

# ECOSAFE JA ECOSAFE2

## Mikrobiologia

Tutkijat: Mirja Salkinoja-Salonen, emerita Aalto  
ja Salla Venäläinen HY

Esitys: Ilkka Valovirta, Timo Hokkanen

Loppuseminaari 2.6.2023

# Lähtökohdat

- Rakentamiseen liittyvä mikrobiologian tutkimus on tärkeää
    - Ihmisten terveys ykkösasia. Ihminen voi hyvin luonnossa ja sisätiloissa ollaan 80% ajasta.. Luonto sisälle?
    - Mikrobitoiminnalle otollisia olosuhteita esiintyy väkisinkin – viimeistään vauriotilanteissa
    - Rakenteissa ja materiaaleissa on eroa
    - Rakenteiden oltava mahdollisimman vikasietoisia
    - Kosteusvauriot korjattava siten, etteivät mikrobivauriot uusiudu
    - Haitallisten mikrobikantojen muodostumista vältettävä (vertaa esim. sairaalabakteerit).
    - *Huom. Mikrobeja on kaikkialla ja valtaosa niistä on hyödyllisiä tai vaarattomia.*
- Oikeista toimintatavoista tarvitaan tutkittua tietoa



”RAKENNUSBIOLOGIA”  
– yhteensopivuus ja tasapaino ihmisen  
ja rakenteiden välillä

# Mikrobiologian tutkimus Ecosafe 2 -hankkeessa

## Saven ja kutterinlastun perustutkimus

- Kutterinlastun materiaaliominaisuudet (Ilkka T.)
- Alkuaineiden mittaaminen savinäytteistä, savien karakterisointi (Salla Venäläinen, HY)
- Miten tunnistaa hyvä rakennussavi: kosteus- ja mikrobiologiset ominaisuudet (yhdistettynä hyvään työstettävyyteen ja lujuusominaisuuksiin)

## Mikrobiologiset ominaisuudet

- Mikrobitoiminta eri materiaaleissa
- Aox-homeiden tunnistaminen ja niiden kasvun estäminen
  - Aox-homeet homeenestoaineille resistenttejä, usein ihmisille haitallisia yhdisteitä tuottavia
  - Saavat kilpailuetua mm. biosideistä, rikkivedystä ja hapen puutteesta
- Saven vaikutus homeiden VOC/POM päästöihin



# Homeiden haitallisista aineenvaihduntatuotteista

## 1. VOC-yhdisteet

- Volatile organic compounds, haihtuvat orgaaniset yhdisteet
- tVOC: kyseisten aineiden kokonaismäärä, ei ota kantaa aineiden tyyppiin
- Mikrobin, mm. homesienten aineenvaihduntatuotteita
- Koko max. 220 g/mol, kiehumislämpö <260 C (STM:n menetelmä)
- Tunnistus kaasugromatografi(GC) + massaspektrometri(MS)

## 2. POM-yhdisteet

- Particular organic matters
- >220 g/mol orgaanisia yhdisteitä, kiehumislämpö > 380 C "EIVÄT KAASUUNNU" -> EI TUTKITA
- Homeiden aineenvaihduntatuotteita VOC-yhdisteiden tapaan
- Eivät normaalioloissa haihtu, mutta kulkeutuvat vesihöyryn/nestepisaroiden mukana(väitös 2022 J Salo)
- Tunnistaminen vaatii VOC-yhdisteiden tunnistuksesta poikkeavia menetelmiä(LC/MS)

## 1 Ominaisuudet ja analysointimenetelmät

TTL  
/  
THL

VOC-yhdisteiksi kutsutaan haihtuvia orgaanisia yhdisteitä, joilla on huoneenlämpötilassa (n. 22 °C) merkittävä höyrynpaine ja jotka voidaan kaasukromatografisin menetelmin todentaa sekä kvantitoida sisäympäristöistä tai ulkoilmasta. WHO:n määritelmän mukaan VOC-yhdisteiden sulamispiste on huoneilman normaaliämpötilaa alhaisempi ja kiehumispiste n. 50-260 °C (WHO, 1989). Kylläisten VOC-yhdisteiden höyrynpaine on tämän määritelmän mukaan suurempi kuin  $10^{-2}$  kPa. Määritelmä ottaa huomioon käytetystä analysointimenetelmästä johtuvat variaatiot ja siksi tarkkaa kiehumispisteväliä ei ole annettu (taulukko 2). TVOC-nimityksellä tarkoitetaan VOC-yhdisteiden kokonaispitoisuutta.

**Taulukko 2.** VOC-yhdisteiden luokittelu (WHO, 1989).

Kuvaus	Lyhenne	Kiehumis- pistealue (°C)	Höyrynpaine (kPa)	Esimerkkejä
Erittäin haihtuvat orgaaniset yhdisteet	VVOC <sup>1</sup>	<0..50- 100	>15	asetoni, etanoli, propanoili, C <sub>1</sub> -C <sub>6</sub> -alkaanit
Haihtuvat orgaaniset yhdisteet	VOC	50..100- 240..260	>10 <sup>-2</sup>	n-heksaanin ja n-tetra-dekaanin välinen kromatogrammin alue <sup>4</sup>
Puolihaihtuvat orgaaniset yhdisteet	SVOC <sup>2</sup>	240..260- 380..400	10 <sup>-2</sup> ..10 <sup>-8</sup>	useimmat PAH-yhdisteet
Hiukkasiin sidotut orgaaniset yhdisteet	POM <sup>3</sup>	>380	-	mykotoksiinit, ftalaatit, PCB

<sup>1</sup>Very volatile organic compounds; <sup>2</sup>Semi-volatile organic compounds; <sup>3</sup>Particulate organic matter; <sup>4</sup>TVOC-alue kattaa kuitenkin n-heksaanin ja n-heksadekaanin välisen kromatogrammin alueen

*Tutkitaanko oikeita aineita riittävän laajasti?*

VOC ->p.o VOC+POM

Mm. Mykotoksiinit liikkuvat ilmatilassa vesihöyryn mukana, eivätkä selviä kaasukromatografilla(GC/MS), vaan nestegromatografilla(LC/MS).

Ecosafe pyrki tutkimaan näytteiden yhdisteet LC/MS, mutta näytteitä ei saatu valmiiksi 😊 valitettavasti, eikä aox-päätelmien tueksi ei saatu näytteiden lajitunnistusta.

