

Stikstof terugwinnen uit slib door Black soldier fly larven

Hellen Elissen

Het Lot van de N

Symposium over stikstofterugwinning

12 maart 2024

KNW Themagroep Circulaire Watertechnologie



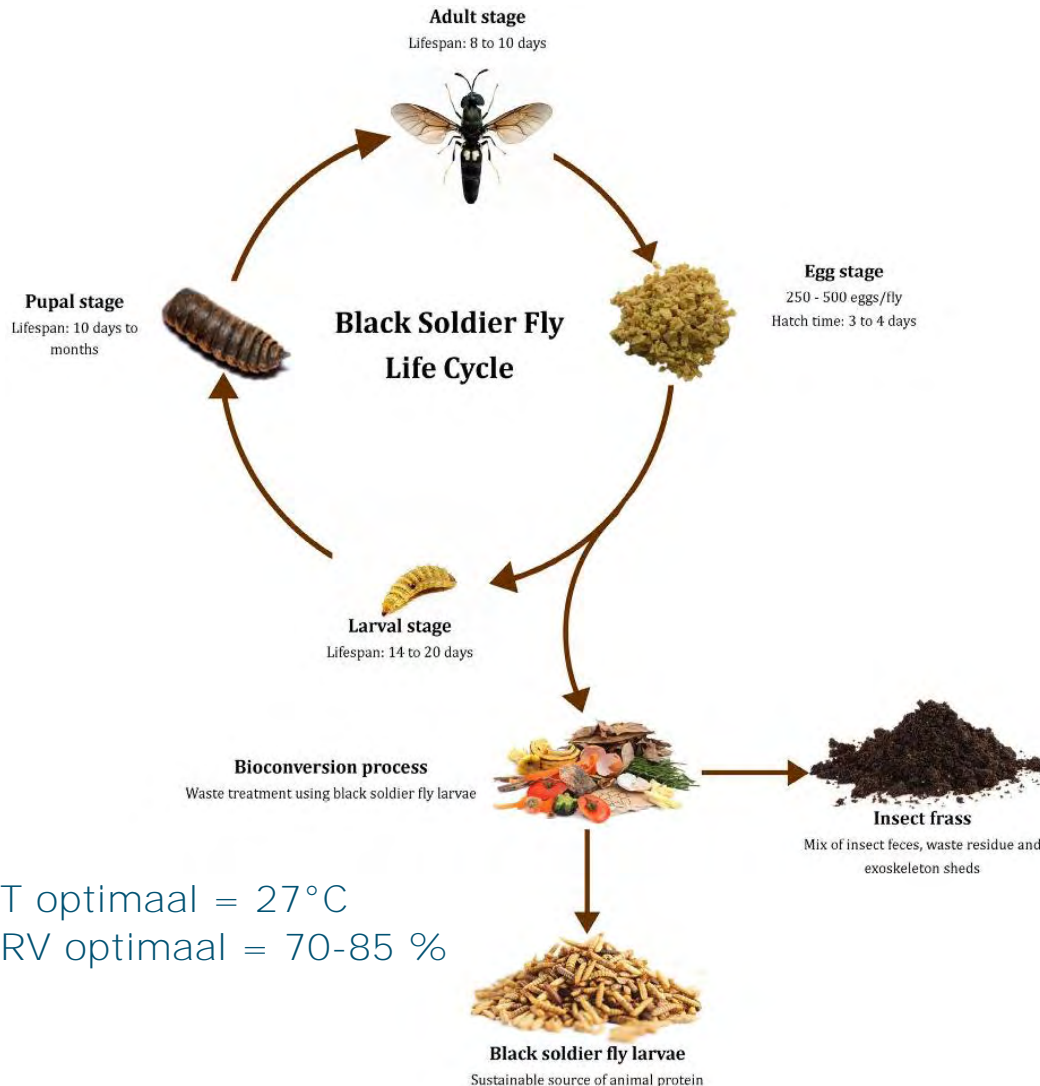
ACRRES = Application centre for renewable resources (WUR), Lelystad

