



Kiukaita kehittämällä voidaan vähentää hiukkaspäästöjä

Jarkko Tissari, Sampsa Väättäinen, Jani Leskinen, Miika Kortelainen,
Heikki Lamberg

Puun poltto Suomessa (Puulämmityspäivä 2019)

- Puun pienpoltto on ja tulee olemaan merkittävä osa Suomen energiajärjestelmää.
- Puun poltolla merkittäviä terveys- ja ilmastovaikutuksia.
 - Vaikutusten arviointi vakaalla pohjalla -> eri lähestymistavat antavat samansuuntaisia tuloksia ja ovat linjassa maailmalla tehtyjen tieteellisten tutkimusten kanssa.
- Puun poltto tärkein päästöjen lähde, korostuu entistä enemmän tulevaisuudessa
- Yhtä yksittäistä ratkaisua vaikutusten vähentämiseksi ei ole, kokonaisuus monimutkainen.
 - Päästöjä vähennettävä laajalla rintamalla (polttolaitteet, käyttötavat...)
- Ilmastovaikutuksiin ei ole vielä havahduttu: senkin jälkeen jää kysymys – mitä tilalle? Vähentämistoimenpiteet hyvä vaihtoehto ☺
- **Päästöjen vähentäminen kannattavaa kaikilla mittareilla mitattuna!**

KIUAS -hankkeiden taustaa

Päästöjä on saatu vähennettyä, mutta erityisesti nokipäästöt ongelmallisia

Tulisijojen kehitys vaatii ymmärrystä polttotekniikoista, päästöjen muodostumisesta sekä mittaus- ja näytteenottotekniikoista

- Tuotekehitys haastavaa varsinkin pienemmille yrityksille



UNIVERSITY OF
EASTERN FINLAND

**Pienpolttosimulattori
(SIMO):
Uudenlainen tapa
tutkia
pienpolttolaitteiden
tehokkuutta ja
ympäristövaikutuksia**



UEF // University of Eastern Finland

Puulämmityspäivä 2020, Jarkko Tissari

KIUAS (1.4.2017–31.3.2019)

Kiukaiden päästöt ja niiden vähentäminen

Tutkimushankkeen osapuolet:

Itä-Suomen yliopisto, pienhiukkas ja (päätoeuttaja)

Suomen ympäristökeskus (päästöinventaarioiden päivitys)

Helsingin seudun ympäristöpalvelut (viestintä)

