Marjava: Kasvualustat ja niiden käsittely marjojen tunnelituotannossa -webinaari, 17.3.2026

UNIVERSITY OF EASTERN FINLAND

Työperäinen altistuminen kasvualustojen käsittelyssä

Pertti Pasanen

Itä-Suomen yliopisto, ympäristö- ja biotieteiden laitos

Sisältö

- Yleisesti altisteista
  - Pöly
  - Bioaerosolit (määritelmä, rajaus: home, bakteerit, virukset)
  - Raja-arvot: pöly, mikrobit
- Tutkimusesimerkki altistumismittauksista
  - Menetelmät
    - Pöly
    - Mikrobit
    - VOC
  - Tulokset
    - Pöly
    - Mikrobit
    - VOC
  - Johtopäätökset
    - Altistumistasot
- Legionella
  - THL ohjeistus
- Altistumisen vähentäminen
  - Ilmanvaihtotekniikka, paikallispoistot, automatisointi, suljetut prosessit
  - Suojautuminen, hengityssuojain
- Tulevaisuus
  - Mitä olisi syytä selvittää (kasvualustan pölyävyys, kasvualustan mikrobit, pidempiaikaisen altistumisen riskit)

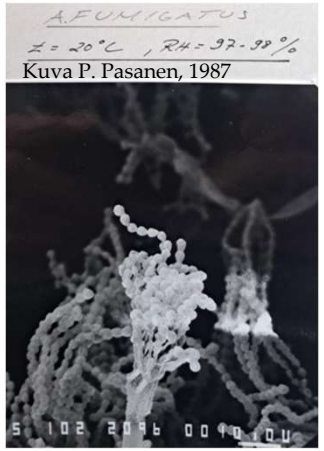
Johdanto

- Kasvualustojen käsittelyn altisteet
  - Epäorgaaninen pöly
    - Maaperäpöly, mineraalipölyt
  - Orgaaninen pöly
    - Kasvualustan raaka-aine, puupöly, kasvinosat

Työhygieenisiä raja-arvoja pölyille

Altiste	HTP 8 h mg/m³	HTP 15min mg/m³
Epäorgaaninen pöly	10	
Orgaaninen pöly	5	
Puupöly	2	
Kvartsi, alveolijae (d_p< 4 µm)	0,02	

Johdanto



Kuva P. Pasanen, 1987

- Bioaerosolit
  - Eloperäistä aineesta peräisin olevia orgaanisia hiukkasia
  - Mikrobiologiset altisteet
    - homeet, hiivat,
    - bakteerit, virukset
    - alkueläimet, levät,
  - Siitepölyt ym.
- Haihtuvat orgaaniset yhdisteet

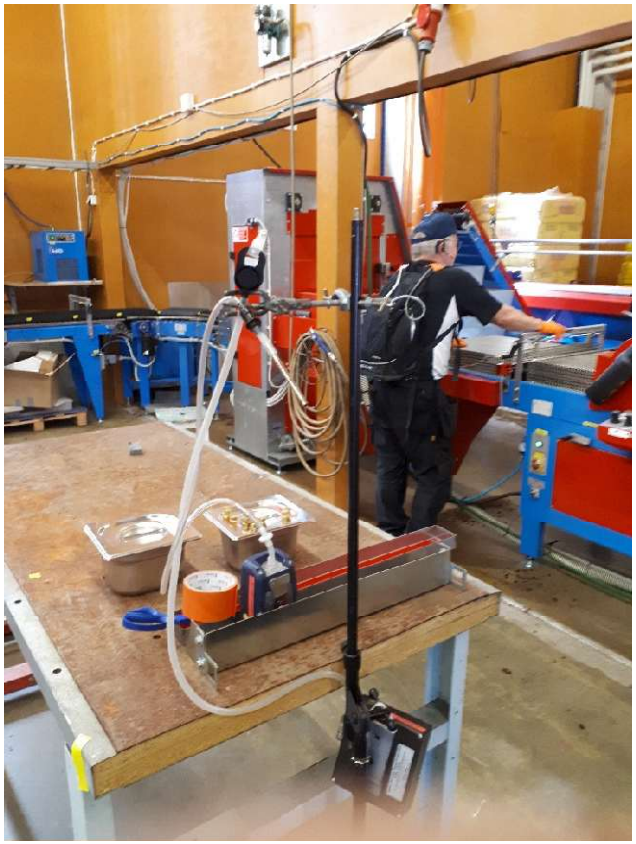
- Mikrobiologisten altisteiden raja-arvoja
  (ehdotetut arvot, Alankomaat)
  - Sieni-itiö- ja bakteerialtistuminen 10000 pmy/m^3
  - Gram-negatiiviset bakteerit 1000 pmy/m^3
  - Endotoksiinit 90 EU/m^3

