

45. Ilmansuojelupäivät webinaari 18.8.2020

Jarkko Tissari, Itä-Suomen yliopisto



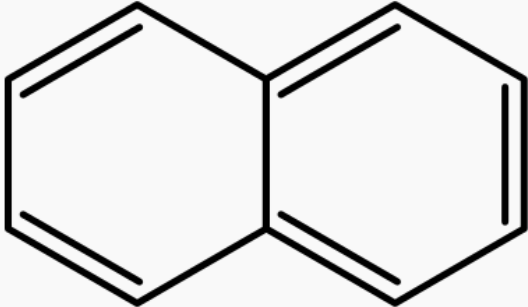
Puun polton PAH-päästöt kuriin

**Oikein puuta polttava pystyy pitämään PAH-päästöt kurissa.
Mutta millaisia keinoja tähän on?**

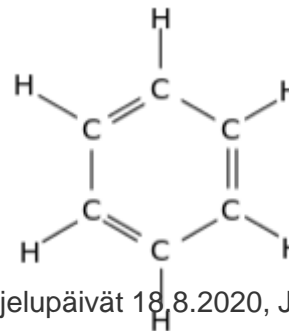
<https://www.youtube.com/channel/UCaCIhrG5PDIEy5hhv7-ZJ5A/videos>

Mitä ovat PAH-yhdisteet

- Polysykliset aromaattiset hiilivedyt
- Yhteen liittyneistä aromaattisista renkaista koostuvia hiilivetyjä.
- Esim. naftaleeni yksinkertaisin PAH-yhdiste, jossa kaksi bentseenirengasta sulautunut yhteen.
- Voi yhdistää myös yksinkertainen sidos.
- Syöpää aiheuttavia yhdisteitä.

Naftaleeni	
	
Tunnisteet	
CAS-numero	91-20-3
Ominaisuudet	
Kemiallinen kaava	$C_{10}H_8$

Wikipedia



Mikä tekee asian monimutkaiseksi?

- Hiilivetyjä
 - Yhdisteitä kymmenittäin, erilaiset ominaisuudet, myös haitallisuus vaihtelee.
- Yleensä hyvin pysyviä, mutta päästöstä mitattaessa osa on hiilivetyjen tapaan kaasufaasissa/hiukkasfaasissa olosuhteiden mukaisesti.
 - Mittaus/näytteenottotekniikalla voi olla vaikutusta tulokseen
- Vaatii massaspektrometriaa analyysiin
- Oxy/Nitro-PAHit (happea/typpeä sisältävät) herkästi reagoivia
 - Esim. pyreeni lievästi mutageeninen vs. nitropyreenit selvästi haitallisempia.

Table 2

Mean emission factors (EF) and standard deviation (s.d.) of PAHs, Oxy-PAHs and OH-PAHs emissions for primary spruce logwood combustion (n = 9) and aged spruce logwood combustion (n = 4) in [ng MJ⁻¹].