Ympäristöministeriö

Sosiaali- ja terveysministeriö

Helsingin kaupunki, ympäristökeskus

Kuopion kaupunki

Turun kaupunki

UEF // University of Eastern Finland



**Päätavoite selvittää uusien
kiukaiden päästötasot**

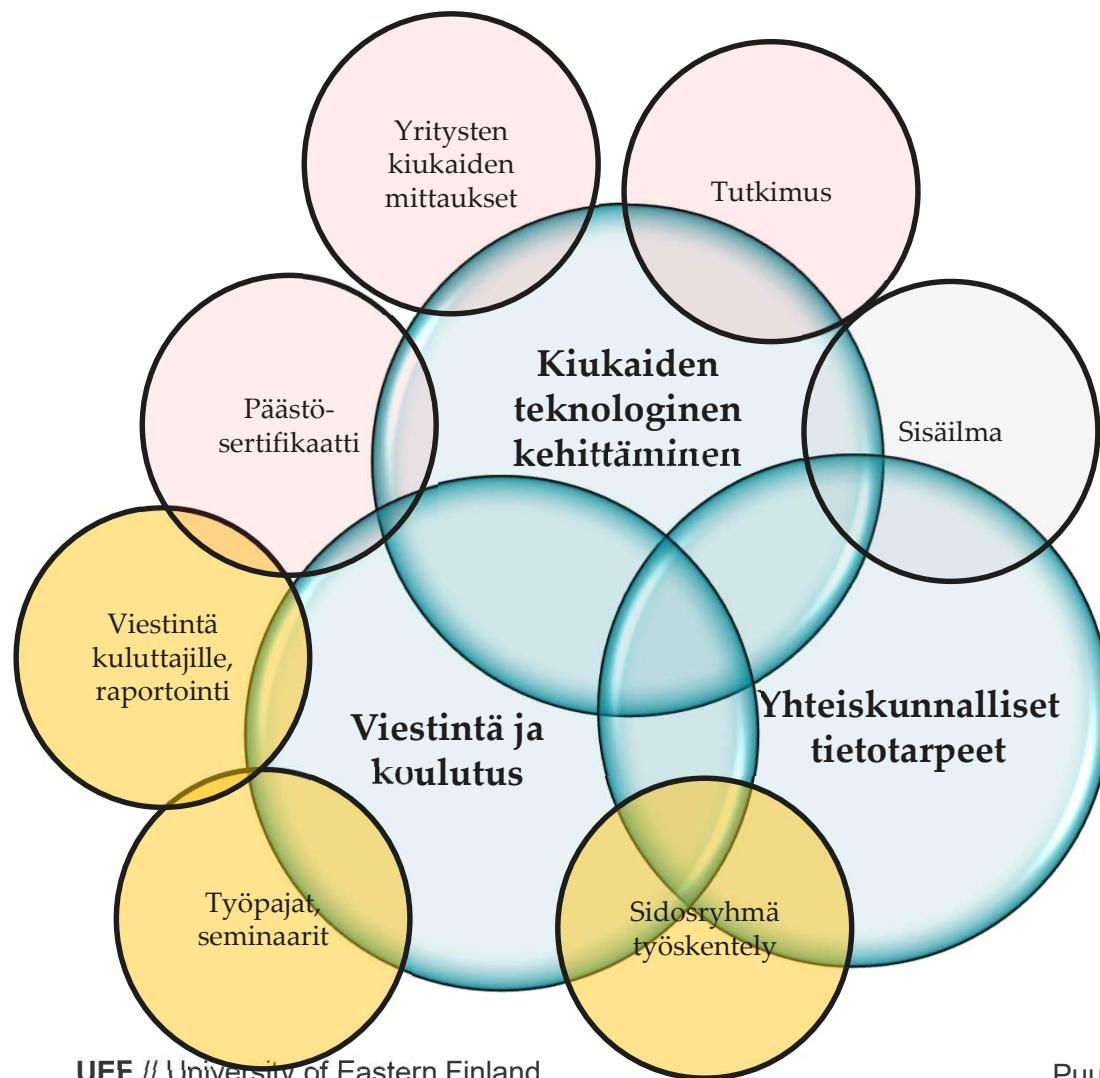


Puulämmityspäivä 2020, Jarkko Tissari

KIUAS-2 (1.6.2019–31.5.2023)

Kiukaiden ympäristövaikutusten vähentäminen

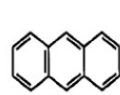
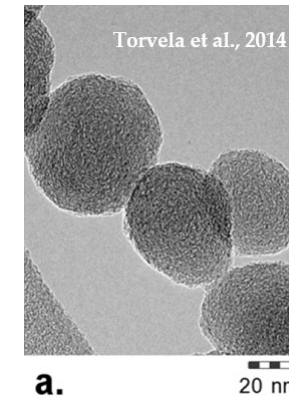
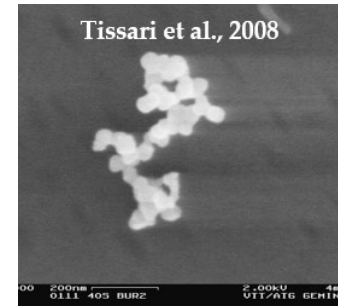




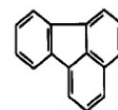
- **Lähtökohta:** Puukiukaat ovat ja tulevat olemaan osa suomalaista kulttuuria, mutta tuottavat merkittävän määrän päästöjä.
- **Tavoite:** Kiukaiden ympäristövaikutusten vähentäminen
- **Pohjana:** Mittaukset (tiedon tuottaminen). Eri työpaketit nivoutuvat tiiviisti toisiinsa.
- **Kiukaiden kehitystyö:** lyhyellä tähtämellä (nopeat vaikutukset) ja pitkällä tähtämellä (hitaammat vaikutukset)
- **Viestintä/tietoisuuden parantaminen**
- **Yhteiskunnalliset tietotarpeet**

Määrittelyjä

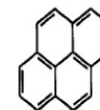
- PM1, pienhiukkasten massapitoisuus
 - Mustahiili, BC
 - Orgaaninen hiili, OC
 - Polysyklinen aromaattinen hiilivety, PAH
- CO, häkä, hiilimonoksidi
- OGC, orgaanisesti sitoutunut kaasumainen hiili



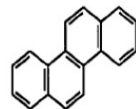
Anthracene



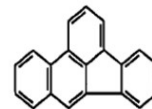
Fluoranthene



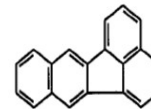
Pyrene



Chrysene



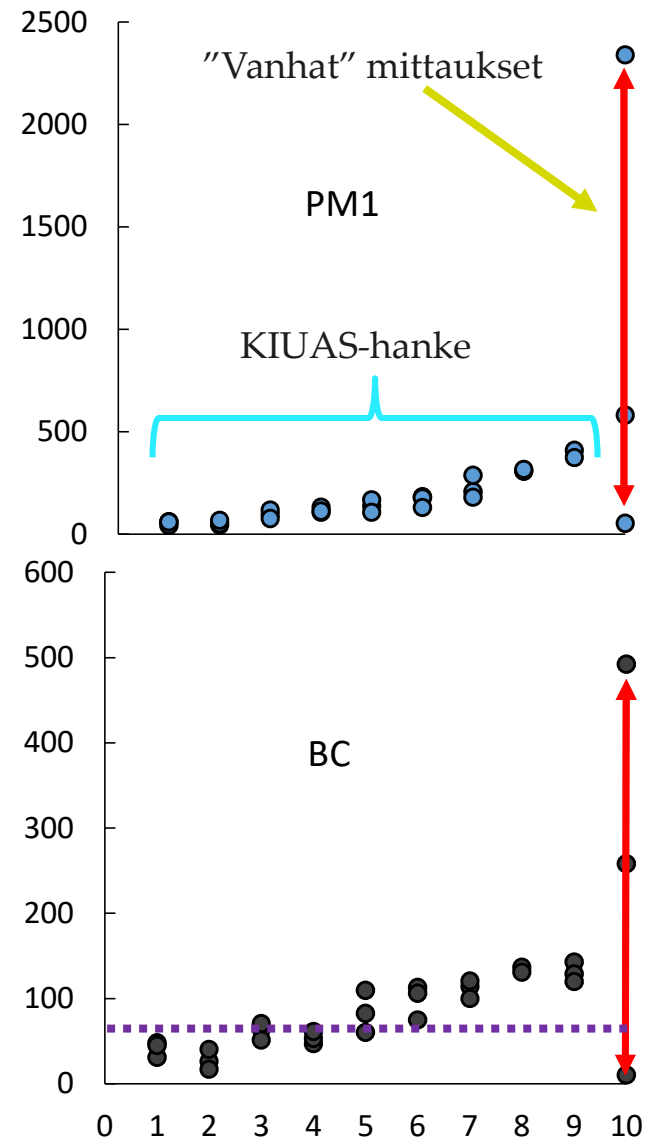
Benzo[b]fluoranthene



Benzo[k]fluoranthene

Kannattaako kiukaan vaihtaminen uuteen (päästöjen kannalta)