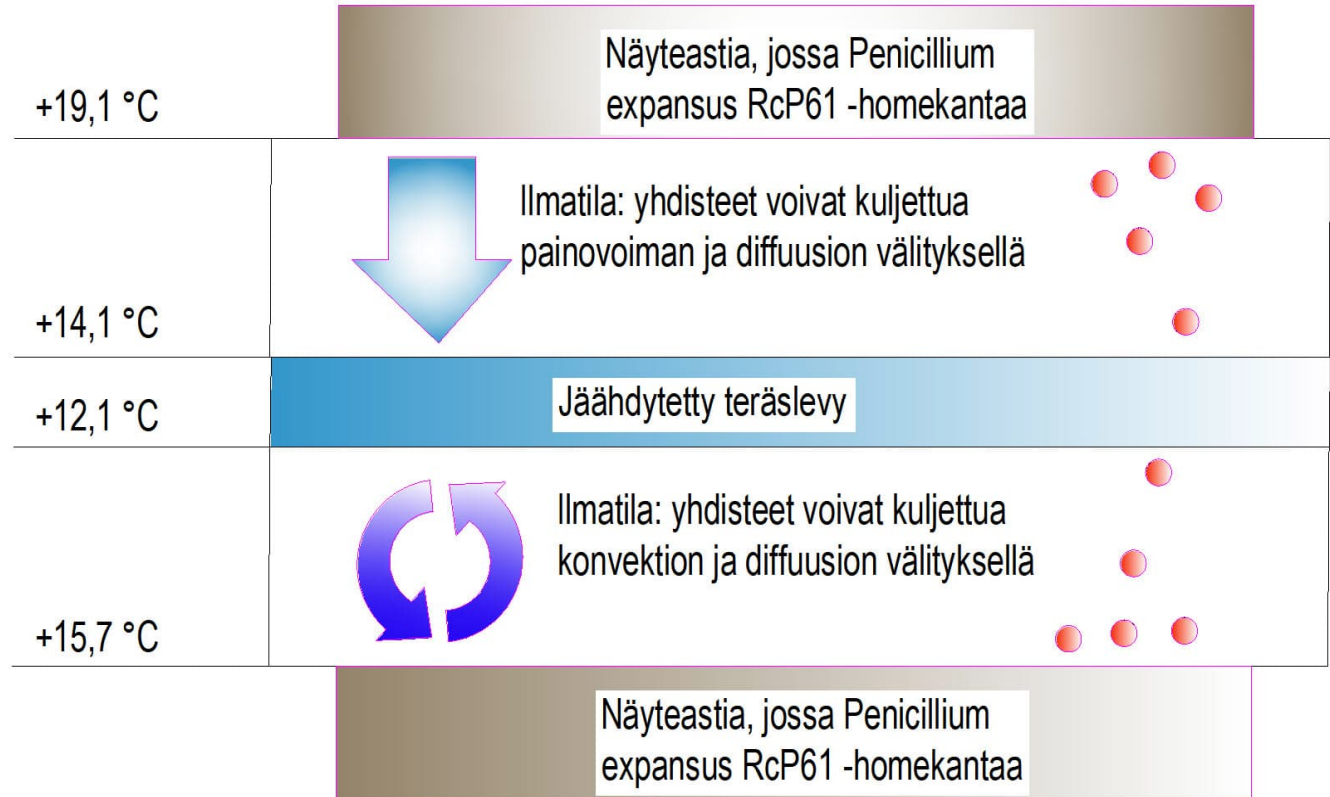
Kirjallisuudessa esiintyy useita vaihtoehtoisia määrittystapoja VOC-yhdisteille ja niiden kokonaispitoisuudelle (taulukko 3). Sisäympäristön - pois-lukien teolliset työympäristöt - ollessa kyseessä määritetään VOC-yhdisteet poikkeuksetta termodesorptio-kaasukromatografia-massaspektrometrinen detektio -laiteyhdistelmällä. Tähän myös STM:n sisäilmaohjeessa olevat ohje-/raja-arvot perustuvat (STM, 2009). Teollisissa

# Yhdisteiden kuljettuminen vesihöyryn välityksellä:

Kahden näyteastian väliin  
jäähdytetty levy, jonka  
pintaan vesihöyryä  
tiivistyy.

Yhdisteet tunnistettavissa  
vesipisaroista  
nestekromatografilla

(LC-MS, Liquid  
chromatography – mass  
spectrometry)



Salo, M.J. et al. Penicillium expansum strain isolated from indoor building material was able to grow on gypsum board and emitted guttation droplets containing chaetoglobosins and communesins A, B and D. Journal of Applied Microbiology 127, 1135-1147 (2019)

# Mikrobiologian tutkimus Ecosafe 2 -hankkeessa

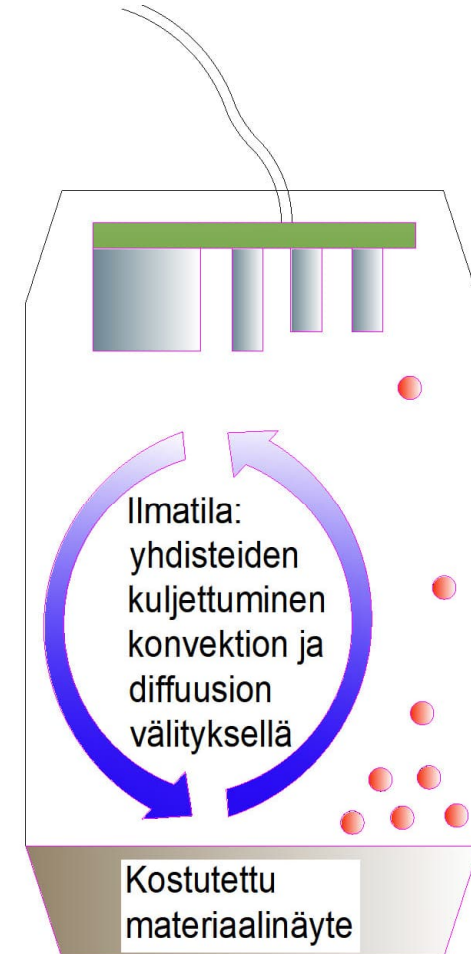
## Näyttemateriaalit

- 7 savilaatua (tunnukset 101-107)
- 5 kutterilaatua (tunnukset 201-205)
- Savi- ja kutterinäytteiden yhdistelmät

Lisäksi hyödynnetty Aalto Yo:lla tehtyjä aiempia materiaalinäytteitä, mm. sairastuttaneista taloista.

# Vesihöyryn kuljetuskyky - yksinkertainen mittaus

- Näyte 1 litran vetoisen astian pohjalle
- Purkin kannessa piirilevyyn juotetut anturit
- Kostutus
- Tuuletus, jotta nähdään jatkuuko VOC -tuotanto
- Mitattavat suureet
  - TVOC+POM (sama anturi tunnistaa myös suuremmat, yli 200 g/mol yhdisteet)
  - Hiilidioksidi (CO<sub>2</sub>), kertoo mikrobitoiminnan aktiivisuudesta
  - Rikkivety ja syaanivety (H<sub>2</sub>S, HCN), haitallisia
  - Happi (O<sub>2</sub>)
  - Lämpötila ja suhteellinen kosteus (T, RH)
- Jatkuva automaattimittaus, esim. 20 vrk, 1/min

