

# Hyönteiset kiertotaloudessa

Miika Tapio, Tuotantojärjestelmät, Luonnonvarakeskus

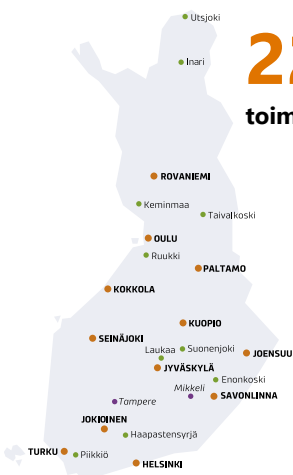
"Mitä kiertotalous voi käytännössä olla" 25.10.2022

KieMaRa



1

## Luonnonvarakeskus



**22**  
toimipaikkaa

- Tutkimus- ja asiantuntijaorganisaatio, joka tuottaa tietoon perustuvia ratkaisumalleja ja palveluita uusiutuviin luonnonvaroihin perustuvalla kestäväällä ja kilpailukykyisellä elinkeinotoiminnalla.

- **Tutkimusympäristöt**

- **Metsät**
- **Maatalous**
- **Puutarhatuotanto**
- **Kalantutkimus**
- **Tutkimuslaboratoriot ja biopankki**

- **Testipilotti- ja teknologiatutkimusympäristöt**

- Erilaisia demoalustoja, älykuvantamis- ja mittauslaitteistoa
- Elintarvikkeiden tutkimus ja tuotekehitys
- Rehututkimus

- **Hyönteistutkimus**

- Kiertotalouden ratkaisut
  - Biomassojen tutkimus ja kehitys
- © Luonnonvarakeskus

2

## Perusteet

Hyönteisten rooli kiertotaloudessa  
Hyönteistuotannon ominaisuuksia  
Hyönteistalouden tuotteet  
Markkinat



3

## ”Kiertotalous”



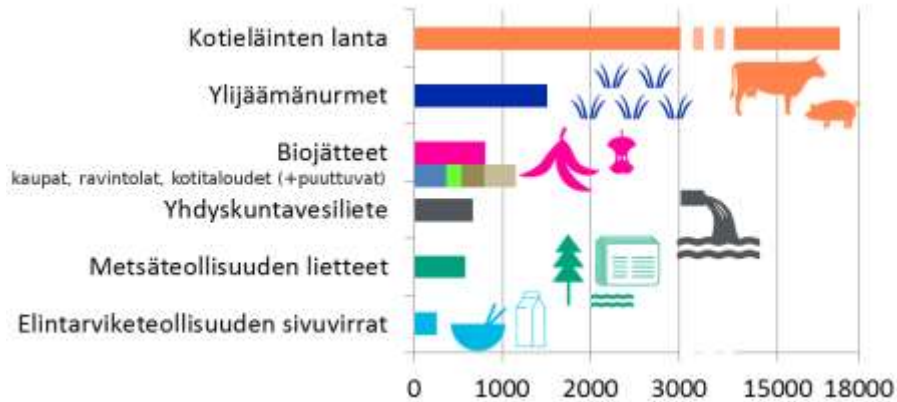
Ympäristöministeriö  
Ministry of the Environment

<https://ym.fi/kiertotalous>

- Kiertotaloudessa tuotteet ja **materiaalit pysyvät käytössä pitkään** ja turvallisesti.
  - Korjaa, vuokraa, jaa, kierrätä
- Jätehuolto
  - **Vältä syntymistä**, käytä suoraan, **käytä materiaalina**, **käytä energiana**
  - Etusijajärjestyksestä voi poiketa **vain** ympäristösyystä.
- Kestävä kulutus ja tuotanto, vuoteen 2030 mennessä:
  - Saavuttaa luonnonvarojen kestävä ja tehokas käyttö
  - Puolittaa/**vähentää ruokajätteen** määrää **ml. sadonkorjuun jälkeinen hävikki**.
  - Vähentää jätteiden syntymistä ennaltaehkäisyyn, kierrätyksen ja uudelleenkäytön keinoin

