



Afvaleters op het bord: Meelwormen als circulaire schakel

Samenvatting

Half mei 2021 is de meelworm door het EU-agentschap voor voedselveiligheid goedgekeurd voor menselijke consumptie. En in september 2021 is een EU wetswijziging goedgekeurd waardoor verwerkte meelwormen toegelaten zijn als diervoeding voor varkens en pluimvee. Meelwormen kunnen plastic afbreken, en doordat ze geen last hebben van ophoping van toxische stoffen uit plastics kunnen ze een interessante schakel vormen in de huidige transitie naar een circulaire economie. Deze ontwikkelingen worden relevant voor de watersector als de toepassingen van meelwormen leiden tot minder vleesconsumptie bij mensen en eiwitrijke diervoeding zonder soya en vismeel. Het ruimtebeslag en de milieuschade van de huidige vleesindustrie is enorm. Meelwormen kunnen een centrale rol spelen in een revolutionaire 'eiwittransitie' in de landbouwsector, met vergaande, positieve, consequenties voor de watersector.



Meelwormen¹

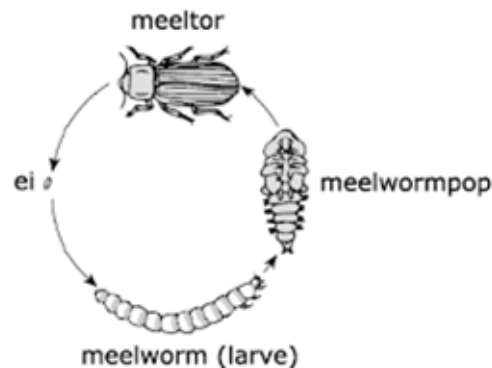
¹ Foto van Robert Gunnarsson, Unsplash: <https://unsplash.com/photos/fYENvMqluCQ>



Trendbeschrijving en achtergrond

Meelwormen

De meelworm is de larve (het jeugd stadium) van de meeltor (*Tenebrio molitor*). Molitor is Latijns voor molenaar. Overblijfselen van een meeltor zijn gevonden in een graankruik in een Egyptisch graf, uit ongeveer 2500 jaar voor de jaartelling. Dit geeft aan dat de larve van deze zwarte kever al duizenden jaren bekend is bij mensen. Meelwormen worden ook al jaren gebruikt door mensen, bijvoorbeeld als voedsel voor in gevangenschap gehouden vogels en reptielen.



Figuur 1: Levenscyclus van een meeltor

Trendsignalen

Met deze trendalert signaleren we drie recente ontwikkelingen:

1. De toelating van meelwormen tot de Europese markt als voedsel.
2. De ontdekking dat meelwormen plastic kunnen afbreken.
3. Meelwormen als circulaire schakel.

Deze ontwikkelingen maken dat meelwormen momenteel in de belangstelling staan in Europa.

Meelwormen als voedsel

In Europa kunnen van meelwormen gemaakte smoothies, koekjes, pasta en hamburgers binnenkort in massaproductie. Half mei 2021 is de meelworm als eerste insect door het EU-agentschap voor voedselveiligheid goedgekeurd voor menselijke consumptie². Na dit besluit is het aannemelijk dat steeds meer producenten de meelwormen gaan kweken waardoor er meer aanbod is en de prijzen gaan dalen. Verder worden steeds meer nieuwe toepassingen van meelwormen ontwikkeld, bijvoorbeeld als ingrediënt in sportdranken en eiwitrepen. Meelwormen zijn rijk aan voedingsstoffen, zoals eiwitten, aminozuren, vetzuren, mineralen en vitamines.³ Bovendien gebruiken insectkwekerijen minder ruimte, minder water en vaak ook minder energie dan de huidige vleesindustrie.

Naast de directe toepassingen in eten voor mensen, worden (eiwitpoeders van) meelwormen al gebruikt in diervoeding. Bijvoorbeeld als vismeel voor commerciële viskwekerijen, waarbij de vissen vervolgens door mensen gegeten worden. Wanneer meelwormen breder worden gebruikt als eiwitbron in kippenvoer, ter vervanging van bijvoorbeeld soja, dan kan dit grote impact hebben op de hele voedselketen. In september 2021 is een EU wetswijziging goedgekeurd waardoor verwerkte meelwormen nu toegelaten zijn als voedsel voor varkens en pluimvee. Dit was een van de belangrijkste aanleidingen voor deze trendalert, omdat hiermee de grootste belemmering voor grootschalige toepassing van meelwormen in de voedselketen is weggenomen.