Tutkimusesimerkki turvetta korvaavien kasvualustojen altisteista

- Energiaturpeen tuotannon vähentyessä kasvuturvetuotannolle tulee haasteita
- Korvaavia ratkaisuja haetaan
  - eri koostumus, ja ominaisuudet

Tavoitteet

- Tutkimuksen tavoitteena oli mitata työntekijöiden hengitystiealtistumista mikrobeille, hiukkasille ja haihtuville orgaanisille yhdisteille
- Tutkimus toteutettiin LUKEn taimituotantohallilla Suonenjoella



Tutkitut kasvualustat

Testauspäivä	Kasvualusta	Valmistaja/alkuperä ja seossuhde
3.6. 2024	Kasvuturve	Kekkilän metsätaimiturve, lannoitettu ja kalkittu
4.6. 2024	Sammal	Novarbon 100 % rahkasammal (suobiomassa), lannoitettu ja kalkittu, typpilisä Suonenjoella
5.6. 2024	Turve-sammal-puukuitu	Kekkilä Ecoboost, C-turve 50 % + sammal 25 % + puukuitu 25 %, lannoitettu ja kalkittu, typpilisä Suonenjoella

Työvaiheet ja niiden kesto tutkimusten aikana (esimerkkitäyttö)

Aloitus klo	Kesto min	Työvaihe
9.56	6	**1. sekoittimen täyttö:** massan lapiointi 50 litran saaveihin, kaato sekoittimeen, yhteensä 400 litraa
10.02	5	Sekoitus ja massan kostutus
10.07	5	Linjaston käynnistys ja kennostojen täytön aloitus
10.12	6	**2. sekoittimen täyttö**
10.18	5	Sekoitus ja massan kostutus
10.23	5	Linjaston käynnistys ja kennostojen täytön aloitus
10.26	3	**3. sekoittimen täyttö**
10.32	7	Sekoitus ja massan kostutus
10.40	8	Linjaston käynnistys ja kennostojen täytön aloitus
10.50	10	Täyttö tehty, pientä siivoilua sekoittimen luona
10.55		Valmista täytön osalta

Ilmasta mitatut parametrit

Hengittyvä pölyn massapitoisuus

- IOM –keräin, punnitusmenetelmä

Jatkuvatoimiset mittarit

- Dust Trak (optinen laskuri, massa)
  - PM_{10} $d_p < 10$ µm
- OPS (optinen hiukkaslaskuri)
  - Kokoluokitteleva d_p 0,3-10 µm, kuusi kokoluokkaa

Haihtuvat orgaaniset yhdisteet

- Adsorbentti, kaasukromatografi

Elinkykyiset bakteerit ja homesieni-itiöt

- THG -alusta bakteereille
  - Kasvatus 30 °C
- M2 -alusta homeille
  - Kasvatus 25 °C

Lämpötila ja suhteellinen kosteus

Mikrobikeräin

- 6-vaiheinen Andersen -impaktori, jossa keräysalustana mikrobien kasvualusta (THG tai M2)
- Tilavuusvirta 28,3 dm^3/min

Vaihe	Reiän halkaisija, mm	Virtausnopeus, m/s	Leikkausraja d_{50} µm
1	1,18	1,08	7,2
2	0,91	1,80	4,8
3	0,71	2,97	3,2
4	0,53	5,28	2,1
5	0,34	12,8	1,0
6	0,26	23,3	0,6



Andersen A A: New Sampler for the Collection, Sizing and Evaluation of Viable Airborne Particles, J Bacteriol, 1958, vol 76 (5): 471-484

Bakteeripitoisuudet

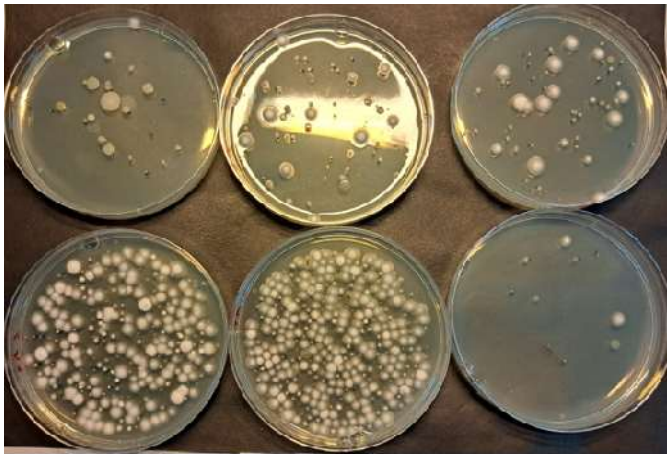
Peräkkäiset näytteet
A tuotannon alkupuoli
B tuotannon loppupuoli
C ulkoilmanbakteeripitoisuus