	Spruce primary		Spruce aged	
	Mean	s.d.	Mean	s.d.
Phenanthrene	10,000	9740	4710	2640
Anthracene	2260	2080	764	575
Fluoranthene	64,400	59,500	7690	5320
Acephenanthrylene	15,800	15,200	301	187
Pyrene	56,200	51,400	4630	3260
Benzo[c]phenanthrene	4380	3860	706	604
Benzo[ghi]fluoranthene	31,800	29,500	6640	5670
Benzo[a]anthracene	17,900	16,500	1430	1340
Chrysene	30,000	25,400	7450	6320
ΣBenzo[h,k]fluoranthene	52,600	47,700	12,700	10,000
2,2'-Binaphthalene'	3400	3050	619	606
Benzo[e]pyrene	36,400	36,200	11,400	8580
Benzo[a]pyrene	10,600	10,700	515	413
Perylene	2910	2950	114	78.1
Anthanthrene	843	1010	14.5	14.5
Dibenz[ah]anthracene	1010	1060	213	168
Indeno[1,2,3-cd]pyrene	6500	6500	1820	1510
Picene	1000	1000	290	269
Benzo[ghi]perylene	14,400	14,900	3710	2950
Coronene	5570	6120	1650	1310
Retene	4400	2040	140	120
Unknown PAH m/z 302 #1	252	249	96.5	70.8
Unknown PAH m/z 302 #2	201	207	66.7	45
Naphtho[1,2-kb]fluoranthene	6670	6630	1980	1740
Dibenz[al]pyrene	4430	4320	1210	1050
Naphtho[2,3-b]fluoranthene	4230	4160	939	803
Dibenz[ae]pyrene	1460	1510	311	241
Naphtho[2,1-a]pyrene	2180	2900	278	420
Naphtho[2,3-a]pyrene	1720	2000	533	698
Dibenz[ai]pyrene	684	806	<10	-
Dibenz[ah]pyrene	357	379	<10	-
9-Methylphenanthrene	320	409	<3.5	-
4-Methylpyrene	2000	1710	121	105
2-Methylpyrene	3610	3150	305	270
1-Methylpyrene	3670	3230	235	206
9H-Fluoren-9-one	52,500	58,000	13,800	4400
9,10-Anthracenedione	26,400	15,000	17,100	7850
Cyclopenta(def)phenathrenone	28,400	23,200	4070	2520
1,8-Naphthalic anhydride	132,000	53,000	128,000	72,200
11H-Benzo[a]fluoren-11-one	10,200	7760	2890	2030
7H-Benzo[c]fluoren-7-one	3530	2570	999	693
11H-Benzo[b]fluoren-11-one	12,500	9480	4470	3210
7H-Benzo[de]anthracen-7-one	30,000	25,500	13,000	10,000
Benzo[a]anthracene-7,12-dione	1880	1320	1480	977
5,12-Naphthacenedione	1210	1270	867	629
Xanthone	18,100	8450	7540	3030
1-Hydroxynaphthalene	1070	787	3430	1640
2-Hydroxynaphthalene	2600	2010	2790	1420
1,8-Dihydroxynaphthalene	5260	2730	5560	2500
1,5-Dihydroxynaphthalene	667	629	4130	2400
1,8-Naphthalaldehyde acid	2880	4560	70,600	52,500

T. Miersch et al. / Science of the Total Environment 686 (2019) 382–392

45. Ilmansuojelupäivät 18.8.2020, Jarkko Tissari

Puun poltto –päästöihin vaikuttavat tekijät?

