

De insectenindustrie

De nieuwe dierenwelzijns crisis



Wakker Dier, maart 2025

Samenvatting

De insectenkweekindustrie is een van de snelgroeiende nieuwe takken van de vee-industrie. Tegen 2030 wordt verwacht dat de productie van insecten wereldwijd is vervijftigvoudigd ten opzichte van 2020. Het (her)introduceren van insecten in onze voedselketen wordt door sommigen gezien als een belangrijke stap naar duurzame oplossing voor mondiale voedselproblemen. Dit valt te betwisten, niet op de laatste plaats omdat insecten in Europa vooral gekweekt worden voor diervoeding en in veel mindere mate voor menselijke consumptie.

Nederland speelt hier een grote rol in; wij hebben met het bedrijf Protix de grootste larvenfabriek ter wereld en fokken naar schatting 80 miljard insecten per jaar – waarvan 70 miljard door Protix. Er is geen wettelijke bescherming voor deze dieren. De wetgeving rond insectenkweek is in ontwikkeling, maar deze is vooral gericht op praktische regelgeving rondom voedselveiligheid en niet op dierenwelzijn. Wat heel opvallend is, want terwijl insecten onder de EU-wetgeving wel beschouwd worden als landbouwhuisdieren, krijgen ze niet dezelfde – minimale – bescherming.

Wetenschap over insectenwelzijn

Het welzijn van insecten wordt in de praktijk grotendeels genegeerd. Lang werd aangenomen dat insecten alleen handelen uit instinct, maar er is steeds meer bewijs dat ze informatie onthouden, goed kunnen leren, en pijn ervaren en daar naar handelen. Ze zijn veel slimmer dan vaak gedacht. Hoewel klein, kunnen de zenuwstelsels van insecten buitengewoon complex zijn en veel dezelfde functies uitvoeren als de zenuwstelsels van zoogdieren. Op basis van recent wetenschappelijk onderzoek blijkt dan ook dat volwassen insecten zoals fruitvliegen en kakkerlakken aan zes van de acht wetenschappelijke criteria voor pijnbeleving voldoen. Tegelijkertijd wordt duidelijk dat er grote verschillen kunnen zijn tussen insectensoorten, alsook tussen larven en volwassen insecten.

Een grote groep van vooraanstaande wetenschappers ondertekenden in 2023 de *Scientific declaration on insect sentience and welfare* waarin ze stellen dat de beschikbare hoeveelheid bewijsmateriaal met betrekking tot insectenbiologie, bewustzijn en welzijn voldoende sterk is om welzijnsmaatregelen te reguleren en te implementeren. Een aantal van deze maatregelen is al op een rijtje gezet:

- Dodingsmethoden waarbij de dood onmiddellijk intreedt
- Gebruik van aanbevolen anesthetica of verdoving voorafgaand aan het doden
- Vermijden van uithongering voor de slacht
- Verbod op ongeschikte of gevaarlijke voeding
- Het geven van adequate voeding en water voor alle levensfasen
- Verbod op genetische manipulatie die de uiting van natuurlijk gedrag verhindert (zoals het onvermogen om te vliegen of buitensporige groei van het lichaam)
- Geschikte kweekdichtheden (voldoende leefruimte)
- Vermijden van stress-opwekkend licht voor lichtvermijdende soorten
- Soortspecifieke temperatuur- en vochtigheidsniveaus
- Ziektemonitoring, preventie, en behandelingsprotocollen.

Ook Nederlandse wetenschappers onderschreven recent dat er genoeg bewijs is dat insecten emotionele ervaringen kunnen hebben en daarom het voorzorgsprincipe toegepast dient te worden.

Zwarte Soldatenvliegen in Nederland

In Nederland worden met name zwarte soldaatvliegen gekweekt. Bij het fokken van deze dieren spelen verschillende welzijnsproblemen. Zowel de volwassen vliegen als de larven zijn gevoelig voor temperatuur en vochtigheid, maar ook het type substraat waar de dieren van leven, dichtheden, licht, voeding, ruimte om te vliegen, stress door handelingen, genetische selectie en genetische modificatie, milieuverontreinigingen, omgevingscontaminanten en slachtmethoden beïnvloeden hun welzijn.

Omdat er geen wetgeving is ten aanzien van de leefomstandigheden kunnen de dieren aan allerlei omstandigheden worden blootgesteld. Helaas is er ook vanuit de sector weinig openheid over onder welke exacte omstandigheden zwart soldatenvliegen gehouden worden in Nederland. Uit diverse onderzoeken en publicaties valt wel het een en ander af te leiden.

Per vierkante meter worden ongeveer 40.000 larven gehouden, wat neerkomt op een dichtheid van ongeveer 4 larven/cm². Hoge dichtheden vormen het grootste welzijnsrisico voor larven. Vooral omdat hoge dichtheid ook tot hoge temperaturen leidt en structurele blootstelling aan hitte zorgt voor hogere sterfte. Hoge dichtheden kunnen ook zorgen voor concurrentie voor voedsel, ruimte en zuurstof. Tevens wordt ziekteoverdracht tussen larven vergemakkelijkt door hoge dichtheden en stress. Wetenschappers bevelen een dichtheid tussen 1-2 larven/cm² aan om ziekteverspreiding en oververhitting te voorkomen.

Een klein deel van de larven wordt aangehouden om volwassen te worden en zich voort te planten. Zij leven een tot twee weken als vlieg. In die fase leven ze in kooien waarin ze zich moeten voortplanten. Hier krijgen ze alleen te drinken. Eten krijgen ze niet, terwijl de vliegen daar wel behoefte aan hebben.

Als de vliegen uitgelegd zijn worden ze op allerlei manieren geslacht. Dit geldt ook voor de opgekweekte larven. Voor geen van de levensfasen zijn er regels over hoe dit moet gebeuren. Volwassen vliegen worden in veel kleinere aantallen geslacht, dit gebeurt onder andere door ze met CO₂ te vergassen. De larven krijgen vaak 24-48 uur voor de slacht geen eten meer om de darmen te legen. Huidige methoden voor het slachten van larven omvatten levend invriezen (in lucht of vloeibare stikstof), bakken in een convectieoven, roosteren in zand of in de zon, doden in de magnetron, koken/blancheren, verstikken en vermalen/versnipperen. Invriezen in de lucht, blancheren en vermalen zijn waarschijnlijk het meest gebruikelijk. De dieren krijgen in geen geval verdoving. Een klein aantal larven wordt levend verkocht en geconsumeerd door huisdieren of vee.

Protix

Het Nederlandse bedrijf Protix is wereldmarktleider in het produceren van zwarte soldatenvliegen. De grootste fabriek ter wereld staat in Bergen op Zoom en produceerde in 2023 naar schatting 70 miljard larven. Recent maakte Protix bekend dat het bedrijf dankzij een lening van 37 miljoen van de Europese Investeringsbank een fabriek gaat bouwen in Polen die drie tot vier keer groter is. Dat zou overeenkomen met een productiecapaciteit van 210 tot 280 miljard larven per jaar.

Marktleider Protix geeft vanwege bedrijfsgeheim weinig informatie vrij over de leefomstandigheden in hun fabriek. Ze hebben wel een 'Animal Welfare Statement' gepubliceerd, waar op de website prominent naar verwezen wordt. In dit statement geeft het bedrijf aan dat dierenwelzijn hun prioriteit is en benoemen ze vijf uitgangspunten: behouden van fysieke integriteit en gezondheid, creëren van een optimaal klimaat, voer van hoge kwaliteit, doden in een fractie van een seconde en "een beetje liefde en aandacht". Protix wil niet toelichten wat dit concreet inhoudt of betekent voor de dieren en hoe deze uitgangspunten in de praktijk worden nageleefd.

Op basis van navraag en het gebruik van verschillende andere bronnen kan het leven van de vliegen en larven in de Protixfabriek als volgt worden samengevat. Ook hier leven de larven op een hoge dichtheid van ongeveer 4 larven per cm². Ze leven ongeveer 18 dagen en worden dan geslacht met een 'grinder', waarbij de larven worden vermalen en binnen enkele seconden gedood worden. Er is geen

sprake van voedselonthouding vooraf aan de slacht. De vliegen die voor de voortplanting gehouden worden, leven in grote kooien en krijgen geen eten. Zij worden na een week met CO₂ gedood.

Zorgen over de toekomst

Zwarte soldatenvliegen lijken minder vatbaar voor grootschalige ziekte-uitbraken dan andere insectensoorten, mede dankzij hun aangepaste immuunsysteem. Echter, anekdotische verslagen van producenten schetsen een beeld dat schimmel- en virusinfecties kolonies volledig kunnen vernietigen. Met de toenemende schaalvergroting in de kweek van zwarte soldatenvliegen verwachten wetenschappers meer ziekte-uitbraken en nieuwe pathogenen, vooral door hoge bezettingsdichtheden in combinatie met lage genetische variatie.

Een andere opkomende zorg van experts is de impact van genetische modificaties en selectieve fokprogramma's. Het selectief fokken op eigenschappen waardoor de larven extra groot worden kan het welzijn negatief beïnvloeden of normaal gedrag beperken. Het is Protix al gelukt om larven te kweken die 39 procent groter zijn dan de 'normale' larven. Het is niet duidelijk of deze genetische selectie gevolgen heeft voor het dier zelf, dit lijkt niet te zijn onderzocht.

Een andere belangrijke factor voor het welzijn is het voer dat de larven van de Zwarte Soldatenvlieg krijgen. Nu krijgen ze met name planten of plantaardig restafval te eten, maar er zijn ook plannen om de dieren te voeden met dierlijke uitwerpselen, die homogeen zijn en weinig voedingsstoffen bevatten. Uit experimenten blijkt dat dit kan leiden tot slecht welzijn en hogere sterfte. Daarnaast zijn er zorgen over dat onwenselijke stoffen uit het voer in de larven ophopen. Zo is aangetoond dat het zware metaal cadmium opbouwt in het insectenlichaam, tot wel twintig keer de concentratie in het substraat.

Wat wil Wakker Dier

Wakker Dier maakt zich ernstig zorgen over deze ontwikkelingen. Het gebrek aan wettelijke bescherming, in combinatie met de razendsnelle groei van de industrie en het toenemende wetenschappelijke bewijs voor cognitie en pijnbeleving bij insecten, vraagt om directe actie.

Wakker Dier wil dat de insectensector per direct concrete maatregelen neemt op basis van de volgende drie pijlers:

- Gebruik alleen insectenrassen waarvoor met onafhankelijk wetenschappelijk onderzoek is aangetoond hoe deze – in elke fase van hun levenscyclus – op een diervriendelijke manier gehouden kunnen worden.
- De implementatie van wetenschappelijk onderbouwde normen voor goede leefomstandigheden met betrekking tot water en voeding, omgeving, gezondheid en natuurlijk gedrag, met regelmatige evaluatie en verbetering.
- De toepassing van snelle en pijnloze slachtmethoden, met tweejaarlijkse herziening op basis van de laatste wetenschappelijke inzichten.

Daarnaast dienen de bedrijven toegankelijke informatie te geven over hun kweekpraktijken, zoals slachtmethoden, dichtheden en toegang tot water en voedsel. Aanvullend zouden ze – net als alle andere veehouderijen – ieder jaar moeten rapporteren op ziekte-uitbraken.

Wakker Dier roept bovendien de minister van ministerie van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur op om het voorzorgsprincipe toe te passen en insecten op z'n minst dezelfde wettelijke bescherming te bieden als andere productiedieren. Ook wil Wakker Dier een moratorium op verdere groei van de sector: totdat de dieren een degelijke wettelijke bescherming krijgen en de sector verantwoording aflegt, is het onverantwoordelijk om de grootschalige productie van insecten nog verder uit te breiden.

Inhoudsopgave

Samenvatting	2
Inleiding	6
De opkomst van het kweken van insecten	7
Wetgeving	13
Aandacht voor insectenwelzijn	16
Het welzijn van zwarte soldatenvliegen	25
Wereldleider Protix	30
Conclusie	37
Bronnen	39

Inleiding

Insecten staan in Nederland zelden op het menu. Ze zijn niet te koop in onze supermarkten en groothandels. Hooguit zijn insecten op de menukaart van een enkel restaurant of webshop te vinden (JiMini's 2014; DIE 2024b; Sligro 2024). Toch worden er in Nederland volop insecten gekweekt. Het Nederlandse bedrijf Protix heeft zich zelfs ontpopt als wereldmarktleider in het kweken van de larven van zwarte soldatenvliegen (Protix 10/17/2023). Er worden in Nederland ieder jaar naar schatting 70 miljard larven gekweekt. Ter vergelijking: in Nederlandse slachthuizen werden er 529 miljoen kippen, varkens en koeien geslacht (CBS 2023). Protix slacht maar liefst 132 keer meer insecten.

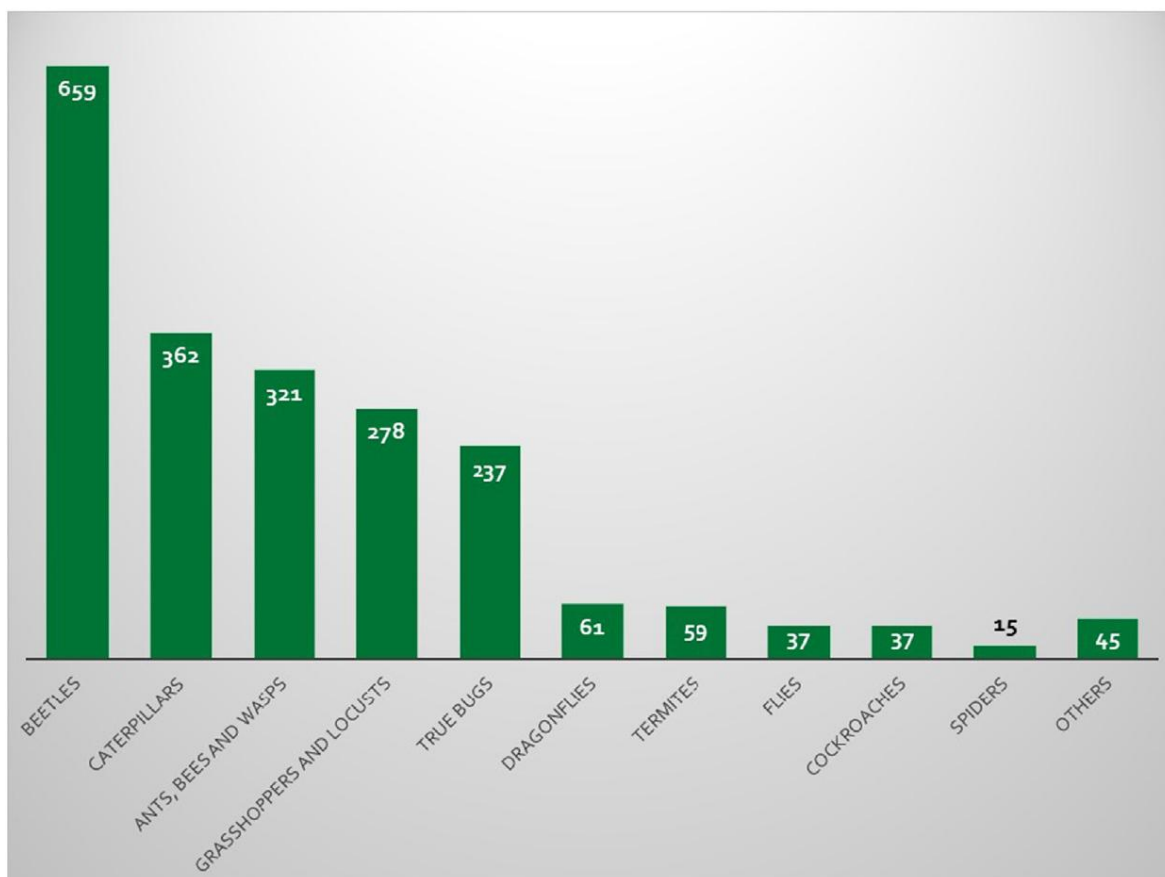
De kweek van insecten wordt vaak gepresenteerd als een duurzame oplossing om mondiale voedselproblemen op te lossen. Deze industrie is momenteel een van de snelst groeiende sectoren ter wereld. Tegen 2030 wordt verwacht dat de productie van insecteneiwit wereldwijd is vervijftigvoudigd ten opzichte van 2020. Waar bijvoorbeeld varkens, runderen en kippen nog enige wettelijke bescherming krijgen, zijn insecten vogelvrij – ondanks dat ze momenteel de meest gehouden dieren zijn.

Met dit rapport wil Wakker Dier de aandacht vestigen op deze vergeten klasse van dieren. Eerst zal een algemeen beeld worden geschetst van het huidige en toekomstige gebruik van insecten, zowel wereldwijd als in Nederland. Vervolgens wordt ingegaan op de wetgeving en de aandacht voor insectenwelzijn vanuit de wetenschap en samenleving. Ook wordt de laatste stand van wetenschap samengevat over mogelijke welzijns- en gezondheidsrisico's bij het kweken van zwarte soldatenvliegen. Daarna wordt onderzocht hoe het toonaangevende bedrijf Protix zwarte soldatenvliegen kweekt en welke aandacht zij heeft voor het welzijn van insecten. Ten slotte worden de belangrijkste conclusies samengevat en aanbevelingen gegeven over deze nieuwe opkomende tak van de vee-industrie.

De opkomst van het kweken van insecten

Wereldwijd worden door 2 miljard mensen meer dan 2.000 verschillende soorten insecten gegeten (IPIFF 2019a; van Huis 2022) van de naar schatting 5,5 miljoen soorten (Stork 2018). Deze insecten worden vrijwel allemaal gevangen in de natuur. De meest gegeten soorten zijn kevers, gevolgd door rupsen, wespen, bijen en mieren, sprinkhanen, krekels en wantsen (Figuur 1) (van Huis 2022). In 2020 werden er naar schatting 2,1 biljoen (2.100 miljard) wilde insecten door mensen geconsumeerd en daarnaast 1,2 biljoen insecten gekweekt voor met name diervoeding; slechts een klein deel van de gekweekte insecten is bestemd voor humane consumptie (Rowe 2020a).