- Verrattuna ”vanhoihin” tuloksiin erityisesti kaikkein suurimmat pitoisuudet jääneet pois.
- Keskiarvopitoisuudetkin matalampia (Huom. Vanhat mittaukset eivät keskenään täysin vertailukelpoisia: mittaustekniikat, polttotavat jne. muuttuneet).
- 2013 CE merkinnän seurauksena kaikkein suuripäästöisimmät kiukaat jääneet pois markkinoilta
 - Kiukaan vaihto kannattaa (erityisesti jos selvästi tupruttaa savua 😊)





120 cm vaihtaminen
(ennalta)

” tuloksiin
urimmat
is.

kin matalampia
ukset eivät

keskittään jätettiin vähäilukelpoisia:

m... t jne.

m

m

- 20

ka

jää

-



60

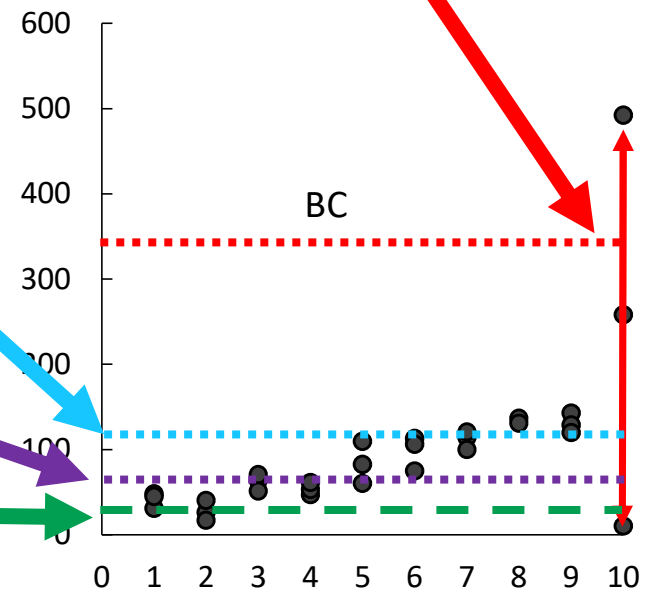
ksena
ät kiukaat

(erityisesti jos

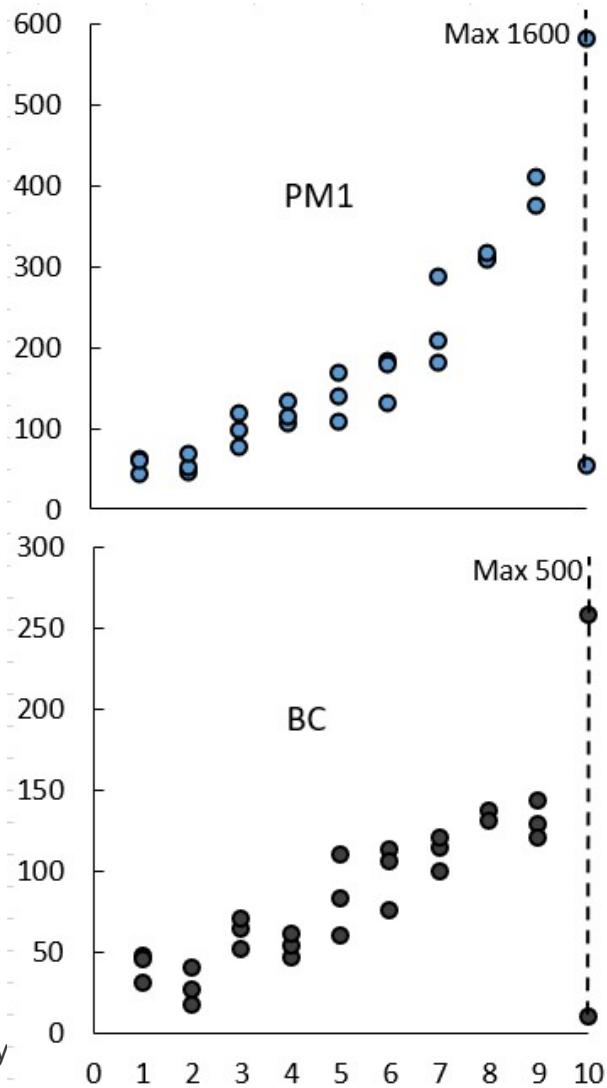
20-30

UEF /

Puulämmityspäivä 2020,
Jarkko Tissari



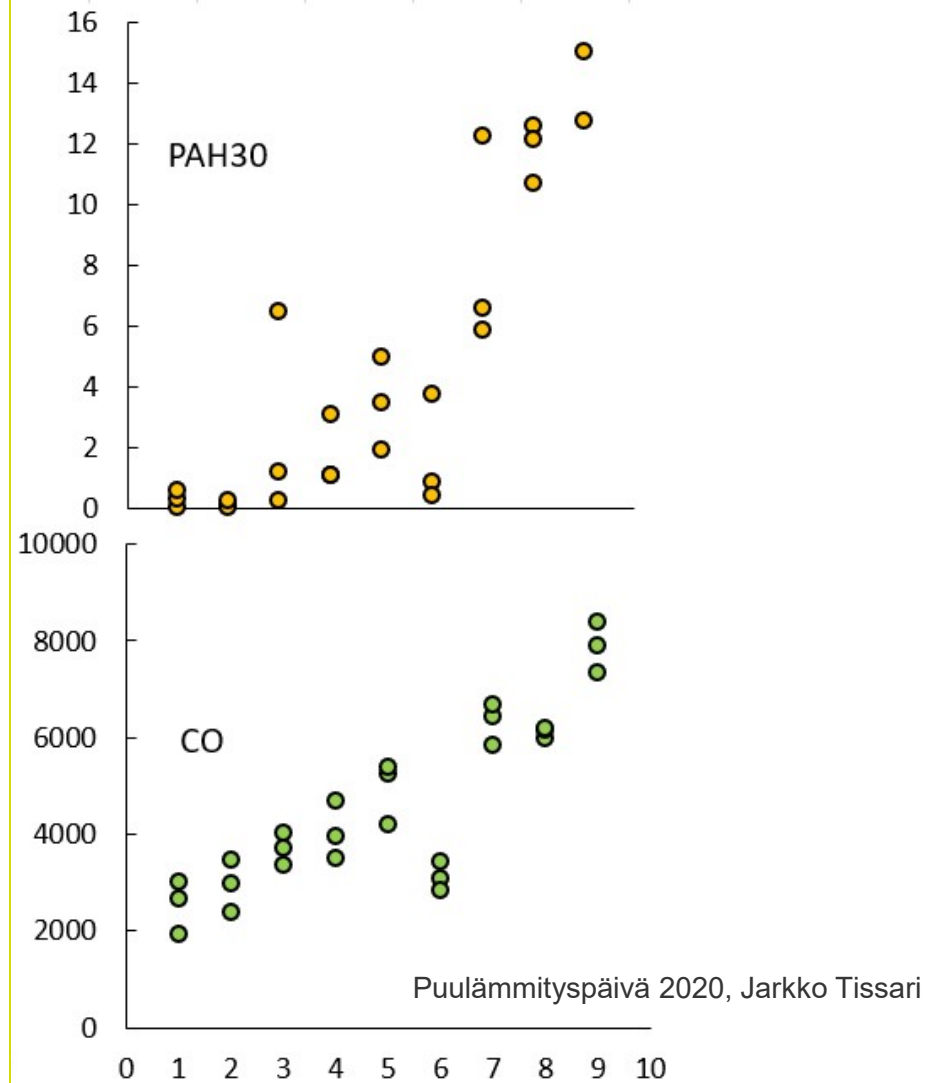
Pitoisuus
mg/Nm³,
13% O₂