Kasvualusta	Bakteeripitoisuus (pmy/m³)		
	Työvaihe		Ulkona
	A	B	C
Turve	5 800	14 200	85
Sammal	3 400	2 300	25
Turve-sammal-puukuitu	38 800	31 100	95

Homesieni-itiöpitoisuudet

Peräkkäiset näytteet
A tuotannon alkupuoli
B tuotannon loppupuoli
C ulkoilman homesieni-itiöpitoisuus



Kasvualusta	Homesieni-itiöpitoisuus (pmy/m³)		
	Työvaihe		Ulkona
	A	B	C
Turve	8 000	11 000	290
Sammal	9 000	5 100	930
Turve-sammal-puukuitu	30 900	34 600	270

Hengittyvien hiukkasten massapitoisuudet, työvaiheittain



Hv1 = hengitysvyöhykenäyte 1
Hv2 = hengitysvyöhykenäyte 2
Kp1 = kiinteä piste 1 (täyttökoneen vieressä),
Kp2 = kiinteä piste 2 (sekoituspisteen vieressä),
n = mittausten lukumäärä

Näyte	n	Massapitoisuus (mg/m³)
		Keskiarvo (vaihteluväli)
Hv1	4	**0,69** (0,20–1,23)
Hv2	3	**0,48** (0,14–0,91)
Kp1	3	**0,27** (0,10–0,42)
Kp2	4	**0,26** (0,20–0,31)
Ulkona	2	**0,08** (0,07–0,08)

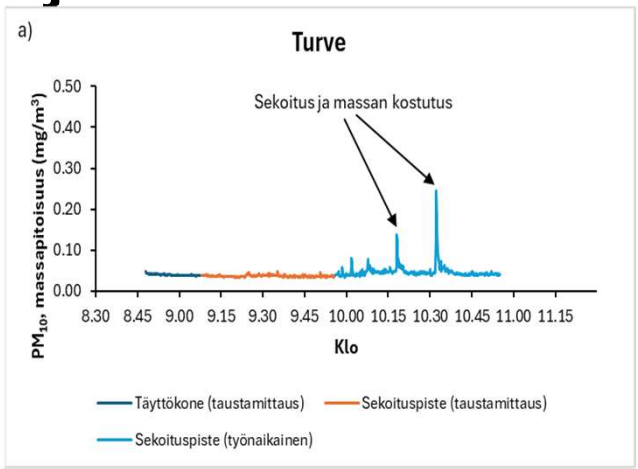
HTP-arvot
Puupöly 2 mg/m³
Orgaaniset pölyt 5 mg/m³

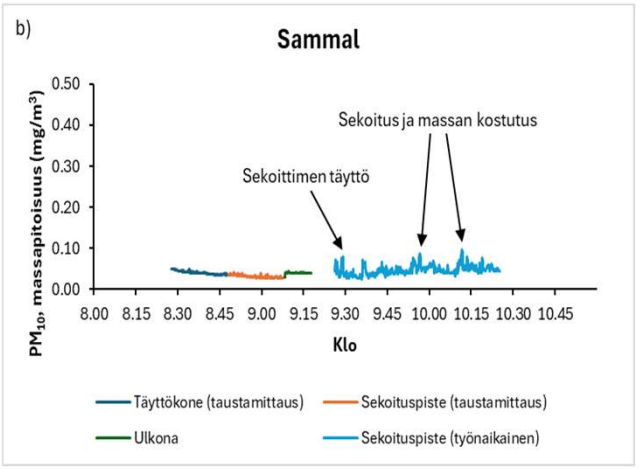
PM 10 –hiukkasten massapitoisuus kasvualustan sekoituspisteessä ja ulkona

