/neonaten, samengesteld substraat, nutsvoorzieningen (voornamelijk elektriciteit) en arbeid (Tabel 4). In het CS is de kostprijs (€0,35 - €0,50/gram) getoond voor eitjes/neonaten omdat de reproductie plaatsvindt in de eigen productiefaciliteit.

In deze kostprijs voor eitjes zijn energie en arbeid inbegrepen, welke dan ook niet meegerekend zijn in totale nutsvoorzieningen en arbeid. Voor het DCS en DS worden de inkoopkosten van neonaten getoond, aangezien het reproductieproces vraagt om gespecialiseerde kennis en ervaring. Dit is voor een kleinere productiefaciliteit geen aannemelijke investering. In het DCS en DS moeten eitjes dus extern worden aangekocht voor een prijs van €1,50/gram. De totale hoeveelheden aan minimaal beschikbare reststromen zijn berekend o.b.v. de beschikbare hoeveelheid tomatenreststromen zoals gepresenteerd in Tabel 3. De benodigde energie en arbeid per ton reststroomverwerking is ingeschat o.b.v. de verschillende productiefaciliteiten zoals omschreven in 'investeringen'. Hierbij zijn alleen elektriciteitskosten meegenomen en geen andere nutsvoorzieningen zoals gas en water omdat dit systeem vrijwel volledig op elektriciteit draait en er geen gegevens over het watergebruik beschikbaar waren. De arbeid en nutsvoorzieningen zijn gelijk voor beide centrale productiesystemen, omdat de operationele kosten voor reproductie van eitjes in de kostprijs (eigen reproductie) zijn inbegrepen. Voor het transport zijn alleen de kosten berekend die gemaakt worden voor het vervoer van de tomatenreststromen. Bij inkoop van andere substraten zijn de transportkosten inbegrepen. De kosten voor vervoer van het eindproduct zijn buiten beschouwing gelaten, aangezien de doelmarkt en locatie onbekend zijn. In het CS is een gemiddelde afstand van 9 km aangenomen tussen een kweker en denkbeeldige productiefaciliteit aan de rand van Greenport West Holland. Vanuit het midden van Greenport West Holland tot aan een uiterste punt binnen dit gebied zou dit de maximale afstand zijn. Voor het transport in het DCS is een inschatting van 1/3 van de maximale afstand gemaakt. Voor de DS is er geen transport van reststromen noodzakelijk, aangezien het productiesysteem bij de tuinbouwer op locatie aanwezig is.

Tabel 4 Jaarlijkse benodigde invoerstromen productie.

Operationele input	Hoeveelheid per ton substraat	Kosten per eenheid	Jaarlijkse input CS	Jaarlijkse input DCS	Jaarlijkse input DS
Eitjes/Neonaten (kg) (kostprijs eigen breeding)	45 gram	€ 0,43/gram	208	n.v.t.	n.v.t.
Eitjes/Neonaten (kg) (externe inkoop)	45 gram	€ 1,50/gram	208	10,8	2,7
Substraat (excl. reststromen)	0,35 ton	€111/ton	1.615	84	21
Reststromen tuinbouw	0,65 ton	€ -45/ton	3000	156	39
Elektriciteit (kWh) ³		€ 0,21/kWh ¹	418.895	27.000	9.000
Arbeid (FTE)		€ 23,14/uur ²	3,00	0,25	0,06
Transport CS (km)	9 km	€ 0,19/tkm ³	27.000	n.v.t.	n.v.t.
Transport DCS en DS (km)	3 km	€ 0,19/tkm ³	n.v.t.	468	n.v.t.

¹ Inschatting gebaseerd op: <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/81309NED/table?fromstatweb>, prijs tussen verbruiksklasse niet-huishoudens (500 – 2000 MWh) en niet-huishoudens (150 000 MWh en meer) in, 3^e kwartaal 2022. Geraadpleegd op 21/03/2023.

² Bruto uurloon agrarische arbeid (€17,80) (CBS, 2021) <https://www.cbs.nl/nl-nl/visualisaties/dashboard-arbeidsmarkt/ontwikkeling-cao-lonen/uurloon>. Geraadpleegd op 09-01-2023. Aanname kosten voor werkgever zijn 130% van bruto uurloon (€23,14).