- Toegepast onderzoek hernieuwbare energie en biomassa
 - Veel onderzoek naar efficiëntie omzetting van organische reststromen en kwaliteit van eindproducten (larven/wormenbiomassa en frass/vermicompost)
 - Voor BSF larven al standaard testmethode
 - Voor compostwormen in ontwikkeling



BSF larven hebben een korte cyclus

BSF = Black soldier fly = *Hermetia illucens*

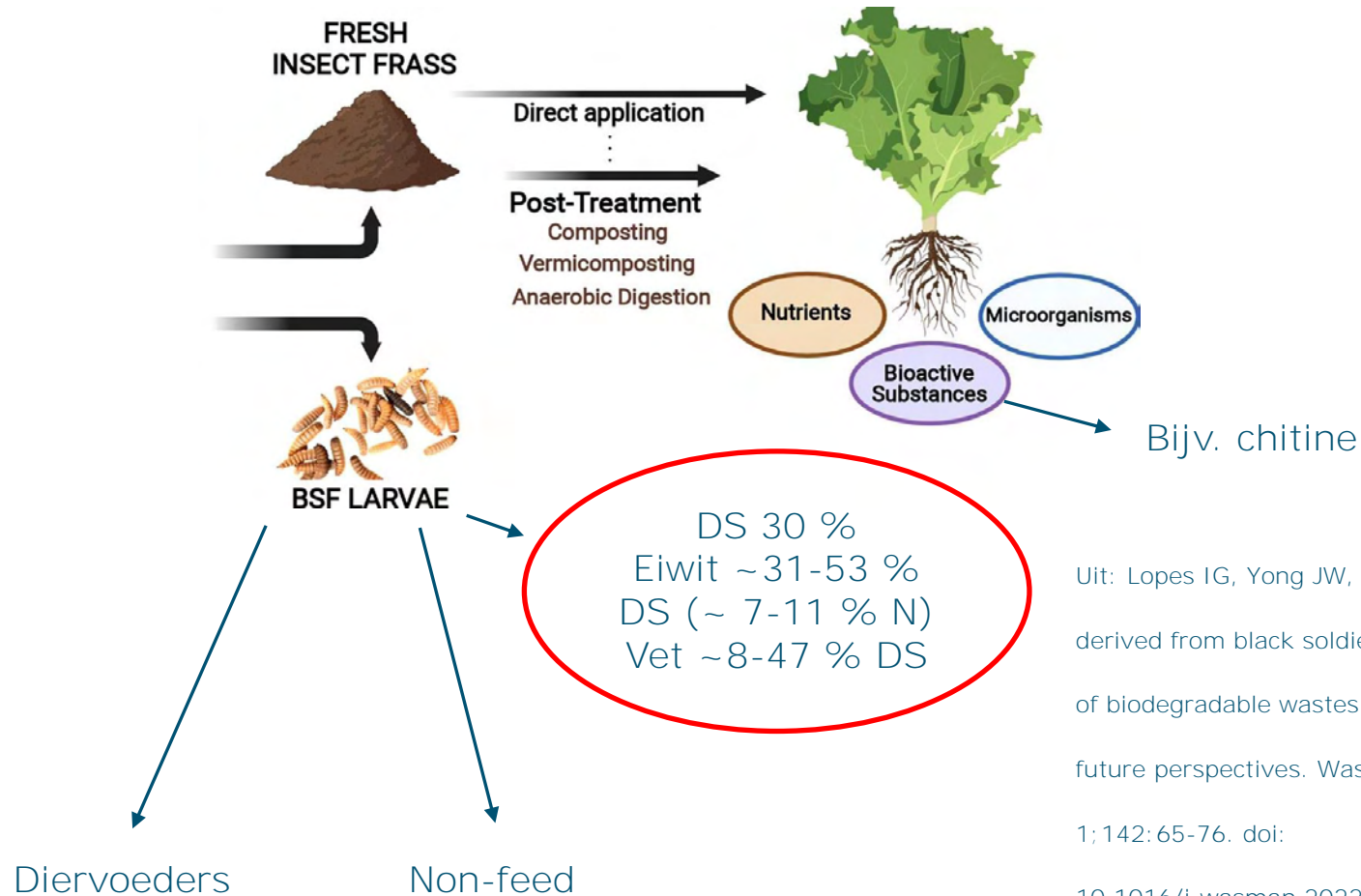


Uit: Dzepe, D., Mbenda, T.K., Ngassa, G., Mube, H., Chia, S.Y., Aoudou, Y. and Djouaka, R. (2022) Application of Black Soldier Fly Frass, *Hermetia