Figuur 1. Soorten insecten die wereldwijd gegeten worden per insectenorde (van Huis 2022)



Insecten als voedsel

In 2019 aten ongeveer negen van de bijna 750 miljoen Europeanen (1,2%) insecten en daarvan afgeleide producten. Ze werden voornamelijk bereikt via websites van bedrijven en beurzen/evenementen conferenties. Het International Platform of Insects for Food and Feed (IPIFF), de koepelorganisatie van insectenkwekers voor voedsel en veevoer, verwacht dat tegen 2030 dit aantal zal stijgen tot 390 miljoen consumenten. Zij verwacht deze groei vanwege mogelijk nieuwe toelatingen van insecten als een nieuw voedingsmiddel, de diversiteit in producten op de markt, de toenemende beschikbaarheid van de producten in detailhandels, alsook de acceptatie door consumenten.

In 2019 werden in Europa ongeveer 500 ton aan op insecten gebaseerde producten verkocht (hele insecten, ingrediënten van insecten en producten verrijkt met eetbare insecten). IPIFF verwacht in 2030 een productie van ongeveer 260.000 ton (IPIFF 2020).

“De insecten als voedsel- en veevoerindustrie zal het grootste veehouderijproject in de menselijke geschiedenis worden.”

Wetenschappers over de opkomst van insectenkwekerijen (Gibbons et al. 2022)

Insecten als veevoer

De productie van insecten voor veevoer en huisdierenvoeding groeit wereldwijd al snel. Na de EU-toelating in 2017 van gekweekte insecten in voer voor aquacultuur, is de markt voor aquacultuurvoer de belangrijkste markt voor insectenkwekers geworden. De Europese insectensector heeft tot op heden meer dan €1,5 miljard aan investeringen aangetrokken. Daarmee heeft de insectenindustrie volgens het IPIFF een kritische drempel overschreden: de productie wordt opgeschaald om te voldoen aan de toenemende vraag naar insecten voor voedsel en veevoer, terwijl tegelijkertijd kapitaal en knowhow worden opgebouwd. Met de in 2022 gehaalde veevoerproductie van ongeveer 4.000 ton aan van insecten afkomstige eiwitten en bijna 10.000 ton insectenvoerproducten, wordt verwacht dat de productie van insecten de komende jaren snel zal toenemen (IPIFF 2023). Ook wetenschappers verwachten een enorme toename van insectenkwekerijen voor veevoer (Gibbons et al. 2022).

Vervijftigvoudiging insectenkweek in 2030

De Rabobank gelooft ook in een grote toekomst voor de industriële kweek van insecten. In haar onderzoeksrapport uit 2021 genaamd ‘No Longer Crawling: Insect Protein to Come of Age in the 2020s – Scaling up Is on the Horizon’ stelt de Rabobank dat zij verwacht dat de productie van eiwitten van insecten zal toenemen van 10.000 ton in 2020 naar 500.000 ton in 2030 – een vervijftigvoudiging in slechts tien jaar.

Deze extreme groei schrijft zij vrijwel volledig toe aan het gebruik als veevoer en huisdierenvoeding. Huisdierenvoeding zou kunnen groeien naar 150 duizend ton in 2030, visvoer naar 200 duizend ton en veevoer voor leghennen, vleeskuikens en varkens naar 150 duizend ton. De verwerking tot veevoer voor kippen en varkens acht de Rabobank beperkt vanwege de lage concurrerende prijs van veevoersoja (Figuur 2) (Rabobank 2021).

Figuur 2. Projectie van de Rabobank over de toename van de Europese productie van eiwitten van insecten in 2030 (tonnen).

		Animal feed					
		Total	Pet food	Aquaculture	Poultry - Layers	Poultry - Broilers	Piglets
Estimated market size (metric tons)	Scale-up phase: EUR 3,500–EUR 5,500/metric ton	120,000	65,000	20,000	20,000	10,000	5,000
	Wider-use period: EUR 2,500–EUR 3,500/metric ton	200,000	85,000	55,000	30,000	20,000	10,000
	Maturity phase: EUR 1,500–EUR 2,500/metric ton	500,000	150,000	200,000	70,000	50,000	30,000

De Rabobank stelt als belangrijkste redenen voor de sterke groei dat insecten 50-80% eiwitten bevatten op basis van droge stof en volgens de bank gezondheidsvoordelen bieden voor dieren. Ook dragen insecten volgens de Rabobank bij aan circulaire voedselsystemen door reststromen om te zetten in hoogwaardige ingrediënten. Ook het gebruik van voedselafval als voer noemt zij als voordeel, waarbij ook de leveringsketen wordt verkort. Tenslotte stelt de bank dat insectenkweek een efficiënt productiesysteem is met kleine ecologische voetafdruk, dat minder water, land en tijd zou vergen dan alternatieven (Rabobank 2021).

Insectenveevoer voor runderen en andere evenhoevige landbouwhuisdieren zijn een opvallende omissie. Tijdens “de gekkekoeienziekte” (BSE) bleken runderen ziek te worden van dierlijke eiwitten in hun voeding, afkomstig van slachtafval van andere koeien. Vanwege deze gevoeligheid rondom dierlijke eiwitten en dus ook insecteneiwitten, acht de Raad van Dieraangelegenheden (RDA) het niet waarschijnlijk dat er toestemming komt om insecten aan deze landbouwhuisdieren te voeren (RDA 2018).

Het huidige potentieel van op insecten gebaseerd voedsel voor menselijke consumptie acht de Rabobank beperkt, omdat de consument hier terughoudend tegenover staat. Mogelijk verandert dit op de lange termijn. Consumenten staan volgens de bank wel open voor het gebruik van insecten in veevoer en huisdierenvoeding. Het aantal consumenten dat kennis heeft van insectenkweek is momenteel beperkt. De Rabobank denkt dat duidelijke communicatie en educatie over de voordelen van het eten van insecten de acceptatie van insecten als voer- en voedselingrediënten zou kunnen verbeteren (Rabobank 2021).

Insecten kweken

Sinds 2010 is er wereldwijd steeds meer belangstelling om insecten te houden als voedsel en veevoer. Dit is vooral vanwege de toegenomen bewustwording over de grote impact van de veehouderij op landgebruik en het milieu, aspecten waarop de kweek van insecten volgens nieuwe publicaties duidelijk beter scoorden (van Huis 2022; Niyonsaba et al. 2023). De grootschalige productie van insecten wint hierdoor aan interesse in Europa, waardoor er sindsdien veel veranderingen zijn doorgevoerd op zowel technologisch als het regelgevende gebied (IPIFF 2024a).

Momenteel bestaat de insectensector uit vele kleine en middelgrote ondernemingen en enkele grote bedrijven. Vanwege zijn jeugdige en dynamische aard wordt de Europese insectensector beschouwd als een opkomende sector die op weg is om op te schalen dankzij een stijgende interesse in investeringen. In 2020 voorspelde het International Platform of Insects for Food and Feed (IPIFF), een Europese belangenorganisatie gericht op insectenkweek, dat haar leden tegen 2025 meer dan €2,5 miljard zullen hebben geïnvesteerd (Niyonsaba et al. 2023). Het exacte aantal huidige aan insectenkweek-gerelateerde bedrijven in Europa is niet bekend, maar anno 2024 heeft het IPIFF zeventig leden, waarvan het merendeel bedrijven die insecten kweken of hun producten verkopen (IPIFF 2024b).

Voorheen werden er kleine hoeveelheden insecten gekweekt in testfaciliteiten, maar inmiddels hebben veel van de leidende spelers industriële faciliteiten gebouwd om op grotere schaal te produceren. Voorbeelden hiervan zijn producenten van meelwormen, zoals Ynsect in Frankrijk (tot voorkort ook even actief in Nederland (Ermelo van Nu 2023)), of kwekers van de zwarte soldatenvlieg, zoals het in het Verenigd Koninkrijk gevestigde AgriProtein, in Frankrijk gevestigde InnovaFeed en het in Nederland gevestigde Protix (Rabobank 2021).

Insectenkwekerij Nederland

In Nederland wordt er zowel op grote als kleine schaal insecten gekweekt voor voeding, diervoeding en technische toepassingen (Venik 2020). De grootste insectenkwekerij ter wereld van BSF-larven staat zelfs in Nederland, waardoor Nederland één van de koplopers is in de insectenindustrie (RDA 2018).

Rond 2010 was de insectenkweek nog beperkt en vooral gericht op het leveren van insecten als prooidieren voor gezelschapsdieren als vogels, reptielen, amfibieën en vissen. Venik, de brancheorganisatie van Nederlandse insectenkwekers, stelt dat Nederland sindsdien wereldwijd koploper is geworden. In landen buiten Europa is de consumptie van insecten veel groter, maar deze insecten worden gevangen uit de natuur en niet geproduceerd in een kweekstelsel (Venik 2020).

Volgens Venik brengen insecten “de voedselketen terug in balans met de natuur. Insecten zijn een natuurlijke en vitale schakel in het sluiten van kringlopen”. Zij beweert dat dit leidt tot een productie van hoogwaardige dierlijke eiwitten en vetten voor de (dier)voedingsindustrie en een stuk duurzamer is dan het produceren van ander dierlijk eiwit (Venik 2020).

De overheid registreert niet welke bedrijven zich bezighouden met het kweken van insecten (TK 2024). Volgens brancheorganisatie Venik waren er 49 kwekerijen actief in 2020, voornamelijk in Noord-Brabant en Gelderland (NIK 2024a; Venik 2020). Tevens waren er 21 aan het starten. De insectensoorten die in Nederland met name gekweekt worden, zijn vliegenlarven, meelwormen, sprinkhanen, krekels en buffalolarven (Venik 2020). Anno 2023 blijken er 72 (startende) kwekerijen actief te zijn (NIK 2024a). Van deze bedrijven zijn circa 20 bedrijven aangesloten bij de brancheorganisatie Venik (NIK 2024a; DIE 2024a; Venik 2024a, 2020). De fabriek met zwarte soldatenvliegen van Protix produceert met stip het grootst aantal dieren.

Aantal gekweekte insecten

Het is lastig om te achterhalen hoeveel insecten er in Nederland en wereldwijd gekweekt worden, omdat bedrijfs-, productie- en kengetallen beperkt (openbaar) zijn en er veelal over kilogrammen in plaats van individuele insecten gerapporteerd wordt. Zo geeft Wageningen Universiteit en Researchcentrum in haar Kwantitatieve Informatie Veehouderij (KWIN) aandacht aan de kweek van meelworm en de zwarte soldatenvlieg (BSF). Zij geeft aan dat de kweeksector een relatief jonge sector

is die zich volop aan het ontwikkelen is, waardoor de (kwantitatieve) informatie beperkt is. Ook is er een enorme variatie tussen bedrijven (WUR 2023b). Daarom betreffen de hieronder gepresenteerde aantallen een benadering.

Nederland

Voor de benadering van het aantal insecten dat momenteel in Nederland wordt gekweekt, wordt uitgegaan van de 72 bedrijven die volgens Venik in 2023 actief waren. Van de 21 starters in 2020 wordt aangenomen dat ze inmiddels in bedrijf zijn. De aantallen en productiecijfers zijn onbekend voor de paar bedrijven die geen meelwormen of BSF-larven kweken. Daarom wordt voor 71 bedrijven uitgegaan van gemiddelde kengetallen van meelwormen en BSF-kwekerijen. Tenslotte wordt hierbij het aantal BSF-larven opgeteld dat door Protix wordt gekweekt.

De gemiddelde jaarlijkse productie van meelwormen ligt volgens WUR op 25.800 kilo per bedrijf. Van BSF-larven zijn geen productiegetallen bekend, daarom wordt hiervoor dezelfde opbrengst aangehouden. Het gemiddelde gewicht van meelwormen en BSF-larven is 0,175 gram (WUR 2023b). Daarmee komt de totale jaarlijkse productie voor 71 bedrijven op 1.800 ton levend gewicht (exclusief Protix), ofwel ruim 10 miljard insecten. In 2023 kweekte het Nederlandse bedrijf Protix naar schatting 40.000 ton BSF-larven (Protix 10/17/2023). Gemiddeld is het levend gewicht van een BSF-larf 0,20 gram, waarmee de totale productie uitkomt op maar liefst 70 miljard larven. In totaal werden er in Nederland in 2023 daarmee naar schatting 80 miljard insecten gekweekt.

Hierin is de sterfte van insecten tijdens het productieproces niet meegenomen, waardoor het daadwerkelijk aantal benodigde insecten mogelijk tientallen procenten hoger ligt. Zo is de sterfte van de BSF-larven naar schatting 23 procent op basis van de verhouding dode insecten in het substraat wat overblijft na de kweek (IPIFF 2021; Groeneveld et al. 2021).

“Hoewel men bij insecten als voedsel eerder aan tropische landen denkt, speelt Nederland een voorlopersrol in de ontwikkeling van technieken voor grootschalige productie van insecten.”

Raad voor Dierenaangelegenheden in ‘Ontpopping van de insectensector’ (RDA 2018)

Wereldwijd

Cijfers over het aantal insecten dat wereldwijd gekweekt wordt, zijn nog beperkter. In 2020 schatte een wetenschapper dat er per moment tussen de 79 en 94 miljard insecten gehouden werden (Rowe 2020a). Jaarlijks werden er ongeveer 1-1,2 biljoen insecten gekweekt (exclusief sterfte tijdens het kweekproces). Ter vergelijking: wereldwijd worden naar schatting 75 miljard vogels en zoogdieren geslacht, 124 miljard kweekvissen geslacht en 1,1 tot 2,2 biljoen wilde vissen gevangen (Hannah Ritchie, Max Roser 2024; Fishcount.org 2019a, 2019b).

Het aantal gehouden insecten zal extreem toenemen wanneer zij gebruikt gaan worden ter vervanging van aquavoer en veevoer. Volgens de Voedsel- en Landbouworganisatie van de Verenigde Naties (FAO) zou insectenmeel 25 tot 100 procent van het vismeel in aqua- en veevoer kunnen vervangen.

Wanneer bijvoorbeeld de zwarte soldatenvlieg “slechts” 25 procent van het wereldwijde vismeel zouden vervangen (bijna 4 miljoen ton), dan zullen hiervoor tussen de 40 en 80 biljoen (= duizend miljard) insecten nodig zijn. Dit zijn 45 tot 140 keer zoveel doden als de vissen die ze vervangen (Rowe 2020a, 2020b). Het Nederlandse bedrijf Protix verwacht zelfs dat 30-50 miljoen ton aan veevoer vervangen kan worden (Rowe 2020a). Daarvoor zullen jaarlijks zo’n 560 biljoen insecten gedood moeten worden – 330 keer zoveel als het aantal geslachte landbouwhuisdieren, kweekvissen en wild gevangen vissen samen (Houkema 2024).

Wetgeving

‘De EU-wetgeving met betrekking tot dierenwelzijn, die normaliter van toepassing is op Europese dierfokkers, is niet van toepassing op insectenproducenten omdat insecten ongewervelde dieren zijn.’

Wageningse wetenschappers over de insectenwelzijnswetgeving (Voulgari-Kokota et al. 2023).

Van oudsher suggereerde de wetenschappelijke literatuur dat insecten geen pijn kunnen voelen. Dit heeft ervoor gezorgd dat insecten uitgesloten werden van ethische debatten en wetgeving over dierenwelzijn (Gibbons et al. 2022). Momenteel is de wetgeving omtrent insecten volop in beweging. Het gaat daarbij vooralsnog alleen om de praktische regelgeving over het mogen kweken van insecten voor de verwerking in veevoer (WUR 2023b). Aan wetgeving om het welzijn van insecten te beschermen wordt niet gewerkt. Ter illustratie: het woord “insectenwelzijn” wordt slechts twee keer genoemd in alle officiële bekendmakingen van de Nederlandse overheid (Overheid.nl 2024).

Momenteel worden insecten in de EU-wetgeving als landbouwhuisdieren beschouwd: dieren die worden gehouden voor de productie van voedsel, diervoeder of andere afgeleide producten. Insecten mogen in principe alleen gevoerd worden met voer van plantaardige oorsprong, met uitzondering van enkele dierlijke producten zoals melk, eieren of honing. Slachtafval, mest-, keuken- en restaurantafval mag op dit moment niet worden gebruikt als voer voor de insecten (WUR 2023b).

Net zoals in alle andere sectoren zijn insectenkwekers verplicht om hun insecten in goede gezondheid te houden om verspreiding van ziektes te voorkomen (Verordening (EU) nr. 2016/429). De EU-wetgeving met betrekking tot dierenwelzijn is expliciet *niet* van toepassing op insecten, omdat insecten ongewervelde dieren zijn (Richtlijn 98/58/EG, artikel 1 lid 2 onder d) (EG 1998). De facto zijn insecten daarmee onbeschermd en mogen bedrijven insecten zonder enige welzijnsstandaarden houden.

DE VIJF VRIJHEDEN VOOR LANDBOUWHUISDIJEREN

De Europese Commissie stelt dat de EU-regels inzake dierenwelzijn ook de zogenaamde Vijf Vrijheden voor landbouwhuisdieren “omvatten” en “weerspiegelen” (EC 2020; EP 2020; FAWC 1979):

1. Vrij van honger en dorst. Door direct toegang tot vers water en voedsel om gezond te blijven.
2. Vrij van ongemak. Door een comfortabel onderdak en rust te bieden.
3. Vrij van pijn, verwonding en ziekte. Door dit te voorkomen of snel te diagnosticeren en te behandelen.
4. Vrij om normaal gedrag te vertonen. Door voldoende ruimte, mogelijkheden en gezelschap van soortgenoten.

5. Vrij van angst en stress. Door voor omstandigheden te zorgen die lijden vermijden.

De toepassing van de Vijf Vrijheden is echter een farce. In aanvullende regelgeving en specifieke richtlijnen voor onder meer varkens, vleeskuikens, leghennen en vleeskalveren zijn tal van uitzonderingen opgenomen die de vrijheden gedeeltelijk dan wel volledige ondermijnen (EP 2020). Zo blijkt uit tal van inventarisaties van dierenwelzijnswetenschappers en -handhavers dat het grootste deel van de landbouwhuisdieren lijdt onder de manier waarop ze gehouden (mogen) worden (NVWA 2024a; Bracke et al. 2024; Greef 2021; NVWA 2018, 2017; Visser et al. 2015; NVWA 2015). Voor insecten, waarvoor überhaupt nog geen wettelijke bescherming is en mensen nog minder empathie hebben, zal dat waarschijnlijk niet anders uitpakken.