- KIUAS –mittaukset onnistuivat hyvin, testimenetelmää kehitetty eteenpäin edelleenkin.
- Erot polttoajoissa, lämpötiloissa, ilmakertoimissa, hyötysuhteissa n. 1.5-kertaisia
- Päästöt vaihtelevat reilusti enemmän: Esim. eri kiukaissa kuivalla puulla 5-8 –kertaisia eroja BC ja PM1:ssä.

Pitoisuus
mg/Nm³,
13% O₂

- PAH osalta
 - Mittaussarjoissa enemmän vaihtelua
 - Päästötaasoissa vaihtelua
 - PAH herkkä palamisolosuhteille
- CO osalta
 - Päästöjen vaihtelu vähäisempää
 - Kiukaat eri "järjestyksessä"
- Päästöt eivät aina korreloi keskenään!



Tuloksia kiukaiden kehittämisestä

Hyvä palaminen: 3 T:n sääntö

Temperature – Time –Turbulence (Mixing)

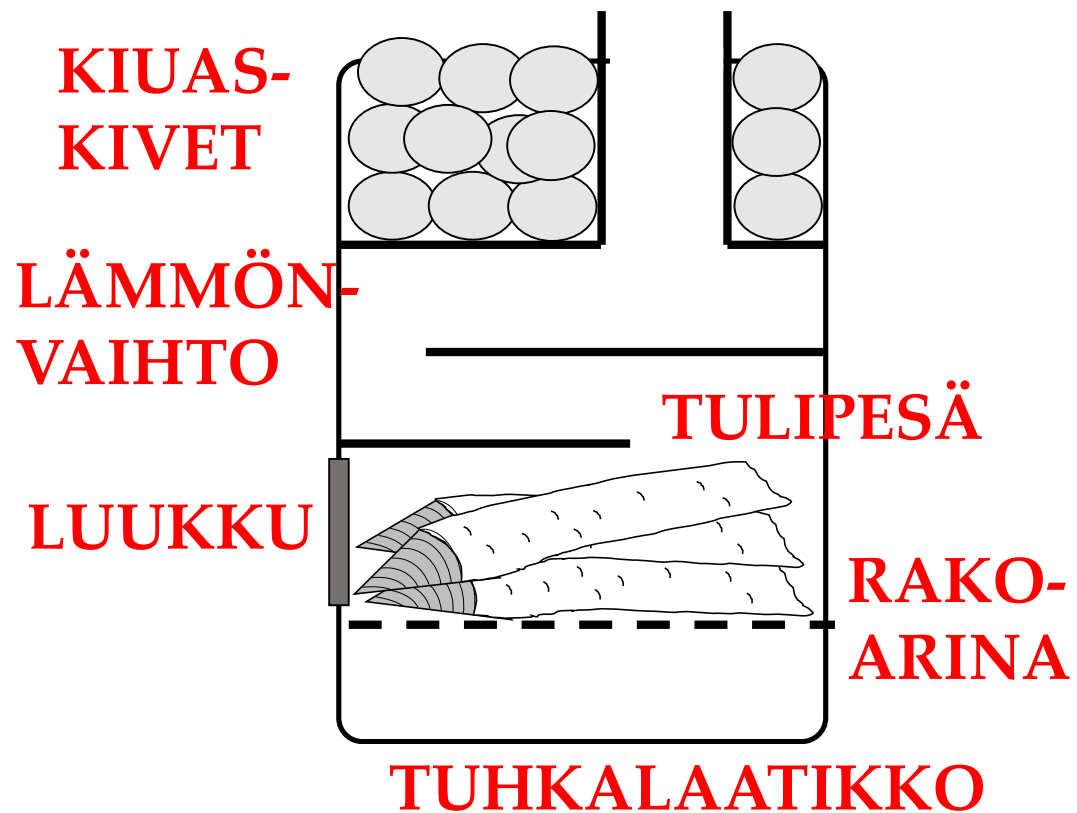
- Lämpötila yli 850 °C
 - Kuiva puu, ilmakerroin alle 2
- Aika yli 500 ms
 - Reaktioille aikaa (palamisnopeus)
- Sekoittuminen, Re yli 2300
 - Ilman vaiheistus ja syöttö
 - geometria