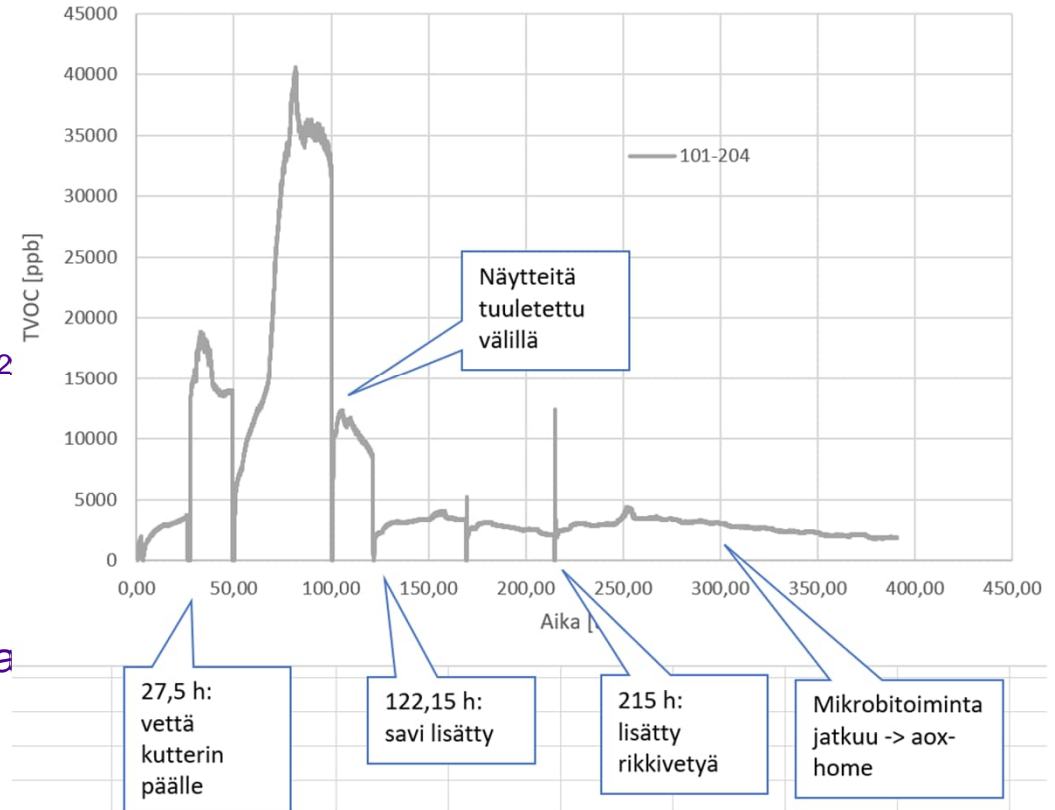




# Mittauksen vaiheet, esim.

- Näyte 1 litran vetoisen astian pohjalle
  - Yleensä aloitettu puhtaalla kutterinlastulla
- Kostutus
- Mikrobitoiminnan alkaminen havaitaan
  - tVOC-anturin lukemasta
  - Hiilidioksidianturin lukemasta (normaali ilman CO<sub>2</sub> pitoisuus luokkaa 400...500 ppm)
- Saven lisäys
  - Vaikutus tVOC- ja CO<sub>2</sub> -lukemiin
- Rikkivedyn (tai syanidin) lisäys
  - Mikrobitoiminnan jatkuminen merkki aox-homeista
- tVOC-anturien kalibrointi tolueenilla mittauksen loppuksi

TVOC-pitoisuudet: savi 101 ja kutteri 204



# Savi voi muuttaa mikrobien toimintaa – *tVOC* \*) vähenee

1. Tuore puu-kutterilastu kostutettiin ja *tVOC* muodostui
2. Saven lisäys 2.tuuletuksen jälkeen mikrobitoiminta muutti *tVOC* tuotosta ja CO<sub>2</sub> -tuotoksi pysyvästi

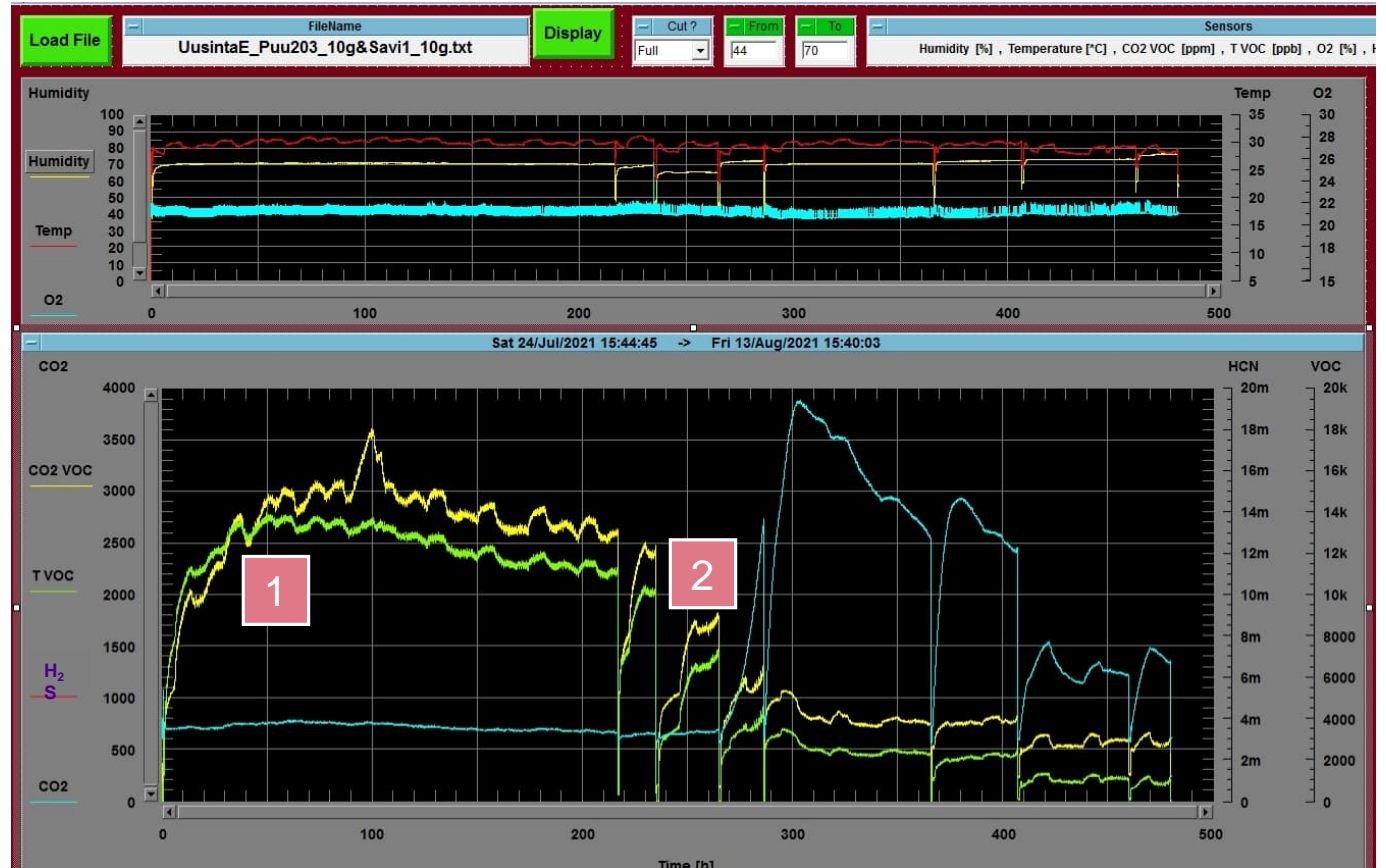
Mirja: bakteerit syö *tVOC*t \*)

## Savet

- Negatiivinen sähkövaraus
- Valtava tartuntapinta
  - ravinteille ja mikrobeille
  - jopa 500m<sup>2</sup>/1g
- Puun *tVOC* todennäköisesti pihkaa
- 500 h = 30 000 mittausta, 20 vrk

Vähentääkö savi ihmiselle haitallisia *tVOC* -päästöjä ?

*tVOC* tässä = kaasumaiset JA nestepisaroiden mukana kulkevat yhdisteet



# AOX-homeiden päätelmä

- AOX (alternatiivinen oksidaasi) on tiettyjen homeiden ominaisuus. Niiden aineenvaihdunta(hengitys) ei sammu biosideilla(rikkivety, boori, syanidi)
- Tunnetuista ihmiselle haitallisista mykotoksiineista(sienimyrkyistä) suurimmalla osalla on aox-ominaisuus
- Ne kasvavat hitaammin kuin ”hyvikset”, ihmiselle vaarattomat ja/tai hyödylliset mikrobit, jotka ”kuolevat” biosideilla

## Päätelmät (Mirja S-S, Aalto)

- AOX-homeet saavat hitaasti kilpailuedun, jos materiaalissa käytetään biosideja
- **Jos materiaalin VOC/POM –päästö jatkuu biosideista huolimatta, niissä on AOX-hometta ja riski toksisuudesta on suurempi**

## Ecosafe –puute!

- Näytteistä tehtyjen AOX-päätelmien tueksi oli tarkoitus tehdä lajitunnistus niiden mikrobeista

1. DNA –tutkimus / Jyväskylä YO
2. LC/MS tutkimus(tarkka!) / eri toimijoita
3. Toksisuustesti ihmisen keuhkosoluilla (näitä on tehty aiemmin Suomessa)

Eri syistä (väline, materiaalit, prosessi) tässä ei onnistuttu, mikä heikentää päätelmiä!