4

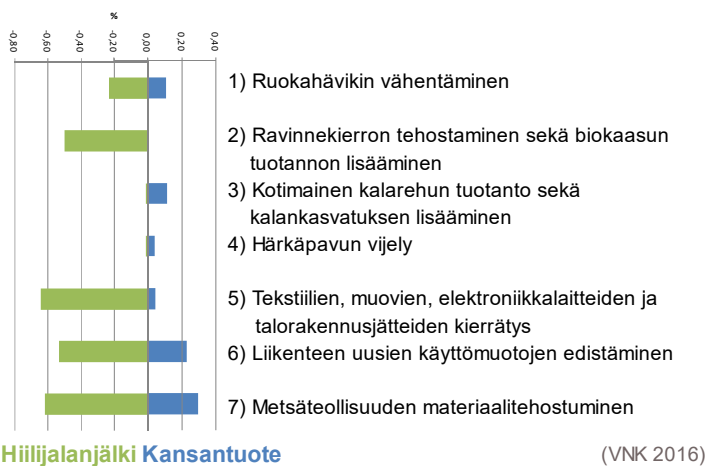
## Paljon vajaasti hyödynnettyjä resursseja ~20 000 milj. kg orgaanista jätettä ~500 milj. kg ruokahävikkiä



Luke.fi Ruokahävikki ja ruokajärjestelmän kiertotalous

5

## Kiertotaloudella haetaan ympäristö- ja taloushyötyä

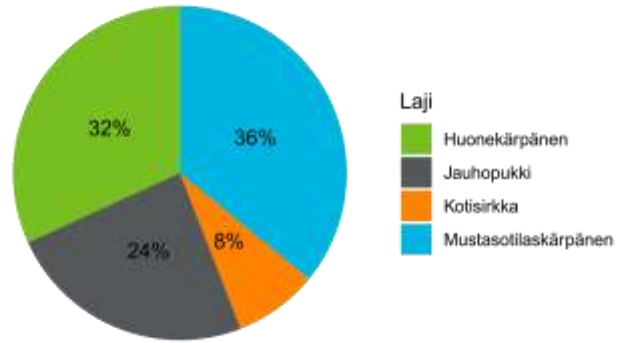


Prosentuaalinen muutos kehitykseen, joka muutoin tapahtuisi

7

## ”Hyönteiset”

- Yli miljoona lajia, joista ~2000 hyödynnetty ruokana (Jongema, 2017)
  - Kovakuoriaiset, mittarit, pistiäiset, luteet, termitit, korennot ja muut.
- Silkkivyökönen ja mehiläinen otettu kotieläimiksi >4000 vuotta sitten (Tapio & Qanbari, 2017)
- **”Uusi hyönteissektori”** (~2013->):  
Kasvatetut hyönteiset ruokaketjussa tai materiaalina
- Kotisirkkoja kasvatettu 1940-luvulta asti.



## Sallitut tuotantohyönteiset

### Ruokana

#### Siirtymäaika:

1. kanatunkkari, toukka
2. mehiläinen, kuhnuritoukka
3. mustasotilaskärpänen, toukka

#### Siirtymäaika päättynyt:

1. kotisirkka (laajentumassa)\*
2. jauhopukki, toukka\* (laajentumassa)
3. Idänkulkusirkka\*
4. aavikkokulkusirkka
5. trooppinen kotisirkka

#### Muut hakemukset:

1. A. hesperiaris- perhonen, toukka, ”maguey-mato”
2. L. apiculatum- muurahainen, toukka, kotelo
3. L. occidentale - muurahainen toukka, kotelo

### Rehuna

#### Elintarvikeketjussa:

1. mustasotilaskärpänen
2. huonekärpänen
3. jauhopukki
4. kanatunkkari
5. kotisirkka
6. trooppinen kotisirkka
7. kenttäsiirkka
8. silkkiäistoukka

#### Muualla:

myös muita, kunhan eivät tauteja aiheuttavia, suojeltavia tai haitallisiksi määriteltyjä vieraslajeja.