Mahdollisuus
pieniin
päästöihin

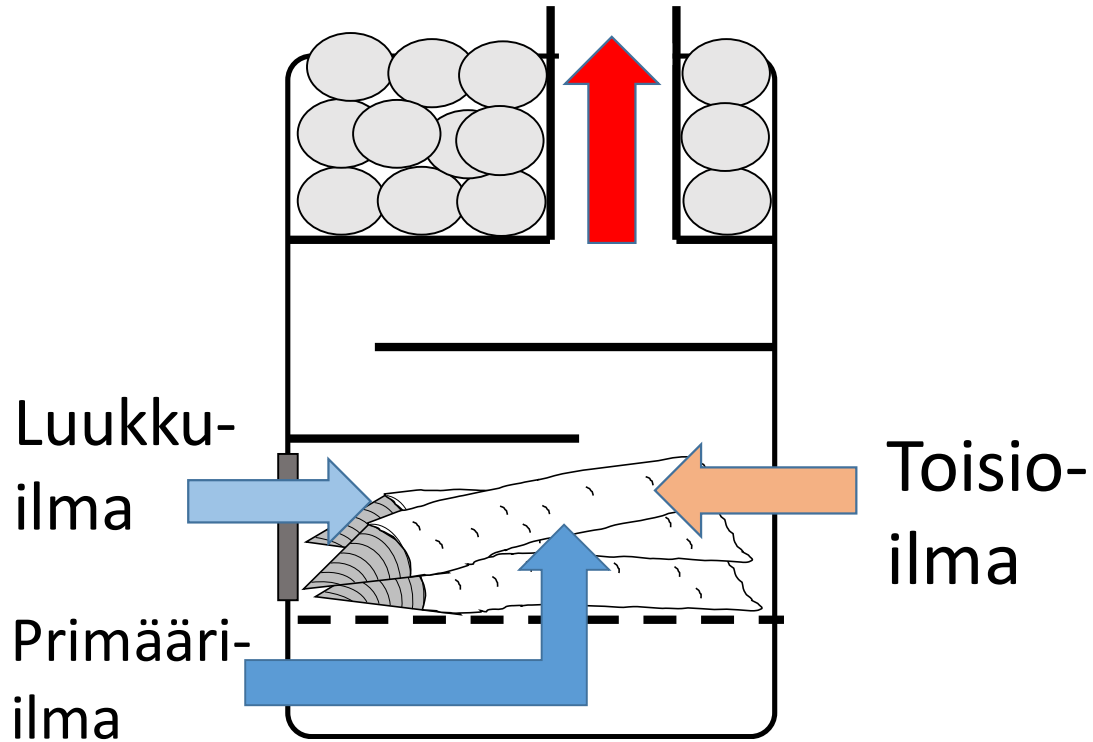
Ongelmakohtia:
Sytytys
Kostea puu
Liian voimakas palaminen
Huono sekoittuminen
Palamisilman puute

KOMPLEKSINEN KOKONAISUUS
– vaihtelee palamisvaiheittain
- Eri tekijät vaikuttavat toisiinsa