“Sommige ernstige aantastingen van het dierenwelzijn komen momenteel frequent voor bij miljoenen dieren binnen de roodvlees- en grofwildketen, zelfs wanneer volledig wordt voldaan aan de wet- en regelgeving betreffende dierenwelzijn.”

NVWA over de gevaren voor dierenwelzijn in de veehouderij (NVWA 2024a)

Diervoeding

Producenten van insecten die bedoeld zijn voor diervoeding moeten zich registreren als “*producenten van diervoederbedrijven*” bij de nationale bevoegde autoriteiten. In Nederland is dit de Nederlandse Voedsel en Waren Autoriteit (NVWA). De verplichtingen voor deze producenten zijn vastgelegd in Verordening (EG) nr. 1069/2009 en de Verordening (EU) nr. 142/2011. Insecteneiwitten bestemd voor het gebruik in diervoeder, worden in de EU-wetgeving beschouwd als “dierlijke bijproducten” (dieren en producten van dieren die niet voor menselijke consumptie bestemd zijn) (WUR 2023b).

In 2015 heeft de EFSA (Europese autoriteit voor voedselveiligheid) op basis van wetenschappelijk onderzoek het ‘Risicoprofiel in verband met de productie en consumptie van insecten als levensmiddel en diervoeder’ opgesteld (EFSA 2015). Momenteel mogen eiwitten van acht insectensoorten worden verwerkt in aquacultuur, varkens- of pluimveevoeder, alsook in voeder voor gezelschapsdieren en pelsdieren. De volgende insectensoorten zijn toegestaan (WUR 2023b):

1. Zwarte soldatenvlieg
2. Gewone huisvlieg
3. Gele meelworm
4. Kleine meelworm
5. Huiskrekkel
6. Beugelkrekkel
7. Veldkrekkel
8. Zijderupsen

Humane voeding

Voor het produceren en in de handel brengen van insecten als levensmiddel in Europa is naast de ‘Algemene levensmiddelen’ wetgeving (EG nr. 178/2002) de ‘Nieuwe levensmiddelen’ (EU nr. 2015/2283) wetgeving van toepassing (WUR 2023b; EU 2015; EG 2002). De ‘Nieuwe levensmiddelen’ wetgeving stelt dat een bedrijf dat insecten wil kweken eerst een vergunning moet krijgen van de Europese Commissie (EC) en goedgekeurd door de EU-lidstaten. Ten behoeve van de goedkeuring voert de EFSA een evaluatie uit, vooral omtrent de voedselveiligheid van het product. Als het nieuwe

levensmiddel vervolgens wordt toegestaan, dan mogen andere bedrijven dit product onder gelijke productiemethoden en -omstandigheden ook op de markt brengen (WUR 2023b).

Momenteel zijn er zes toelatingen voor de productie van insecten voor humane consumptie, als ingrediënt voor verschillende producten. Het gaat om producten met meelworm, treksprinkhaan, huiskrekel en de buffalokever (kleine meelworm) (NVWA 2024b). Er was tevens een toelatingsprocedure gestart voor larven van de zwarte soldatenvlieg, maar deze in 2024 teruggetrokken (EFSA 2024). Nieuwe toepassingen worden door de EC op een speciale webpagina gepubliceerd (EC 2024).

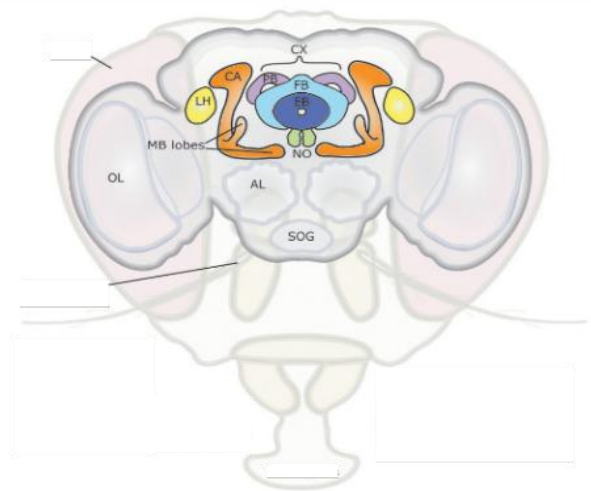
Aandacht voor insectenwelzijn

Cognitie en pijnbeleving bij insecten

Lang werd aangenomen dat insecten alleen handelen uit instinct, maar er is steeds meer bewijs dat ze leren, informatie onthouden en pijn kunnen ervaren. Recent hebben onderzoekers de feiten op een rij gezet over wat tot nu bekend is over de cognitie en pijnbeleving van insecten (Birch 2024; Gibbons et al. 2022). Dit laat zien dat insecten veel slimmer zijn dan vaak gedacht. In de volgende paragrafen worden de belangrijkste bevindingen omtrent cognitie en pijnbeleving samengevat.

Het insectenbrein

De hersenen van een fruitvlieg laten zien hoe een klein brein tot complexe prestaties in staat is. Hoewel het brein maar ongeveer 100.000 zenuwcellen bevat, heeft het een verfijnde structuur met verwerkingscentra voor zintuiglijke waarneming, geheugen, leren én pijnverwerking. De paddenstoelvormige structuren zijn hogere hersencentra voor leren, geheugen en zintuiglijke integratie, en worden van oudsher gezien als de zetel van "intelligentie" bij insecten (bruine gedeelten in Figuur 33). Deze gebieden werken nauw samen, waardoor fruitvliegen niet alleen pijn kunnen voelen, maar ook leren van pijnlijke ervaringen en hun gedrag kunnen aanpassen. De hersenen van insecten kunnen ook informatie van verschillende zintuigen zoals zicht, reuk en tastzin combineren. Hierdoor kunnen ze hun omgeving begrijpen en er beter op reageren. Bijen gebruiken bijvoorbeeld verschillende zintuigen om bloemen te vinden en te onthouden waar het beste voedsel te vinden is (Gibbons et al. 2022).



Figuur 3. Het brein van een fruitvlieg heeft verschillende gebieden voor waarneming, cognitie en pijnervaring.

“Hoewel klein, zijn de zenuwstelsels van insecten buitengewoon complex en kunnen ze veel dezelfde functies uitvoeren als de zenuwstelsels van zoogdieren, zelfs zonder vergelijkbare hersenstructuren. Insecten hebben bijvoorbeeld geen visuele cortex, maar er is geen twijfel dat zij kunnen zien.”

Wetenschappers in hun review of insecten pijn kunnen ervaren (Gibbons et al. 2022)

Slim leergedrag

Insecten blijken verrassend goed te kunnen leren van ervaringen. Fruitvliegen kunnen bijvoorbeeld in één keer leren dat een bepaalde geur gevaar betekent, en ze weten dit de volgende dag nog steeds (Gibbons et al. 2022). Bijen tonen werkgeheugen door systematisch het doolhof door te gaan op zoek

naar voedsel, waarbij ze tijdverspilling voorkomen door niet terug te keren naar armen die ze al hebben bezocht (Birch 2024). Bijen kunnen ook ingewikkelde keuzes maken door verschillende zaken tegen elkaar af te wegen. Als ze moeten kiezen tussen suikerrijk voedsel op een hete plek, of minder suikerrijkvoedsel op een koelere plek, kunnen ze deze voor- en nadelen afwegen. Ze gebruiken hierbij niet alleen wat ze op dat moment waarnemen, maar ook wat ze eerder hebben geleerd (Birch 2024; Gibbons et al. 2022).

Pijnbeleving

Om wetenschappelijk te kunnen beoordelen of insecten pijn kunnen ervaren, hebben Birch *et al.* acht criteria opgesteld (Gibbons et al. 2022):

1. **Nociceptie:** het dier beschikt over receptoren (nociceptoren) die gevoelig zijn voor schadelijke prikkels (pijndetectie).
2. **Sensorische integratie:** het dier heeft hersengebieden die informatie van verschillende zintuiglijke bronnen kunnen integreren.
3. **Geïntegreerde nociceptie:** er zijn zenuwbanen aanwezig die de nociceptoren verbinden met de integrerende hersengebieden.
4. **Pijnstilling:** de reactie op schadelijke prikkels wordt beïnvloed door lichaamseigen pijnstillende stoffen en/of toegediende verdovende middelen.
5. **Motivationale afwegingen:** het dier maakt flexibele afwegingen tussen het vermijden van pijn en het verkrijgen van een beloning.
6. **Flexibele zelfbescherming:** het dier vertoont doelgericht beschermend gedrag zoals wondverzorging.
7. **Associatief leren:** het dier kan schadelijke prikkels associëren met neutrale prikkels of leert nieuwe manieren om pijn te vermijden.
8. **Voorkeur voor pijnstilling:** het gewonde dier toont een voorkeur voor pijnstillende middelen of plekken waar deze beschikbaar zijn.

Hoe meer van deze criteria een insect vervult, des te sterker het wetenschappelijk bewijs dat het dier pijn kan ervaren. Recent onderzoek laat zien dat verschillende insectensoorten aan meerdere van deze criteria voldoen. Volwassen fruitvliegen (orde *Diptera*) en kakkerlakken (*Blattodea*) voldoen aan zes van de acht criteria, wat volgens wetenschappers sterk bewijs vormt voor het vermogen om pijn te ervaren. Bij fruitvliegen is bijvoorbeeld aangetoond dat ze beschikken over speciale pijngevoelige receptoren, dat ze pijnstillende stoffen kunnen aanmaken, en dat ze leren van pijnlijke ervaringen. Ook kunnen ze flexibele afwegingen maken tussen het vermijden van pijn en het verkrijgen van een beloning (Gibbons et al. 2022). Vanwege deze eigenschappen kunnen fruitvliegjes nu gebruikt worden voor onderzoek naar pijnstillende medicijnen voor mensen (Jang et al. 2023).

Bij kakkerlakken is onder meer aangetoond dat ze beschikken over zenuwcellen die specifiek reageren op schadelijke prikkels, dat ze informatie over pijnprikkels in hun hersenen verwerken, en dat ze doelgericht beschermend gedrag vertonen zoals het verzorgen van wonden. Ook hebben ze een systeem van natuurlijke pijnstilling en kunnen ze leren van pijnlijke ervaringen. Voor de toetsing op de twee andere criteria is nog geen onderzoek gedaan (Gibbons et al. 2022).

Volwassen bijen, wespen en mieren (*Hymenoptera*), vlinders en motten (*Lepidoptera*), en krekels en sprinkhanen (*Orthoptera*) voldoen aan drie tot vier criteria, waarbij voor toetsing van de meeste

overige criteria nog geen onderzoek is gedaan. Zo is bij honingbijen aangetoond dat ze een voorkeur kunnen ontwikkelen voor plekken waar pijnstillende middelen beschikbaar zijn. Bij krekels is waargenomen dat ze hun gedrag aanpassen na een pijnlijke ervaring. Dit wordt door wetenschappers gezien als substantieel bewijs voor pijnbeleving (Gibbons et al. 2022).

Bij de larven van deze insecten is het bewijs vaak zwakker, maar niet afwezig. Zo voldoen de larven van fruitvliegen en vlinders in hun laatste stadium voor verpopping ook aan drie tot vier criteria. Bij keverlarven (*Coleoptera*) en bijenlarven is het minste bewijs gevonden omdat onderzoek ontbreekt - zij voldoen daardoor vooralsnog slechts aan één criterium (pijndetectie). De onderzoekers benadrukken dat het ontbreken van bewijs niet betekent dat deze dieren geen pijn kunnen ervaren; er is simpelweg nog te weinig onderzoek naar gedaan (Gibbons et al. 2022).

Insectenlarven

Het onderzoek naar larven laat belangrijke verschillen zien tussen insectensoorten. Bij fruitvliegjarven zijn vanaf het eerste stadium speciale zenuwcellen aanwezig die reageren op schadelijke prikkels zoals hitte en verwondingen. In een later stadium kunnen de larven ook informatie over smaken en geuren verwerken. Bij bepaalde vlinderrupsen zijn vergelijkbare zenuwcellen gevonden die reageren op hitte en mechanische beschadiging. Als deze rupsen gewond raken, richten ze hun kop naar de wond en raken deze herhaaldelijk aan met hun monddelen (Gibbons et al. 2022).

Bij bijenlarven verloopt de ontwikkeling anders. In het eerste en tweede larvale stadium zijn alleen de voorlopers van de paddenstoelvormige hersenstructuren die volwassen bijen hebben aanwezig. Pas in het derde en vierde stadium ontwikkelen de hersencellen zich die belangrijk zijn voor leren en geheugen. Dit verschil heeft mogelijk te maken met hun leefwijze: bijenlarven leven beschermd in wascellen en worden verzorgd door volwassen bijen, terwijl bijvoorbeeld zaagwesplarven solitair en vrijlevend zijn. Deze laatste groep heeft daardoor waarschijnlijk meer cognitieve vaardigheden nodig tijdens hun ontwikkeling. Naar andere larvensoorten, waaronder de veel gekweekte zwarte soldatenvliegenlarven en meelwormen is tot op heden vrijwel geen onderzoek gedaan naar pijnbeleving (Gibbons et al. 2022).

Meer onderzoek

Bovenstaande voorbeelden laten zien dat insecten veel meer kunnen dan men verwacht. Tegelijkertijd wordt duidelijk dat er grote verschillen kunnen zijn tussen insectensoorten, alsook tussen larven en volwassen insecten en zelfs binnen verschillende larvenstadia. Er zijn meer dan één miljoen bekende insectensoorten, waarvan slechts ongeveer veertig soorten uit zes verschillende ordes grondig zijn onderzocht op het gebied van cognitie en pijnbeleving. Vooral ten aanzien van de veelgebruikte zwarte soldatenvliegenlarven en meelwormen is volgens onderzoekers dringend meer onderzoek nodig. Ondanks dat er veel onderzoek gedaan moet worden naar cognitie en pijnbeleving van insecten, staat vast dat als insecten pijn kunnen voelen, er uit rekening gehouden moet worden met hun welzijn (Birch 2024; Gibbons et al. 2022).

“Het nemen van een voorzorgsbenadering betekent dat de bewijslast terecht komt bij de industrie die deze dieren wil kweken om het onderzoek te ondersteunen dat nodig is voor geïnformeerde beoordelingen”

Filosoof Johathan Birch in ‘The Edge of Sentience’ (Birch 2024)

Voorzorgsprincipe

Steeds meer wetenschappers vinden het huidige gebrek aan richtlijnen voor insectenwelzijn zorgwekkend, omdat het kweken van insecten mogelijk ernstige welzijnsproblemen veroorzaakt bij zowel het kweken als het slachten. Als voorbeeld noemen zij voor gekweekte zwarte soldatenvliegen de uithongering van volwassenen die worden gebruikt om voor te planten, onhumane slachtingsmethoden, onvervulde behoeften voor parende gedrag, tekort aan voedingsstoffen, ziekten en larvale drukte en oververhitting (Gibbons et al. 2022).

Morele consideratie zal niet alleen gevolgen hebben voor de naar schatting biljoenen insecten die momenteel al gekweekt worden, maar mogelijk ook voor de naar schatting 10 miljard (1000 biljoen) insecten die gedood worden door gebruik van pesticiden, parasitoïden, infectieuze middelen, reproductiecontrole, vallen enzovoorts (Gibbons et al. 2022).

Wereldwijde aandacht

Sinds een aantal jaar krijgt het welzijn van insecten vanuit de wetenschap meer aandacht. Ter illustratie: volgens de Insect Welfare Research Society (IWRS) werden er in de periode 1935-2015 84 relevante artikelen over insectenwelzijn gepubliceerd, tegenover maar liefst 183 in de periode 2016-2023 (IWRS 2024b). Op basis van deze bevindingen hebben een aantal vooraanstaande wetenschappers – waaronder dierethicus Peter Singer – samen met Eurogroup for Animals een wetenschappelijke verklaring ondertekend over gevoel/bewustzijn (sentience) en welzijn van insecten:

“Wij, de ondergetekende wetenschappers van het vakgebied van entomologie, welzijn van ongewervelden, cognitie, neurobiologie of gedrag, ongewervelde veterinaire geneeskunde, of dierenwelzijnswetenschap en filosofen, overwegen dat de beschikbare hoeveelheid bewijsmateriaal met betrekking tot insectenbiologie, bewustzijn en welzijn voldoende sterk is voor beleidsmakers en insectenproducenten om evidence-based welzijnsmaatregelen te reguleren en te implementeren.”

Scientific declaration on insect sentience and welfare (EFA 2023)

Bovenstaande wetenschappers geven aan dat hoewel er nog geen wetenschappelijke consensus is over insectenbewustzijn, er recent bewijs is op basis van neurobiologie en gedrag dat volwassen vliegen en kakkerlakken pijn kunnen ervaren. Deze insecten voldoen immers aan zes van de acht criteria voor pijnervaring. Verder bleek dat iedere groep van volwassen insecten voldeed aan minstens één van de criteria. Tienpotigen als kreeften, krabben en garnalen voldoen aan vijf van de criteria en worden daarom sinds 2022 in het Verenigd Koninkrijk wettelijk beschermd, waardoor de Britse overheid bij het maken of uitvoeren van beleid met hun welzijn rekening moet houden (EFA 2023; UK 2022).

Ze stellen dat onderzoek aantoont dat meerdere insectensoorten gedrag vertonen zoals pijn vermijden, verzorging van verwondingen en zich beschermen tegen verdere schade. Dat ze een aantal pijnreceptoren hebben die overeenkomen met zoogdieren, leren door pijnsignalen te verwerken in hogere delen van hun hersenen en hun zenuwstelsels reageren op verschillende pijnstillers.

De wetenschappers concluderen dan ook dat er voldoende sterke bewijzen zijn dat in een geval een deel van de insecten pijn voelen. Dit betekent dat er mogelijk welzijnsproblemen spelen bij de kweek van deze soorten, waaronder zwarte soldatenvliegen. De wetenschappers roepen op tot een grondige evaluatie per soort en de implementatie van concrete welzijnsmaatregelen, aangepast aan de specifieke behoeften van elke soort en levensfase (larf en volwassen). Dit omvat het toepassen van het Vijf Vrijheden-model om specifieke, uitvoerbare welzijnsmaatregelen vast te stellen.