³ Van der Meulen et al. 2020.

4 Jaarlijkse kosten, opbrengsten, en winstgevendheid van de verschillende productiesystemen

De opbrengsten voor verwerking van tomatenreststromen bestaan uit de reductie in de huidige kosten voor het afvoeren van reststromen (Tabel 5). Daarnaast zijn er inkomstenstromen uit de verkoop van verse larven en frass. De prijs van frass is gelijk geschat aan de grootschalige verkoop van vermicompost of compost (€3/ton product). De gekozen prijzen (kolom 2 van rechts) geven weer van welke prijzen in de berekeningen is uitgegaan. Voor de afvoer van huidige stromen is gekozen voor een gemiddeld bedrag aan de onderkant van deze range (Tabel 5). De verkoopprijs van verse larven is gebaseerd op het percentage droge stof in gedroogde larven (larvenmeel) (KWIN 2022/2023, persoonlijke communicatie InsectoCycle). Voor de prijs van frass is gekozen voor de laagste opbrengst, aangezien er momenteel nog weinig waarde aan wordt toegekend en de vereiste behandeling (verhitting op 70 °C voor 60 minuten) niet is meegenomen.

Tabel 5 Gekozen, minimale en maximale prijs van mogelijke opbrengsten in €/ton.

Opbrengsten	Gekozen prijs per ton	Minimale prijs per ton	Maximale prijs per ton
Huidige kosten afvoeren reststromen	€ 45,00	€ 45,00	€ 120,00
Verkoopprijs verse larven ¹	€ 665	€ 525	€ 1.050
BSF frass	€ 3,00 ²	€ 3,00	€ 20,00

¹ Berekend op basis van 35% DM gedroogde larven

² Prijs frass gebaseerd op prijs van vermicompost of compost (grootschalige verkoop) : €3 - €20 per ton. <https://edepot.wur.nl/366020#:~:text=Afhankelijk%20van%20de%20kwaliteit%20en,de%20prijs%20van%20gewone%20compost>. Geraadpleegd op 22-03-2023.

Tabel 6 toont de jaarlijkse opbrengsten en kosten gemaakt voor de drie productiesystemen. De opbrengststromen bestaan uit de mindering in gemaakte afvoerkosten voor de tuinbouwreststromen, en de verkoop van zowel BSF larven als BSF frass. In de getoonde jaarlijkse opbrengsten zijn de prijzen per ton substraat, zoals weergegeven in Tabel 4, aangehouden. De kosten voor productie, alsook de onderhoudskosten en afschrijvingen zijn berekend op basis van kosten/eenheid en benodigde hoeveelheid/eenheid zoals weergegeven in Tabel 4.

Met deze gegevens komt de uiteindelijke winst/verlies voor het gemiddelde scenario uit op €-255.644 voor CS (eigen reproductie), €-454.330 voor CS (inkoop eitjes), €-29.977 voor DCS, en €-8.627 voor DS. In de jaarlijkse cashflow zijn de winst en de afschrijvingskosten bij elkaar opgeteld. Voor het berekenen van de NCW en IRR is een terugbetaalperiode van 20 jaar aangenomen voor de investeringen voor de opslag en een periode van 15 jaar voor de overige investeringen.

Tabel 6 Overzicht jaarlijkse opbrengsten en kosten, en winstgevendheid van de 4 productiesystemen voor het standaard scenario.