Een van de volgende uitdagingen voor grootschalige toepassing van meelwormen is het (veilig) opschalen van de productiecapaciteit. Er zijn een beperkt aantal producenten die al grotere volumes kunnen leveren, waaronder Ynsect (Frankrijk), AgriProtein (VK), InnovaFeed (Frankrijk) en Protix (Nederland). Nieuwe locaties worden gebouwd, maar de meeste productiefaciliteiten draaien al op maximumcapaciteit en de vraag groeit sneller dan het aanbod.

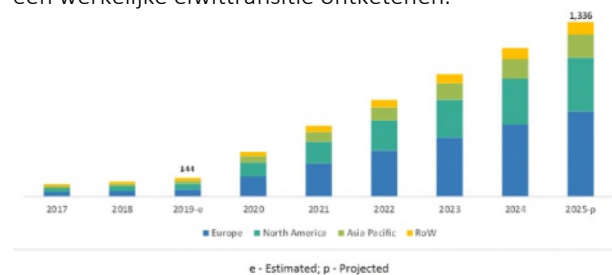
Nederland wordt gezien als een van de koplopers in deze 'eiwittransitie'. De grootste insectenkwekerij ter wereld stond eerst in Bergen op Zoom totdat een Franse

² <https://www.efsa.europa.eu/en/news/edible-insects-science-novel-food-evaluations>

³ Moruzzo, R., Riccioli, F., Espinosa Diaz, S., Secci, C., Poli, G., & Mancini, S. (2021). Mealworm (*Tenebrio molitor*): Potential and Challenges to Promote Circular Economy. *Animals*, 11(9), 2568



meelwormbedrijf meer dan 425 miljoen dollar aan investeringen in 2019 ophaalde om een nog grotere productielocatie te bouwen.⁴ Deze locatie gaat eind 2021 in bedrijf, en deze investering is wederom een signaal van de toekomstperspectieven van deze trend. Meelwormbedrijven zijn booming en als het opschalen van de productiecapaciteit tot prijzending leidt dan kan een werkelijke eiwittransitie ontketenen.



Figuur 2: groeiende vraag naar insectenproteïne⁵

Meelwormen breken plastic biologisch af

In 2015 ontdekten onderzoekers van Stanford University dat meelwormen piepschuim kunnen eten, en dat hun darmbacterie een deel van de plastic dat ze eten ook biologisch afbreken. Meelwormen kunnen polyethyleen ook verteren. Dat is het plastic waar bijvoorbeeld afvalzakjes van zijn gemaakt. Er wordt steeds meer onderzoek gedaan om te kijken of de darmbacterie en enzymen in meelwormen en andere insecten andere plastics kunnen afbreken. Voor het afbreken van de plastic-soep in zee zijn onderzoekers specifiek op zoek

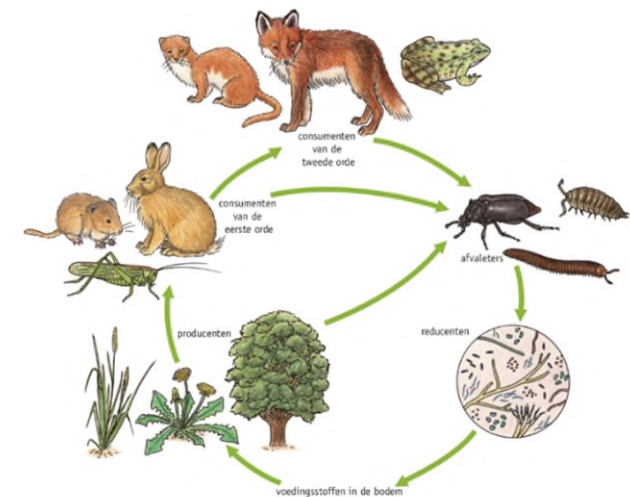
naar een marine-equivalent van de meelworm. Het exoskelet van een meelworm is gemaakt van chitine, wat gebruikt kan worden om bioplastics te maken. De huidige bronnen van chitine, krabben en garnalen, kunnen niet voorzien in de groeiende vraag naar bioplastics. Naast het afbreken van plastics kunnen meelwormen ook een rol spelen in de productie van biologisch afbreekbare plastics.