Deze maatregelen zijn eerder door andere wetenschappers uitgewerkt en kunnen, afhankelijk van elke soort en levensfase, onder meer omvatten (Gibbons et al. 2022):

- Dodingsmethoden waarbij de dood onmiddellijk intreedt
- Gebruik van aanbevolen anesthetica of verdoving voorafgaand aan het doden
- Vermijden van uithongering voor de slacht
- Verbod van ongeschikte of gevaarlijke voeding
- Het geven van adequate voeding en hydratatie voor alle levensfasen
- Verbod op genetische manipulatie die de uiting van natuurlijk gedrag verhindert (bv het onvermogen om te vliegen of buitensporige groei van het lichaam)
- Geschikte kweekdichtheden (voldoende leefruimte)
- Vermijden van stress-opwekkend licht voor lichtvermijdende soorten
- Soortspecifieke temperatuur- en vochtigheidsniveaus
- Ziektemonitoring, preventie, en behandelingsprotocollen.

Belangrijk is op te merken dat de overgrote meerderheid van gekweekte insecten wordt geslacht als larven. Zoals aangegeven blijkt uit de meest recente review naar insectenwelzijn dat er weinig onderzoek gedaan is naar pijn bij larven. De vraag is dan ook of het welzijn van larven op dezelfde manier moet worden behandeld als van de volwassene insecten (Gibbons et al. 2022).

Nederlandse wetenschappers

In de recente wetenschappelijke publicatie 'Insects as mini-livestock: Considering insect welfare in feed production' (2023) onderschrijven ook Wageningse wetenschappers dat er genoeg bewijs is dat insecten emotionele ervaringen kunnen hebben en daarom het voorzorgsprincipe toegepast dient te worden. Vanwege de enorme diversiteit aan soorten zijn er ongetwijfeld allerlei verschillen in gedrag, cognitie en ervaringsvermogen. Daardoor zijn generalisaties en extrapolaties niet mogelijk. Uit voorzorgsprincipe en gezien de grote aantallen insecten in de insectenkwekerijen, stellen zij voor om soortspecifieke richtlijnen voor het welzijn van insecten te ontwikkelen. Zowel onderzoek naar het welzijn van insecten als relevante dierenwelzijnsregelgeving is volgens hen noodzakelijk (Voulgari-Kokota et al. 2023; WUR 2023a).

Tegelijkertijd lijken andere wetenschappers van Universiteit Wageningen het voorzorgsprincipe niet toe te passen, aangezien zij juist een belangrijke rol spelen bij het tot wasdom brengen van

grootschalige insectenkweek in Nederland. Er is veel kennis aanwezig op het gebied van agrotechnologie en innovatie en met name het Laboratorium voor Entomologie is belangrijk bij het verzamelen en verspreiden van kennis over de insectenkweek (RDA 2018).

Net zoals Wageningen aan de wieg stond van de vee-industrie, zo richten deze onderzoekers zich primair op productieverhoging en lijken zij zich niet zozeer bezig te houden met insectenwelzijn (WUR 2024a, 2024b, 2019). Desalniettemin wordt door deze wetenschappers inmiddels wel onderkend dat insecten mogelijk bewuste wezens zijn, gezien de zeer efficiënte functionele manier waarop hun hersenen zijn georganiseerd, hun vermogen tot sociaal en associatief leren en hun diverse manieren van communicatie. Daarom wordt het vanuit het voorzorgsprincipe noodzakelijk geacht dat er richtlijnen of welzijnsstandaarden komen, en er meer onderzoek wordt gedaan naar de cognitieve en emotionele vermogen van insecten (van Huis 2022; van Huis 2019).

Raad voor Dierenaangelegenheden

In 2018 publiceerde de Raad voor Dierenaangelegenheden (RDA) hun zienswijze ‘De ontpopping van de insectensector’. Ook zij stellen dat uit een toenemend aantal publicaties blijkt dat in ieder geval sommige insectensoorten in hun adulte levensfase over geavanceerdere vermogens beschikken, waaronder pijnbeleving, cognitieve capaciteiten, stressresponsen en persoonlijkheidsverschillen. Dit zou deze soorten classificeren als “voelende wezens”, hetgeen volgens de RDA van invloed is op de morele status van deze dieren. Wel stelt zij de vraag of dit geldt voor soorten en larvale stadia waarbij het dier weinig gedragsmogelijkheden heeft om zich aan een pijnprikkel te onttrekken (RDA 2018).

‘Er zijn voldoende argumenten om van de betrokken partijen te vragen om morele waarde aan ongewervelde dieren toe te kennen, en daarnaar te handelen’

Raad voor Dierenaangelegenheden over het welzijn van insecten (RDA 2018)

De RDA adviseert alle betrokken partijen om de intrinsieke waarde van insecten en andere ongewervelde diersoorten expliciet te respecteren en uit te dragen. Totdat het tegendeel bewezen is, stelt de RDA voor om ongewervelde dieren in productiesystemen uit morele overwegingen zo veel mogelijk te behandelen als voelende wezens. In het gehele productieproces dienen maatregelen genomen te worden om het welzijn van de dieren te optimaliseren eventueel lijden zoveel mogelijk te voorkomen, en hier zou door de NVWA op toe moeten worden gezien. Ten slotte adviseert de RDA om onderzoek naar het ervaren van welzijn en lijden bij insecten te stimuleren (RDA 2018).

Met betrekking tot het stimuleren van onderzoek naar insectenwelzijn lijkt er naar de RDA geluisterd te zijn. Volgens de Insect Welfare Research Society (IWRS) zijn er vanaf 2018 bijna 150 wetenschappelijke publicaties over insectenwelzijn gepubliceerd (IWRS 2024b). De IWRS stelt *“Het bewijs geeft aan dat, minimaal, meer onderzoek naar insectenpijn en gevoel dringend nodig is. Bovendien suggereert dit bewijs dat insectenwelzijn enige aandacht verdient: morele voorzichtigheid beveelt aan om hun welzijn te overwegen en onnodige schade te minimaliseren”* (IWRS 2024a).

Overigens maken niet alleen wetenschappers zich zorgen over insectenwelzijn. Uit een peiling van de RDA in 2023 bleek dat de helft van de Nederlanders van mening is dat er meer aandacht moet zijn voor het welzijn van insecten (RDA 2018).

Insectenkwekers

De RDA stelt in hun zienswijze dat veel insectenkwekers het welzijn van hun dieren belangrijk vinden. Dieren gedijen beter naarmate de leefomstandigheden beter zijn aangepast aan de specifieke behoeften van het dier. Daarom doen kwekers veel onderzoek naar optimale omstandigheden als klimaat, licht, voeding, substraat^a en bezettingsdichtheid. Daarnaast stelt de RDA dat het voor het imago van de sector belangrijk is dat er geen negatieve berichten naar buiten komen over gebrek aan welzijn, wat weerstand tegen de consumptie van insecten kan vergroten. Zeker bij de grote kwekerijen kan het welzijn van de dieren daarom economisch van belang zijn (RDA 2018).

De Europese belangenorganisatie IPIFF heeft in 2019 een brochure gepubliceerd waarin staat dat zij hoge standaarden voor dierenwelzijn in de insectenproductie wil garanderen. Tegelijkertijd stelt zij ook dat *“huidig wetenschappelijk onderzoek suggereert dat insecten geen pijn voelen vanwege hun gebrek aan een ontwikkeld zenuwstelsel”* – verwijzend naar oud en achterhaald onderzoek door WUR uit 2013. En *“in tegenstelling tot gewervelde dieren, gedijen sommige insectensoorten wanneer ze in een dichtbevolkte omgeving worden gefokt”*.

Desalniettemin roept IPIFF alle insectenkwekers op om zich vanaf 2020 te committeren aan de Vijf Vrijheden. Per vrijheid geeft zij één of meer algemene uitgangspunten (zie Tabel 1). Verder vraagt IPIFF om bij nieuw beleid en wetgeving uit te gaan van wetenschappelijke onderbouwing per insectensoort en dat er rekening gehouden wordt met de *“technische realiteiten”* binnen de industriële insectenkweek (IPIFF 2019b).

Het Nederlandse Venik – *“dé brancheorganisatie die insectenkwekers bijeen brengt”* – heeft voor het laatst in 2013 een factsheet gepubliceerd over insectenwelzijn. Ook Venik refereert naar de Vijf Vrijheden. Zij wijst vervolgens vooral op de noodzaak voor voldoende en kwalitatief goede voeding, dat insecten geen ongerief ondervinden wanneer zij met velen op een beperkte oppervlakte leven, de temperatuur goed geregeld en geoptimaliseerd moet zijn om ziektes te voorkomen en het zeer onwaarschijnlijk is dat insecten pijn kunnen lijden. Ook het oude adagium van de vee-industrie dat een hoge productie hand in hand gaat met een goede gezondheid en welzijn wordt door Venik van stal gehaald: *“Door de kweek omstandigheden zo gelijk mogelijk te laten zijn aan natuurlijke omstandigheden zal een insectenkweker een optimale productie en kwaliteit verkrijgen, de insecten zullen dan ook vrij van ongerief zijn en vrij zijn om hun natuurlijke gedrag uit te voeren”* (Venik 2013).

Sinds 2013 heeft Venik op haar website niets meer gepubliceerd over het welzijn van insecten en verwijst ze alleen maar naar oude rapporten van de WUR (2012) en EFSA (2005) (Venik 2024b; Google 2024c). Dit terwijl Venik conform het sectorplan 2020 de trekker is van onderzoek naar welzijn van insecten (Venik 2020).

Tenslotte is er nog het Network for insect knowledge (NIK), het kennisnetwerk van de insectensector in Nederland. Het NIK gaat zeer uitgebreid in op alle wetenschap over de verhoging van de productie en consumptie (NIK 2024b, 2024c), maar rept zelf letterlijk slechts één keer over dierenwelzijn – verwijzend naar het Venik sectorplan uit 2020 (NIK 2022).

^a Substraat is het materiaal waarin de insectenlarven leven en zich voeden - het is dus zowel hun leefomgeving als hun voedingsbron. Het kan bestaan uit verschillende soorten organisch materiaal zoals voedselresten, fruit- en groenteresten, granen of mest, waarbij de belangrijkste voorwaarden zijn dat het voldoende voedingswaarde bevat, de juiste vochtigheid heeft, een goede structuur biedt zodat de larven zich kunnen bewegen, en een geschikte zuurgraad heeft.

Kwekers lijken zich dus met name te beroepen op de vijf vrijheden en beweren hieraan te voldoen. De wetenschap heeft ook gekeken naar deze vrijheden voor insecten, maar kijkt daar toch een stuk kritischer naar. Wetenschappers zien veel risico's en onzekerheden en pleiten voor het voorzorgsprincipe en meer onderzoek. De kwekers hebben ondanks deze onzekerheden zich tot nu toe niet laten weerhouden om over te gaan op grootschalige kweek van miljarden insecten (Tabel 1).

Tabel 1. De vijf vrijheden volgens insectenkwekers en volgens wetenschappers (Voulgari-Kokota et al. 2023; van Huis 2019; IPIFF 2019b).

VRIJ VAN HONGER EN DORST	
Insectenkwekers	Wetenschappers
Zorgen voor voldoende voedsel en water tijdens transport en huisvesting. Soms wordt uithongering toegepast om het darmkanaal leeg te maken.	Uithongering kan schadelijk zijn voor het welzijn. Voeding moet voldoen aan de natuurlijke dieetvereisten. De voedingsbehoeften van verschillende levensfasen moeten worden meegenomen om een goede gezondheid te garanderen.
Vrij van ongemak	
Respecteer de fysiologische behoeften van insecten door hen een geschikte omgeving te bieden en optimale transportomstandigheden te waarborgen.	De bezettingsdichtheid is vaak hoger dan in de natuur en de omstandigheden anders, wat ongemak kan veroorzaken. Specifieke omgevingsfactoren zoals temperatuur, vochtigheid, en voldoende ruimte om stress door overbevolking te voorkomen zijn belangrijk. Er is meer onderzoek nodig naar de optimale omstandigheden om het welzijn van insecten te waarborgen.
Vrij van pijn, verwonding of ziekte	
Gebruik veilige materialen, beperk kannibalisme door optimale dichtheid en ruimte te bieden, en gebruik snelle, pijnloze dodelijke methoden.	Gebrek aan kennis over ziektes bij insecten. Pleidooi voor snellere, effectievere dodelijke methoden om lijden te verminderen. Meer monitoring van genetische reacties op infecties en preventieve gezondheidsmaatregelen zoals probiotica is nodig.
Vrij om normaal gedrag te vertonen	
Zorg voor huisvesting en methoden die normaal gedrag mogelijk maken, met optimale temperatuur, licht, vochtigheid en dichtheid volgens de behoeften van elke soort.	Leefomstandigheden komen vaak niet overeen met natuurlijke gedragingen van insecten, zoals vliegen, verstoppen of voortplanten. Er is verder onderzoek nodig naar natuurlijk gedrag, zoals spelen en sociale interactie, om het welzijn van insecten beter te waarborgen.
Vrij van angst en stress	
Op de hoogte blijven van de nieuwste wetenschappelijke inzichten over de mogelijke ervaringen van angst en stress bij insecten.	Moeilijkheid om angst, mentale stress, pijn en lijden bij insecten goed te meten. Pleidooi voor het voorzorgsprincipe. Onderzoek toont aan dat insecten stress kunnen ervaren; systematisch onderzoek naar stressfactoren is nodig.

Het welzijn van zwarte soldatenvliegen

De meest recente wetenschappelijke inventarisatie 'Welfare considerations for farming black soldier flies' geeft een goed overzicht van mogelijke dierenwelzijnsrisico's bij het kweken van zwarte soldatenvliegen (BSF). Zowel de volwassen vliegen als de larven zijn gevoelig voor temperatuur en vochtigheid/vocht, maar ook substraat, licht, voeding, letsel, dichtheid, ruimte om te vliegen, stress door handelingen, genetische selectie en genetische modificatie, milieuverontreinigingen, omgevingscontaminanten en slachtmethoden beïnvloeden het welzijn (Barrett et al. 2023). In de volgende paragrafen wordt ingegaan op de belangrijkste aspecten.

Van nature

Zwarte soldatenvliegen zijn geëvolueerd in de tropische bossen van Brazilië, waar een hoge temperatuur en luchtvochtigheid heerst. Afhankelijk van de beschikbaarheid van voedsel en water kunnen volwassen vliegen tussen de 8 en 73 dagen leven. Volwassen vliegen kunnen zich ook voortplanten wanneer ze geen voedsel tot hun beschikking hebben.

Uiterlijke kenmerken, de structuur van hun hersenen en hun gedrag geven aan dat mannetjes veel zintuigen gebruiken om vrouwtjes te lokaliseren, inclusief zicht, geluid en chemische signalen. Vrouwtjes leggen meestal één keer in hun leven 600-700 eieren, waarvoor ze op zoek gaan naar droge kieren boven een voedselbron. Zwarte soldatenvliegen beschikken over een sterk ontwikkeld immuunsysteem dat hen in staat stelt te leven in een omgeving met veel ziektekiemen (Barrett et al. 2023).

Huidige kweekpraktijken

Helaas is er weinig bekend onder welke exacte omstandigheden zwart soldatenvliegen momenteel gehouden worden (Loiotine et al. 2024; WUR 2023b; Barrett et al. 2023). Ook Protix geeft hier vanwege bedrijfsgeheim vrijwel geen informatie over vrij.^b Volgens onderzoekers worden in de industrie de larven gevoed met plantaardige, zuivel-, en bakkerijbijproducten, restanten van brouwers- of distilleerdersgranen en diervoeders. Al het afval dat aan de larven wordt gegeven, wordt eerst verwerkt om te zorgen dat de substraten geschikt zijn voor de larven.

Er zijn plannen op korte termijn om dit uit te breiden met overschotten van humaan voedsel en dierlijke bijproducten. Voor de lange termijn wordt voorgesteld om de larven te voeren met mest, gemeentelijk afval, en afval van slachthuizen, vlees of vis, hoewel dit mogelijk voedselveiligheidsproblemen met zich mee kan brengen (Barrett et al. 2023). Zo heeft WUR in 2021 een studie uitgevoerd naar het kweken van vliegen met varkensmest als voedingsbron (Groeneveld et al. 2021). Kweken op mest heeft mogelijk grote consequenties, aangezien de sterfte hierdoor enorm kan toenemen tot wel 55-65 procent, soms nog meer (Barrett et al. 2023). Over sterfte wordt in het rapport van WUR niet gerapporteerd.

Larven

Per vierkante meter worden ongeveer 40.000 larven gehouden, verdeeld over meerdere kratten, wat neerkomt op een dichtheid van ongeveer 4 larven/cm². De diepte van het substraat is over het

^b Zie 'Fout! Verwijzingsbron niet gevonden., Productieproces' pagina 13.

algemeen niet meer dan 5 cm, om onverwerkt afval onderaan te vermijden. Voedsel kan in één keer worden gegeven, maar wordt vaker (geautomatiseerd) geleidelijk verstrekt (elke 3-5 dagen) om rot en overvoeding te voorkomen.

Hoge dichtheden van meer dan 4 larven/cm² vormen het grootste welzijnsrisico voor larven. Door hun gezamenlijke metabolische activiteit (warmteproductie) en de microbiële fermentatie in het substraat kunnen temperaturen oplopen tot wel 42 °C. Structurele blootstelling aan deze temperaturen leidt tot hoge sterfte. Hoge dichtheden kunnen ook zorgen voor verminderde groei en overleving, door competitie voor voedsel, ruimte en zuurstof in het substraat. Tevens wordt ziekteoverdracht tussen larven vergemakkelijkt door hoge dichtheid en stress. Gewonde larven zijn extra vatbaar voor infecties en ziekten kunnen zich snel verspreiden in dichte populaties (Barrett et al. 2023).

Larven die in kratten worden gekweekt, worden doorgaans geoogst met behulp van zeven die sortering van de larven op grootte mogelijk maken. Over de sterfte is weinig bekend, maar volgens één studie bij een Indonesische kwekerij komt 70 procent van de eieren uit (30 procent onbevruucht of dood), verpoppen 70 procent van de larven, waarvan 80 procent zal uitkomen als volwassenen (Barrett et al. 2023).