Omschrijving	CS -reproductie	CS - inkoop eitjes	DCS	DS
Verwerking substraat per jaar (ton)	4.615	4.615	240	60
Opbrengsten				
Vermindering in afvoerkosten	€ 135.000	€ 135.000	€ 7.020	€ 1.755
Opbrengst BSF larven ¹	€ 552.462	€ 552.462	€ 28.728	€ 7.182
Opbrengst BSF frass	€ 2.215	€ 2.215	€ 115	€ 29
Totaal opbrengsten	€ 689.677	€ 689.677	€ 35.863	€ 8.966
Kosten				
Jonge larven (productiekosten of inkoop)	€ 89.308	€ 311.538	€ 16.200	€ 4.050
Substraat	€ 513.794	€ 513.794	€ 26.717	€ 6.679
Nutsvoorzieningen	€ 87.968	€ 87.968	€ 5.670	€ 1.890
Arbeid	€ 144.394	€ 144.394	€ 12.033	€ 3.008
Transport	€ 5.103	€ 5.103	€ 88	n.v.t.
Onderhoudskosten (1,5%) ¹	€ 19.581	€ 15.231	€ 874	€ 287
Afschrijving ²	€ 85.174	€ 65.979	€ 4.198	€ 1.601
Totaal	€ 945.321	€ 1,144,007	€ 65.840	€ 17.593
Winstgevendheid				
Winst	€ -255.644	€ -454.330	€ -29.977	€ -8.627
Winst per ton substraat	€ -55,39	€ -98,44	€ -124,90	€ -143,78
Jaarlijkse cashflow	€ -170.470	€ -388.350	€ -25.790	€ -7.030
Interne rentabiliteit	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Netto Contante Waarde (lage disconteringsvoet)	€-5.632.922	€-3.321.876	€-371.135	€-108.050
Netto Contante Waarde (hoge disconteringsvoet)	€-4.533.882	€-2.839.443	€-298.150	€ -88.155

¹Op basis van 1,5% van de totale investering.

²Op basis van gemiddeld 15,1 jaar afschrijving.

Naast het gemiddelde scenario, zijn ook haalbaarheid van een positief en een negatief scenario berekend (Tabel 7), waarin drie variabelen gewijzigd zijn naar ofwel het de meest positieve uitkomst ofwel de meest negatieve uitkomst.

Tabel 7 Gebruikte waardes voor de verschillende scenario's.

	Standaard scenario	Positief scenario	Negatief scenario
Poorttarief per ton	€ 45,00	€ 120,00	€ 45,00
Productieprijs eitjes per gram	€ 0,43	€ 0,35	€ 0,50
Verkoopprijs larven per ton	€ 665	€ 1.050	€ 525

Veranderingen in de hoogte van het poorttarief, productieprijs van de eitjes en verkoopprijs van de larven zoals aangegeven in Tabel 6, kunnen leiden tot flinke verschillen in winstgevendheid (Tabel 6, 8 en 9). Door het poorttarief te verhogen van €45 naar €120 per ton reststroom, neemt de vermindering in afvoerkosten met €225.000 toe, tussen het positieve en standaard scenario voor de centrale scenario concepten. Dit betekent dat voor elke euro die het poorttarief verandert, de jaarlijkse winst van het scenario €0,65 positiever of negatiever wordt per ton ingaand samengesteld substraat. Een verandering in de productieprijs van de eitjes heeft alleen invloed op het centrale verwerkingsconcept met eigen reproductie.

Een verandering van €0,08 (standaard naar positief scenario) in eitjeskosten, brengt een totaal verschil in winst van €16.600 met zich mee. Elke €0,01 verandering in productieprijzen van de eitjes, brengt een verschil van ongeveer €2.000 in winst met zich mee. Dit betekent dat voor elke cent verandering in de eitjeskosten, de winst van het scenario mee verandert met €0,0045 per ton ingaand samengesteld substraat (en voor elke euro, verandert de winst van het scenario €0,45 mee per ton ingaand substraat).

De verkoopprijs van de larven heeft grote invloed op de opbrengsten van de BSF larven. Bij het positieve scenario is de larvenopbrengst ca. €320.000 hoger en bij het negatieve scenario ca. €116.000 lager dan het standaard scenario. Dit betekent dat de jaarlijkse winst van het scenario mee verandert met €0,18 per ton ingaand substraat als de verkoopprijs van 1 ton BSF larven met €1,- euro verandert. Als de verkoopprijs van 1 kg BSF larven met €1,- verandert, dan verandert de jaarlijkse winst van het scenario met €180 per ton ingaand substraat.

Hieruit blijkt dat de uiteindelijke winst van een scenario het meest afhankelijk is van de verkoopprijs van larven gevolgd door het verschil in poorttarief.

Tabel 8 Overzicht jaarlijkse opbrengsten en kosten, en winstgevendheid van de 4 productiesystemen voor het positieve scenario.