Verder ontdekte onderzoekers rond 2018 dat er bij de meelwormen die piepschuim eten geen bioaccumulatie ontstaat (ophoping van toxische stoffen). Bijvoorbeeld, meelwormen die pipeschuim eten hebben geen last van de vlamvertrager hexabromocyclododecaan (HBCD), die meestal schadelijk is voor mens en natuur, met gezondheidseffecten als hormoonontregeling en aantasting van het zenuwstelsel. Doordat er bij de meelwormen geen ophoping ontstaat van dit soort chemische stoffen kunnen de meelwormen die gebruikt worden om plastic af te breken ook nog daarna gebruikt worden als eiwitbron in bijvoorbeeld dierenvoeding. Dit maakt meelwormen een interessante schakel in de huidige transitie naar een circulaire economie.

Meelwormen als circulaire schakel

In de natuurlijke kringloop van stoffen breken afvalleters en reducenten afvalstoffen af en maken ze nieuwe (anorganische) voedingsstoffen (Figuur 3). Producenten,

zoals gewassen, gebruiken deze stoffen om te groeien. Detrivoren, zoals mieren, paddenstoelen en regenwormen, doen het voorwerk door de afval in kleine stukjes af te breken. Vervolgens zetten de reducenten, zoals bacteriën en lagere schimmels, deze (vloeibare) stukjes om in anorganische stoffen.



Figuur 3: De natuurlijke kringloop van stoffen⁶

Er wordt veel gekeken naar dit soort opruimers en afbrekers voor inspiratie om de problemen met de huidige lineaire economie op te lossen. Hoe komen we van onze afval af? En hoe kunnen we hier bruikbare stoffen van maken? In de DWSI denktanksessie van 13 september 2021 was er bijvoorbeeld veel aandacht voor

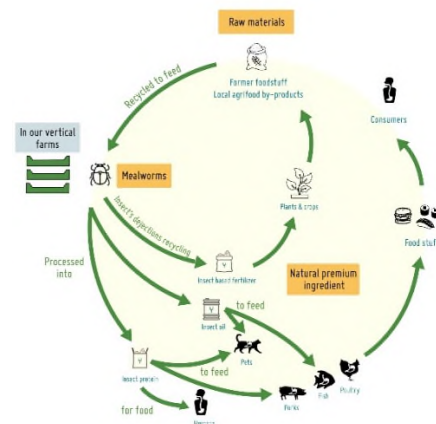
⁴ <https://www.forbes.com/sites/alexledsom/2020/10/06/largest-insect-farm-in-the-world-to-open-with-372-million-investment/?sh=4349b183788c>

⁵ <https://www.feednavigator.com/Article/2021/02/24/Demand-for-insect-protein-could-hit-500-000-tons-by-2030>

⁶ Turnhout, S. (2021). Basisboek Veldbiologie: Zelf de natuur in.



de opkomende rol van schimmels in de circulaire economie.⁷ Net zoals schimmels kunnen meelwormen worden ingezet zowel als voedingsstof als voor het verwerken van afvalstoffen. Bedrijven zoals Ynsect⁸ spelen in op deze ontwikkelingen en hebben circulaire modellen ontwikkeld voor de een nieuwe landbouwketen met meelwormen als cruciale schakel (Figuur 4). De meelworm ‘frass’ (mengsel van eetresten en ontlasting) wordt bijvoorbeeld gebruikt als biologische meststof. Maar biochar gemaakt van deze frass kan ook een interessant alternatief zijn voor de verwijdering van zware metalen uit afvalwater.⁹ Er zijn tal van signalen dat insecten een belangrijke rol kunnen gaan spelen in de transitie naar een circulaire economie.