Kaikista säädöksistä ajantasainen tieto: [ruokavirasto.fi](http://ruokavirasto.fi)

## Tärkeimmät lajit

Mustasotilaskärpänen



Kuva: Miika Tapio/Luke

Jauhopukki/-mato



Kotisirkka



Kuva: Jouni Virta/Luke

11

Perusteet

## Hyönteisten rooli kiertotaloudessa

Hyönteistuotannon ominaisuuksia  
Hyönteistalouden tuotteet  
Markkinat

**Luke** ©LUONNONVARAKESKUS

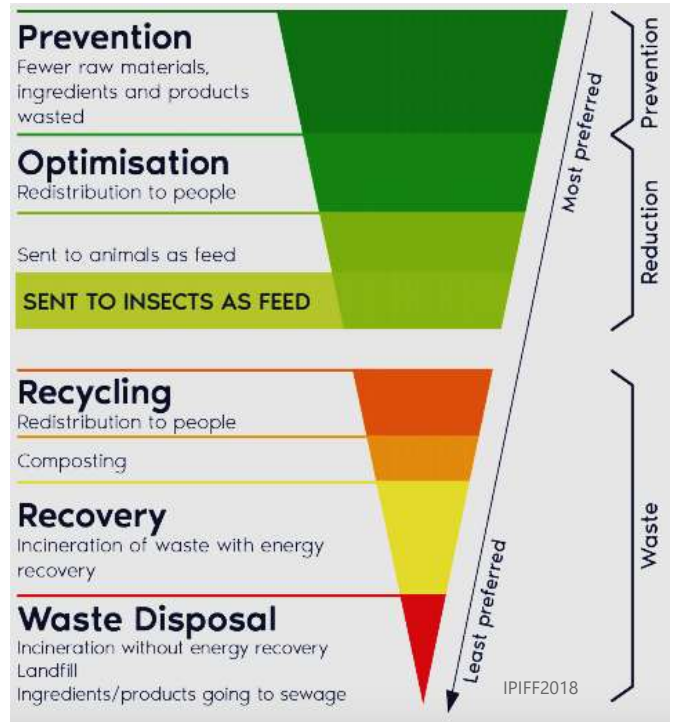


12

# Jätteen syntymistä voidaan vähentää hyönteisten avulla

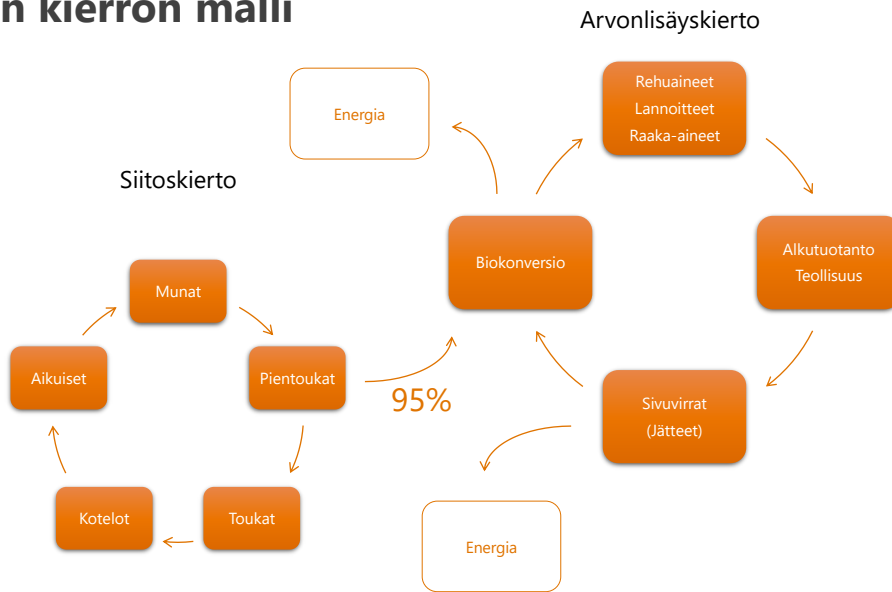


Luke @LUONNONVARAKESKUS



13

## Kahden kierron malli



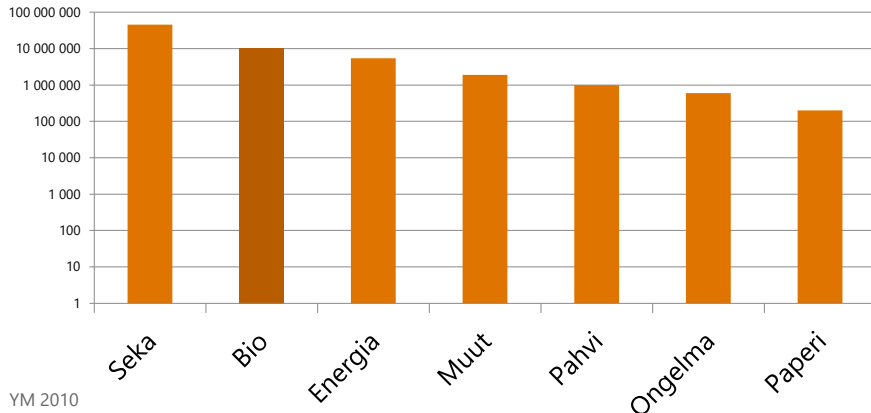
Luke @LUONNONVARAKESKUS

M. Tapio, Hyönteiset kierrotaloudessa, 25.10.2022

Luke LUONNONVARAKESKUS

14

## Palveluille biojäte on toiseksi suurin jätehuoltokulu: > 10 milj. € / vuosi (160 milj. kg) (2010)



YM 2010

15

Perusteet  
Hyönteisten rooli kiertotaloudessa

## Hyönteis- tuotannon ominaisuuksia

Hyönteistalouden tuotteet  
Markkinat



16