Silti saven vaikutukset VOC/POM päästöihin ovat merkitseviä ja lisätutinnan arvoisia!

# Savi vähensi aox-homeiden tVOC-päästöjä

1. Asumiskieltoon päätyneen talon yläpohjavillassa booria 2 p%, joka vastaa 20p% booraxia(käytetty lisäaine)  
Päätelmä: eristeen tVOC on todennäköisesti aox-typin mikrobien (home tai bakteeri) tuottamaa, koska ne sietävät näin korkeita booripitoisuuksia. (Teollisissa villoissa on booria, myös kivillä, 2-3% tai <1%+ ammoniumsulfaatti)
2. Saven lisäys, 20 p%, boorax-pitoiseen eristeeseen puolitti sen tVOC -päästöt.

## Aox-homeet

1. Tehokkaita tuottamaan myrkyllisiä mykotoksiineja suomalaisissa sisäilma ongelmaisissa rakennuksissa. Aox homeiden tuottamien toksienien

**koko on 342-1965g/mol ja näkyvät tVOC:ssa**

2. Sietävät yleisimpiä homeenestoaineita

Materiaalin **riikki** voi hapen puutteessa mikrobien toimesta muuttua rikkivedyksi( $H_2S$ ), joka on ihmiselle haitallista ja voi lisätä aox-homeen kasvua

**Kipsissä rikkiä on n. 20 paino%**



# Tuloksia lyhyesti

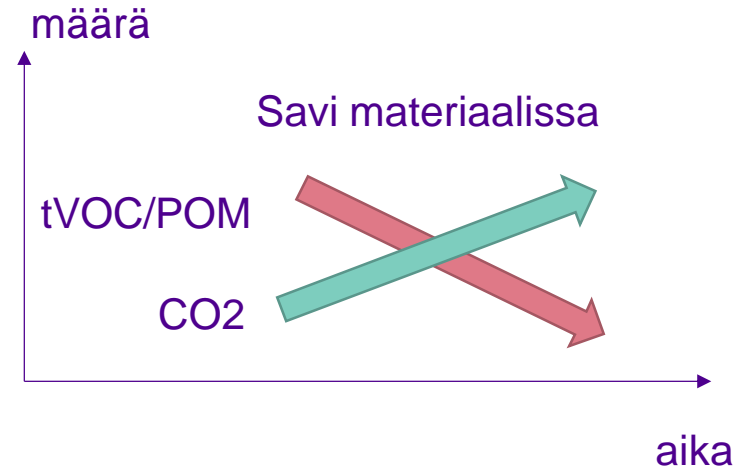
- Tietyt savilaadut vaimentavat aox-homeiden kasvua
- Mikrobin aineenvaihduntatuotteiden hajoavat CO<sub>2</sub>:ksi, joka on helppo tuulettaa pois
- Näin toimivat savet ovat
  - 1.emäksisiä
  - 2.rautapitoisia
  - 3.vähän rikkiä sisältäviä
  - 4.kalium/natrium -suhteeltaan korkeita
  - Edellä mainittujen ominaisuuksien testaaminen varsin helppoa

- Tulosten vähyyden takia mittauksia pitää toistaa ja tehdä lisää.

**Päätelmiä(M S-S) – vaatii lisää tutkimusaineistoa, mutta on jo useita hyviä tuloksia!**

- Saven vaikutus on todennäköisesti pysyvä, koska se perustuu saven pinnalla elävien bakteerien toimintaan eikä savi ”kulu”
- Ecosafe ulkopuolelta: biohiilen kohdalla vaikutus ei olisi pysyvä, koska biohiili ”kuluu” prosessissa.

- **Eli savi vaikuttaisi olevan materiaalina helppo, riittävä, halpa ja hyvä mikrobiologisesti!**



# Savien fysikaalis-kemiallinen analyysi,

(Salla Venäläinen, HY)

- Mitattu alkuainekoostumus
- Vähärikkisyys ja K/Na -suhde toivottavia

	<b>K</b>	<b>Na</b>	<b>K/Na</b>	<b>Ca</b>	<b>Mg</b>	<b>S</b>	<b>P</b>	<b>B</b>	<b>Fe</b>	<b>Al</b>	<b>Mn</b>	<b>Zn</b>
<b>Puu</b>												
<b>201</b>	590	121	4,9	466	187	89	61	8	4	7	97	27
<b>Puu</b>												
<b>202</b>	2055	176	11,7	1711	3662	105	226	63	13790	9675	227	53
<b>Puu</b>												
<b>205</b>	395	28	13,9	701	152	93	21	7	3	0	11	17
<b>Savi</b>												
<b>101</b>	6798	541	12,6	5032	12050	179	565	164	50956	34311	545	127
<b>Savi</b>												
<b>102</b>	9005	646	13,9	5122	13956	131	627	159	48157	34964	514	120
<b>Savi</b>												
<b>103</b>	6768	929	7,3	3076	9744	550	627	123	35063	24878	352	98
<b>Savi</b>												
<b>104</b>	11057	1183	9,3	6440	14797	675	635	189	55173	42907	445	133

# Savien fysikaalis-kemiallinen analyysi

- pH-arvo, sähkönjohtavuus, ominaispinta-ala ja kationinvaihtokapasiteetti (KVK) (savien negatiivinen sähköinen nettovaraus).
- Emäksen puolella oleva pH toivottava
- Yleisesti: saven suuri pinta-ala(jopa 500m<sup>2</sup>/g) mahdollistaa tehokkaan reagoinnin VOC / POM –yhdisteiden kanssa

Tutkittu näyte	pH	Sähkönjohtokyky EC mS/cm	KVK cmol(+)/kg	Ominaispinta-ala m <sup>2</sup> /g
Puu 205	4			
Savi 101	7,1	0,07	27,2	86
Savi 102	7,5	0,06	20,7	59
Savi 103	6,6	1,50	10,5	34
Savi 104	7,6	0,87	26,9	78