KIUAS YKSINKERTAISTETTUNA

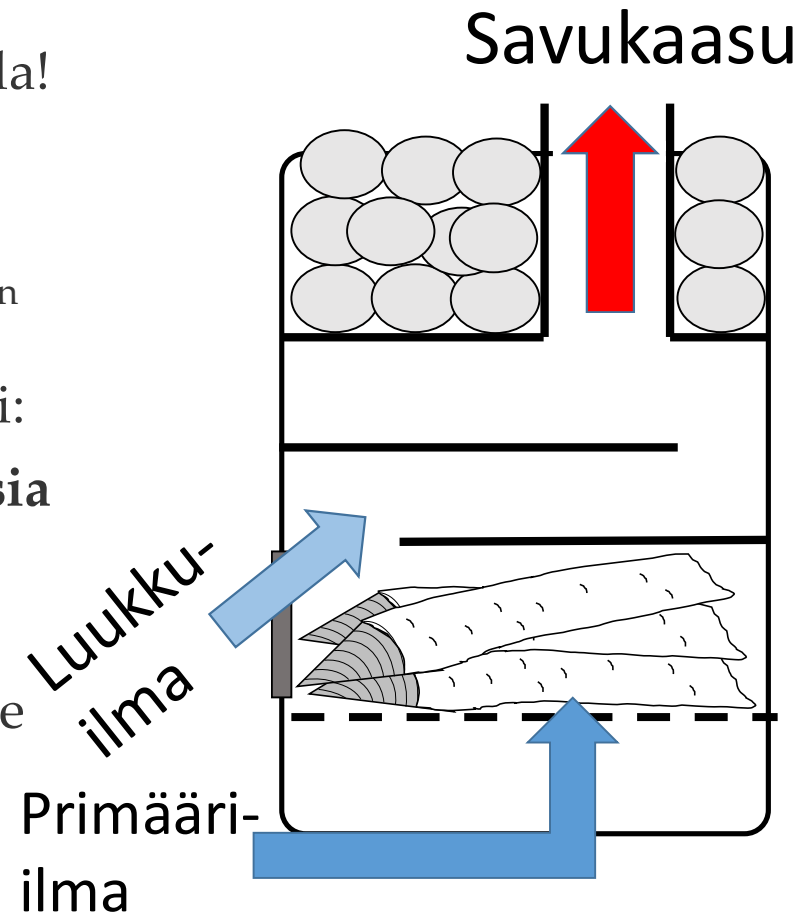


"PERINTEINEN" KIUAS "MODERNI" KIUAS Savukaasu

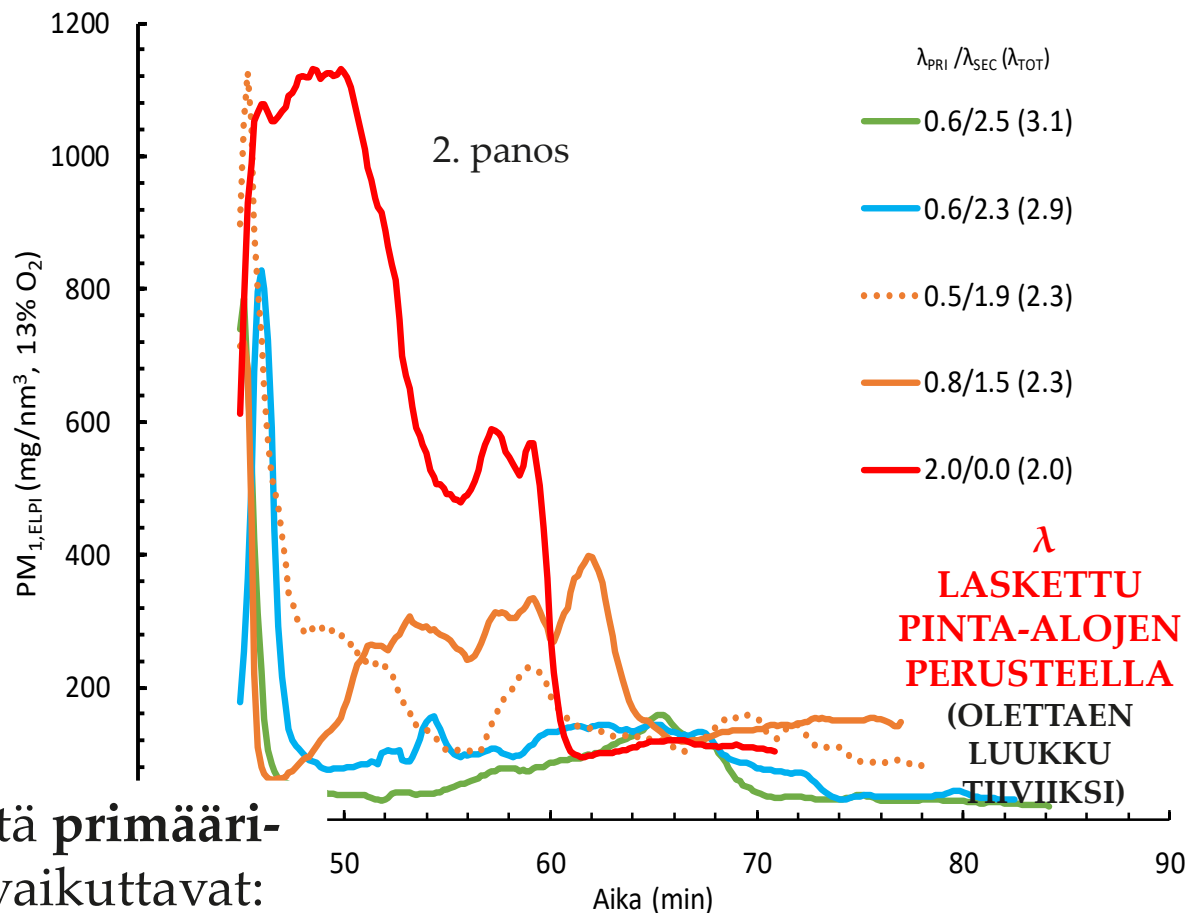
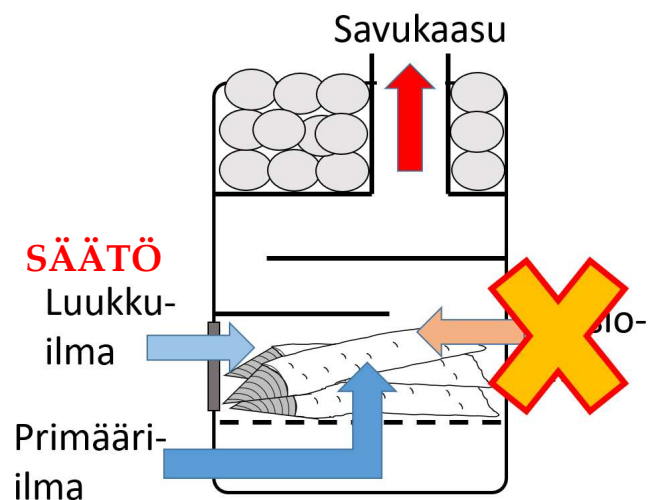


Kiukaiden kehittämisen haasteita (KIUAS1)

- Etukäteen lopputulosta vaikea arvioida!
- Jokainen kiuas oli yksilö rakenteiden, toiminnan ja päästöjen suhteen.
 - Rakenne/geometria, tulipesä, ilman jako, lämmön vaihto jne
- Käyttötapa vaikutti myös yksilöllisesti:
- **Kiukaiden kehittämismahdollisuuksia on, mutta kehitystyö yksilöllisesti.**
 - **YLEISOHJEITA EI VOI ANTAA**
- Hyötysuhteita tulisi parantaa, mutta se olisi tehtävä siten, että päästöt eivät lisäänty.