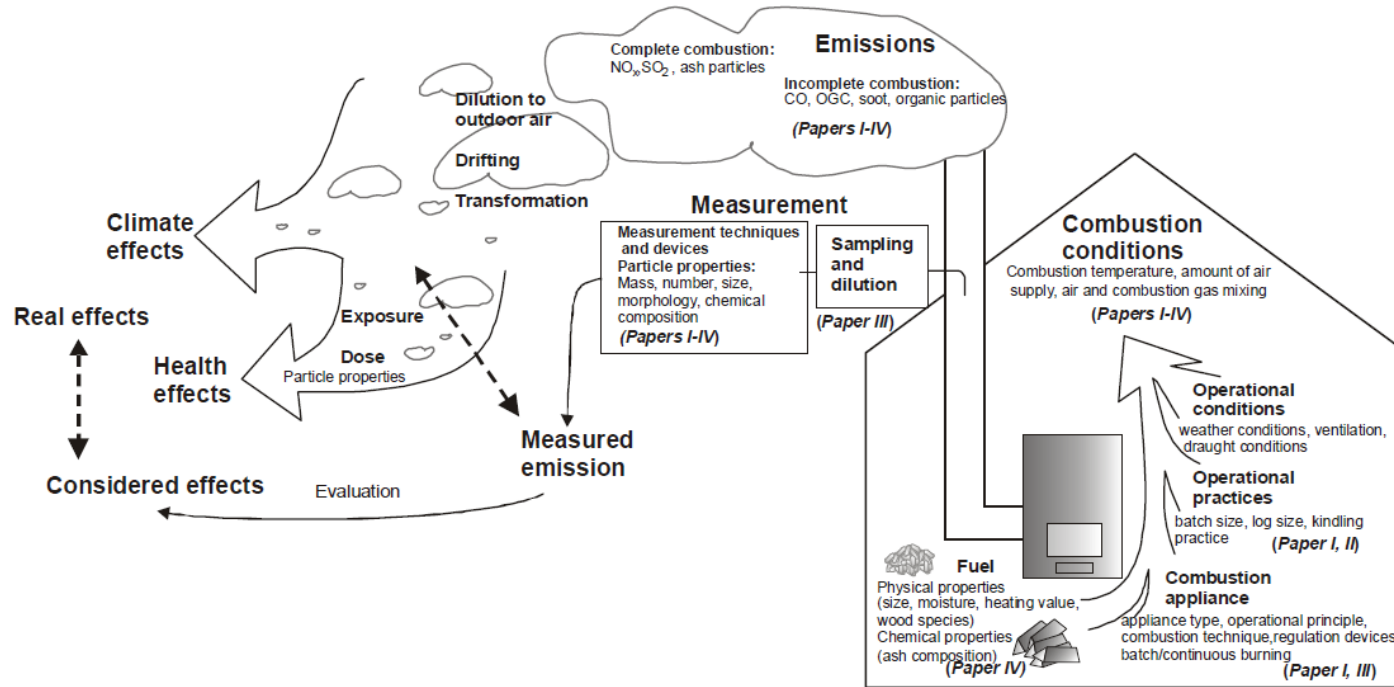


Figure 11. The general picture of the factors influencing fine particle emissions from RWC.

Puun polton PAH-päästöt

- Puu ei itsessään sisällä PAH-rakenteita (kuten esim. hiili), joten PAH-yhdisteet muodostuvat palamisprosessissa.
- Tarkempaa tietoa löytyy mm. Kati Nuutisen väitöskirjasta!

POLYCYCLIC AROMATIC HYDROCARBON EMISSIONS FROM RESIDENTIAL WOOD COMBUSTION

KATI NUUTINEN

Department of Environmental and Biological Sciences
Faculty of Science and Forestry
University of Eastern Finland
Kuopio, Finland

Academic Dissertation

To be presented, with permission of the Faculty of Science and Forestry of the University of Eastern Finland, for public examination in Auditorium SN200, Snellmania Building at the University of Eastern Finland, Kuopio, on June 9th, 2016, at 12 o'clock noon.