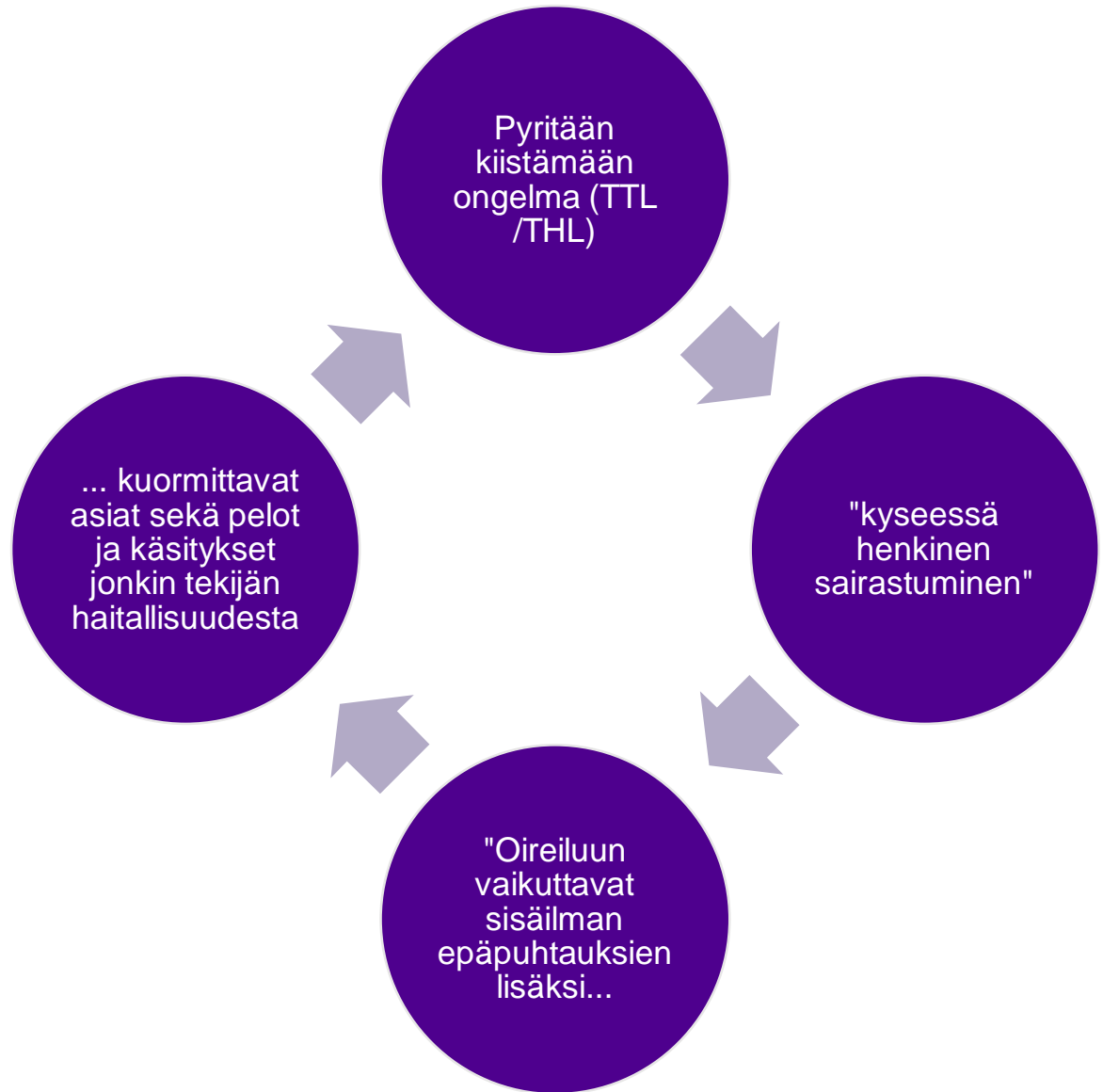
# Tutkittavaa jatkossa – potentiaali suuri

- ***t*VOC-yhdisteitä raskaammat VOC/POM –yhdisteet**
  - Liian vähän tutkittuja, iso osa ihmiselle haitallisista mykotoksiineista on näitä
  - Otettava mukaan SI-mittauksiin, koska vesihöyry niitäkin kuljettaa hengitysilmaan
- **Saven käyttö homeongelmien torjunnassa**
  - Onko mahdollista ”eheyttää” rakenteita lisäämällä niihin savea ja/tai
  - Ennalta ehkäistä haitallisia (aox-tyyppisten VOC/POM päästöjä savikäsittelyllä)?
- **Näytteiden tarkempi lajitunnistus (aox-päätelmien tueksi)**
  - LC-MS, josta saa mikrobien nimen selville
  - DNA –testi?
  - Toksisuustesti (näitä on tehty paljon, mutta ei saatu laajaa hyväksyntää/tietoutta)
- **Käytännön kohteisiin tutkimuslaitteisto – yhteys sisäilmaoireisiin**



# Sisäilmaongelmiin suhtautuminen, vaihtoehto 1

Vähättely / kieltäminen



# Sisäilmaongelmiin suhtautuminen, vaihtoehto 2

- Rakentavampi, mutta tarvitaan "lihaa luiden ympärille"
- Ei haeta juurisyytä vaan laastaria haavalle

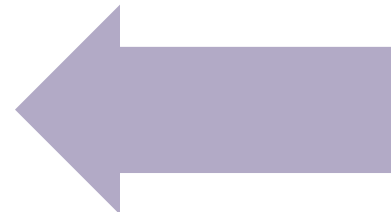
Mikä rooli yliopistoilla ja yrityksillä?

Viranomaisyhteistyö ja –tiedotus - ei auta ilman käytännön rakentamisohteja (TT2028)



Mitä pitää tehdä ettei sairastuta?

Ongelman todistaminen: sisäilmasta voi sairastua (Trossi, Turun yliopisto)



# Sisäilmaongelmiin suhtautuminen, vaihtoehto 3

- Ratkaisukeskeisyys, poikkitieteellisyys, yliopisto+yrietykset
- Rakennusten ongelmat vaativat rakentamiseen muutoksia

ECOSAFE – nyrrit kirjaimellisesti puuhun ja saveen, kosteusturvallisuus

ECOSAFE 2 – jatketaan hyväksi todetulla tiellä, lisänä mikrobi tutkimus

Tutkimus laajenee

- Nature CO2
- Stalk
- Ecosafe3
- Attic

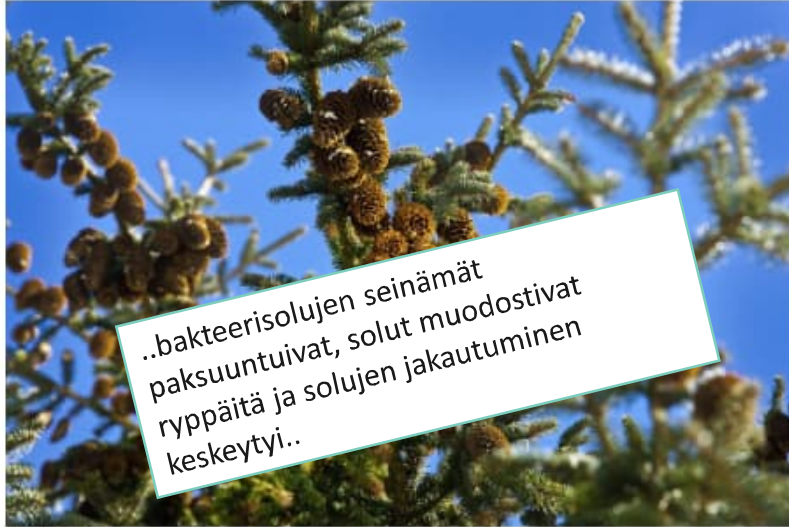


**Mennään eteenpäin, ei kierretä noidankehässä!**

## **Liitteitä**

- **Tieteellisiä tutkimuksia puumateriaalista**
- **Olisiko aika tehdä vastaavia savesta?**
- **Ihmisen ja luonnon yhteys säilytettävä rakentamisessa**

## Väitös: Vanha kansa tietää – pihka parantaa haavat



..bakteerisolujen seinämät paksuntuivat, solut muodostivat ryppäitä ja solujen jakautuminen keskeytyi..

Kuva: Timo Harju TS

Turun Sanomat  
21.05.2013

**V**anha kansa oli oikeassa: pihka parantaa. LL Arno Sipponen osoitti väitöstutkimuksessaan, että kuusen pihka voi päihittää sekä hankalia mikrobeja että sikkeitä sieniä.

Sipponen väitöskirja tarkastetaan Helsingin yliopistossa perjantaina. Havupuun, varsinkin kuusen, pihkasta valmistettu kotitekoinen salva on ollut käytössä haavojen ja ihoinfektioiden kansanlääkinnässä vuosisatojen ajan.