illucens* (Diptera: Stratiomyidae) as Sustainable Organic Fertilizer for Lettuce, *Lactuca sativa* Production. *Open Journal of Applied Sciences*, 12, 1632-1648.

<https://doi.org/10.4236/ojapps.2022.12101113>

T optimaal = 27°C
RV optimaal = 70-85 %

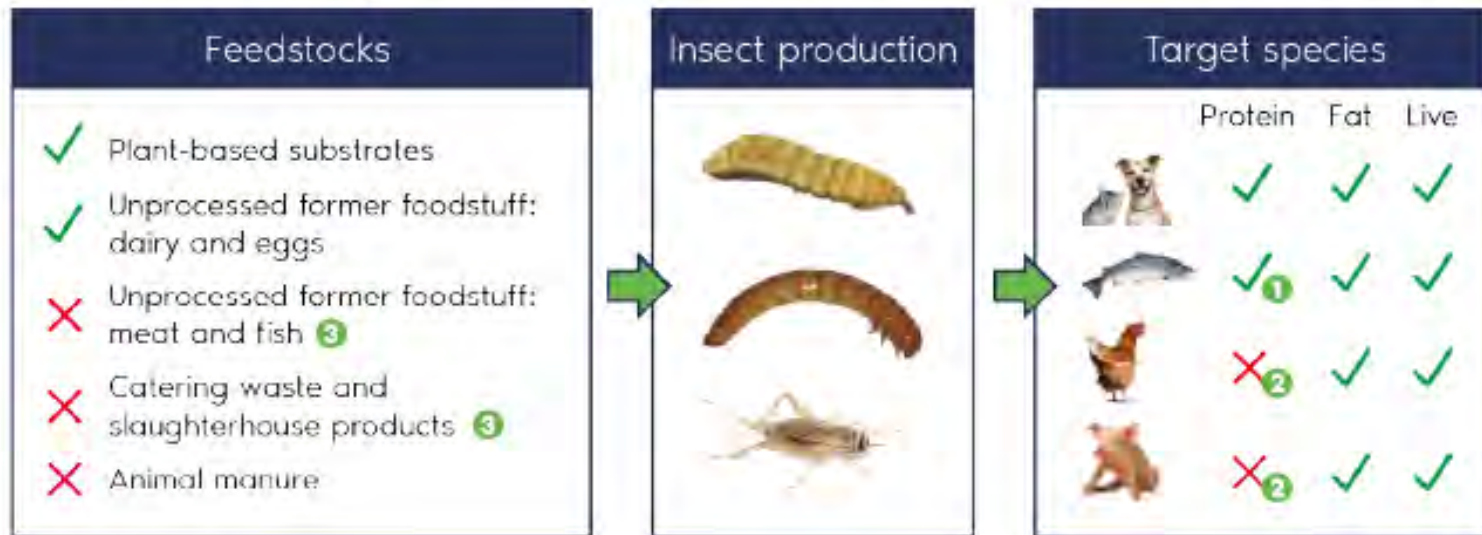
Producten van BSF bioconversie



Uit: Lopes IG, Yong JW, Lalander C. Frass derived from black soldier fly larvae treatment of biodegradable wastes. A critical review and future perspectives. Waste Manag. 2022 Apr 1;142:65-76. doi: 10.1016/j.wasman.2022.02.007