Omschrijving	CS -reproductie	CS - inkoop eitjes	DCS	DS
Verwerking substraat per jaar (ton)	4.615	4.615	240	60
Opbrengsten				
Vermindering in afvoerkosten	€ 360.000	€ 360.000	€ 18.720	€ 4.680
Opbrengst BSF larven	€ 872.308	€ 872.308	€ 45.360	€ 11.340
Opbrengst BSF frass	€ 2.215	€ 2.215	€ 115	€ 29
Totaal opbrengsten	€ 1.234.523	€ 1.234.523	€ 64.195	€ 16.049
Kosten				
Jonge larven (productiekosten of inkoop)	€ 72.692	€ 311.538	€ 16.200	€ 4.050
Substraat	€ 513.794	€ 513.794	€ 26.717	€ 6.679
Nutsvoorzieningen	€ 87.968	€ 87.968	€ 5.670	€ 1.890
Arbeid	€ 144.394	€ 144.394	€ 12.033	€ 3.008
Transport	€ 5.103	€ 5.103	€ 88	n.v.t.
Onderhoudskosten (1,5%) ¹	€ 19.581	€ 15.231	€ 874	€ 287
Afschrijving ²	€ 85.174	€ 65.979	€ 4.198	€ 1.601
Totaal	€ 928.705	€ 1.144.007	€ 65.840	€ 17.593
Winstgevendheid				
Winst	€ 305.818	€ 90.517	€ - 1.645	€ - 1.544
Winst per ton reststroom	€ 66,26	€ 19,61	€ -6,85	€ -25,73
Jaarlijkse cashflow	€ 390.992	€ 156.496	€ 2.542	€ 53
Interne rentabiliteit (IRR)	29,78 %	13,28 %	- 5,75 %	-27,57 %
Netto Contante Waarde (NCW) (lage disconteringsvoet)	€3.380.816	€ 871.416	€ -32.910	€-23.493
Netto Contante Waarde (NCW) (hoge disconteringsvoet)	€ 2.274.300	€ 428.530	€ -40.104	€-23.643

¹Op basis van 1,5% van de totale investering.

²Op basis van gemiddeld 15,1 jaar afschrijving.

Tabel 9 Overzicht jaarlijkse opbrengsten en kosten, en winstgevendheid van de 4 productiesystemen voor het negatieve scenario.

Omschrijving	CS -reproductie	CS - inkoop eitjes	DCS	DS
Verwerking substraat per jaar (ton)	4.615	4.615	240	60
Opbrengsten				
Vermindering in afvoerkosten	€ 135.000	€ 135.000	€ 7.020	€ 1.755
Opbrengst BSF larven	€ 436.154	€ 436.154	€ 22.680	€ 5.670
Opbrengst BSF frass	€ 2.215	€ 2.215	€ 115	€ 29
Totaal opbrengsten	€ 573.639	€ 573.369	€ 29.815	€ 7.454
Kosten				
Jonge larven (productiekosten of inkoop)	€ 103.846	€ 311.538	€ 16.200	€ 4.050
Substraat	€ 513.794	€ 513.794	€ 26.717	€ 6.679
Nutsvoorzieningen	€ 87.968	€ 87.968	€ 5.670	€ 1.890
Arbeid	€ 144.394	€ 144.394	€ 12.033	€ 3.008
Transport	€ 5.103	€ 5.103	€ 88	n.v.t.
Onderhoudskosten (1,5%) ¹	€ 19.581	€ 15.231	€ 874	€ 287
Afschrijving ²	€ 85.174	€ 65.979	€ 4.198	€ 1.601
Totaal	€ 959.859	€ 1.144.007	€ 65.840	€ 17.593
Winstgevendheid				
Winst	€ -386.490	€ -570.637	€ - 36.025	€-10.139
Winst per ton reststroom	€ -83,74	€ -123,64	€ -150,10	€-168,98
Jaarlijkse cashflow	€ -301.316	€ -504.658	€ -31.838	€ -8.542
Interne rentabiliteit (IRR)	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.	n.v.t.
Netto Contante Waarde (NCW) (lage disconteringsvoet)	€ -4.883.909	€ 7.021.396	€ -443.336	€-126.100
Netto Contante Waarde (NCW) (hoge disconteringsvoet)	€ -4.031.179	€-5.593.203	€-353.234	€-101.926

¹Op basis van 1,5% van de totale investering.