## Rajoitukset suora seuraus *tuotantoeläin*-statuksesta

- Vain "rehukelpoiset" materiaalit →
- Tällä hetkellä todellinen loppukäyttö ei vaikuta
  - **Poikkeus:**  
Ravintolajäte ja lanta voidaan sallia pilkkitoukille ja vastaaville.
- Yleiset omavalvonta, terveys ja bioturvallisuus... säädökset.
- Kasvattaja maksaa karanneiden aiheuttamat vahingot, jos tapahtuu.

IPIFF Guide on good hygiene practices (2022)

Materiaali	Tarkempi rajoite
Kasvipäriset rehuaineet	
Eläinperäiset rehuaineet	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Hydrolysoitu proteiini, kollageeni, veriperäiset tuotteet (ei-märehtijöistä),</li> <li>• Hydrolysoitu märehtijöiden nahka</li> <li>• Di- ja trikalsiumfosfaatti</li> <li>• Kalajauho</li> </ul>
Entiset elintarvikkeet	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Lihaton ja kalaton.</li> <li>• Saa olla kananmuna ja maitoperäistä, hunajaa, renderöityä rasvaa, kollageenia ja gelatiinia</li> </ul>
Kemikaalijäämät	Kuten muilla (*)
Rehun lisäaineet	Yleiset sallittu