Figuur 4: circulaire landbouw met meelwormen

⁷ DWSI. 13 september, 2021. De Future is Fungi: Wat betekent voor de watersector? <https://www.dwsi.nl/de-future-is-fungi-wat-betekent-de-opkomst-van-schimmels-voor-de-watersector/>

⁸ <https://www.ynsect.com/en/>

⁹ Yang, S.S.; di Chen, Y.; Kang, J.H.; Xie, T.R.; He, L.; Xing, D.F.; Ren, N.Q.; Ho, S.H.; Wu, W.M. Generation of high-efficient biochar for dye adsorption

Tegentrends en kanttekeningen

Meelwormen als mogelijke oplossing voor de problemen met de vleesindustrie en de huidige lineaire economie: voor sommigen is dit een verleidelijk idee. Tegelijkertijd is er een groeiende beweging van mensen die deze probleemopvatting en oplossingsrichting afwijst. Dat de moderne landbouw het milieu zwaar belast is evident. Volgens critici van de eiwittransitie beginnen de problemen met de vleesindustrie bij een gedateerde opvatting over hoeveel eiwit mensen nodig hebben. Een eiwittekort komt bijna nooit voor. De oplossing voor de problemen die de vleesindustrie veroorzaakt zit volgens deze mensen in een nieuwe voedingscultuur waarin eiwit een bescheiden rol speelt. Echter, in plaats van de voedingscultuur te veranderen is de dominante trend een driftige zoektocht naar vleesvervangers en kweekvlees¹⁰. Zijn we zelfs bereid gemalen afvaleters zoals meelwormen op het bord te zetten in plaats van gewoon minder eiwit te eten?¹¹ Dat is de hamvraag. Is vlees vervangen dragelijker dan het mijden?

Naast de scepsis over de noodzaak van vleesvervangers en van een eiwittransitie worden problemen met voedselveiligheid gesignaleerd. Insecten kunnen bacteriën overbrengen aan mensen en dieren. Bovendien kunnen insecten zware metalen en

bestrijdingsmiddelen uit hun eten overbrengen, zeker als ze als circulaire schakel eerst gebruikt worden om afval te verwerken. Bij meelwormen wordt juist weinig ophoping van toxische stoffen gemeten, en ze zijn goedgekeurd door het EU-agentschap voor voedselveiligheid. Voor andere insecten kan dit anders zijn, en ook de publieke perceptie van veiligheid is een belangrijke factor. Ook al worden de juridische, economische, en praktische hindernissen weggenomen, dan blijven voedingscultuur en gedragsverandering barrières voor de acceptatie en toepassing van meelwormen in ons eten. Toepassingen van meelwormen in diervoeding ontsnappen aan deze barrières. Een interessant ethische vraagstuk is of dierenleed bij kippen erger is dan bij meelwormen, maar dit speelt geen rol in de huidige discussies.

Ook voor het afbreken van plastics zijn meelwormen geen wondermiddel. 3.000 tot 4.000 meelwormen doen er ongeveer een week over om één piepschuim koffiekopje op te eten, en tijdens dit proces wordt maar 16% tot 23% van de plastic omgezet.¹² De hoeveelheden plastic die meelwormen kunnen afbreken zijn dus nog erg klein. Tijdens dit proces zouden de meelwormen microplastics kunnen uitscheiden, wat ook verre van ideaal zou zijn. Nieuw onderzoek richt zich daarom meer

using frass of yellow mealworms (larvae of *Tenebrio molitor* Linnaeus) fed with wheat straw for insect biomass production. *J. Clean. Prod.* 2019, 227, 33–47.

¹⁰ DWSI. 15 september 2020. Trendalert: Kweekvlees.

¹¹ <https://www.europeseacademie.be/meelwormen-op-het-menu/>

¹² Tsochatzis, E. D., Berggreen, I. E., Nørgaard, J. V., Theodoridis, G., & Dalsgaard, T. K. (2021). Biodegradation of expanded polystyrene by mealworm larvae under different feeding strategies evaluated by metabolic profiling using GC-TOF-MS. *Chemosphere*, 281, 130840.



op de enzymen in de darmen van de meelwormen, die mogelijk efficiënter ingezet kunnen worden. En terwijl de meelwormen er geen last van hebben blijven de HBCD-resten die door meelwormen worden uitgescheiden nog steeds een gevaar vormen voor het milieu.¹³ De schadelijke chemische stoffen in plastics blijven problematisch voor milieu en mens en voor een werkelijke circulaire economie zijn Refuse, Reduce, en Rethink maatregelen belangrijker dan Recyclage.