Wetgeving rond insecten als voeder

IPIFF roadmap on the use of insects in animal feed



Uit: IPIFF, 2019

Non-feed toepassingen

- Geëxtraheerd vet voor biodiesel
- Totale larvenbiomassa voor vergisting
- Uit huidjes/exoskelet extractie van chitine → chitosan
- 'Entomoremediatie' = reductie van organisch afval
- Peptiden met antimicrobiële eigenschappen

Kaczor, M.; Bulak, P.; Proc-Pietrycha, K.; Kirichenko-Babko, M.; Bieganski, A. The Variety of Applications of *Hermetia illucens* in Industrial and Agricultural Areas—Review. *Biology* 2023, 12, 25. <https://doi.org/10.3390/biology12010025>

BSF larven eten ook slib

- Directe bioconversie van feces/urine is mogelijk (60-70 % afbraak, 10-20 % DM yield), maar voor nu buiten beschouwing
- RWZI slib NL ~ 300 miljoen kg DS
- AWZI slib NL ~ 200 miljoen kg DS



Uit: <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/83434NED/table?dl=B8FA>,
<https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/81607NED/table?dl=B8F9>

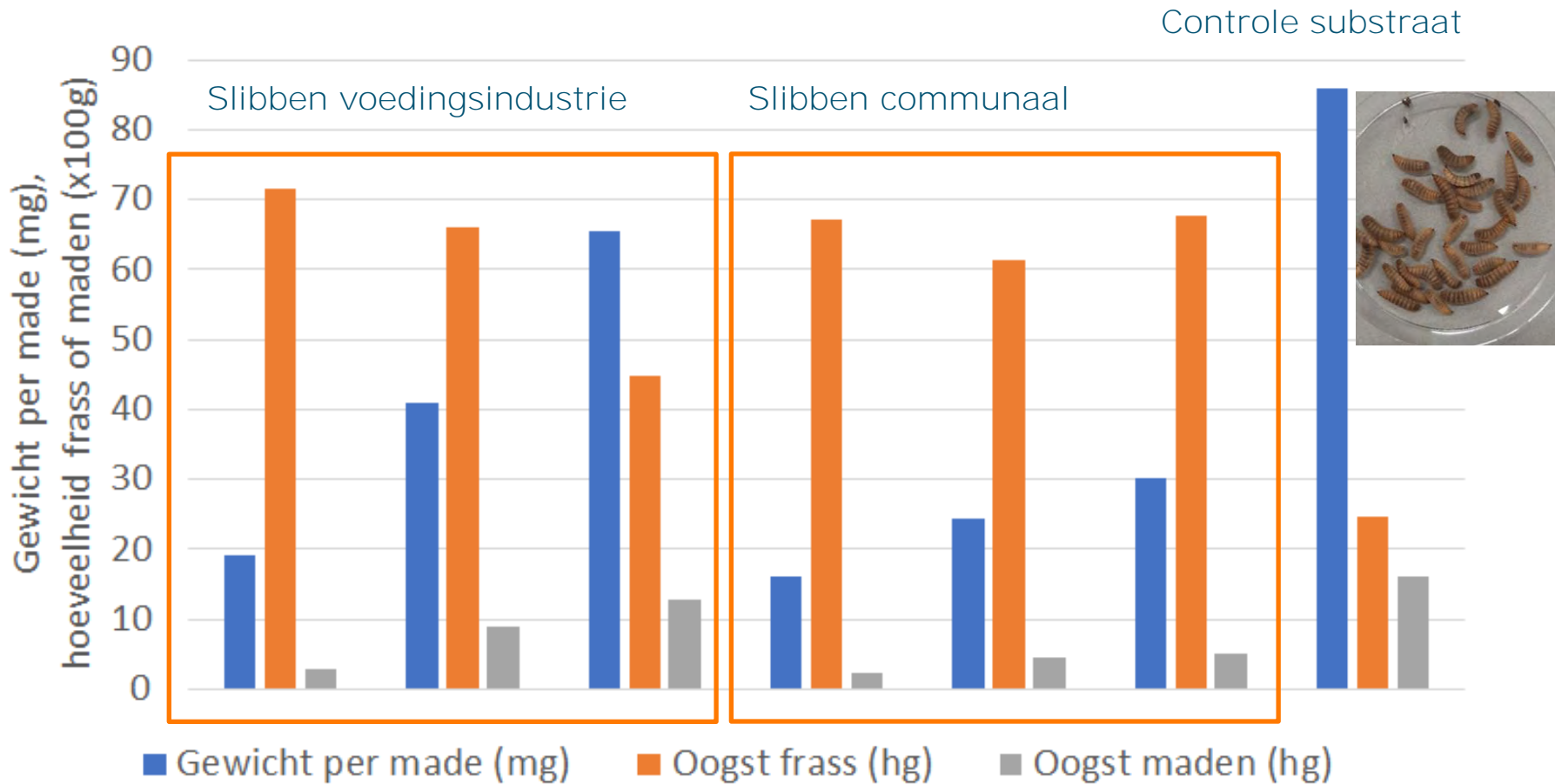
Tokwaro et al, 2023. Application of black soldier fly larvae in decentralized treatment of faecal sludge from pit latrines in informal settlements in Kampala city. *Front. Environ. Sci.* 11:1118635. doi: 10.3389/fenvs.2023.1118635