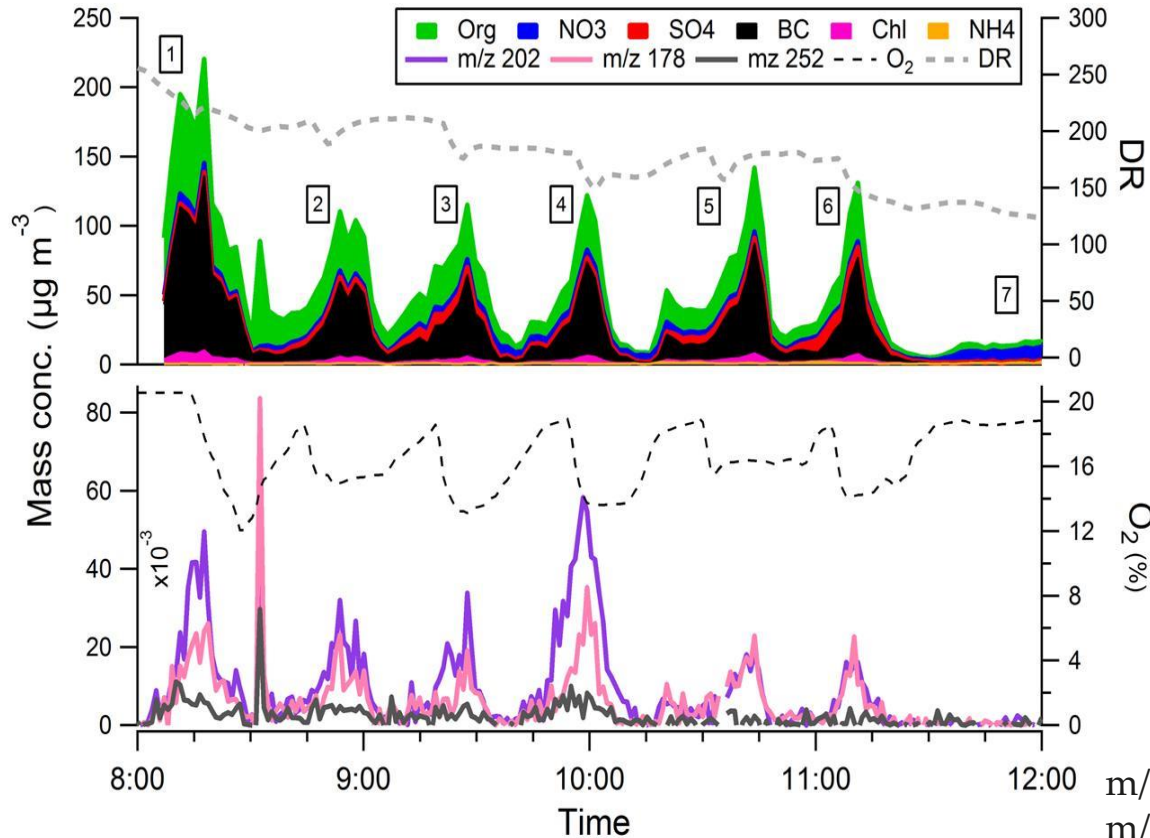
Kuopio 2016

PAH muodostuminen (Han et al 2019)

- **Palamislämpötila ja polttoaineen koostumus tärkeimmät tekijät**
- **Lämpötila**
 - Lämpötilan kasvaessa PAHien kemiallinen synteesi lisääntyy -> PAH lisääntyy.
 - Kemiallinen synteesi: PAHeja muodostuu monimutkaisen prosessin kautta PAH prekursoreista. Esim. hydrogen abstraction/acetylene addition (HACA) tai phenyl addition/cyclization (PAC) mekanismit. [Riittävän korkeassa lämpötilassa asetyleeni muodostaa bentseeniä ja radikaalien läsnä ollessa yhä suurempia PAH yhdisteitä...]
 - Muodostuneet PAH voivat kuitenkin hapettua tai muuntua EC:ksi, mikä vähentää PAH päästöjä.
- **Polttoaine**
 - Jos polttoaine sisältää PAH tai PAH-tyyppisiä rakenteita, vapautuu PAHeja primääripyrolyysissa (esim. hiili sisältää paljon tiivistyneitä aromaattisia hiilivetyjä)