KIUAS1/alustavia testejä: Lisätään ilmaa luukusta (Arinan alta vähenee?)

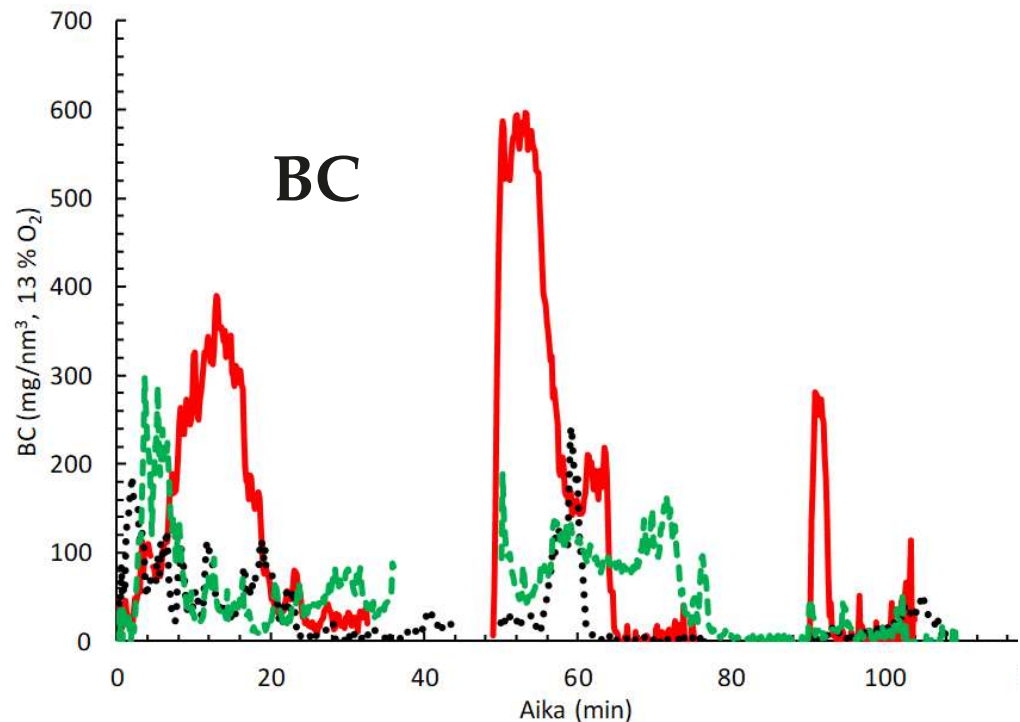
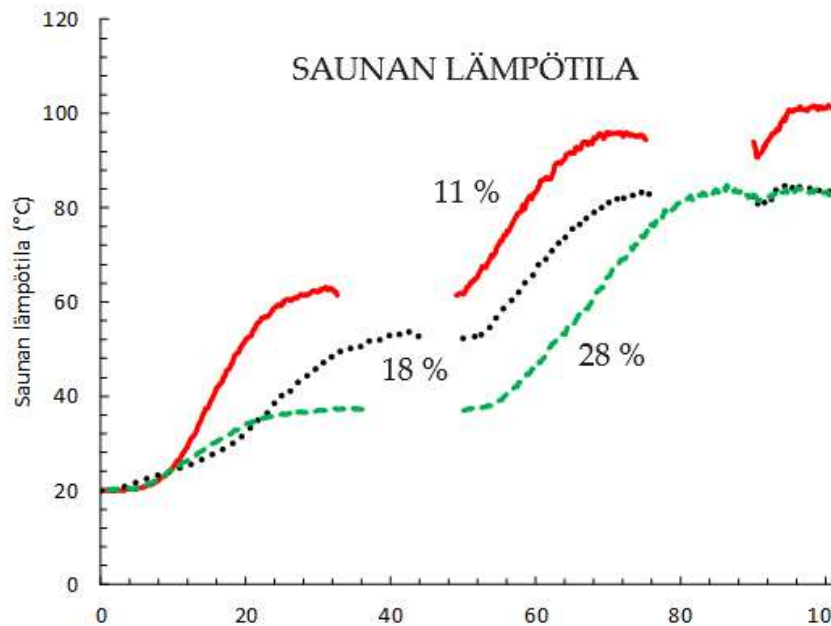


Sekä kokonaisilmamäärä, että primääri- ja sekundääri-ilman suhde vaikuttavat: Kokonaisilmamäärä ja sekundääri-ilman määrä eivät saa mennä liian pieniksi