Proeven bij WUR

- Slibben: communaal, voedingsindustrieën
- Fase van het zuiveringsproces: vaak ingedikt/ontwaterd/vergist slib
- Groei matig, zeker in vergelijking met bijv. voedsel/catering resten



Proeven bij WUR



van Dongen et al. KB34 project Food safety in our future circular society

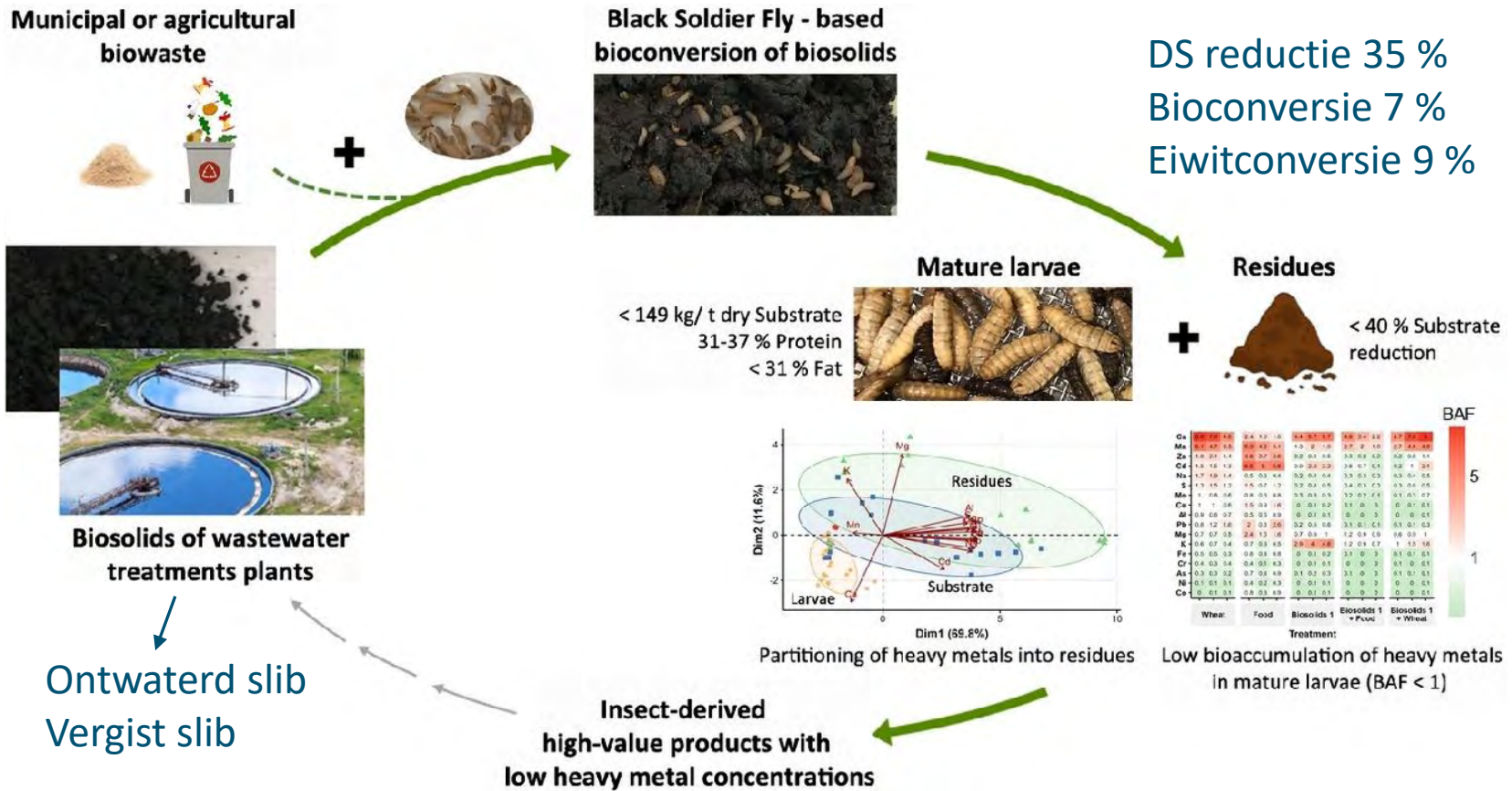


Proeven in publicaties

- Slib wordt vaak gemengd met andere substraten toegepast, bijv. voedingsresten, kippenmest. Meestal leiden hogere percentages co-substraten tot betere resultaten qua larvengroei
- Aquacultuur slib geschikt, maar er hopen enkele zware metalen op (Schmitt et al, 2019)
- Lalander et al (2019) hebben 3 soorten slib getest: ontwaterd primair slib, actief slib, ontwaterd vergist slib

	Process efficiency		