Esimerkkejä tuloksista

PAHit panospolttoprosessissa



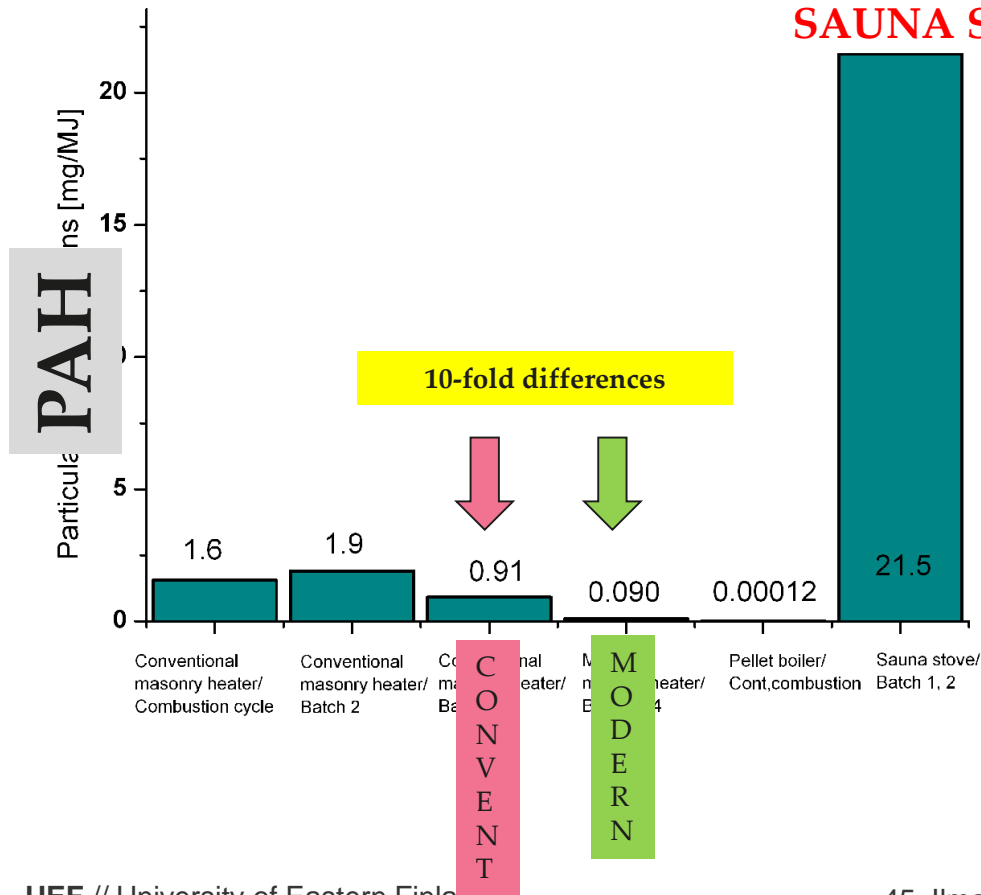
- Sytytys
- Lisäys
- Voimakas palaminen
- Loppuvaiheessa vähenee
- Hiilloksessa ei PAHeja
- **RIIPPUU** **POLTTOAINEESTA, LAITTEESTA, KÄYTTÖTAVASTA**

m/z 202 pyreeni?

m/z 178

m/z 252 5-rengasta (benz()fluoranteeni...)

Large differences in PAH emissions



SAUNA STOVE

Atmospheric Environment 45 (2011) 7635–7643



Contents lists available at ScienceDirect

Atmospheric Environment

journal homepage: www.elsevier.com/locate/atmosenv

Physicochemical characterization of fine particles from small-scale wood combustion

Heikki Lamberg^{a,*}, Kati Nuutinen^a, Jarkko Tissari^a, Jarno Ruusunen^a, Pasi Yli-Pirilä^a, Olli Sippula^a, Maija Tapanainen^b, Pasi Jalava^b, Ulla Makkonen^c, Kimmo Teinilä^c, Karri Saarnio^c, Risto Hillamo^c, Maija-Riitta Hirvonen^b, Jorma Jokiniemi^{a,d}