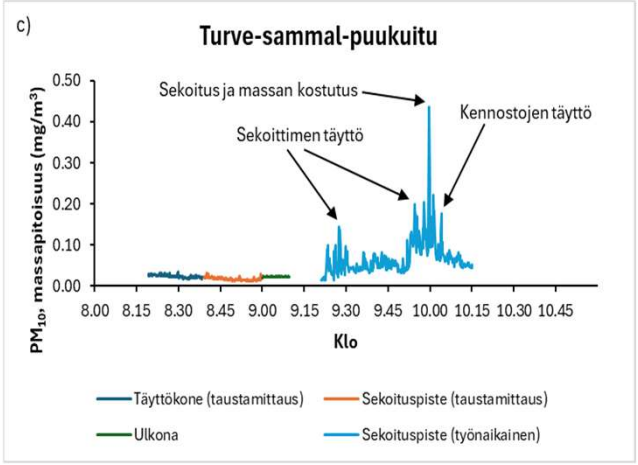
Optinen Dust Trak II (TSI AM 8530)

Tausta ennen työvaihetta ja ulkoa







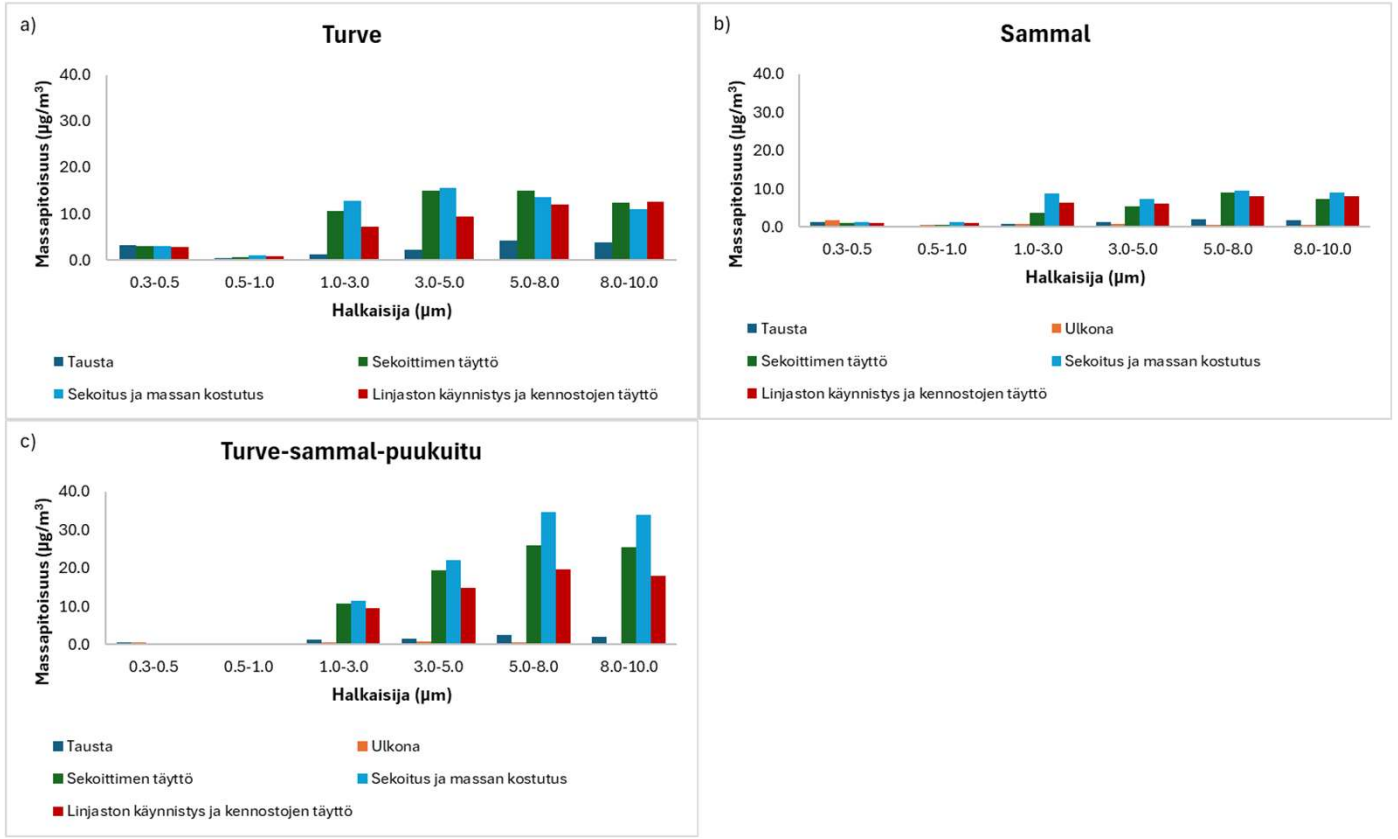


Hiukkasten massapitoisuuksien keskiarvot kokoluokittain kiinteissä pisteissä

Optinen hiukkaslaskuri (TSI OPS 3330)

Tausta mitattu kahdesta kohtaa.