Kaikista säädöksistä ajantasainen tieto: ruokavirasto.fi

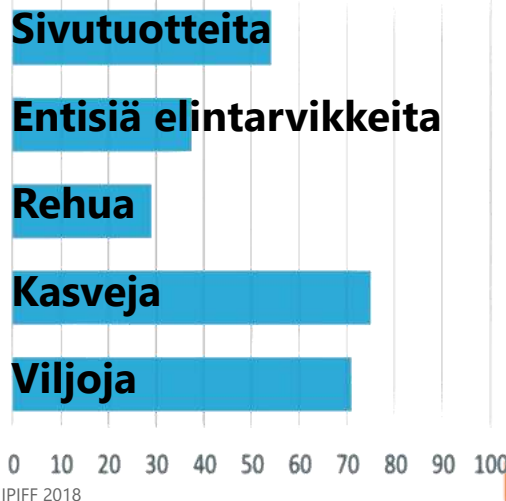
Luke @LUONNONVARAKESKUS

17

## Elintarviketeollisuuden sivuvirrat sopivat hyönteisille



Berg 2016  
Luke @LUONNONVARAKESKUS



IPIFF 2018

M. Tapio, Hyönteiset kierratoloudessa, 25.10.2022

Luke  
LUONNONVARAKESKUS

18



## Tuotanto on kansainvälistä



19

## Autonomiset kuljettimet ja robotit tuo mahdollisuuksia

<https://corosect.eu/>



20

Perusteet  
Hyönteisten rooli kiertotaloudessa  
Hyönteistuotannon ominaisuuksia

## Hyönteistalouden tuotteet

Markkinat



**Luke** ©LUONNONVARAKESKUS

21

## Tuotteista



Kuva: Miika Tapio/Luke

**Luke** ©LUONNONVARAKESKUS

Jae	Tuote
Toukkaproteiini	Rehu, biomuovi...
Toukkarasva	Rehurasva, biodiesel, kosmetiikka, pinnoitteet...
Toukkalanta eli frassi	Lannoite, biokaasu, biohiili
Toukkakitiini	Syötävät kalvot, kitosaani...
Aikuiset kärpäset (pieni määrä)	Pigmentit

M. Tapio, Hyönteiset kiertotaloudessa, 25.10.2022

**Luke**  
LUONNONVARAKESKUS

22

## Lähes kaikille tuotteille yhtenäiset EU-käytännöt

Rehuun:

- Hydrolisoitu hyönteisproteiini
- Hyönteisrasva
- Hyönteisproteiini, "PAP"**
- Elävät hyönteiset
- Kokonaiset tapetut hyönteiset

	Märehtijät	Vesiviljely	Sipikarja	Sika	Lemmit	Turkiset, + tönnöttäiset	Toisin käyttö
Hyönteisproteiini	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Hyönteisrasva	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Kokonaiset hyönteiset (sulfolisenaan)	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✓
Kokonaiset hyönteiset (kälteily)	✗	✗	✗	✗	✓	✓	✓
Elävät hyönteiset	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Hydrolisoitu hyönteisproteiini	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

\* Jos kansalliset viranomaiset sallii  
\*\* mustasotilankärpänen, husekekärpänen, jauhopukki, kanatunkkari, kotsirikka, trooppinen kotsirikka

Mukautettu lähteestä: JPIFF Guide on good hygiene practices (2022), s. 25.

Luke  @LUONNONVARAKESKUS

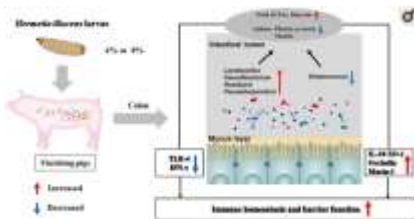
Kaikista säädöksistä ajantasainen tieto: ruokavirasto.fi

23

## Rehuaine, erityisesti proteiini



Proc, K. et al- (2020). doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.138125



Yu, M. et al. (2019) doi: 10.1186/s40104-019-0358-1.

Luke  @LUONNONVARAKESKUS

**Koira ja kissa:** hypoallergiset tuotteet ja maistuvat herkut

**Vesiviljely:** Korvaa soijaa ja lieventää soijan aiheuttamaa suolistotulehdusta ja parantaa immuniteettia.

**Sika:** 4-8% lisä rehuun vahvistaa suolen epiteeliä, parantaa mikrobiotaa ja alentaa tulehdusta. Parantaa rehun käyttöä. Rasva vähentää porsasripulia.