²Op basis van gemiddeld 15,1 jaar afschrijving.

5 Discussie en aanbevelingen

In dit rapport is de financiële haalbaarheid o.b.v. benodigde investeringen, kosten en opbrengsten berekend voor drie verschillende productiesystemen voor BSF larven op tuinbouwreststromen, waarin de momenteel aanwezige tomatenreststromen in het Greenport West Holland als uitgangspunt zijn genomen. Hierbij zijn de winst, netto contante waarde (NCW) en interne rentabiliteit (IRR) als indicatoren voor winstgevendheid gebruikt.

Uit de berekeningen is gebleken dat de winstgevendheid van de verschillende systemen zowel positief als negatief kan uitpakken afhankelijk van de in de praktijk gerealiseerde waarden van een aantal variabelen. Het centrale systeem met eigen reproductie kan echter ook een positieve winst behalen binnen de aangegeven bandbreedtes van de variabelen productieprijzen van de eitjes, verkoopprijs van de BSF larven en hoogte van het poorttarief. Echter, er zal altijd een hogere verkoopprijs van BSF larven benodigd zijn, omdat de hoeveelheid ingaande tonnages niet hoog genoeg is om alleen op basis van verandering van de productieprijzen van eitjes en bespaard poorttarief een positief resultaat te behalen. Hierbij moet worden opgemerkt dat er in de berekeningen uitgegaan is van een prijs voor verkoop aan de industrie. Bij rechtstreekse verkoop aan een veehouder kan de verkoopprijs aanzienlijk hoger gesteld worden. Er zijn voorbeelden in de markt waar momenteel de prijs voor verse larven €2,50 per kg is, direct verkocht aan de veehouder. Daarnaast gaan wij in dit scenario uit van de verkoop van verse larven. Het is ook mogelijk om de geproduceerde larven op te werken naar hoogwaardiger producten, zoals insectenmeel en insectenolie. Afhankelijk van de eiwit- en vetverhouding, alsook de verwerkingskosten, zou dit kunnen leiden tot een meeropbrengst ten opzichte van de verkoop van verse larven. De kosten van de verwerking hangen daarbij natuurlijk ook van de schaalgrootte af. Het centrale concept heeft dus potentie om positief uit te vallen afhankelijk van de gerealiseerde verkoopprijs van BSF larven en het bespaarde poorttarief.

Uit het overzicht van investeringen blijkt verder dat de investeringen specifiek voor het CS relatief hoog zijn voor de hoeveelheid reststromen die beschikbaar zijn. Aangezien bij het CS de productiecapaciteit nog niet volledig benut is, zou in maanden met hogere beschikbaarheid van tuinbouwreststromen de productie iets mee kunnen stijgen met het aanbod tuinbouwreststromen. Hierdoor zouden de productie en opbrengsten uit BSF-larven mee stijgen. Of dit voldoende is om onder minder positieve omstandigheden (variatie in scenario's) een positief financieel resultaat te halen, is niet onderzocht. Daarnaast blijkt uit de verschillende inkomstenbronnen dat ongeveer 20-30% van de totale baten ligt in de reductie van het anders te betalen poorttarief en 70-80% in de verkoop van BSF larven. Het aandeel van verkoop van frass in de opbrengsten is minimaal. Belangrijk om hierbij te vermelden is dat de frass hygiëniseringsstap en bijbehorende kosten nog niet zijn meegenomen. Daarom hebben wij ook maar zeer beperkte waarde aan de frass toegekend. Er zijn voorbeelden waar de prijs van frass fors hoger ligt, maar wij hebben gekozen voor een conservatieve inschatting.