Työnaikaiset pitoisuudet on mitattu kasvualustan sekoituksen lähellä olevassa pisteessä



Haihtuvat orgaaniset yhdisteet

- Pitoisuustasot pieniä
  - Alle 0,5 mg/m^3
  - Pääosin terpeenejä, korkeimmat pitoisuudet puukuitua sisältävässä työvaiheessa





Johtopäätökset

- Kasvualustoja käsitteltäessä altistuminen biologisille pölyille on merkittävää ja tulee huomioida suojautumisessa
- Kasvualustojen pölyävyys heijastui ilman hiukkaspitoisuuteen ja mikrobipitoisuuteen
- Turve-sammal-puukuitu materiaalin käsittelyssä oli korkeimmat pöly- ja mikrobipitoisuudet, samoin haihtuvien orgaanisten yhdisteiden pitoisuus

Legionella

- Ympäristömikrobi
- Suurina aerosolipitoisuutena aiheuttanut vakavia hengitystiesairauksia, keuhkokuume, legionelloosi
- Flunssan kaltaisia oireita, Pontiac –kuume
- Euroopassa keuhkokuumeita ~ 10000 #/v, lisääntyvä

- Hyötyy isäntäeläimestä, amebat, ripsieläimet, biofilmi
- Laajalla näytteenottokirjolla, modernit tekniikat, legionellaa löytyy liki kaikista turve, sammal, hiekka näytteistä
- Lämpimät kosteat olosuhteet edistävät pitoisuuksien kasvua

- THL sivuilla ajankohtaista lisätietoa

THL ohjeita multa- ja kompostituotteita käsitteleville

- Vältä mullan ja kompostin pöllyttämistä hengitysilmaan
- Suojaa käsissä olevat haavat ja rikkinäinen iho
- Käytä suojakäsineitä ja pese lopuksi kädet huolellisesti
- Avaa multapussi siten, että suuaukko on poispäin kasvoista
- Kostuta tarvittaessa käsiteltävää multaa tai kompostia
- Pese multa- tai kompostimateriaali työvälineistä alhaisella vedenpaineella.
- Säilytä multapussit poissa auringosta, sillä auringossa säilytetyn pussin sisälämpötila 20–40°C on ihanteellinen legionella -bakteerien lisääntymiselle.
- Jos pölyämistä ei voida muutoin vähentää, FFP2 ja FFP3-tason suojaimet suojaavat altistumiselta. Muista suojaimen tiivis asettaminen kasvoille

THL sivuilla ajankohtaista tietoa legionellasta

https://thl.fi/aiheet/ymparistoterveys/vesi/legionellabakteerit-vesijarjestelmissa#Legionellat_maaperassa

Altistumisen vähentäminen

- Periaatteet
  - Lähteiden hallinta
  - Leviämisen estäminen
  - Henkilökohtaiset suojaimet
    - FFP2, orgaaniset pölyt
    - FFP3, myös virukset
    - Kasvosuojain, puolinaamari
    - Moottoroitu hengityksensuojain pidempiaikaiseen työskentelyyn

- Altistavien työvaiheiden tunnistus
- Torjuntatoimenpiteiden riittävyyden arviointi, vaihtoehtojen kartoitus, valinta
- Suojautumistarpeen arviointi
  - Suojaimen käytön kuormittavuus

Tutkimustarpeita

- Pölyn leviämisen hallinta- ja kehittämistoimet
  - Tekniset torjuntaratkaisut, paikallispoistot, automatisointi, suljetut prosessit
- Ennaltaehkäisy
  - Kasvualustojen pölyävyys ja sen alentaminen
  - Kasvualustan mikrobiologinen koostumus, mikrobit
- Omavalvontamenetelmien kehittäminen

Kiitokset

Antti Karjainen, UEF
Minna Kivimäenpää, LUKE
Hanna Ruhanen, LUKE
Katri Himanen, LUKE
Eila Torvinen, UEF



Lähteitä:

Pasanen & Karjalainen: Turvetta korvaavien kasvualustojen työhygienia, 2024

Maunuksela L. ym. Legionellat kasvualustoissa LEGIGROW hankkeen raportti, 2020