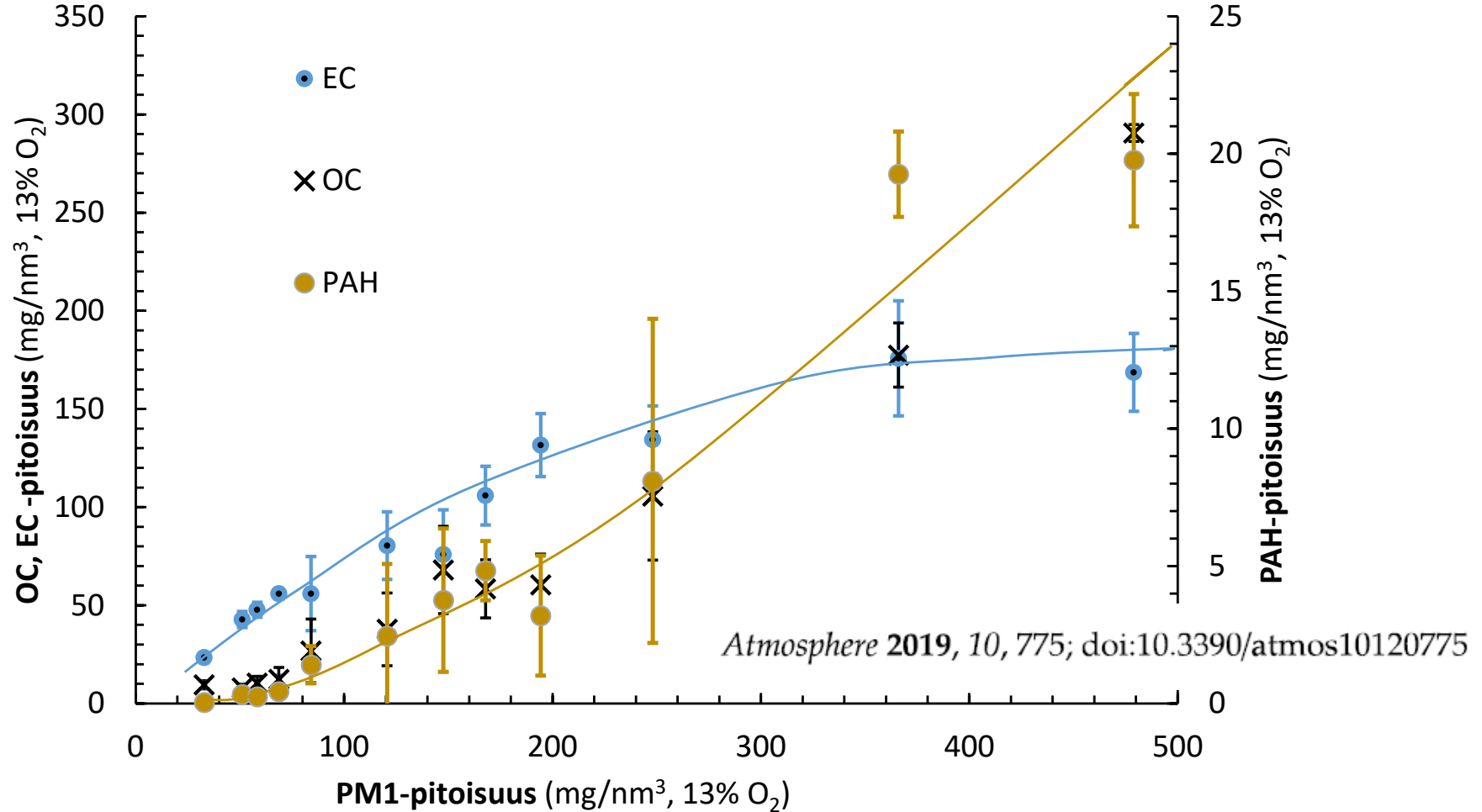
^aFine Particle and Aerosol Technology Laboratory, Department of Environmental Science, University of Eastern Finland, P.O. Box 1627, FI-70211 Kuopio, Finland

^bNational Institute for Health and Welfare, Department of Environmental Health, P.O. Box 95, FI-70701 Kuopio, Finland