Relevantie

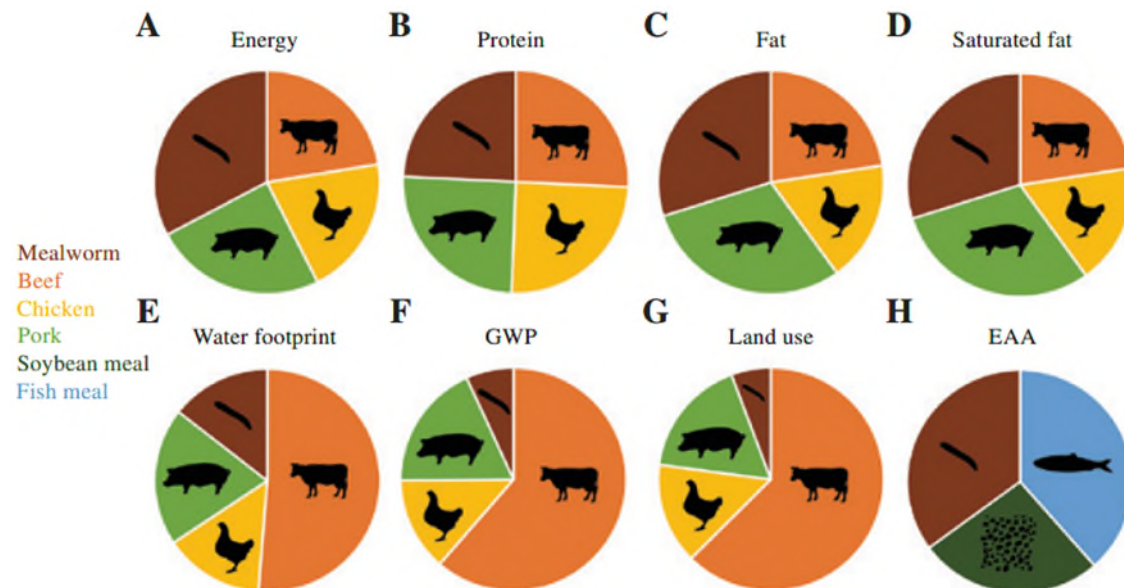
Een mogelijke eiwittransitie kan enorme gevolgen hebben voor de watersector. En de toelating tot de Europese markt van meelwormen als voedsel kan gezien worden als signaal van een omslagmoment, waardoor deze transitie in een stroomversnelling kan raken. De gepercipieerde noodzaak en urgentie van klimaatmitigatie, het stikstofproblematiek, discussies over dierenleed, en de transitie naar een circulaire economie versterken deze trend.

Als vleesvervangers tot een revolutie in de landbouw gaan leiden dan zijn er vergaande, voornamelijk positieve, consequenties voor de watersector. Het ruimtebeslag en de milieuschade van de vleesindustrie is enorm (Figuur 5¹⁴). Dit betreft zowel de dieren (koeien, varkens, en kippen) als de eiwitrijke diervoeding (soja, vismeel). Neem de soja die we in diervoeding

verwerken als voorbeeld. Deze soja wordt in Zuid-Amerika verbouwd waarvoor veel bossen zijn en worden gekapt. Door de soja productie wordt het water ook met bestrijdingsmiddelen en kunstmest vervuild. Als we de soja in diervoeding met meelwormen vervangen dan kan dat ook lokaal, waardoor de transport van soja uit Zuid-Amerika niet meer nodig is. Dit is maar een voorbeeld van de mogelijke keten van effecten. En deze vergaande effecten kunnen zelfs gerealiseerd worden als mensen in Nederland de koeien, varkens, en kippen

blijven eten.

Als Nederlanders de voedingscultuur gaan aanpassen en minder eiwit eten, of het vlees van koeien, varkens, en kippen vervangen door insecten als meelwormen, dan zal het langgebruik in een groot deel van Nederland veranderen en de waterkwaliteit aanzienlijk verbeteren. Deze vergaande scenario is echter sterk afhankelijk van gedragsverandering en zaken die in de regel veel tijd nodig hebben.



Figuur 5: Voedingswaarden en duurzaamheid van meelwormen vergeleken met conventionele voeding/voedsel

¹³ Brandon, A. M., Garcia, A. M., Khlystov, N. A., Wu, W. M., & Criddle, C. S. (2021). Enhanced bioavailability and microbial biodegradation of polystyrene in an enrichment derived from the gut microbiome of

Tenebrio molitor (mealworm larvae). *Environmental Science & Technology*, 55(3), 2027-2036.