	Biomass conversion ratio (% DM)	Protein conversion ratio (%)	Material reduction (% DM)
Poultry feed	12.8 ± 0.7 ^{a,d}	80.4 ± 1.2	84.8 ± 3.6 ^d
Dog food	13.4 ± 0.9 ^{a,b}	46.3 ± 2.8 ^{a,b}	60.5 ± 1.5 ^{b,e}
Food waste	13.9 ± 0.3 ^{a,b}	58.7 ± 1.3	55.3 ± 4.1 ^{a,b,e}
Fruits & veg.	4.1 ± 0.2 ^{e,f}	34.3 ± 1.1 ^c	46.7 ± 3.1 ^{a,b,e}
Abattoir waste	15.2 ± 1.6 ^a	30.8 ± 2.8 ^c	46.3 ± 2.9 ^a
Abattoir waste –fruits & veg.	14.2 ± 1.9 ^{a,b}	47.7 ± 6.6 ^a	61.1 ± 10.7 ^{a,b,e}
Poultry manure	7.1 ± 0.6 ^e	37.8 ± 3.4 ^{b,c}	60.0 ± 2.3 ^{a,b,e}
Human faeces	11.3 ± 0.3 ^{b,d}	31.6 ± 0.6 ^c	47.7 ± 1.1 ^{a,b}
Primary sludge	2.3 ± 0.1 ^{c,l}	15.0 ± 0.5 ^d	63.3 ± 1.9 ^{b,e}
Undigested sludge	2.2 ± 0.2 ^{c,f}	7.8 ± 0.6 ^{d,e}	49.2 ± 3.7 ^{a,b,e}
Digested sludge	0.2 ± 0.0 ^c	1.9 ± 0.3 ^e	13.2 ± 0.8 ^c