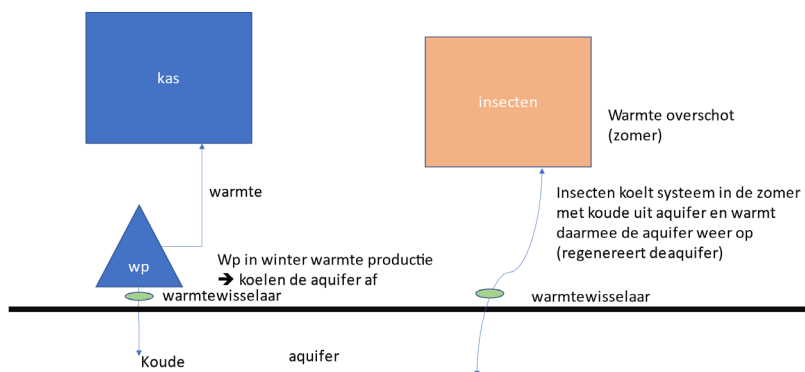
Binnen onze aangenomen marges blijven de decentrale modellen negatief onder alle berekende scenario's. Om die concepten positieve winst te laten draaien, zouden andere variabelen zoals de verkoopprijs voor frass, kosten voor nutsvoorzieningen of benodigde arbeid ook ten positieve moeten veranderen. Of de verkoopprijs van BSF, inkooprijs van eitjes en poorttarief moeten zodanig extreem veranderen, dat onze bandbreedtes niet meer toereikend zijn. Bijvoorbeeld door goede verkoopkanalen en marketing, direct aan consumenten die de hoofdprijs voor BSF larven willen betalen. Dit zal echter niet de standaard zijn en heel erg afhangen van de individuele kwekers.

Daarnaast is er voor de decentrale concepten waarschijnlijk ook een mogelijkheid om de warmte, die geproduceerd wordt tijdens de groei van de larven, terug te winnen en voor verwarming van de kas te gebruiken. Een eerste schets van zo'n systeem is terug te vinden in figuur 1. Tijdens de kweek van BSF larven ontstaat er veel warmteproductie, afhankelijk van de specifieke productieomstandigheden. Parodi et al. (2020) schrijft dat ongeveer 23% van de energie in het systeem verloren gaat via de lucht. McEachern (2018) schrijft dat BSF larven tijdens hun levensloop 0.00049 W per larve produceren. Als aangenomen wordt dat er per gram eitjes, 33.000 larven uitkomen, zou het warmtepotentieel voor de verschillende standaard scenario's als volgt zijn (tabel 10).

Tabel 10 Warmtepotentieel van larvenproducties over gehele levensfase in de verschillende scenario's.

	CS	DCS	DS
Aantal larven	6.854,1 miljoen	356,4 miljoen	89,1 miljoen
Warmtepotentieel (W)	3.358.500 W	174.600 W	43.700 W
Warmtepotentieel (kW)	3.358,5 kW	174,6 kW	43,7 kW

Deze warmteproductie zou ingezet kunnen worden om de warmtebehoefte vanuit de kassen gedeeltelijk te vervullen. De extra investeringen om deze warmteterugwinning te realiseren, zullen bij sommige kassystemen beperkt zijn, aangezien een aantal kassystemen al gebruik maakt van seizoensopslag van warmte (bijv. een aquifer en warmtepomp om warmte onder de grond op te slaan (figuur 1)). Het zal per kassysteem verschillen of de bestaande capaciteit van de seizoensopslag voldoende is om de insectenwarmte ook op te slaan. Als er een seizoensopslag met aquifer en warmtepomp aanwezig zijn, zal de extra investering beperkt blijven tot twee warmtewisselaars met een buis er tussenin.



Figuur 1 Eerste schets van mogelijk concept om warmte terug te winnen uit larvenproductie. Wp = warmtepomp.

Daarnaast zou het ook interessant zijn om te onderzoeken of de CO₂-behoefte vanuit de kassen gedeeltelijk zouden kunnen worden vervuld door de CO₂, die vrijkomt bij de productie van BSF-larven. Hierbij moet wel vermeld worden dat naast CO₂-emissies, er ook kleine hoeveelheden methaan, lachgas en ammoniak vrijkomen. CO₂-emissies van BSF larven in de literatuur variëren tussen de 1.750 en 2.750 gram per kg droge stof aan larven biomassa (Parodi et al., 2020). Voor onze scenario's zou dit de volgende indicatie van het CO₂-emissiepotentieel opleveren.

Tabel 11 CO₂-potentieel van larvenproductie onder de verschillende scenario's.