Pihkavoiteesta saamiensa hyvien kokemusten perusteella lääkäri Sipponen alkoi tutkia kuusen runkopihkan ja pihkasalvan antimikrobisia ominaisuuksia ja tutkia pihkasalvan tehoa, soveltuvuutta ja turvallisuutta haavanhoidossa. Pihkasalvaprojektista muodostui Sipponen väitöstutkimus.

- Pihka ja pihkasalva vaurioittivat mikrobien soluseinämää ja solukalvoa. Pihkalle tai pihkasalvalle altistettujen bakteerisolujen seinämät paksuntuivat, solut muodostivat ryppäitä ja solujen jakautuminen keskeytyi, Sipponen kertoo.

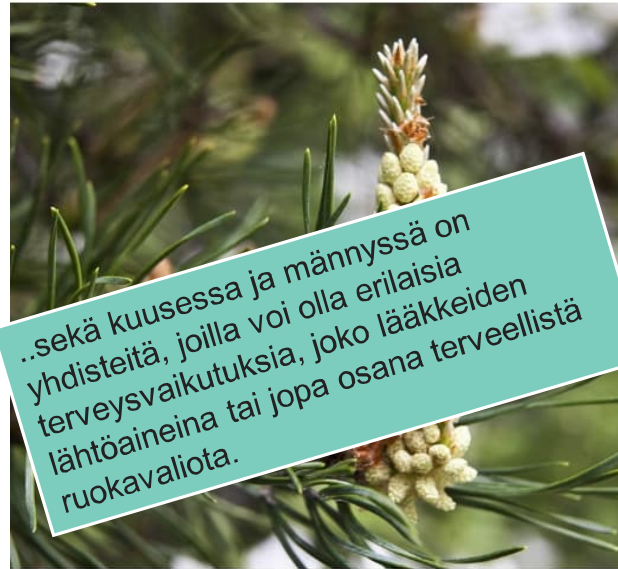
Fortilastutkimuksiin osallistuneista 45 potilaasta yksi sai allergisen reaktion; tämä oli ainoa tutkimuksessa ilmennyt haittavaikutus.

[Väitös: Vanha kansa tietää – pihka parantaa haavat - Uutiset - Turun Sanomat \(ts.fi\)](#)

v2013



## Väitös: Mäntyuute hidastaa syöpäsolujen kasvua



..sekä kuudessa ja männyssä on yhdisteitä, joilla voi olla erilaisia terveysvaikutuksia, joko lääkkeitä lähtöaineina tai jopa osana terveellistä ruokavaliota.

os männyin sisäöksäutetta hidasti myös eturauhassyövän kasvua. TS/Timo Harju

Turun Sanomat  
08.05.2015

**M**ännyin sisäöksästä eristetyt polyfenolit hidastivat syöpäsolujen kasvua, ilmenee Lauri Polarin Turun yliopistoon tekemästä väitöstutkimuksesta.

v2015



## Nanosellupihka tuhoaa MRSA:n

Asiakkaiden kertomukset pihkavoiteen tehosta herättivät tutkijan uteliaisuuden.

Johanna Tella  
Kuvasto: Helsingin yliopisto

**Ghada Hassan**

- Syntymäpaikka: 1988 Kuwait, jossa egyptiläinen lääkäri-isä vieraili pari vuotta töissä.
- Ylioppilas: 2006 Aleksandria, Sacred Heart School, islamilaisten kaholaisten nuorten ylläpitämä tyttöjen koulu.
- Jatkokoulutukset: 2008 Aleksandrian yliopiston farmasian opiskelijana vaihto-opiskelijaksi Kuopion yliopistoon, minkä jälkeen sai opiskelupaikan Helsingin yliopistosta, josta valmistui farmaseutiksi 2014, provisoriksi 2016 ja farmasian tutoriksi 2021. Vuosien varrella useita tuusien kielen ja kaupallistamiseen liittyviä kursseja.

v2021



## Mänty on sairaalabakteerin kauhu

Tekniikka 1.2.2018 | Uutinen Kirjoittaja(t): Petja Partanen | Kuvaaja: Markus Sommers

Tiina Vainio-Kaila halusi selvittää väitöstyössään, miksi moni bakteeri kuolee puupinnalla. Selitys löytyy niin puun uuteaineista, ligniinistä kuin puun tuoksusta.

v2018



Selitys löytyy niin puun uuteaineista, ligniinistä kuin puun tuoksusta.

### Tiina Vainio-Kaila:

- Monien materiaalien VOC-päästöjä pidetään terveysriskinä, mutta puulle tyypillisen tuoksun synnyttävä alkoholisten, aldehydien ja terpeenien cocktail on väitöstyön perusteella haitallinen bakteereille, ei ihmisille.
- **Puun VOC-yhdisteillä on jonkin verran antibakteerisia vaikutuksia**

### Ecosafe – idea 2019:

1. Teollistetaan rakennusmateriaaliksi terveellistä puuta sen kaikissa muodoissa, myös sivuvirroista: sahanpuru, kutteri
2. Puun paloturvallisuuden ja kosteus- ja mikrobitoiminnan tehostaminen saven avulla ?

# Mikrobit ovat parhaita ystäviämme

Möyri maata, syö marjoja, poimi sieniä!

Metsäteollisuus on kiittänyt Mirjaa valkaisuolosuhteistaan puhtaudesta.

Olisi rakennusalan aika kuunnella Mirjaa?

## Onko biologia unohdettu rakentamisessa?

Nykyihmisen biologia on tulos ihmisen esihistoriallisesta ja historiallisesta sopeutumisesta ympäristöön, jossa MIKROBIT hallitsevat sekä lukumääräisesti että biomassaltaan.

Nyt ihmistä leikataan siitä irti, linnottaudutaan rakennuksiin, joissa mikrobeja on vain kuolleina, hengitetään sisäilmaa, syödään ja juodaan vettä ja elintarvikkeita, joista mikrobit on tehokkaasti tapettu, tai jo tuotettukin mikrobeilta suljetuissa ympäristöissä.

Se ei pääty hyvin, koska ilman mikrobien työtä maapallo ei toimi (jäte"huolto" pysähtyy, vedet eivät puhdistu, suolisto ei toimi). Ihmisen immuunijärjestelmä korvaa mikrobien puutteen alkamalla toimia epätarkoituksenmukaisesti, elimistön omien solujen tuhoamiseen. ...

Tämä suuntaus voidaan ehkäistä vain suunnittelemalla ja tuottamalla ympäristöt ja elintarvikkeet niin, että terveydelle edullinen ihminen-mikrobit-ympäristö vuorovaikutus saa tarvitsemansa tilan.

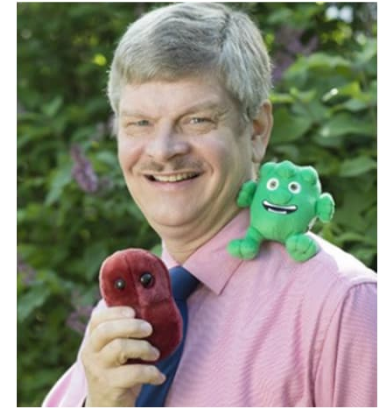
Mirja Salkinoja-Salonen.

Hometaloissa hengitetään

Myrkyllistä ilmaa



Mirja Salkinoja-Salonen  
Aalto YO kunniatohtori,  
Mikrobiologi,  
Rakennustieteen tri



Pentti Huovinen,  
Turun YO,  
lääketiet.dekaani

- Jos asut ikäsi kaupungissa ilman luontokontakteja, mikrobiston moninaisuus kärsii ja köyhtyy"

Kv.tutkimus:  
sisäkoira lisää  
terveyttä



Olisi todella tärkeää, että olisimme luonnossa enemmän ja kohtaisimme luonnon bakteereita.