Volwassen BSF

Een klein deel van de larven wordt aangehouden om volwassen te worden en zich voor te planten. De poppen (de fase tussen larve en volwassen vlieg) worden gehouden in donkere kooien, waar ze ook in uit zullen komen. De volwassen vliegen kunnen zich verspreiden naar een open ruimte waar zonlicht of kunstlicht beschikbaar. Dit is belangrijk voor de paring. Om paring en eileg te voorkomen en een bron van 'verse voortplanters' beschikbaar te houden, kunnen volwassen vliegen vervolgens enkele dagen in het donker worden gehouden voordat ze toegang krijgen tot een goed verlichte paringskooi (Barrett et al. 2023).

De volwassen vliegen leven in gaaskooien (typisch tussen 4 en 20 m³), waarschijnlijk op rustigere, afgelegen locaties om onderbrekingen van de paring te vermijden, hetzij binnen in kassen voor natuurlijke verlichting of met LED-verlichting. Soms worden paringskooien voorzien van kunstmatige of echte planten om leggedrag te stimuleren (Barrett et al. 2023).

De dichtheden van volwassen vliegen zijn niet bekend, maar liggen naar schatting op duizenden per kooi. Ze hebben structuren nodig om hun eieren in af te zetten. Kooien worden voorzien van karton/hout of soms plastic eilegvalletjes om eieren in te leggen en worden typisch alleen voorzien van water; vaak in een ondiepe fontein of via een vernevelingssysteem. Voedsel is in de regel dus niet aanwezig (Barrett et al. 2023).

Volwassenen paren ongeveer twee dagen nadat ze uit de pop komen, leggen twee dagen later eieren en leven daarna nog vier tot tien dagen. Vochtig, rottend voedsel, soms bezaaid met larven, kan worden verstrekt om de leg te stimuleren, dit is vergelijkbaar met natuurlijke omstandigheden (Barrett et al. 2023).

Bij volwassen vliegen lijkt onderling kannibalisme niet voor te komen. Wel is er een risico dat larven de pas verpoppte volwassen vliegen aanvallen. Bij volwassen zwarte soldatenvliegen is er vooral concurrentie tussen mannetjes tijdens het paren, wat kan zorgen voor agressief gedrag en hogere sterfte bij hoge dichtheden. Tevens kunnen parasieten zoals mijten de levensduur verkorten en het paringsgedrag kunnen verstoren (Barrett et al. 2023).

Ziektes

Zwarte soldatenvliegen lijken minder vatbaar voor grootschalige ziekte-uitbraken dan andere gekweekte insectensoorten, mede dankzij hun aangepaste immuunsysteem. Tot 2015 rapporteerden twintig internationale BSF-producenten geen enkele grootschalige uitbraak. Echter, anekdotische verslagen van producenten schetsen een beeld dat schimmelinfecties kolonies volledig kunnen vernietigen en virusinfecties kunnen tot 90 procent sterfte bij larven veroorzaken. Er zijn verschillende ziekteverwekkers aangetroffen, waaronder de schimmels *Beauveria bassiana* en diverse *Entomophthora*-soorten. Een ongeïdentificeerde schimmelinfectie veroorzaakte 100 procent sterfte bij poppen, en er is een onbehandelbare soortspecifieke ziekte gedocumenteerd die larven langzaam doodt en metamorfose verhindert. Ook zijn er gevallen van misvormde poppen en volwassen vliegen met vervormde vleugels waargenomen (Barrett et al. 2023).

Met de toenemende schaalvergroting in de kweek van zwarte soldatenvliegen verwachten wetenschappers meer ziekte-uitbraken en nieuwe pathogenen, vooral door hoge bezettingsdichtheden in combinatie met lage genetische variatie. Onderzoekers suggereren dat het relatief lage aantal gerapporteerde schimmelpathogenen bij BSF vergeleken met andere Diptera te wijten is aan beperkt onderzoek, niet aan de afwezigheid ervan, aangezien bijna alle insecten van nature schimmels bij zich dragen (Barrett et al. 2023).

Voedselveiligheid

De voedselveiligheid van BSF-larven gekweekt op verschillende reststromen is over het algemeen acceptabel, zo blijkt uit twee studies. Daarbij zijn de larven verschillende substraten als voedsel gegeven, zoals plantaardige en dierlijk reststromen die 3-6% plastic of karton bevatten (van der Fels-Klerx et al. 2020), en in de andere studie organische reststromen uit huishoudens, de voedingsindustrie, mest en slachterijen (Hoek-van den Hil et al. 2023). In beide studies bleek het zware metaal cadmium sterk te accumuleren in de larven, tot wel 20x de concentratie in het substraat. Hoewel de concentraties meestal onder de EU-limieten bleven, is monitoring van cadmium in substraten daarom belangrijk. Andere zware metalen zoals arseen, kwik en lood vormden geen probleem. Beide studies vonden ook geen overschrijding van wettelijke limieten voor dioxines, PCB's en PAK's (Hoek-van den Hil et al. 2023; van der Fels-Klerx et al. 2020). Bij minerale oliën uit karton, die soms giftig kunnen zijn, werden tot 5x verhoogde concentraties aangetroffen (van der Fels-Klerx et al. 2020). Pesticiden en diergeneesmiddelen in het substraat accumuleerden nauwelijks in de larven. Microbiologische risico's zoals *Salmonella* en *Bacillus cereus* werden ook aangetroffen, maar deze kunnen volgens de onderzoekers worden beheerst door adequate verhitting tijdens verwerking (Hoek-van den Hil et al. 2023). De onderzoekers concludeerden daarom dat de geteste reststromen geschikt zijn als BSF-voer, mits er goede monitoring is op vooral cadmium en pathogenen (Hoek-van den Hil et al. 2023; van der Fels-Klerx et al. 2020).

Optimale omgevingsfactoren voor larven en volwassen BSF

Voor larven ligt de optimale temperatuur voor groei en overleving bij 30°C. Temperaturen boven de 37°C zijn dodelijk, en tussen 35°C en 37°C neemt de sterfte al aanzienlijk toe. De relatieve luchtvochtigheid (RLV) en substraatvochtigheid moeten goed beheerd worden om oververhitting te voorkomen, vooral omdat larven veel metabolische warmte kunnen genereren. Larven kunnen sterven bij hoge temperaturen veroorzaakt door metabole hitte gecombineerd met een te hoge dichtheid. De aanbevolen dichtheid is tussen 1-2 larven/cm² om overbevolking en de bijbehorende problemen als ziekteverspreiding en oververhitting te voorkomen. Verder moet het substraat ook geschikt zijn om

overvoeding en rotting te voorkomen, door een goede balans tussen vochtigheid en voeding (Barrett et al. 2023).

Voor volwassen vliegen ligt de optimale temperatuur tussen 25-30°C. Temperaturen onder 19°C of boven 30°C zorgen voor significante sterfte. De RLV moet hoog zijn; verminderde vochtigheid kan leiden tot uitdroging en stress. De ideale RLV voor het leggen van eieren ligt boven de 60 procent. Een RLV lager dan 30 procent zorgt ervoor dat ze minder eieren leggen en voor een lager uitkomstpercentage van de eieren.

Lichtcondities hebben ook invloed, in ieder geval op het paringsgedrag en levensduur van volwassenen. Zonlicht stimuleert activiteit en paringsgedrag; een minimale lichtintensiteit van 63 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ is vereist, waarbij de meeste paringen plaatsvinden boven 200 $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$.

Slacht

Larven worden over het algemeen geslacht in het laatste stadia voor ze zich verpoppen. Larven kunnen 24-48 uur voor de slacht van voedsel worden onthouden om de darminhoud van de larven te legen. Producenten kunnen ook een wasstap toevoegen die water gebruikt om larven af te spoelen (Barrett et al. 2023).

Huidige methoden voor het slachten van BSF-larven omvatten invriezen (in lucht of vloeibare stikstof), bakken in een convectieoven, roosteren in zand of in de zon, doden in de magnetron, koken/blancheren, verstikking en malen/versnipperen. Larven kunnen ook vóór de slacht worden verkocht en levend worden geconsumeerd door huisdieren of vee zonder verdoving (Barrett et al. 2023). Dit gebeurt bijvoorbeeld met de larven bestemd voor Protix Oereieren (Protix 2024b).

Er zijn heel weinig gegevens beschikbaar over de specifieke methoden die door producenten worden gebruikt, maar invriezen in de lucht, blancheren en malen (voor poederinsecten) zijn waarschijnlijk het meest gebruikelijk (Barrett et al. 2023).

Volwassen vliegen worden in veel kleinere aantallen geslacht, voordat de paringskooien worden schoongemaakt en opnieuw bevoorrad. Dit gebeurt onder andere door ze met CO₂ te vergassen.^c Het is onduidelijk welke slacht- of vernietigingsmethodes er vervolgens worden toegepast (Barrett et al. 2023).

Aanbevelingen voor beter welzijn

Om het welzijn van zwarte soldatenvliegen te verbeteren, hebben onderzoekers specifieke aanbevelingen gedaan (Barrett et al. 2023).

Belangrijkste aanbevelingen

Voor larven is het cruciaal om een vochtigheidsniveau tussen 50-70 procent te handhaven, waarbij het substraat niet dieper dan 5 cm mag zijn om anaerobe omstandigheden te voorkomen. Het minimaliseren van stress door licht en behandelingen kan worden bereikt door larven zichzelf te laten oogsten, doordat ze zelf een helling op kruipen en in een verzamelbak terecht komen. Ook kunnen larven in leeftijdsgelijke batches gekweekt worden (Barrett et al. 2023).

^c Zie 'Volwassen zwarte soldatenvlieg', pagina 29

Larven moeten worden voorzien van geschikte verpoppingssubstraten, zoals houtkrullen, om natuurlijke graafgedragingen mogelijk te maken. Gebrek aan voeding bij larven is een welzijnsprobleem en moet vermeden worden. Dit kan worden aangepakt door ten minste 50 procent voedingsinhoud in substraten te hebben en verschillende soorten voedingsbronnen te gebruiken, eventueel aangevuld met nuttige microben om de spijsvertering te ondersteunen. Directe dodingsmethoden moeten gebruikt worden zoals de dieren vermalen, koken of invriezen in vloeibare stikstof. Voorafgaand aan het doden moet verdoving worden toegepast, mits dit veilig is voor consumenten van de producten (Barrett et al. 2023).

Voor volwassen vliegen wordt geadviseerd om ze te voorzien van voedsel door een voedersysteem dat verdrinking voorkomt, met een voorkeur voor honing boven suikerwater. Om natuurlijk paringsgedrag te stimuleren, moeten volwassen vliegen meer ruimte krijgen dan nu gebruikelijk is en op lagere dichtheden worden gehouden, met een aanbevolen ruimte van minimaal 3 m³ voor 100 of minder volwassenen. Het is belangrijk om de vliegen na ontpopping op een natuurlijke dag-nachtcyclus te houden en onmiddellijke slachtmethoden te gebruiken die een snelle dood waarborgen. Het gebruik van inhalatie-anesthetica, zoals aanbevolen door dierenartsen, wordt aangeraden vóór de slacht (Barrett et al. 2023).

Aanvullende aanbevelingen

Aanvullend raden onderzoekers aan om volwassen vliegen en larven altijd apart te kweken om kannibalisme te voorkomen. Om letsel en sterfte door overbevolking bij larven tegen te gaan, moet worden gezorgd voor voldoende voeding en een dichtheid van hooguit 1-2 larven/cm². Zodoende kan kannibalisme, oververhitting, concurrentie en ziekteoverdracht worden voorkomen (Barrett et al. 2023).

Larven die levend worden verhandeld, worden meestal in suboptimale omstandigheden gehouden om verpopping te voorkomen, zoals geen toegang tot voedsel/water, geen verpoppingssubstraten en koude temperaturen. Dit zorgt mogelijk voor welzijnsproblemen zoals stress.

Daarnaast adviseren kwekers hun klanten om overtollige larven te doden door ze 24 uur in te vriezen, wat geen snelle dodingsmethode is. Producenten zouden voedsel, verpoppingssubstraten en handleidingen voor ideale kweekomstandigheden moeten bieden en het koken in water moeten aanbevelen om larven in kleine hoeveelheden sneller te doden (Barrett et al. 2023).

Opkomende zorgen

Als opkomende zorgen benoemen wetenschappers onder meer de impact van genetische modificaties en selectieve fokprogramma's. Het creëren van vleugelloze volwassenen verhindert bijvoorbeeld soorteigen gedragingen om vluchtgedrag te vertonen. Aanpassingen bij larven zoals het verlengen van de tijd tot ontpopping of vergroten van het lichaam, kunnen ook het welzijn negatief beïnvloeden of normaal gedrag beperken. Tevens kan het voeren van dierlijke uitwerpselen aan larven, die homogeen zijn en weinig voedingsstoffen bevatten, leiden tot slecht welzijn en hogere sterfte (Barrett et al. 2023).

Wereldleider Protix

In 2023 kweekte het Nederlandse bedrijf Protix naar schatting 70 miljard larven (Protix 10/17/2023). Ter vergelijking: in 2020 werden er wereldwijd ongeveer 200-300 miljard zwarte soldatenvliegen gekweekt (Barrett et al. 2023). Daarmee heeft Protix volgens eigen zeggen de grootste insectenkwekerij ter wereld (Protix 6/11/2019).

Larven van de zwarte soldatenvlieg staan bekend om hun uitzonderlijke vermogen om verschillende soorten organisch materiaal te eten. Het vlees van de larven heeft een gunstige nutritionele samenstelling, dankzij hoge gehalte aan eiwitten, vetten en andere essentiële voedingsstoffen. Na verwerking worden ze geschikt geacht als voedingsmiddel voor dieren inclusief mensen. Larven kunnen, als ze gevoed worden met afvalstromen, ook de uitstoot van broeikasgassen en andere schadelijke stoffen verminderen die anders bij de ontbinding van afval vrijkomen (Barrett et al. 2023).

“Ons bedrijf is geboren uit innovatie, met als doel een positieve milieu-impact te realiseren. Wij streven naar een voedselsysteem dat in balans is met de natuur.”

Protix over haar inzet voor een betere wereld (Shrestha 8/30/2023)

Om een goed beeld te krijgen van de manier waarop insecten op industriële schaal gekweekt worden, heeft Wakker Dier literatuuronderzoek gedaan naar het Nederlandse bedrijf Protix. Protix is momenteel wereldleider in de productie van insecteningrediënten op basis van de larven van de zwarte soldatenvlieg. Zij geven aan gekozen te hebben voor het kweken van BSF-larven omdat deze dieren hoge nutriëntenwaarden hebben, veel soorten laagwaardig afval eten, een lage ecologische impact hebben en een betrouwbare opbrengst (Shrestha 8/30/2023; Barrett et al. 2023).

‘Door insecten onderdeel te maken van de voedselketen, versterken we hun essentiële functie in een circulair en duurzaam systeem.’

Protix over de essentiële functie van insecten (Protix 9/20/2024)

Het bedrijf is in 2009 opgericht en sindsdien gegroeid van twee naar ruim 150 medewerkers (Protix 9/20/2024, 2023c). Protix is actief in twaalf landen en heeft in 2019 de eerste én grootste industriële insectenkwekerij ter wereld gebouwd in Bergen op Zoom (Protix 2024c, 10/17/2023). Op deze locatie wordt jaarlijks 14.000 ton aan levende larven geproduceerd, wat naar schatting overeenkomt met 70 miljard larven (Protix 10/17/2023).



Protix, de grootste insectenkweekfabriek van zwarte soldaatlarven ter wereld in Bergen op Zoom (Invest-NL 2022)

De snelle groei van Protix is mogelijk gemaakt door tientallen miljoenen aan leningen en subsidies van onder andere het investeringsfonds Dutch Greentech Fund (met o.a. het Wereld Natuur Fonds) (Protix 2024c), Invest-NL (Invest-NL 2022), de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (Protix 2020c) en de Europese Investeringsbank (Protix 2024a; Dealroom.co 2024). Daarnaast werkt Protix samen met de grootste multinationals in de voedingsindustrie, waaronder Nestlé, Mars, Hendrix Genetix en Tyson Foods (Protix 2024c). De totale investeringen bedragen nu €182 miljoen (Dealroom.co 2024).

Het partnerschap met Tyson Foods is in 2023 bekend gemaakt. Tyson Foods is een van 's werelds grootste voedingsmiddelenbedrijven. Het krijgt hiermee een minderheidsbelang in Protix en zal investeren in Protix's wereldwijde expansie. Daarnaast willen de bedrijven samen een fabriek bouwen in de Verenigde Staten, die (onder andere) Tyson's bijproducten voeren aan insecten (Protix 10/17/2023). Protix stelt dat er geen slachtafval zal worden gebruikt als voer, maar zij wel kijkt naar reststromen uit horeca en het supermarktkanaal (Protix 9/20/2024). Die insecten zullen na de slacht gebruikt worden in voeding voor huisdieren, vissen en vee (Protix 10/17/2023).

Recent maakte Protix bekend dat het bedrijf dankzij een lening van 37 miljoen van de Europese Investeringsbank (EIB) een fabriek gaat bouwen in Polen die drie tot vier keer groter is dan de bestaande fabriek in Bergen op Zoom (Protix 2024a). Dat zou overeenkomen met een productiecapaciteit van 210 tot 280 miljard larven.

Protix verwacht in 2035 een miljard aan omzet te kunnen genereren (Protix 10/17/2023). Het bedrijf publiceert geen omzetcijfers (Google 2024b), maar volgens marktanalysten was in 2023 de omzet €8,3 miljoen (Dealroom.co 2024). Voor 2035 zou dat een groeifactor van 120 betekenen, met een mogelijke productie van 8,4 biljoen (8.400 miljard) larven.

Producten

Momenteel verkoopt Protix insecten in verschillende vormen; ProteinX (gedroogde en gezuiverde eiwitten), PureeX (vers gepureerde insectenvlees) en LipidX (gezuiverde olie), voornamelijk voor huisdieren- en visvoer. Daarnaast verkoopt ze Flytilizer, een bewerking van het substraat wat overblijft na de kweek (frass) en toegepast kan worden als bodemverbeteraar (Protix 2024d).