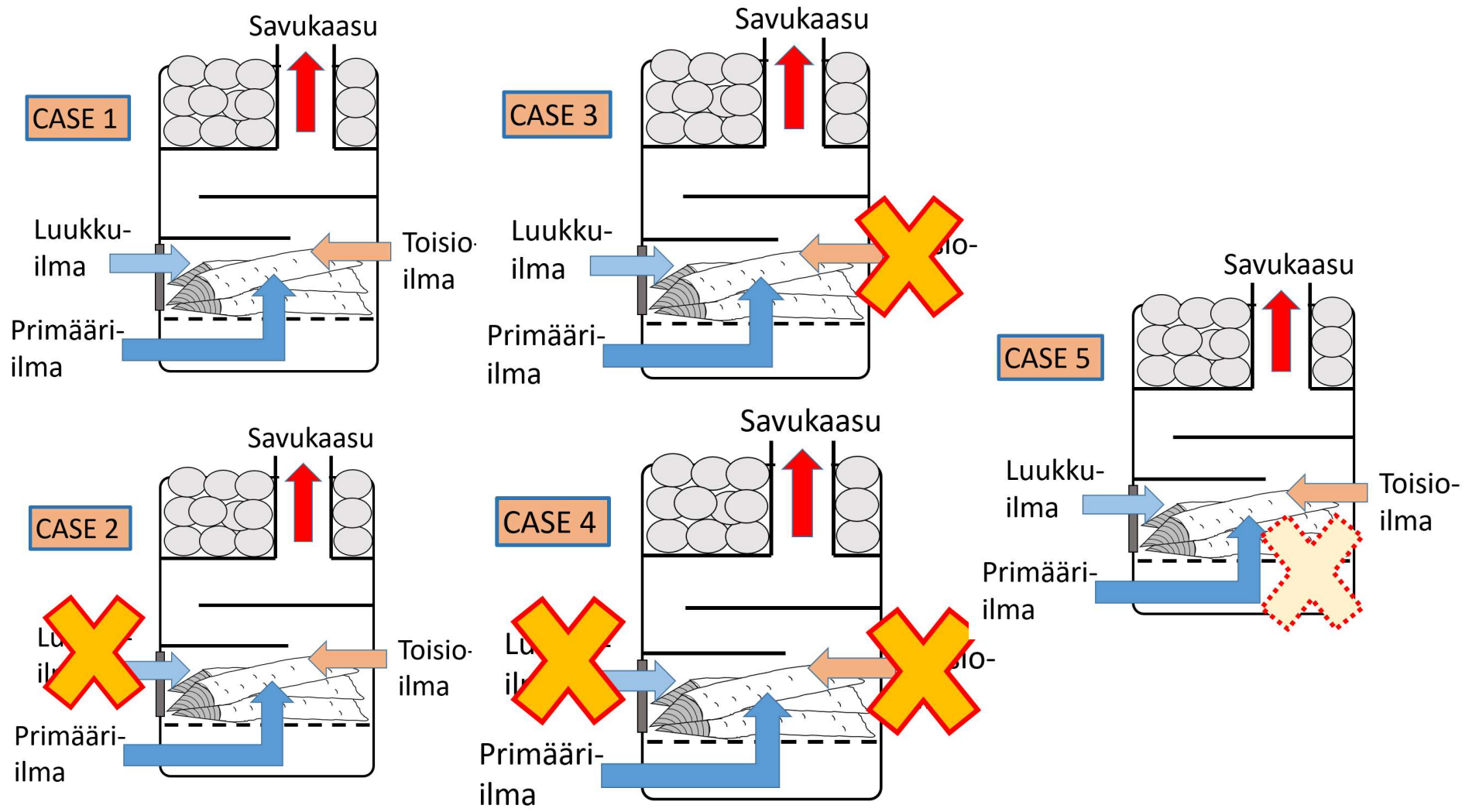
Arinailman lisääminen voi johtaa liialliseen palamisnopeuden kasvuun: Kaasutus ratkaisee ilman tarpeen

(kaasutuksen voimakkuuteen vaikuttaa sekä kiukaan ominaisuudet että käyttäjän toimenpiteet).

Esimerkki kostea puu:



**Esimerkki: testejä yhdellä kiukaalla, alkuveto
sama kaikissa tilanteissa:**



	Palamisnopeus	Ilmakerroin	Hyötysuhde
CASE 1 Normaali tilanne	1,00	1,00	1,00
CASE 2 Ilmatiivis luukku	1,04	0,92	1,04
CASE 3 Sekundääri-ilma suljettu	1,09	0,88	1,06
CASE 4 Ilmatiivis luukku + sec. Ilma suljettu	1,02	0,88	1,07
CASE 5 Arinaa pienennetty + ilmaa ohjattu sivuille	0,96	1,00	1,02

HIUKKASET

KAASUT

	PM1	BC	OC	CO	OGC
CASE 1 Normaali tilanne	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
CASE 2 Ilmatiivis luukku	0,95	0,80	1,44	1,26	1,56
CASE 3 Sekundääri-ilma suljettu	1,78	1,68	2,56	1,30	1,73
CASE 4 Ilmatiivis luukku + sec. Ilma suljettu	2,02	1,45	3,00	1,52	2,76
CASE 5 Arinaa pienennetty + ilmaa ohjattu sivuille	0,83	0,80	0,56	0,67	0,96

**SUHTEELLISEN PIENET MUUTOKSET JO YHDELLÄ
KIUKAALLA VAIKUTTAVAT MERKITTÄVÄSTI PÄÄSTÖIHIN!**

Puulämmityspäivä 2020, Jarkko Tissari

Työ jatkuu KIUAS-2 hankkeessa

- Kiuasvalmistajien kanssa pyritään löytämään optimaalinen toiminta/kehittämiskohteet eri kiukaille, testataan prototyyppejä, kehitetään uutta.
- Toivottavasti työ näkyy lähivuosina.
- Luodaan päästösertifikaatti
 - Suunnattu ympäristötietoisille kuluttajille.



KIITOS!



UNIVERSITY OF
EASTERN FINLAND

uef.fi



UEF // University of Eastern Finland

Jarkko Tissari

Yliopistotutkija, Dos.

*Pienhiukkas- ja aerosolitekniiikan
laboratorio*

www.uef.fi/fine

040 355 3237 (työ)

040 583 8780 (koti)

jarkko.tissari@uef.fi

Ympäristö- ja biotieteiden laitos
Yliopistonranta 1, Melania
PL 1627, 70211 Kuopio



Vipuvoimaa

EU:lta
2014–2020



Puulämmityspäivä 2020, Jarkko Tissari