¹⁴ Grau, T., Vilcinskis, A., & Joop, G. (2017). Sustainable farming of the mealworm *Tenebrio molitor* for the production of food and feed. *Zeitschrift für Naturforschung C*, 72(9-10), 337-349



Meer informatie

- Britannica, The Editors of Encyclopaedia. "darkling beetle". Encyclopedia Britannica, 3 Jan. 2018, <https://www.britannica.com/animal/darkling-beetle>: <https://www.britannica.com/animal/darkling-beetle#ref24744>
- Jordan, R. Plastic-eating worms may offer solution to mounting waste, Stanford researchers discover. Stanford Report, September 29, 2015: <https://news.stanford.edu/news/2015/september/worms-digest-plastics-092915.html>
- Boffey, D. 13 Jan 2021. Yellow mealworm safe for humans to eat, says EU food safety agency. The Guardian: <https://www.theguardian.com/environment/2021/jan/13/yellow-mealworm-safe-for-humans-to-eat-says-eu-food-safety-agency>
- Shapiro, E. 26 Sep 2021. Making Meals From Mealworms Is 'Part of the Answer' to the Climate Crisis, the CEO of Ynsect Says. Time: <https://time.com/6098381/ynsect-mealworms-insect-farming/>
- Ynsect website: <https://www.ynsect.com/en/>
- <https://www.wicz.com/story/43997285/mealworms-market-size-2021-analysis-report-by-growth-production-types-applications-growth-current-trends-and-forecast-to-2027>
- Absolute Reports. 31 mei 2021. Mealworms Market Size 2021 Analysis Report by Growth, Production Types, Applications, Growth, Current Trends and Forecast to 2027. Fox40: <https://www.feednavigator.com/Article/2021/02/24/Demand-for-insect-protein-could-hit-500-000-tons-by-2030>
- Wageningen University & Research Insects as food and feed Dossier: <https://www.wur.nl/en/Dossiers/file/insects-food-and-feed.htm>
- Claessens, A. 13 Aug 2021. Nederland is 'kampioen vleesvervangers' en bedrijven van over de hele wereld komen hierheen om daarvan te leren. Een Vandaag, Duurzaamheid en vernieuwing: <https://eenvandaag.avrotros.nl/item/nederland-is-kampioen-vleesvervangers-en-bedrijven-van-over-de-hele-wereld-komen-hierheen-om-daarvan-te-leren/>
- Ledsom, A. 6 okt 2020. World's Largest Insect Farm To Open, With Record Investment. Forbes: <https://www.forbes.com/sites/alexledsom/2020/10/06/largest-insect-farm-in-the-world-to-open-with-372-million-investment/?sh=6dd67897788c>
- Brandon, A. M., Garcia, A. M., Khlystov, N. A., Wu, W. M., & Criddle, C. S. (2021). Enhanced bioavailability and microbial biodegradation of polystyrene in an enrichment derived from the gut microbiome of *Tenebrio molitor* (mealworm larvae). *Environmental Science & Technology*, 55(3), 2027-2036. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S03043889421011869>
- Moruzzo, R., Riccioli, F., Espinosa Diaz, S., Secci, C., Poli, G., & Mancini, S. (2021). Mealworm (*Tenebrio molitor*): Potential and Challenges to Promote Circular Economy. *Animals*, 11(9), 2568
- Grau, T., Vilcinskis, A., & Joop, G. (2017). Sustainable farming of the mealworm *Tenebrio molitor* for the production of food and feed. *Zeitschrift für Naturforschung C*, 72(9-10), 337-349.
- Yang, S.S.; di Chen, Y.; Kang, J.H.; Xie, T.R.; He, L.; Xing, D.F.; Ren, N.Q.; Ho, S.H.; Wu, W.M. Generation of high-efficient biochar for dye adsorption using frass of yellow mealworms (larvae of *Tenebrio molitor* Linnaeus) fed with wheat straw for insect biomass production. *J. Clean. Prod.* 2019, 227, 33–47.

Keywords

Meelwormen, vleesvervanger, landbouwtransitie, eiwittransitie