**Siiipikarja:** Parantaa rehun käyttöä ja vastustuskykyä. Rasva nopeuttaa broilerin lihomista.

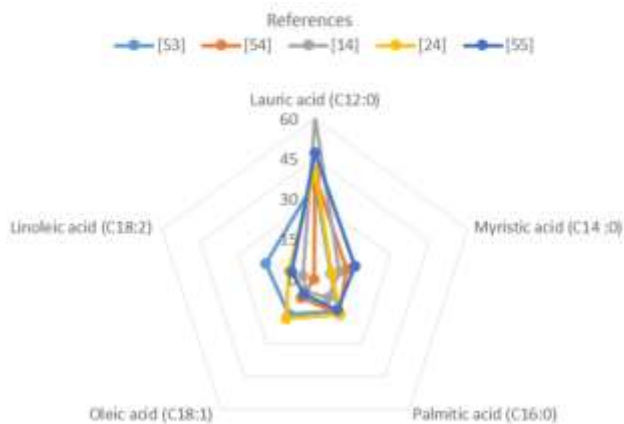
Mahdollistaa lajityyppisen käyttäytymisen

**Ympäristövaikutus (ja kannattavuus)** riippuu erityisesti substraatista. Ei itsestään selvää että on alle soijan.

M. Tapio, Hyönteiset kierratoloudessa, 25.10.2022

24

## MSK rasva: Pääosin lauriinihappoa



Almeida et al. (2020) Bioactive compounds from *Hermetia illucens* larvae as natural ingredients for cosmetic application. *Biomolecules* **10**, 1–12.

**Paljon mahdollisuuksia, jos mittakaava riittävä.**

**Mikä olisi sopiva erityistuote aluksi?**

**Joitain käyttöalueita:**

- huuhteluaineet, malmienpuhdistuksen vaahdotusaineet, korroosionesto, kosmetiikka
- rasvahappo-esterit (FAE) (biodiesel)
- shampoo, pinta-aktiiviset aineet kuten detergentit, kostutusaineet, emulgointiaineet, vaahdotusaineet tai dispergointiaineet
- valkaisuaineet, muovien valmistus, rasvojen, öljyjen ja vahojen kuivausaineet

**Usein toukkien yhteydessä esille nostettuja:**

- Energia, biodiesel (+ biokaasu),
- Kosmetiikka

1 kg ruokajätteestä (Win et al. 2018):

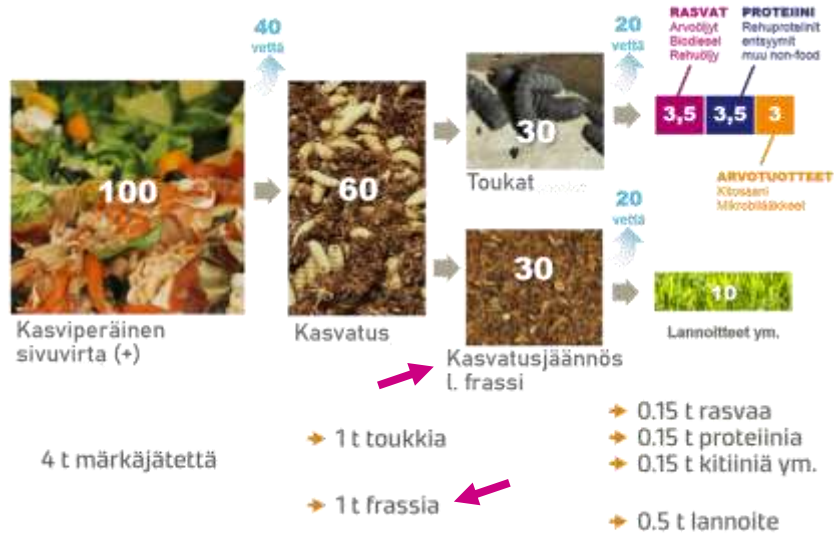
110 l CH<sub>4</sub> suoraan, TAI  
129 l CH<sub>4</sub> toukkakäsittelyllä, TAI  
106 l CH<sub>4</sub> + 23 g biodieseliä