# Luonnonmateriaalit sisällä rauhoittavat

Puu ja viherseinät tasaavat kosteutta, parantava viihtyisyyttä ja ilmanlaatua

Viherseinät ja sisäkasvit voivat parantaa ilman laatua. Ihminen rauhoittuu luonnon tullessa lähelle, myös sisällä, mikä tehostaa immuunijärjestelmää.



“Let’s be clear,” Cooper Marcus says. “.. interacting with nature in a well-designed garden can reduce your levels of pain and stress—and, by doing that, boost your immune system in ways that allow your own body and other treatments to help you heal.”



Riina Muilu-Mäkelä,  
erikoistutkija, Wood for  
Good hanke, Luke/YM



Mitä sanot puupinnoista?

“Mieliälä paranee. Puumateriaalin koskettaminen tai katseleminen rauhoittaa, verrattuna moniin synteettisiin materiaaleihin tai metalliin. Puun tuoksut ja yhdisteet koetaan usein miellyttävinä.” Tiloissa, joissa on puuta väsyttiin vähemmän.

Mitä muita intohimon kohteita sinulla on biologina?

“Tutkin rahkasammalta ja mikrobeja, jotka auttavat sitä menestymään. Soilla on hapan kasvuympäristö, kylmää ja märkää. Nämä taisteliamikrobit voivat soveltua esimerkiksi biologiseen kasvitautien torjuntaan.”

Sammal + savi  
taloihin?!

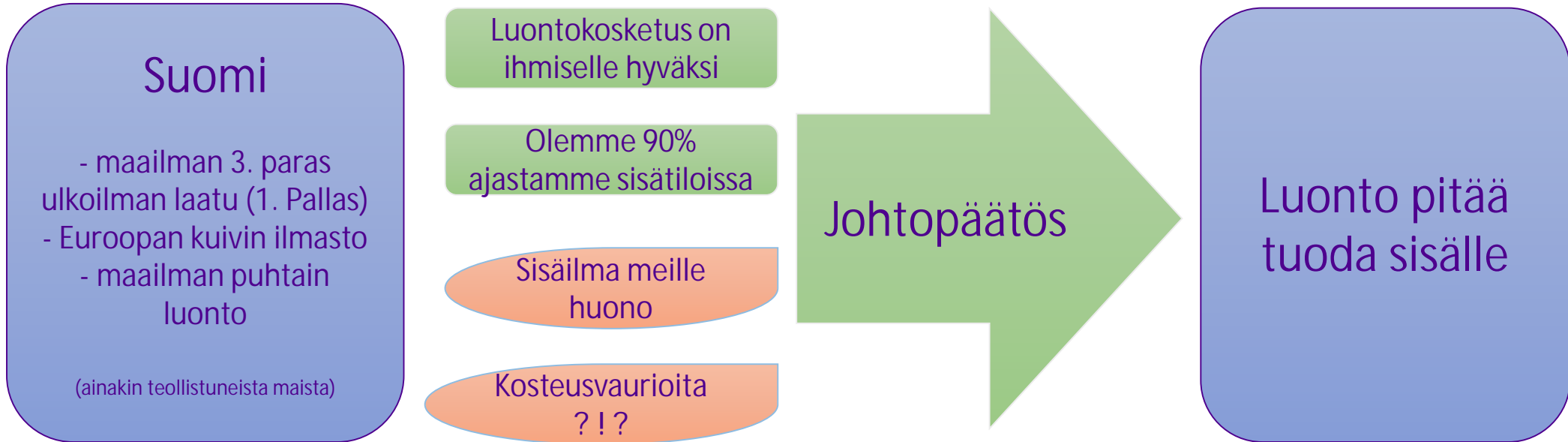
VAPOn sammalen  
keruukone.  
Kiertoaika 30v.  
4 v kuluttua lajisto  
palannut.





# Meillä sisäilmaongelmia ?

Mistä lähtökohdasta ne tulisi ratkaista?



Miksi: Ihminen voi hyvin luonnostaan  
Miten...

# Luonnon ja ihmisen ehdoilla



Helsinki tiilitalo, painovoima – IV Savitiiltä?

SUUNNITTEILLA

Rakentamalla puhtaista luonnon materiaaleista ilman lisättyjä kemikaaleja hengittäviä rakenteita, joissa kaasut ja vesihöyry liikkuvat, luomme

- ihmiselle tutun sisäilmaston, jota suotuisat mikrobit hallitsevat

- kosteusturvallisen ja vikasietoisen rakennuksen, joka on hiilijäljeltään pieni, elinkaareltaan pitkä ja kansantalous- positiivinen.



Pudasjärvi, Hirsikampus, (pl. Muovimatto betonin päällä!)

OLEMASSA JO



Tokio 70-  
kerrosta 350 m  
korkea puu-  
pilvenpiirtäjä?



Minitalo haapaa, pelastus herkistyneelle. Tutkimus?



Kansanperintemme rakennustapa. Teollistettava.

Bergen,  
Norja,  
49 m



## Rakentamalla

- puhtaista luonnon materiaaleista, riittävän kuivan ketjun kautta
- ilman biosideja tai muita lisätyjä kemikaaleja
- hengittäviä rakenteita, joissa kaasut ja vesihöyry pääsevät liikkumaan, luomme sisäilmaston, jossa ihmiselle suotuisat mikrobit hallitsevat.

Näin rakennuksen koko elinkaaren, 100+ vuotta, aikainen hiilitase pysyy hyvällä tasolla.

Samalla periaatteella tulee rakennukset myös huoltaa, hoitaa ja korjata. Huoltotoimenpiteet ja käytetyt aineet ja materiaalit on kirjattava huoltokirjaan.

Tämä onnistuu tutkimuksen, koulutuksen, lainsäädännön ja teollisten prosessien kehityksen kautta. On valittava rohkeasti luontolähtöinen lähestymistapa.

Tuloksena sisäilmaterveys ja kansantalous paranevat.

Epätietoisuus, inhimilliset kärsimykset ja kustannukset vähenevät.

Onnea TT2028:lle !

# Homesienilajiston monimuotoisuus rakennuksessa

*”Homesienien(mikrobeja) aineenvaihduntatuotteet, myös yli 200 mol kokoiset mykotoksiinit, voivat kulkeutua ilmatilan läpi, nestemäisten pisaroiden (sisältää vesihöyryä) mukana”. Johanna Salo, Hki ympäristöterveys yksikkö, asumisterveys*

- Mikrobin tuottamat yhdisteet jakaantuvat mm. terveysvaikutteisiin ja haitallisiin. Mikrobit sinänsä eivät siis ole aina ”paha asia”, ennemmin päinvastoin. Ilman mikrobeja ei olisi elämää.

- Vesihöyry voi kuljettaa nestepisaroita, eli muutakin kuin kaasumaisia aineita voi päätyä ihmisen keuhkoihin.