Tenslotte is OERei een concept van Protix, waar sinds 2016 legkippen worden gehouden om eieren te produceren die “duurzaam én diervriendelijk” zijn (Protix 2020a; EiEiEi 2018; Boerderij 2016). OERei-kippen hebben meer ruimte dan een scharrelkip (6,1 kippen per m², ipv 9) en worden dagelijks gevoed met levende larven ter vervanging van sojaveevoer. Dit zorgt volgens Protix voor minder verenpikken (Protix 2024d). Oerei voldoet aan de eisen van het Planet Proof keurmerk. De eieren worden momenteel onder andere verkocht bij Jumbo, Dekamarkt en Jan Linders (Protix 2024b; Boerderij 2018).

De belangrijkste doelmarkt voor de larven van Protix is vooralsnog de huisdierenvoeding, wat een kleine nichemarkt is vergeleken met de aqua- en veevoerindustrie. De grootschalige productie zal afzet moeten vinden in de kweekvisserij en mogelijk de pluimvee- en varkenssector. Verschillende experts zijn sceptisch en stellen dat het ondanks schaalvergroting niet haalbaar is om met de veel goedkopere plantaardige voedercomponenten als soja te concurreren (Leipertz et al. 2024; WUR 2023b). Het is daarmee onzeker of Protix de veevoedermarkt succesvol kan betreden.

Dierenwelzijn

Protix weigert inzicht te geven in de precieze leefomstandigheden waarin zij haar insecten kweekt: “De precieze procesparameters als tijden en temperaturen van ons proces of de recepten van ons voer zijn vertrouwelijk”. Door geheimhouding en patenten wil ze haar technologische en operationele voorsprong beschermen (Protix 9/20/2024). Wel doet het bedrijf op hun website een aantal uitspraken over het welzijn van hun vliegen (Protix 2024e), waaronder: “Wij zijn ons zeer bewust van onze verantwoordelijkheid en nemen grote zorg om dierenwelzijn in alle gebieden continu te verbeteren. Wij vinden dat alle levende wezens recht hebben op goede voeding en bescherming tegen slechte praktijken.”

Protix heeft ook een ‘Animal Welfare Statement’ gepubliceerd, waar op de website prominent naar verwezen wordt. In dit statement geeft het bedrijf aan dat dierenwelzijn hun prioriteit is en benoemen ze vijf uitgangspunten: behouden van fysieke integriteit en gezondheid, creëren van een optimaal klimaat, voer van hoge kwaliteit, doden in een fractie van een seconde en “een beetje liefde en aandacht” (Protix 2024e, 2023a).

Hun eigen Animal Welfare Statement lijkt af te wijken van de standaard opgesteld door International Platform of Insects for Food and Feed (IPIFF) (IPIFF 2019b). Zo gaat de standaard van IPIFF expliciet uit van de vijf vrijheden, maar zijn deze vrijheden niet terug te vinden in het statement van Protix (Protix 2023a). Desalniettemin stelt Protix dat haar welzijnsrichtlijnen in lijn zijn met IPIFF, maar dat zij voor een informelere formulering hebben gekozen, waarbij normaal gedrag en een geschikte leefomgeving belangrijk zijn (Protix 9/20/2024).

‘Om goed voor onze BSF te zorgen, creëren we in ons proces een optimaal klimaat, zo geven we de BSF de mogelijkheid om hun normale gedrag te uiten.’

Protix over het welzijn van haar insecten(Protix 9/20/2024)

Over het algemeen stelt Protix dat haar beleid erop is gericht om het aantal mogelijk onaangename situaties waaraan ze de insecten blootstellen tot een minimum te beperken en deze processen te

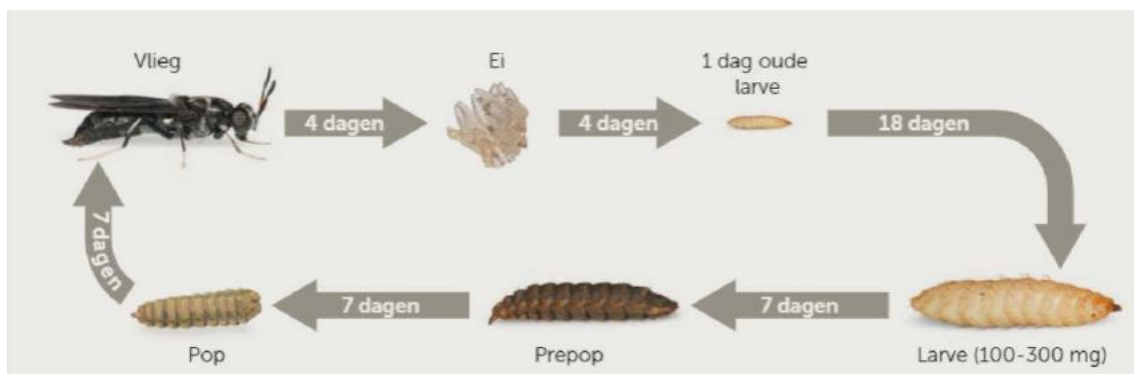
verbeteren om zo eventuele stress die ze veroorzaken te verminderen. Ze stelt te beschikken over een team van ervaren entomologen en experts die diepgaande kennis hebben van de larven en hun natuurlijke gedrag. Zij observeren het gedrag van de insecten, waarbij ze hun bevindingen nauwkeurig analyseren. Deze expertise wordt volgens Protix meegenomen in de ontwikkeling en aanpassing van haar protocollen (Protix 9/20/2024).

Protix geeft aan dat hun welzijnsrichtlijnen gebaseerd zijn op de IPIFF-standaard en de vijf vrijheden, maar met een eigen formulering die is aangepast aan de specifieke eigenschappen van insecten. Het bedrijf stelt over een team van entomologen en experts te beschikken die het gedrag van de insecten observeren en deze inzichten gebruiken voor het ontwikkelen en aanpassen van de protocollen. Echter maakt Protix niet duidelijk hoe de vijf vrijheden en welzijnsrichtlijnen concreet worden vertaald naar de dagelijkse praktijk. Het is daarom de vraag in hoeverre Protix zich aan verschillende welzijnsstandaarden houdt. Dit is extra relevant in het licht van hun samenwerking met de Amerikaanse gigant Tyson Foods, die in Amerika berucht is vanwege dierenwelzijnsschandalen (AO 2024; PETA 2021; CFI 2017).

Productieproces bij Protix

Protix geeft alleen op hoofdlijnen inzicht in haar kweekmethoden. Exacte gegevens over de leefomstandigheden, zoals temperatuur, luchtvochtigheid, voedsel, dichtheid, dodingsmethoden et cetera maakt zij niet openbaar (Shrestha 8/30/2023; Protix 2023b, 2020b). Op basis van navraag en het gebruik van verschillende andere bronnen kan leven van de vliegen en larven als volgt worden samengevat (zie figuur 4) (WUR 2023b; Barrett et al. 2023).

Figuur 4. De levenscyclus van een black soldier fly van ei-afleg tot aan een volgroeide vlieg.



Larven

De levenscyclus begint wanneer de vliegen eitjes leggen. Na drie tot vier dagen komen de larven uit. BSF-larven worden meestal gehouden op een temperatuur van 30°C en gekweekt op vochtige substraten, die voornamelijk bestaat uit aardappel-, groente- en fruitafval, zoals aardappelschillen of appelpulp. Daarnaast wordt er als droogvoer tarwegistconcentraat of tarwezetmeel toegevoegd. De larven kunnen op veel verschillende reststromen leven (WUR 2023b).

Er zijn plannen om de larven te voeren met o.a. mest, gemeentelijk afval of afval van slachthuizen. Een voorbeeld hiervan is de samenwerking van Protix met Tyson Foods, waar mogelijk slachtafval als voeding zal worden gebruikt (Protix 10/17/2023; CNN 2023). Dit kan voedselveiligheidsproblemen met zich mee brengen (Barrett et al. 2023).

De larven worden in kratten gekweekt, de kratten zijn opgestapeld in pakhuisstellingen staan (zie afbeelding) (Protix 2022). Per vierkante meter worden ongeveer 40.000 larven gehouden. Dit komt overeen met een dichtheid van ongeveer 4 larven/cm² (2 tot 4 keer hoger dan door onderzoekers wordt aangeraden (Barrett et al. 2023)). De diepte van het substraat is over het algemeen niet meer dan 5 cm, om onverwerkt afval onderaan te vermijden. Voedsel wordt geleidelijk en automatisch verstrekt (elke 3-5 dagen) om rot en overvoeding te voorkomen (Barrett et al. 2023). De larven groeien ongeveer 18 dagen en in het laatste stadium verkleurt de larve van witgeel naar donkerbruin. Op dit punt worden de larven “geogost” (WUR 2023b).

Normaliter wordt larven 48 uur voor de slacht voedsel onthouden om de darminhoud te legen (Barrett et al. 2023), maar Protix geeft aan dit niet te doen. Het is onduidelijk op welke manier dan voorkomen wordt dat de darminhoud in het eindproduct belandt. Met behulp van een zeef worden de larven op grootte gesorteerd en daarna gewassen (Barrett et al. 2023). Voor de larven werkt Protix met de 'grinder', waarbij de larven worden vermalen en binnen enkele seconden gedood worden. Een klein deel van de larven wordt levend verkocht, omdat ze bestemd zijn voor Protix Oerei-kippen en huisdiervoeding. Deze larven worden uiteindelijk levend geconsumeerd.



De kweek van BSF-larven gebeurt in kratten die hoog opgestapeld in pakhuisstellingen staan.

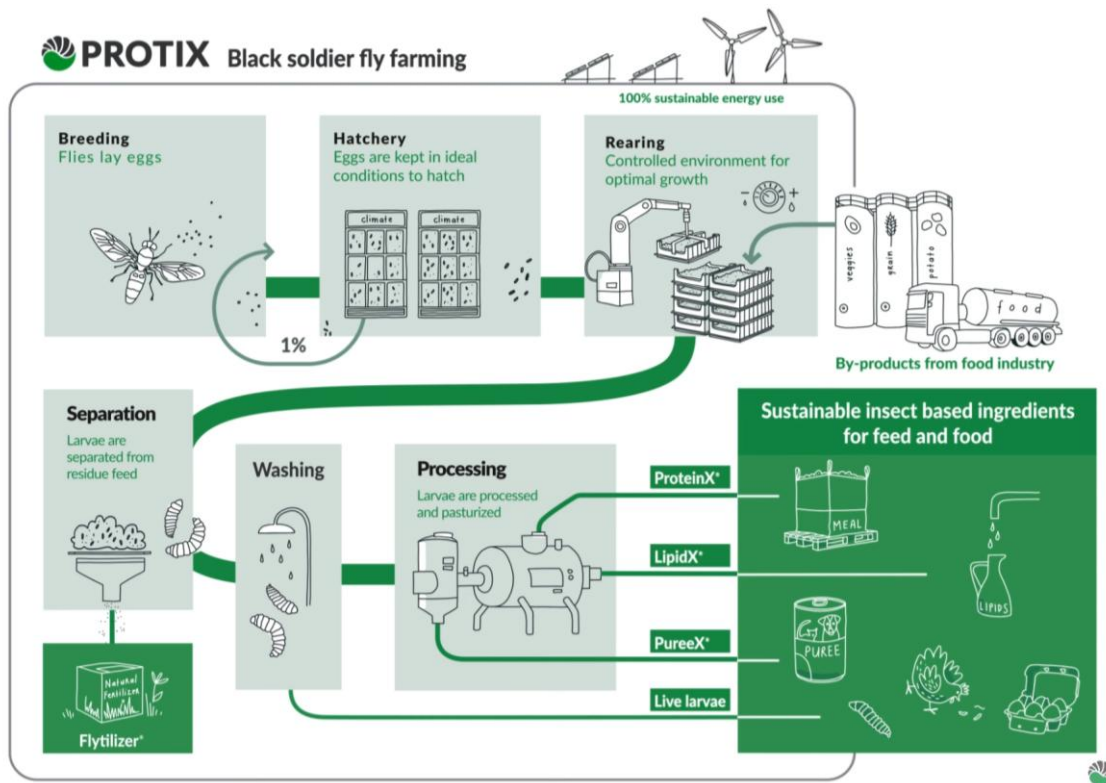
Volwassen zwarte soldatenvlieg

Ongeveer 1-2 procent van de larven wordt gebruikt voor voorplanting, door ze uit te laten groeien tot vliegen. Protix geeft geen inzicht in wat voor ruimte de volwassenvliegen gehouden worden, noch in welke aantallen en welke “natuurlijke” omstandigheden, maar benoemt enkel dat er eilegplekken zijn. De temperatuur wordt gereguleerd (25-30°C), alsook het licht en de luchtvochtigheid (~60%) (Figuur 5).

Via een vernevelingssysteem worden de vliegen voorzien van water, maar ze krijgen geen suikerwater of ander voedsel (Barrett et al. 2023) – hoewel zij onder natuurlijke omstandigheden wel eten. De volwassen vliegen paren twee dagen na het ontpoppen, waarna het nog twee dagen duurt voordat de vrouwtjes ei-pakketten (enkele honderden eieren) afleggen in de eilegplekken. Een vrouwelijke vlieg legt slechts één keer een ei-pakket en een mannelijke vlieg paart ook slechts één keer (WUR 2023b). De vliegen worden daarna gedood door ze met CO₂ te vergassen; een volwassen vlieg wordt zodoende ruim een week oud.

In de Protix fabriek zijn al deze processen zoveel mogelijk geautomatiseerd (Figuur 5) (Shrestha 8/30/2023; Protix 2023b, 2020b).

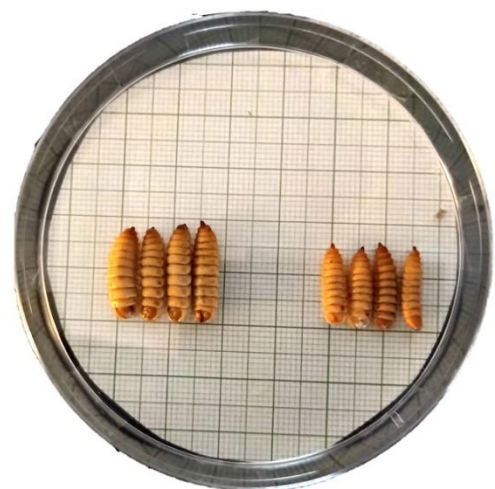
Figuur 5. Het productieproces van BSF-larven in de Protix fabriek in Bergen op Zoom is vergaand geautomatiseerd



Genetische selectie

In 2022 presenteerde Protix de resultaten van een tweejarig fokprogramma dat zij samen met Hendrix Genetics had uitgevoerd. Hiermee is het gelukt om een levenscyclus uit te voeren waarbij gemiddeld 39 procent zwaardere laven werden gekweekt, waardoor er 32 procent meer eiwitten en 21 procent meer vet “geogst” kon worden. De jaarlijkse productie zal hierdoor naar schatting 20 procent verhoogd worden. Het is niet duidelijk of deze genetische selectie gevolgen heeft voor het dier zelf, dit lijkt niet te zijn onderzocht (Google 2024a; Shrestha 8/30/2023; Protix 2/17/2022; Facchini et al. 2022).

Voor deze studie heeft geen ethische toetsing en goedkeuring plaatsgevonden, omdat zwarte soldatenvliegen niet vallen onder de Europese richtlijn voor de bescherming van proefdieren. Het heeft dus niet dezelfde ethische beoordelingsprocessen hoeven ondergaan, omdat ze niet worden beschouwd als dieren die bescherming nodig hebben in de context van wetenschappelijk onderzoek (Facchini et al. 2022). Protix geeft zelf ook aan dat ethische toetsing niet aan de orde is (Protix 9/20/2024).



Figuur 6. Door Protix gefokte BSF-larven zijn 39% zwaarder dan de normale larven.

Gezien de sterk verbeterde productiekenmerken is het waarschijnlijk dat Protix deze geselecteerde BSF momenteel gebruikt. Het is niet bekend wat de gevolgen zijn voor de insecten op gebied van gezondheid of welzijn.

Duurzaamheid

Wageningse onderzoekers geven aan dat de larven van de zwarte soldatenvlieg momenteel leven op en van substraten die ook als voer voor productiedieren kunnen worden gebruikt. Zij stellen dat, om de productie van grote hoeveelheden larven bij te laten dragen aan een circulaire economie, ze gekweekt zouden moeten worden op substraten die weinig of geen alternatieve toepassing hebben voor voeder- en voedselproductie (van der Fels-Klerx et al. 2020).

Protix stelt desalniettemin dat haar producten al heel duurzaam zijn: *“Ons productieproces is een circulair systeem waarin er geen afval wordt gecreëerd”* (Protix 2023a). Op basis van een levenscyclusanalyse (LCA) uitgevoerd door Deutsches Institut für Lebensmitteltechnik (DIL) claimt Protix dat hun vers gepureerde insectenvlees (PureeX) een 24 keer lagere klimaatimpact heeft dan kippenvlees. Hun proteïnemeel zou een bijna zeven keer lagere klimaatimpact hebben dan soja-eiwitconcentraat en gebruikt slechts 190 liter water versus 520 voor het soja-equivalent (Protix 11/15/2022). Een heel belangrijk aspect van de beloofde lagere klimaatimpact is het gebruik van zonnepanelen en duurzame energie (Protix 2020b). Vergeleken met een eerdere LCA-studie van Protix uit 2019 is de impact van PureeX volgens de nieuwe LCA-studie in 2022 2,6 keer lager en van ProteinX zelfs 4,6 keer lager dan drie jaar eerder (Protix 11/15/2022; Smetana et al. 2019).

De uitkomsten van het nieuwe LCA-onderzoek van Protix zijn niet alleen zeer opvallend vergeleken met de eerste LCA-studie, maar ook vergeleken met ander LCA's. Deze LCA's laten een veel hogere klimaatimpact en watergebruik zien voor BSF-eiwitten en een veel lagere impact voor sojameel en vismeel (Beyers et al. 2023; Nugroho et al. 2023).

Als verklaring geeft Protix aan dat haar LCA-studies specifiek geldig voor de producten van Protix en niet voor insecteningrediënten in het algemeen. Ze geven volgens haar *“een betrouwbaarder inzicht in de werkelijke impact en prestaties van onze processen, wat van essentieel belang is voor een realistische evaluatie van onze duurzaamheidsinspanningen”* (Protix 9/20/2024).