Proeven in publicaties



Uit: Bohm et al, 2022. Black Soldier Fly-based bioconversion of biosolids creates high-value products with low heavy metal concentrations.

Resour. Conserv. Recycl. 2022, 180, 106149

Beperkende factoren voor BSF in slib

- Polymeren/flocculanten: eigen resultaten suggereren inhibitie en ook leidt een combinatie polyaluminiumchloride/polyacrylamide tot lagere groei, waarschijnlijk door remming bacteriën (Zhang et al, 2022)
- Degradatiegraad/fase van het zuiveringsproces: bijv. digestaat heeft meestal te weinig voedingswaarde (Pas et al, 2022; eigen resultaten)
- Beperking afzet door overdracht van verontreinigingen
 - Zware metalen kunnen ophopen, maar de vraag is in welke mate (afhankelijk van slibtype bijv.)
 - Veel data over andere verontreinigingen (o.a. WUR)
- Papierslib bioconversie lastig door lignocellulose (Norgren et al, 2022, 2023)

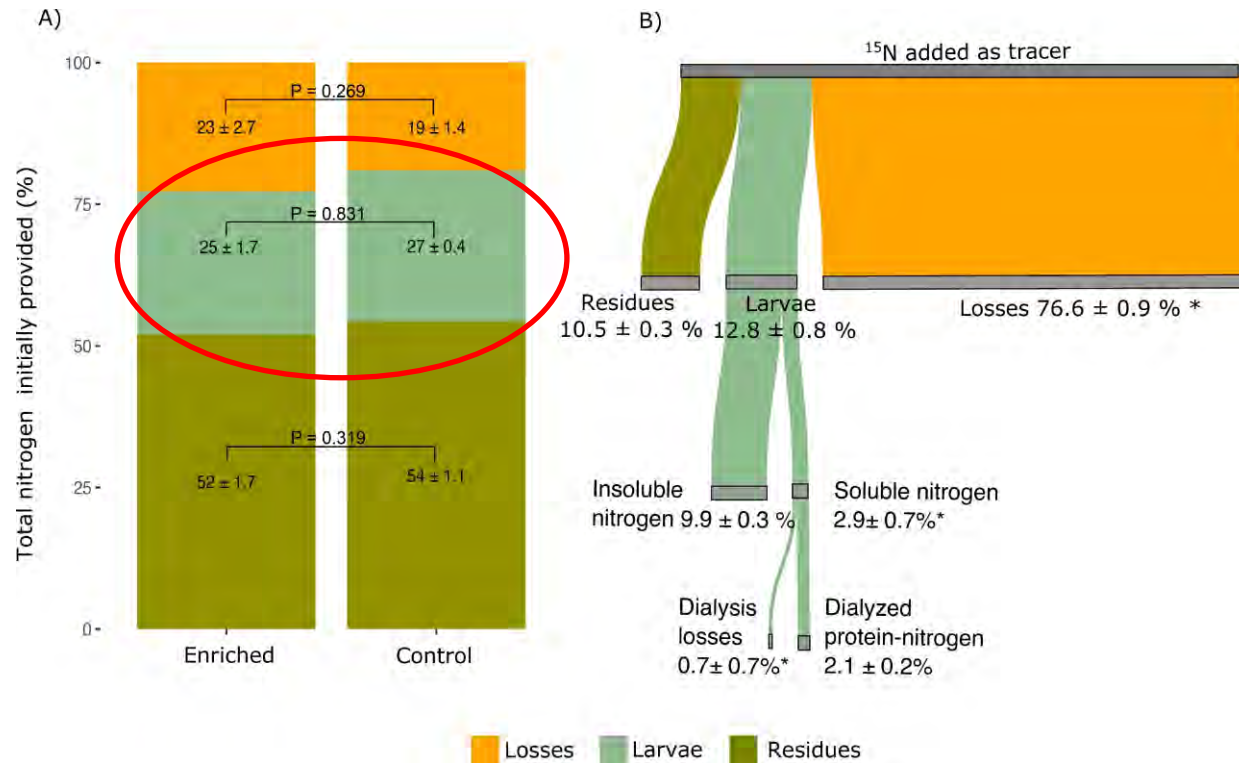
Risico's slib

- Zware metalen: As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn
- Pathogenen: *Clostridium perfringens*, *E.coli*, *Ascaris lumbricoides*, *Enterococcon*, *Salmonella*
- PFAS
- Micro-verontreinigingen (medicijnresten, hormonen, andere organische microverontreinigingen)
- Bestrijdingsmiddelen
- Microplastics
- ZZS

Wat gebeurt er met N?

- Complex! En metingen bij zeer verschillende types substraten
- N wordt opgeslagen in de biomassa van de larven
- BSF kan N-NH₃ opnemen uit varkensmest (Parodi et al, 2022)
- Bij afbraak van eiwitten komt NH₃ vrij: hogere pH en hoger eiwitgehalte in substraat leidt tot meer ammoniakvorming (Coudron et al, 2024), 2.6 tot 83.6 g N/kg DS larven
- N₂O emissies verwaarloosbaar
- Frass kan hoge N-NH₄⁺ (en EC) hebben, fytotoxisch als onbehandeld (Bohm et al, 2023)