	CS	DCS	CS
Larven biomassa (kg DS)	286.600	14.900	3.700
Minimum emissiepotentieel (kg CO ₂)	501.550	26.075	6.475
Maximum emissiepotentieel (kg CO ₂)	788.150	40.975	10.175
Maximum ha tomaten glastuinbouw, dat theoretisch voorzien kan worden met CO ₂	1,751	0,091	0,023
Aangenomen CO ₂ -prijs	€0,15 ¹	€0,15 ¹	€0,15 ¹
Besparingspotentie per jaar	€75.200- €118.200	€3.900- €6.100	€1000- €1500

¹ Slegers, 2023.

Uit bovenstaande resultaten en discussie blijkt dat het onder specifieke omstandigheden voor een centraal productiesysteem, in tegenstelling tot de decentrale productiesystemen, mogelijk is om winstgevend BSF larven te produceren op beschikbare tuinbouwreststromen. Wat betreft de kosten kan geconcludeerd worden dat, ondanks dat er slechts voor 35% van het substraat (GMP+ voedermiddelen) kosten gemaakt worden, voerkosten nog steeds een groot deel van de productiekosten omvatten. Ook nutsvoorzieningen en arbeidskosten zijn in onze berekeningen nog een hoge kostenpost voor productie. De in de praktijk te realiseren toegevoegde waarde van een 'warmte en CO₂ terugwinningssysteem' zal in de toekomst nader onderzocht moeten worden.

Literatuur

- Blanken, K., Evers, A., Groeneveld, I., Niyonsaba, H.H., Ouweltjes, W., Verkaik, J., Vermeij, I. and Wemmenhove, H. (2022). KWIN 2022-2023: Kwantitatieve Informatie Veehouderij. (Handboek / Wageningen Livestock Research; No. 46). Wageningen Livestock Research. Wageningen.
- Manna Insect (n.d.), *Insect Business Calculator*. Beschikbaar op <https://www.mannainsect.com/insect-business-calculator/>, geraadpleegd op 17-03-2022.
- Vernooij, A., Salari, S., Kemmers, W., Tuyll, A. van, Goede, L. de, Kiem, J. (2022). Gebruik tuinbouwreststromen voor Black Soldier Fly kweek. Wageningen University and Research.
- McEachern, T. (2018). Determining Heat Production of Black Soldier Fly larvae, *Hermetia Illucens*, to design Rearing Structures at Livestock Facilities. (Theses and Dissertations)-*Biosystems and Agricultural Engineering*. 62. Beschikbaar op: https://uknowledge.uky.edu/bae_etds/62, geraadpleegd op 25-04-2023.
- Meulen, S. van der, Grijspaardt, T., Mars, W., Geest, W. van der, Roest-Crollius, A., Kiel, J. (2020). Cost Figures for Freight Transport – final report. The Netherlands Institute for Policy Analysis (KiM).
- Parodi, A., Boer, I. de, Gerrits, W.J.J., Loon, J.J.A. van, Heetkamp, M.J.W., Schelt, J. van, Bolhuis, J.E., Zanten, H.H.E. van. (2020) Bioconversion efficiencies, greenhouse gas and ammonia emissions during black soldier fly rearing e A mass balance approach. *Journal of Cleaner Production*. Volume 271. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122488>.
- Slegers, J. (2023). *Telers akkoord met flexibele CO2-prijs Ocap*. Beschikbaar op: [Telers akkoord met flexibele CO2-prijs Ocap - Groenten & Fruit Actueel \(gfactueel.nl\)](#). Geraadpleegd op 25-04-2023.

Bijlage 1 Bronnen dataverzameling

Tabel 10 Bronnen dataverzameling.

Omschrijving informatie	Bron
Technische en economische gegevens met betrekking tot productie	InsectoCycle in opdracht van ACRRES
Informatie glastuinbouwers en huidige poorttarief	Greenport West Holland
Investeringen centrale productie faciliteit	Insect Engineers (Bob Holtermans)
Investeringen decentrale productie faciliteit	ACRRES Ravenfeed Manna Insect (rekentool website).
Rekentool als basis voor berekeningen	Wageningen University and Research