Volgens Autoriteit Consument & Markt (ACM), die toeziet op de naleving van duurzaamheidsclaims en hierop handhaaft, zijn bedrijven verplicht om aan te tonen dat hun claims juist zijn (ACM 2023). Ondanks meerdere verzoeken weigert Protix tot op heden om inzicht gegeven in haar nieuwste LCA-onderzoek om deze duurzaamheidsclaims te onderbouwen. Zij maakt alleen aan klanten de studie openbaar onder een non-disclosure agreement. De studie zal volgens Protix gepubliceerd worden in een 'peer-reviewed' wetenschappelijk tijdschrift, wat volgens haar tijd kost. Intussen maakt zij al bijna twee jaar lang reclame over de duurzaamheid van haar producten, zonder dat zij dit conform de eisen van ACM aantoot (Protix 9/20/2024).

Conclusie

Het aantal gekweekte insecten is de afgelopen tien jaar flink gegroeid en zal de aankomende tien jaar naar verwachting vervijftigvoudigen. In dat geval zullen er wereldwijd vele biljoenen insecten gekweekt worden. Vooralsnog is de verwachting dat deze insecten vrijwel geheel bestemd zijn voor de diervoeder- en veevoederindustrie. Nederland speelt hierbij een vooraanstaande rol, zowel vanwege de aanwezigheid van 's werelds grootste kwekerij als het leveren van wetenschappelijke kennis.

Door het ontbreken van wetgeving en wetenschappelijke kennis, zal de opmars van de insectenkweek grote welzijnsgevolgen hebben voor ontelbare hoeveelheden insecten. Recent onderzoek toont aan dat insecten, ondanks hun kleine hersenen, beschikken over verrassend complexe cognitieve capaciteiten. Hun hersenen zijn zeer efficiënt georganiseerd met specifieke gebieden voor waarneming, geheugen, pijnverwerking en besluitvorming. Zo kunnen bijen systematisch door een doolhof navigeren en complexe afwegingen maken tussen verschillende voedselbronnen, waarbij ze zowel directe waarnemingen als eerder opgedane kennis gebruiken.

Met name bij volwassen insecten is er sterk bewijs voor pijnbeleving. Fruitvliegen en kakkerlakken voldoen aan zes van de acht wetenschappelijke criteria voor pijnbeleving - zelfs meer dan kreeften en krabben, die met vijf criteria al wettelijke bescherming genieten in het Verenigd Koninkrijk. Ook bij andere volwassen insectensoorten is substantieel bewijs gevonden voor pijnbeleving en bewuste ervaringen.

Bij larven, die het overgrote deel van de gekweekte insecten vormen, is het bewijs voor pijnbeleving vooralsnog minder geleverd. Fruitvlieg- en vlinderlarven in hun laatste stadium voldoen aan drie tot vier criteria voor pijnbeleving, terwijl bij kever- en bijenlarven alleen bewezen is dat zij aan één criterium voldoen. Naar de meeste andere criteria is nog geen onderzoek gedaan. Naar de pijnbeleving van meelwormen en larven van de zwarte soldatenvlieg is tot op heden vrijwel geen onderzoek gedaan. Wetenschappers benadrukken echter dat het ontbreken van bewijs niet betekent dat deze dieren geen pijn kunnen ervaren - er is simpelweg te weinig onderzoek naar gedaan.

Gezien deze onzekerheid en de enorme aantallen insecten die gekweekt worden, pleiten steeds meer wetenschappers voor het hanteren van het voorzorgsprincipe. Dit betekent dat de bewijslast bij de industrie komt te liggen: zij moeten aantonen dat hun praktijken het welzijn van insecten niet schaden. Tot die tijd zou er volgens wetenschappers zeer zorgvuldig met deze dieren moeten worden omgegaan.

Het Nederlandse bedrijf Protix is wereldmarktleider op het gebied van het kweken van zwarte soldatenvliegen en stelt dat het welzijn van deze dieren hun prioriteit is. De transparantie van Protix in hun kweekpraktijken laat zeer te wensen over, waardoor het niet mogelijk is het dierenwelzijn in de Protixfabriek te beoordelen. Zo ontbreekt gedetailleerde openbare informatie over de specifieke omstandigheden waaronder de dieren worden gekweekt, waaronder ruimte, dichtheid, temperatuur, luchtvochtigheid, voedingsregimes, voedingsbronnen, substraatkeuze, dodingsmethoden en mortaliteit.

Wel zijn er sterke aanwijzingen dat het welzijn van de insecten in het gedrang komt. Hoewel Protix beweert de vijf vrijheden voor dierenwelzijn te hanteren, lijkt de praktijk anders uit te wijzen. Zo blijkt uit de spaarzame informatie wel bekend is dat de larven worden gekweekt in dichtheden die twee tot vier keer hoger liggen dan wat wetenschappers aanbevelen, wat kan leiden tot oververhitting, stress, verhoogde ziekteoverdracht en sterfte. Dit staat haaks op de vrijheid van ongemak en de vrijheid van

pijn en ziekte. De volwassen vliegen krijgen geen voedsel, terwijl ze dit in de natuur wel tot zich nemen, wat indruist tegen de vrijheid van honger en dorst. Larven die bestemd zijn voor Oerei worden langdurig in koeling bewaard, wat hun natuurlijke ontwikkeling verstoort, de vrijheid om natuurlijk gedrag te vertonen beperkt en mogelijk zorgt voor stress. Ook roept het fokprogramma waarbij Protix larven 39 procent zwaarder heeft gemaakt ernstige vragen op over de impact op het welzijn van de dieren. Deze genetische selectie is nooit ethisch getoetst omdat insecten wettelijk niet beschermd zijn.

Wakker Dier maakt zich ernstig zorgen over deze ontwikkelingen. Het gebrek aan wettelijke bescherming, in combinatie met de razendsnelle groei van de industrie en het toenemende wetenschappelijke bewijs voor pijnbeleving bij insecten, vraagt om directe actie. Wakker Dier roept de overheid op om het voorzorgsprincipe toe te passen en insecten dezelfde wettelijke bescherming te bieden als andere productiedieren. Daarnaast dient de insectensector per direct concrete maatregelen te nemen op basis van de volgende drie pijlers:

- Gebruik alleen insectenrassen waarvoor met onafhankelijk wetenschappelijk onderzoek is aangetoond hoe deze – in elke fase van hun levenscyclus – op een diervriendelijke manier gehouden kunnen worden.
- De implementatie van wetenschappelijk onderbouwde normen voor goede leefomstandigheden met betrekking tot water en voeding, omgeving, gezondheid en natuurlijk gedrag, met regelmatige evaluatie en verbetering.
- De toepassing van snelle en pijnloze slachtmethoden, met tweejaarlijkse herziening op basis van de laatste wetenschappelijke inzichten.

Daarnaast dienen de bedrijven toegankelijke informatie te geven over hun kweekpraktijken, zoals slachtmethoden, dichtheden en toegang tot water en voedsel. Aanvullend zouden ze – net als alle andere veehouderijen – ieder jaar moeten rapporteren op ziekte-uitbraken. Tot die tijd zou de grootschalige productie van insecten niet verder uitgebreid moeten worden.

Bronnen

ACM (2023): Leidraad Duurzaamheidsclaims. Autoriteit Consument & Markt. Online beschikbaar via <https://www.acm.nl/nl/publicaties/leidraad-duurzaamheidsclaims-0>, bezocht op 12/11/2024.

AO (2024): Tyson Exposed: A Tradition of Torture. Animal Outlook. Online beschikbaar via <https://animaloutlook.org/tyson-exposed-a-tradition-of-torture/>.

Barrett, M.; Chia, S. Y.; Fischer, B.; Tomberlin, J. K. (2023): Welfare considerations for farming black soldier flies, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae): a model for the insects as food and feed industry. In *Journal of Insects as Food and Feed* 9 (2), pp. 119–148. Online beschikbaar via <https://research.wur.nl/en/publications/welfare-considerations-for-farming-black-soldier-flies-hermetia-i>.

Beyers, M.; Coudron, C.; Ravi, R.; Meers, E.; Bruun, S. (2023): Black soldier fly larvae as an alternative feed source and agro-waste disposal route – A life cycle perspective. In *Resources, Conservation and Recycling* 192, pp. 106917. Online beschikbaar via <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S092134492300054X>.

Birch, Jonathan (2024): *The Edge of Sentience*: Oxford University PressOxford. Online beschikbaar via https://academic.oup.com/book/57949/book-pdf/60013334/9780192697684_web.pdf.

Boerderij (2016): De officiële introductie van het Oerei. Online beschikbaar via <https://www.boerderij.nl/de-officiele-introductie-van-het-oerei>.

Boerderij (2018): Verkoop Oerei breidt uit. Online beschikbaar via <https://www.boerderij.nl/verkoop-oerei-breidt-uit>.

Bracke, Marc; Greef, Karel de; van der Peet-Schwering, Carola; Gerritzen, Marien; Vermeer, Herman (2024): Bouwstenen voor een risicobeoordeling dierenwelzijn in de varkensketen : Deskstudie en expertopinie. Online beschikbaar via <https://research.wur.nl/en/publications/bouwstenen-voor-een-risicobeoordeling-dierenwelzijn-in-de-varkens>.

CBS (2023): Vleesproductie; aantal slachtingen en geslacht gewicht per diersoort. Centraal Bureau voor de Statistiek. Online beschikbaar via <https://opendata.cbs.nl/#/CBS/nl/dataset/7123slac/table?dl=A6701>.

CFI (2017): Tyson Foods. Cruelty Free Investing. Online beschikbaar via <https://crueltyfreeinvesting.org/tyson-foods/>.

CNN (2023): Tyson Foods, one of the biggest meat producers, is investing in insect protein. Online beschikbaar via <https://edition.cnn.com/2023/10/20/business/tyson-insect-ingredients/index.html>.

Dealroom.co (2024): Protix company information, funding & investors | Dealroom.co. Online beschikbaar via <https://app.dealroom.co/companies/protix>, geupdate op 12/11/2024, bezocht op 12/11/2024.

DIE (2024a): Insectenkwekers. Duurzaam Insecten Eten. Online beschikbaar via <https://duurzaaminsecteneten.nl/interessant/insectenkwekers/>, geupdate op 2/10/2024, bezocht op 12/10/2024.

DIE (2024b): Restaurants. Duurzaam Insecten Eten. Online beschikbaar via <https://duurzaaminsecteneten.nl/interessant/Restaurants/>, geupdate op 2/10/2024, bezocht op 12/10/2024.

EC (2020): Welzijn van dieren. Europese Commissie. Online beschikbaar via <https://eur-lex.europa.eu/NL/legal-content/glossary/animal-welfare.html>, geupdate op 12/10/2024, bezocht op 12/10/2024.

EC (2024): Summary of the applications submitted within the meaning of Article 10(1) of Regulation (EU) 2015/2283. European Commission. Online beschikbaar via https://food.ec.europa.eu/food-safety/novel-food/authorisations/summary-applications-and-notifications_en, geupdate op 12/11/2024, bezocht op 12/11/2024.

EfA (2023): Scientific declaration on insect sentience and welfare. Eurogroup for Animals. Online beschikbaar via https://www.eurogroupforanimals.org/files/eurogroupforanimals/2023-11/20112023_scientific%20declaration%20on%20insect%20sentience%20and%20welfare_scientific%20statement_efa_en_0.pdf.

EFSA (2015): Risk profile related to production and consumption of insects as food and feed. In *EFSA Journal* 13 (10), pp. 4257. Online beschikbaar via <https://www.efsa.europa.eu/en/efsajournal/pub/4257>.

EFSA (2024): Request for a scientific opinion on *Hermetia illucens* meal as a novel food (NF 2018/0765). European Food Safety Authority. Online beschikbaar via <https://open.efsa.europa.eu/question/EFSA-Q-2019-00046>, geupdate op 12/5/2024, bezocht op 12/11/2024.

EG (1998): Richtlijn 98/58/EG van de Raad van 20 juli 1998 inzake de bescherming van voor landbouwdoeleinden gehouden dieren. Europese Gemeenschap. Online beschikbaar via http://europa.eu/legislation_summaries/food_safety/animal_welfare/112100_nl.htm, geupdate op 1998, bezocht op 11/25/2011.

EG (2002): Verordening (EG) nr. 178/2002 van het Europees Parlement en de Raad van 28 januari 2002 tot vaststelling van de algemene beginselen en voorschriften van de levensmiddelenwetgeving, tot oprichting van een Europese Autoriteit voor voedselveiligheid en tot vaststelling van procedures voor voedselveiligheidsaangelegenheden. Europese Gemeenschap. Online beschikbaar via <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/?qid=1414155346688&uri=CELEX:32002R0178>, bezocht op 10/24/2014.

EiEiEi (2018): Albert Heijn gaat eieren van het concept Oerei verkopen. Online beschikbaar via <https://www.eieiei.nl/albert-heijn-gaat-eieren-van-het-concept-oerei-verkopen/>, geupdate op 3/26/2018, bezocht op 12/11/2024.

EP (2020): Dierenwelzijn en -bescherming: uitleg over EU-wetgeving (video's). Europees Parlement. Online beschikbaar via <https://www.europarl.europa.eu/topics/nl/article/20200624STO81911/dierenwelzijn-en->

bescherming-uitleg-over-eu-wetgeving-video-s, geupdate op 12/10/2024, bezocht op 12/10/2024.

Ermelo van Nu (2023): Insectenkwekerij verlaat Ermelo, medewerkers staan op straat - Ermelo van NU! | Het nieuws dat je pakt! Online beschikbaar via <https://ermelovannu.nl/actueel/11936-insectenkwekerij-verlaat-ermelo-medewerkers-staan-op-straat>, geupdate op 12/10/2024, bezocht op 12/10/2024.

EU (2015): Verordening (EU) 2015/2283 van het Europees Parlement en de Raad van 25 november 2015 betreffende nieuwe voedingsmiddelen, tot wijziging van Verordening (EU) nr. 1169/2011 van het Europees Parlement en de Raad en tot intrekking van Verordening (EG) nr. 258/97 van het Europees Parlement en de Raad en Verordening (EG) nr. 1852/2001 van de Commissie. Europese Unie. Online beschikbaar via https://eur-lex.europa.eu/legal-content/NL/TXT/?uri=OJ%3AJOL_2015_327_R_0001, bezocht op 10/24/2014.

Facchini, Elena; Shrestha, Kriti; van den Boer, Estelle; Junes, Petra; Sader, Gaya; Peeters, Katrijn; Schmitt, Eric (2022): Long-Term Artificial Selection for Increased Larval Body Weight of *Hermetia illucens* in Industrial Settings. In *Front. Genet.* 13, pp. 865490. Online beschikbaar via <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9240604/>.

FAWC (1979): Five Freedoms. Farm Animal Welfare Council, bezocht op 12/10/2024.

Fishcount.org (2019a): Numbers of farmed fish slaughtered each year. Online beschikbaar via <https://fishcount.org.uk/fish-count-estimates-2/numbers-of-farmed-fish-slaughtered-each-year>, geupdate op 12/10/2024, bezocht op 12/10/2024.

Fishcount.org (2019b): Numbers of fish caught from the wild each year. Online beschikbaar via <https://fishcount.org.uk/fish-count-estimates-2/numbers-of-fish-caught-from-the-wild-each-year>, geupdate op 12/10/2024, bezocht op 12/10/2024.

Gibbons, Matilda; Crump, Andrew; Barrett, Meghan; Sarlak, Sajedah; Birch, Jonathan; Chittka, Lars (2022): Chapter Three - Can insects feel pain? A review of the neural and behavioural evidence. In Russell Jurenka (Ed.): *Advances in Insect Physiology*, vol. 63: Academic Press, pp. 155–229. Online beschikbaar via <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0065280622000170>.

Google (2024a): BSF protix hendrix "mortality". Online beschikbaar via <https://www.google.nl/search?q=BSF+protix+hendrix+%22mortality%22>.

Google (2024b): site:protix.eu revenue - Google Zoeken. Online beschikbaar via https://www.google.com/search?q=site%3Aprotix.eu+revenue&sca_esv=884448dcb0ad80d4&sxsrf=ACQVn0-FQNe1V3stFkgxvqfBJ14r9faCpQ%3A1707478188288&ei=rAzGZZSfEc66i-gProewuA8&ved=0ahUKEwiUpf_2k56EaxVO3QIHha4DDPcQ4dUDCBA&uact=5&oq=site%3Aprotix.eu+revenue&gs_lp=Egxnd3Mtd2l6LXNlcniAIFnNpdGU6cHJvdGl4LmV1IHJldmVudWVl_zNQ3jBY3jBwAngAkAEAmAEkoAEkqgEBMbgBA8gBAPgBAvgBAeIDBBgBIEGIBgE&sclient=gws-wiz-serp, geupdate op 12/11/2024, bezocht op 12/11/2024.

Google (2024c): site:www.venik.nl welzijn - Google Zoeken. Online beschikbaar via <https://www.google.com/search?q=site:www.venik.nl+welzijn>, geupdate op 12/11/2024, bezocht op 12/11/2024.

Greef, Karel de (2021): Update ongerief-analyses 2018-2020: vleeskuikens, vleeskalveren, varkens en melkvee. LR - Animal Breeding & Genomics. Wageningen. Online beschikbaar via <https://edepot.wur.nl/542468>.

Groeneveld, Ilse; Elissen, Hellen; van Rozen, Klaas; van der Weide, Rommie (2021): The profitability potential of black soldier fly (BSF) larvae raised on pig manure at farm level. Online beschikbaar via <https://research.wur.nl/en/publications/the-profitability-potential-of-black-soldier-fly-bsf-larvae-raise>.

Hannah Ritchie; Max Roser (2024): How many animals are factory-farmed? In *Our World in Data*. Online beschikbaar via <https://ourworldindata.org/how-many-animals-are-factory-farmed>.

Hoek-van den Hil, E. F.; Meijer, N. P.; Van Rozen, K.; Elissen, H.; van Wikselaar, P. G.; Brust, H. et al. (2023): Safety of black soldier fly (*Hermetia illucens*) larvae reared on waste streams of animal and vegetal origin and manure. In *Journal of Insects as Food and Feed* 10 (5), pp. 771–783. Online beschikbaar via <https://research.wur.nl/en/publications/safety-of-black-soldier-fly-hermetia-illucens-larvae-reared-on-wa>.

Houkema, René (2024): Replacing Fishmeal with BSFL - Guesstimate. Online beschikbaar via <https://www.getguesstimate.com/models/24982>, geupdate op 12/5/2024, bezocht op 12/10/2024.