## Väitöskirjan nimi

Rakennuksen homesienilajiston monimuotoisuuden ja bioaktiivisten aineenvaihduntatuotteiden kartoitus – esimerkkejä ja uusia havaintoja

## Väitöskirjan sisältö

Viimeisten vuosien aikana on kasvanut ymmärrys elinympäristömme mikrobidiversiteetin vaikutuksesta hyvinvointiimme. Rakennukset, joissa vietämme suuren osan ajastamme, ovat merkittävä elinympäristömme. Vaikka rakennukset tulee rakentaa, ylläpitää ja tarvittaessa korjata siten, ettei homevaurioita pääse syntymään, on rakennuskannassamme edelleen korjausvelkaa eivätkä mikrobi- tai homevauriot ole vielä täysin menneisyyttä. Mikrobeista esimerkiksi sienien tiedetään tuottavan monenlaisia yhdisteitä, joista osalla on erilaisia biologisia vaikutuksia. Joillakin yhdisteillä saattaa olla haitallisia vaikutuksia, kun taas joitakin on voitu hyödyntää muun muassa lääketieteellisyydessä. On arvioitu, että sienien tuottamista biologisesti aktiivisista yhdisteistä on suurin osa vielä löytymättä. Tässä väitöskirjassa kartoitettiin homesienilajiston monimuotoisuutta eräistä sellaisista tiloista, joissa oli havaittu rakenteisiin kohdistuvaa pitkäaikaista kosteusrasitusta ja joissa tilojen käyttäjillä oli ollut sisäilmaan liitettyjä terveyshaittoja. Lajiston joukossa oli lajeja, joita ei ollut aiemmin tai oli vain harvoin raportoitu rakennuksissa tai sisätiloissa. Biologista aktiivisuutta mitattiin toksikologisin menetelmin. Useiden lajien todennettiin tuottavan nestemäisiä pisaroita, jotka sisälsivät itiöitä ja sekundäärisiä aineenvaihduntatuotteita, kuten biologisesti aktiivisia aineita sekä hydrofobisia ja pinta-aktiivisia aineita. Näiden pisaroiden osoitettiin kulkeutuvan myös ilmatilan läpi. Lisäksi väitöskirjassa esitellään nopeilla mikroskooppisilla ja toksikologisilla menetelmillä aineenvaihdunnan eroja tuoreiden ja aktiivisesti kasvavien sekä kuivuneiden ja lepotilassa olevien homekasvustojen välillä.

## Väitöskirjan ala

Sisäympäristötekniikka

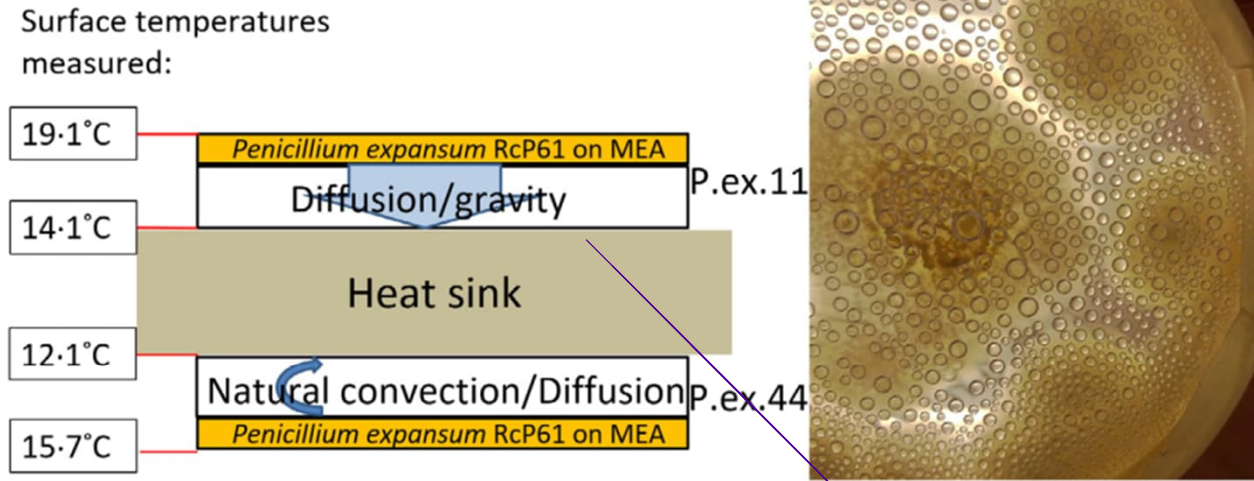
## Väittelijä

Johanna Salo DI, syntynyt Espoossa 1972

## Väitöksen ajankohta

30.9.2022 klo 12:00

# Rakennetaan olemassa olevan tiedon pohjalle:



**Figure 1** Experimental set-up to study transit of toxicity of guttation droplets through air. Two malt agar plates were inoculated with *Penicillium expansum* RcP61 and sealed with adhesive tape to prevent drying out. A thermostatically controlled cooled steel plate was sandwiched between the lids of the culture plates, with the lid facing down (top plate) and lid facing up (bottom plate). The measured surface temperatures are shown. The right panel shows the droplets condensing in 14 days on the inner surface of the lid facing up. Condensates on both lids were harvested and analysed using LC-MS (Fig. 3, Table 4). [Colour figure can be viewed at [wileyonlinelibrary.com](http://wileyonlinelibrary.com)]

Journal of Applied Microbiology **127**, 1135–1147 © 2019 The Authors. *Journal of Applied Microbiology* published by John Wiley & Sons Ltd on behalf of Society for Applied Microbiology.

Savet ovat hienojakoisia kivennäismaalajeja. Ne ohjaavat ravinteiden kiertoa ja maaperän biologisia prosesseja, mitä kykyä voi mahdollisesti hyödyntää rakenteiden mikrobeihin.

Savilaatuja on kymmeniä erilaisia. Niille ominaista on suuri tartuntapinta-ala; jopa 500m<sup>2</sup>/1g savea, sen pienten rakeiden ( $\varnothing < 0,002$  mm) ulko- ja sisäpinoilla. Saven pinnoille kiinnittyvät niin ravinteet kuin mikrobit, jotka ovat keskeisiä saven toiminnalle, johon vaikuttavat myös saven alkuainekoostumus (mm. rauta, alumiini ja hiili) sekä rapautumisaste ja negatiivinen nettovaraus.

Tutkimuksessa savien ominaisuuksia mitataan BaCl-liuoksella(1), vesihöyry absorption ja ns. BET -yhtälön avulla(2) sekä sekventiaali- uutolla(3). Lisäksi määritetään hiili- ja typpipitoisuudet kuivapoltolla(4) sekä muut alkuainepitoisuudet mikroaalto-typpihappohajotuksella(5).

Savea rakennusmateriaalina selvitetään maaperä- ja ympäristötieteen opinnäytetyönä, keräten samalla tietoa saveen liitetyistä terveysvaikutuksista niin rakennusten kuin ihmisten kannalta.

#### Viitteet:

- (1) Hendershot, W. H. & Duquette, M. 1986. A simple barium chloride method for determining cation exchange capacity and exchangeable cations. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 50: 605-608
- (2) Brunauer, G., Emmet, B.H. & Teller, E. 1938. Adsorption of gases in multimolecular layers. *J. Am. Chem. Soc.* 60: 309–319.
- (3) Chang, S.C. & Jackson, M.L. 1957. Fractionation of soil phosphorus. *Soil Sci.* 84:133–144.
- (4) Nelson, D. W., & Sommers, L. E. 1996. Total carbon, organic carbon, and organic matter. Teoksessa: Sparks, L. D., Page, A. L., Helmke, P. A. & Loeppert, R. H. (Toim.), *Methods of soil analysis. Part 3. Chemical methods* (pp. 961–1010). Madison, WI: SSSA and ASA.
- (5) U.S. EPA. 2007. Method 3051A (SW-846): Microwave Assisted Acid Digestion of Sediments, Sludges, and Oils. Revision 1. Washington DC.

## Kiitos 😊

- miksi emme rakentaisi teollisesti materiaaleista, joita luonto tarjoaa ja jotka ovat meille tuttuja biologisesti ?