- Sturing van het proces mogelijk (bijv. C/N ratio, vochtgehalte)

N balans varkensmest bioconversie door BSF



Uit: Parodi et al, 2022. Upgrading ammonia nitrogen from manure into body proteins in black soldier fly larvae. Resour Conserv Recy 182. ARTN 106343 <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2022.106343>.

Wat levert BSF bioconversie van slib op?

- Voordelen uit afbraak slib, productie larven, productie frass
- Voorbeelden LCA/LCC voor BSF op food waste:
 - Pahmeyer et al, 2022. An automated, modular system for organic waste utilization using *Hermetia illucens* larvae: Design, sustainability, and economics. *Journal of Cleaner Production*. 379. 134727. 10.1016/j.jclepro.2022.134727
 - Liu et al, 2023. Comprehensive assessment of food waste treatment emission reduction in China: a life cycle perspective. *Environ Sci Pollut Res Int.*;30(37):87669-87684. doi: 10.1007/s11356-023-28622-6. Epub 2023 Jul 10. PMID: 37430080
- Bohm et al (2022): bioconversie van slib (8.9 Mt DS/jr) in de EU kan (onder 'optimale condities') leiden tot: 420.000 t eiwit/jr, 360.000 t vet/jr en 170.000 t chitine/jr → 8 miljard € > maar wat is de waarde nog van de resp. fracties als gekweekt op slib?

Take away en vragen

- BSF larven eten verschillende soorten voedingsindustrie en communaal slib en groeien erop, met wisselende efficiëntie
- BSF larven winnen een deel van de N terug in hun eiwitfractie
- Massabalans voor slib(ben) van belang, m.n. ammoniakemissies
- Bron, fase zuiveringsproces en hulpstoffen zijn van belang voor de efficiëntie van het proces
- Wat zijn winstgevende non-feed toepassingen? > wat levert het op behalve slibreductie?

Dank voor de aandacht!



Voor verdere vragen: hellen.elissen@wur.nl