Invest-NL (2022): Protix B.V. Online beschikbaar via <https://www.invest-nl.nl/portefeuille/story-protix?lang=nl>, geupdate op 12/11/2024, bezocht op 12/11/2024.

IPIFF (2019a): Edible Insects & Human Nutrition. International Platform of Insects for Food and Feed. Online beschikbaar via <https://ipiff.org/wp-content/uploads/2019/07/IPIFF-EdibleInsects-HumanNutrition.pdf>.

IPIFF (2019b): Ensuring high standards of animal welfare in insect production. International Platform of Insects for Food and Feed. Online beschikbaar via <https://ipiff.org/wp-content/uploads/2019/02/Animal-Welfare-in-Insect-Production.pdf>, bezocht op 12/10/2024.

IPIFF (2020): Factsheet - Edible insects on the European market. International Platform of Insects for Food and Feed. Online beschikbaar via <https://ipiff.org/wp-content/uploads/2020/06/10-06-2020-IPIFF-edible-insects-market-factsheet.pdf>.

IPIFF (2021): Factsheet - Insect frass. International Platform of Insects for Food and Feed. Online beschikbaar via <https://ipiff.us12.list-manage.com/track/click?u=4643833662c5f19bed54ef250&id=6ab0f758ff&e=cea272a1ed>.

IPIFF (2023): Overview of the European insect feed market. International Platform of Insects for Food and Feed. Online beschikbaar via https://ipiff.org/wp-content/uploads/2023/11/ipiff_market_factsheet_2023-1-1.pdf.

IPIFF (2024a): Insects As Feed EU Legislation – Aquaculture, Poultry & Pig Species. International Platform of Insects for Food and Feed. Online beschikbaar via <https://ipiff.org/insects-eu-legislation-general/>, geupdate op 3/22/2024, bezocht op 12/10/2024.

IPIFF (2024b): IPIFF Members. International Platform of Insects for Food and Feed. Online beschikbaar via <https://ipiff.org/ipiff-members/>, geupdate op 11/19/2024, bezocht op 12/10/2024.

IWRS (2024a): Insect Welfare. Insect Welfare Research Society. Online beschikbaar via <https://www.insectwelfare.com/insect-welfare>, geupdate op 12/11/2024, bezocht op 12/11/2024.

IWRS (2024b): Research Library. Insect Welfare Research Society. Online beschikbaar via <https://www.insectwelfare.com/research-library>, geupdate op 12/11/2024, bezocht op 12/11/2024.

Jang, Wijeong; Oh, Myungsok; Cho, Eun-Hee; Baek, Minwoo; Kim, Changsoo (2023): *Drosophila* pain sensitization and modulation unveiled by a novel pain model and analgesic drugs. In *PLoS ONE* 18 (2), e0281874. Online beschikbaar via <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9934396/>.

JiMini's (2014): Eetbare insecten bij de Jumbo, Albert Heijn, Delhaize en Sligro. Online beschikbaar via <https://www.jiminis.com/nl/blog/eetbare-insecten-bij-de-jumbo-albert-heijn-delhaize-en-sligro/>.

Leipertz, M.; Hogeveen, H.; Saatkamp, H. W. (2024): Economic supply chain modelling of industrial insect production in the Netherlands. In *Journal of Insects as Food and Feed* 10 (8), pp. 1361–1385. Online beschikbaar via https://brill.com/view/journals/jiff/10/8/article-p1361_5.xml.

Loiotine, Zaira; Gasco, Laura; Biasato, Ilaria; Resconi, Andrea; Bellezza Oddon, Sara (2024): Effect of larval handling on black soldier fly life history traits and bioconversion efficiency. In *Frontiers in veterinary science* 11, pp. 1330342. Online beschikbaar via <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fvets.2024.1330342/full>.

NIK (2022): Visie op de Nederlandse insectensector. Network for Insect Knowledge. Online beschikbaar via <https://nfik.nl/visie-op-de-nederlandse-insectensector/>, geupdate op 11/28/2022, bezocht op 12/11/2024.

NIK (2024a): Ondernemers. Network for Insect Knowledge. Online beschikbaar via <https://nfik.nl/ondernemers-network-for-insect-knowledge/>, geupdate op 7/15/2024, bezocht op 12/10/2024.

NIK (2024b): Onderzoek. Network for Insect Knowledge. Online beschikbaar via <https://nfik.nl/onderzoek-network-for-insect-knowledge/>, geupdate op 1/18/2024, bezocht op 12/11/2024.

NIK (2024c): Onderzoeksoverzicht insecten 2023. Network for Insect Knowledge. Online beschikbaar via <https://nfik.nl/wp-content/uploads/2024/01/nik-onderzoeksoverzicht-1.pdf>.

Niyonsaba, H. H.; Höhler, J.; van der Fels-Klerx, H. J.; Slijper, T.; Alleweldt, F.; Kara, S. et al. (2023): Barriers, risks and risk management strategies in European insect supply chains. In *JIFF* 9 (6), pp. 691–705. Online beschikbaar via <https://www.wageningenacademic.com/doi/pdf/10.3920/JIFF2022.0100>.

Nugroho, Rudy Agung; Rofiq, Muhammad Nasir; Santoso, Arif Dwi; Yanuar, Ahmad Ismed; Hanifa, Rahmania; Nadirah, Nadirah (2023): Bioconversion of biowaste by black soldier fly larvae (*Hermetia illucens* L.) for dried larvae production: A life cycle assessment and environmental impact analysis. In *F1000Research* 12, pp. 814. Online beschikbaar via <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10477724/>.

NVWA (2015): Risicobeoordeling roodvleesketen. Rund, varken, paard, schaap en geit. [Utrecht]: Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit.

NVWA (2017): Advies over de risico's van de zuivelketen. Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit. Online beschikbaar via <https://www.nvwa.nl/documenten/consument/eten-drinken-roken/overige-voedselveiligheid/risicobeoordelingen/risicobeoordeling-zuivelketen-nvwa-buro>.

NVWA (2018): Advies over de risico's van de pluimveevleesketen. Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit. Online beschikbaar via <https://www.nvwa.nl/documenten/consument/eten-drinken-roken/pluimvee/risicobeoordelingen/risicobeoordeling-pluimveevleesketen>.

NVWA (2024a): Advies van BuRO over de risicobeoordeling roodvlees- en grofwildketen. Nederlandse Voedsel- en Warenautoriteit. Online beschikbaar via <https://www.nvwa.nl/documenten/dier/dierenwelzijn/welzijn/risicobeoordelingen/advies-van-buro-over-de-risicobeoordeling-roodvlees-en-grofwildketen>.

NVWA (2024b): Eetbare insecten kweken en verkopen voor menselijke consumptie. Online beschikbaar via <https://www.nvwa.nl/onderwerpen/eetbare-insecten-kweken-of-verkopen/eetbare-insecten-kweken-en-verkopen-voor-menselijke-consumptie#anker-3-toegelaten-insecten>, geupdate op 12/11/2024, bezocht op 12/11/2024.

Overheid.nl (2024): Zoekresultaat insectenwelzijn - Officiële bekendmakingen. Online beschikbaar via [https://zoek.officielebekendmakingen.nl/resultaten?q=\(c.product-area==%22officielepublicaties%22\)and\(cql.textAndIndexes=%22insectenwelzijn%22\)&pg=10&svel=Publicatiedatum&svol=AflopPEND&zv=insectenwelzijn&col=](https://zoek.officielebekendmakingen.nl/resultaten?q=(c.product-area==%22officielepublicaties%22)and(cql.textAndIndexes=%22insectenwelzijn%22)&pg=10&svel=Publicatiedatum&svol=AflopPEND&zv=insectenwelzijn&col=), geupdate op 12/10/2024, bezocht op 12/10/2024.

PETA (2021): Feds Cite Tyson Foods and George's Inc. 12 Times in Four Months. Online beschikbaar via <https://www.peta.org/media/news-releases/feds-cite-tyson-foods-and-georges-inc-12-times-in-four-months/>.

Protix (6/11/2019): Koning Willem-Alexander opent de grootste en meest geavanceerde insectenkwekerij ter wereld van Protix. Online beschikbaar via <https://protix.com/wp-content/uploads/Persbericht-Grand-Opening-NL.pdf>.

Protix (2020a): Oerei deelt uit! Online beschikbaar via <https://oerei.nl/algemeen/oerei-deelt-uit/>, geupdate op 12/11/2024, bezocht op 12/11/2024.

Protix (2020b): Protix Webinar Insect-based Nutrition a new category. Online beschikbaar via <https://youtu.be/qR2NBplQ7fc?si=Uvh0ZTHKko6bM2nI&t=207>.

Protix (2020c): Protix, van start up tot volwassen bedrijf. Online beschikbaar via https://www.youtube.com/watch?v=GJW9Bk1Wa1I&ab_channel=Protix, geupdate op 12/11/2024, bezocht op 12/11/2024.

Protix (2022): HOW we do it. Online beschikbaar via https://www.youtube.com/watch?v=TvS-3QZ17ys&ab_channel=Protix.

Protix (2/17/2022): Protix first insect genetic selection program yields incredible results. Online beschikbaar via <https://web.archive.org/web/20240616010842/https://protix.eu/wp-content/uploads/Protix-insect-genetics-press-release.pdf>.

Protix (11/15/2022): Nieuw onderzoek toont aan; insecteningrediënten zijn duurzamer. Online beschikbaar via <https://protix.eu/wp-content/uploads/LevensCycclusAnalyseProtixProducten.docx>.

Protix (2023a): Animal Welfare Statement. Online beschikbaar via <https://protix.eu/wp-content/uploads/Protix-Animal-Welfare-Statement.pdf>.

Protix (2023b): Insect farming - How does it actually work? YouTube. Online beschikbaar via https://www.youtube.com/watch?v=AkJnb2qjj7w&ab_channel=Protix.

Protix (2023c): Inspired by nature, towards a bright sustainable future. YouTube. Online beschikbaar via https://www.youtube.com/watch?v=aP7GikjC4f4&ab_channel=Protix, geupdate op 12/11/2024, bezocht op 12/11/2024.

Protix (10/17/2023): Tyson Foods kondigt partnerschap aan met Protix voor duurzamere eiwitproductie. Online beschikbaar via <https://protix.eu/wp-content/uploads/TysonFoodsEnProtixPartnerschapNL.pdf>.

Protix (2024a). Online beschikbaar via https://protix.com/wp-content/uploads/EIB_steunt_Protix.pdf.

Protix (2024b): Oerei. Online beschikbaar via <https://oerei.nl/>, geupdate op 12/11/2024, bezocht op 12/11/2024.

Protix (2024c): Our history. Online beschikbaar via <https://web.archive.org/web/20240725191835/https://protix.eu/about-us/protix-history/>.

Protix (2024d): Our products. Online beschikbaar via <https://protix.com/products>, geupdate op 12/11/2024, bezocht op 12/11/2024.

Protix (2024e): The protein challenge. Online beschikbaar via <https://web.archive.org/web/20241125201417/https://protix.eu/for-our-planet/>.

Protix (2024): Reactie op onderzoek Wakker Dier naar Protix to Wakker Dier, 9/20/2024.

Rabobank (2021): No Longer Crawling - Insect Protein to Come of Age in the 2020s. Online beschikbaar via https://insectfeed.nl/wp-content/uploads/2021/03/Rabobank_No-Longer-Crawling-Insect-Protein-to-Come-of-Age-in-the-2020s_Feb2021-1.pdf.

RDA (2018): De ontpopping van de insectensector. Raad voor Dierenaangelegenheden. Online beschikbaar via <https://www.rda.nl/publicaties/zienswijzen/2018/06/04/rda-zienswijze-de-ontpopping-van-de-insectensector-%E2%80%93-ongewervelden-als-productiedier>.

Rowe, Abraham (2020a): Insects farmed for food and feed — global scale, practices, and policy.

Rowe, Abraham (2020b): Replacing Fishmeal with BSFL - Guesstimate. Online beschikbaar via <https://www.getguesstimate.com/models/16219>, geupdate op 12/5/2024, bezocht op 12/10/2024.

Shrestha, Kriti (2023): Selection for larval weight in the Black Soldier Fly – empirical evidence. Protix, 8/30/2023. Online beschikbaar via https://protix.eu/wp-content/uploads/EAAP2023_KShrestha_Final.pdf.

Sligro (2024): Search | Sligro.nl. Online beschikbaar via <https://www.sligro.nl/search.html?query=insect>, geupdate op 12/10/2024, bezocht op 12/10/2024.

Smetana, Sergiy; Schmitt, Eric; Mathys, Alexander (2019): Sustainable use of *Hermetia illucens* insect biomass for feed and food: Attributional and consequential life cycle assessment. In *Resources, Conservation and Recycling* 144, pp. 285–296. Online beschikbaar via <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921344919300515>.

Stork, Nigel E. (2018): How Many Species of Insects and Other Terrestrial Arthropods Are There on Earth? In *Annual review of entomology* 63, pp. 31–45. Online beschikbaar via <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/28938083/>.

TK (2024): Kamerstuk 2024-2025, 36 600 XIV, nr. 10. Tweede Kamer. Online beschikbaar via <https://zoek.officielebekendmakingen.nl/kst-36600-XIV-10.pdf>, geupdate op 12/10/2024, bezocht op 12/10/2024.

UK (2022): Animal Welfare (Sentience) Act 2022. United Kingdom. Online beschikbaar via <https://www.legislation.gov.uk/ukpga/2022/22/enacted>, geupdate op 11/28/2024, bezocht op 12/11/2024.

van der Fels-Klerx, H. J.; Meijer, N.; Nijkamp, M. M.; Schmitt, E.; van Loon, J.J.A. (2020): Chemical food safety of using former foodstuffs for rearing black soldier fly larvae (*Hermetia illucens*) for feed and food use. In *Journal of Insects as Food and Feed* 6 (5), pp. 475–488. Online beschikbaar via <https://edepot.wur.nl/537179>.

van Huis, A. (2019): Welfare of farmed insects. In *Journal of Insects as Food and Feed* 5 (3), pp. 159–162. Online beschikbaar via <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/563293>.

van Huis, Arnold (2022): Chapter 19 - Progress and challenges of insects as food and feed. In Peter Purslow (Ed.): *New Aspects of Meat Quality (Second Edition)* : Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition: Woodhead Publishing, pp. 533–557. Online beschikbaar via <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780323858793000118>.

Venik (2013): Factsheet: Dierenwelzijn in de Insectenkwekerij.pdf. Verenigde Nederlandse Insectenkwekers. Online beschikbaar via <https://venik.nl/onewebmedia/Factsheet-Dierenwelzijn-in-de-insectenkwekerij.pdf>.

Venik (2020): Sectorplan - Agenda ontwikkeling en innovatie in de Nederlandse insectenketen. Verenigde Nederlandse Insectenkwekers. Online beschikbaar via <https://www.venik.nl/onewebmedia/Sectorplan%20-%20Agenda%20ontwikkeling%20en%20innovatie%20in%20de%20Nederlandse%20insectenketen%20Final.pdf>.

Venik (2024a): Deelnemers. Verenigde Nederlandse Insectenkwekers. Online beschikbaar via <https://www.venik.nl/deelnemers.html>, geupdate op 8/15/2024, bezocht op 12/10/2024.

Venik (2024b): Informatie. Verenigde Nederlandse Insectenkwekers. Online beschikbaar via <https://www.venik.nl/informatie.html>, geupdate op 8/15/2024, bezocht op 12/11/2024.

Visser, Kathalijne; Rommers, Jorine; Ruis, Marko; Gerritzen, Marien; Veldkamp, Teun; Jong, Ingrid de (2015): Risicoanalyse dierenwelzijn witvleesketen : deskstudie en expert opinie. Netherlands: Wageningen UR Livestock Research (Wageningen UR Livestock Research rapport). Online beschikbaar via <https://edepot.wur.nl/430038>.

Voulgari-Kokota, Anna; van Loon, Martijn S.; Bovenkerk, Bernice (2023): Insects as mini-livestock: Considering insect welfare in feed production. In *NJAS: Impact in Agricultural and Life Sciences* 95 (1), pp. 2191797. Online beschikbaar via <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/27685241.2023.2191797>.

WUR (2019): WUR has been assigned to manage a €3.5 million insect research project. Wageningen University & Research centre. Online beschikbaar via <http://web.archive.org/web/20230323232459/https://www.wur.nl/en/newsarticle/WUR-has-been-assigned-to-manage-a-3.5-million-insect-research-project.htm>, geupdate op 12/11/2024, bezocht op 12/11/2024.

WUR (2023a): De Insectensector in Nederland onder de loep. Wageningen Environmental Research. Online beschikbaar via https://www.youtube.com/watch?v=KvKVAVf0BDI&ab_channel=InsectsHonours, geupdate op 12/11/2024, bezocht op 12/11/2024.

WUR (2023b): Handboek Kwantitatieve Informatie Veehouderij (KWIN) 2023-2024. Wageningen Livestock Research. Online beschikbaar via <https://digitaal.kwin.nl/portal/handboek/download/KWIN-V-2023-2024.pdf>.

WUR (2024a): Laboratorium voor Entomologie. Wageningen Universiteit en Researchcentrum. Online beschikbaar via <https://www.wur.nl/nl/onderzoek-resultaten/leerstoelgroepen/plantenwetenschappen/laboratorium-voor-entomologie-1.htm>, geupdate op 12/11/2024, bezocht op 12/11/2024.

WUR (2024b): PhD Theses insects. Wageningen Universiteit en Researchcentrum. Online beschikbaar via https://library.wur.nl/WebQuery/wda?promotor==J.C.%20van%20Lenteren&wq_rel=OR&promotor==M.%20%20Dicke&wq_rel=OR&promotor==R.H.%20Cobben&wq_rel=OR&promotor==J.%20de%20Wilde&wq_rel=OR&promotor==W.K.J.%20%20Roepke&wq_rel=OR&promotor==W.%20%20Takken&wq_rel=OR&promotor==L.E.M.%20%20Vet%20&wq_rel=OR&promotor==H.M.%20%20Quanjer&wq_rel=OR&promotor==R.J.%20%20Post&wq_rel=OR&promotor==A.%20van%20Huis&wq_rel=OR&promotor==L.M.%20%20Schoonhoven&wq_rel=OR&promotor==J.J.A.%20van%20Loon, geupdate op 12/11/2024, bezocht op 12/11/2024.