M. Tapio, Hyönteiset kierratoloudessa, 25.10.2022

Luke ©LUONNONVARAKESKUS

25

## Kasvatusjäännös/frassi voi olla keskeinen tuote



Vettä haihtuu ~3 t, CO<sub>2</sub> ~30% vs. kompostointi

Luke ©LUONNONVARAKESKUS

M. Tapio, Hyönteiset kierratoloudessa, 25.10.2022

Luke  
LUONNONVARAKESKUS

26

## Hyönteislanta eli frassi eli kasvatusjäänös



- Frassi on hyönteisten lantaa. Käytännössä sisältää myös syömätöntä materiaalia ja toukkien vanhoja kitiinikuoria ja mahdollisesti pienen määrän kuolleita toukkia.
- Tällä hetkellä EU –markkinoilla
  - Lähtöisin ruokaketjun vaatimusten mukaisesti kasvatetuista toukista.
  - Hygienisointi (70 °C, 1 h).
- Hinta puhtaasti ravinteiden perusteella ~60 EUR/t
  - Käytännössä hinta markkinoilla n. 150 kertaa tämä (2020).
  - Uutuusarvo, hajuttomuus, keveys, imago...
  - Vähentää sienivahinkoja, lisää typenottoa...
  - Vähintään yhtä hyvä kuin muut, mutta melko usein 5-30% parempia tuloksia, riippuen asetelmasta.
- Ympäristövaikutus vrt. ei-orgaaninen: Energia ja vesi <10%, kasvihuonekaasut <25%, maankäyttö <90%
- Suositellaan 2-3 kg/10m<sup>2</sup> (t/ha), joka on vajaat puolet useiden muiden orgaanisten lannoitteiden suosituksista
  - NPK arvot voivat vaihdella!



## Kitiini ja johdannaiset



**Hyötyjä:** biohajoavuus, biologinen yhteensopivuus, antimikrobinen aktiivisuus, myrkyttömyys sekä monipuoliset kemialliset ja fysikaaliset ominaisuudet.

Hyönteiskitosaanin antimikrobinen aktiivisuus voimakkaampaa kuin äyriäiskitosaanin

(Khayrova et al. (2022) doi: 10.3390/molecules27020577)

**Rakennemassa:** Yksinään tai komposiittina muiden biopolymeerien kanssa. (FLAM, "martian biolith")

(Lääketeiede, tekstiiliteollisuus, jätevedenpuhdistus...)

**Suoja-aine:** Erilaisia antimikrobiaalisia ominaisuuksia, sopii ruokapakkauksikalvoksi yksin tai muiden biologisten aineiden kanssa (esim. rosmariini, teepuu, neilikka, oregano ja eukalyptus)

**Aurinkosuoja:** Kitosaani-melaniinikompleksi

**Rehulisäaine:** Pienenä määränä mm. lisää maidontuotantoa ja vähentää metaanin tuotantoa

Sanandiya et al. (2020) doi: 10.1038/s41598-020-61664-1.



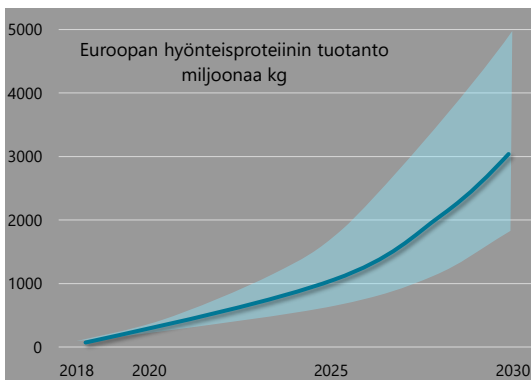
Perusteet  
Hyönteisten rooli kiertotaloudessa  
Hyönteistuotannon ominaisuuksia  
Hyönteistalouden tuotteet

## Markkinat

Luke ©LUONNONVARAKESKUS

29

## Tilanne Euroopassa: Ala ennakoi voimakasta kasvua



Perusskenaario ja säädösepävarmuus,  
Lähde: IPIFF 2019

Luke ©LUONNONVARAKESKUS

2020:

- Muutama milj. kg proteiinia

2030:

- 3000 milj. kg proteiinia
- Miljardimarkkina
- Työllistää 100 000

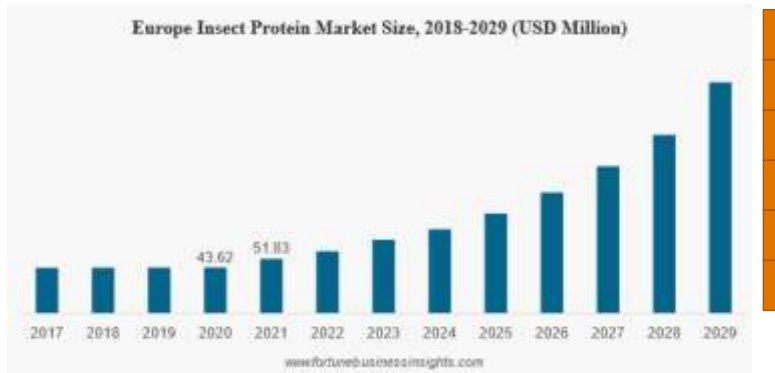
Markkinoiden painopisteet lähitulevaisuudessa:

- Ensin EU, mutta jo 2030 maailman markkinat ehkä pääosassa, yksikkökoko kasvaa
- Rehun raaka-aineet: vesiviljely (40%), lemmikit (30%), siipikarja (25%), sika (6%).
- Monet uskovat säädösten vielä kehittyvän EU:n 2030 -tavoitteiden vuoksi

M. Tapio, Hyönteiset kiertotaloudessa, 25.10.2022

30

## Konservatiivisempi arvio: 6x kasvu (arvo, USD)

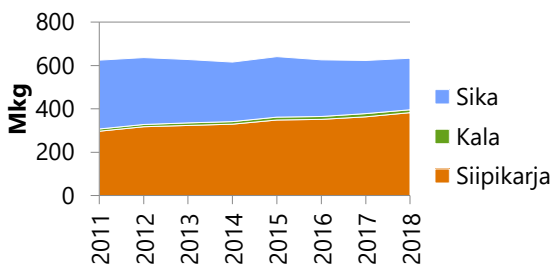


<https://www.fortunebusinessinsights.com/industry-reports/insect-based-protein-market-100780>

31

## Rehu- ja maanparannemarkkinat ovat suuret

~600 Mkg rehusekoitteita

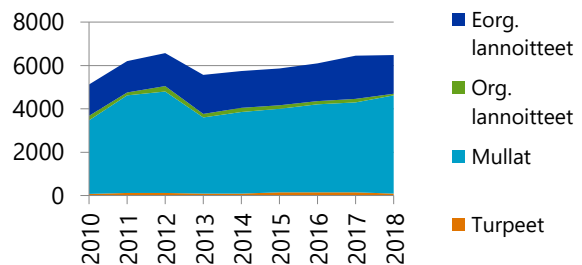


Suomessa käytetään:

~175 Mkg soijaa / vuosi

~150 Mkg kalajauhoa / vuosi

>6000 Mkg lannoitteita ja maanparanteita



Suomessa käytetään:

~ 2000 Mkg lannoitteita

> 4000 Mkg multaa

> 100 Mkg turvetta

32



## Kiitos

Miika Tapio, miika.tapio@luke.fi

33

## Löydä meidät verkosta

➤ [luke.fi](https://luke.fi)

Tilaa uutiskirjeemme ja pysy jyvällä!  
[luke.fi/uutiskirje](https://luke.fi/uutiskirje)



Luonnonvarakeskus (Luke)  
 Latokartanonkaari 9, 00790 Helsinki



34