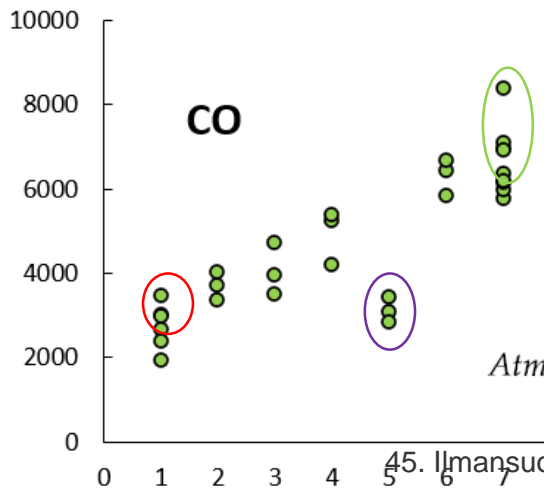
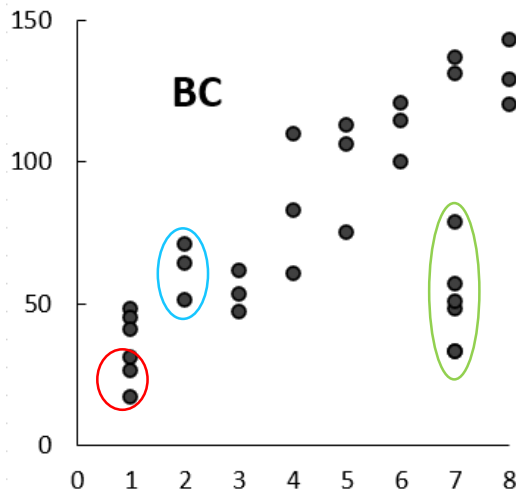
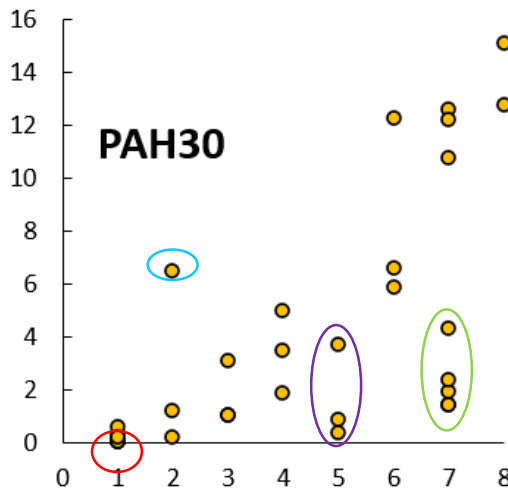
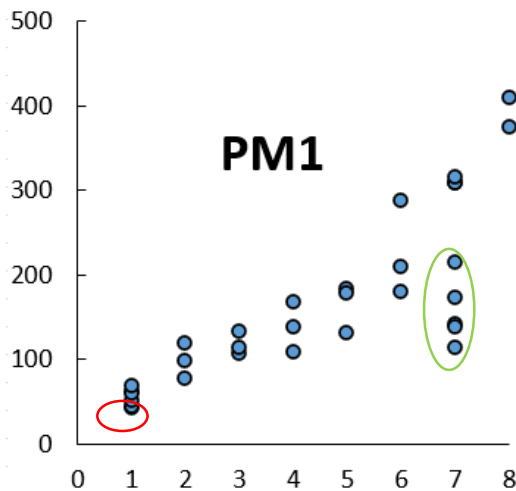
^cFinnish Meteorological Institute, Air Quality Research, P.O. Box 503, FI-00101 Helsinki, Finland

^dVTT Technical Research Centre of Finland, Fine Particles, P.O. Box 1000, FI-02044 VTT, Espoo, Finland

Kiukaiden päästöt (KIUAS-hanke)



Kiukaiden päästöt (KIUAS-hanke) mg/nm³, 13% O₂



• PM₁:n mukaisessa suuruusjärjestyksessä

- #1: Kostealla puulla pienemmät PM1 (-27%), BC (-45%), PAH (-90%), mutta suuremmat CO (+35%) päästöt.
- #2: yksi testi heittää PAH osalta, BC koholla.
- #5: PAH ja CO muihin päästöihin suhteutettuna matalalla.
- #7: Kuiva (11%)-kosteaa (18%)-märkä (28%) puu: Kostealla puulla pienemmät PM1 (-59%), BC (-72%), PAH (-82%), mutta suuremmat CO (+15%) päästöt.

Atmosphere 2019, 10, 775; doi:10.3390/atmos10120775

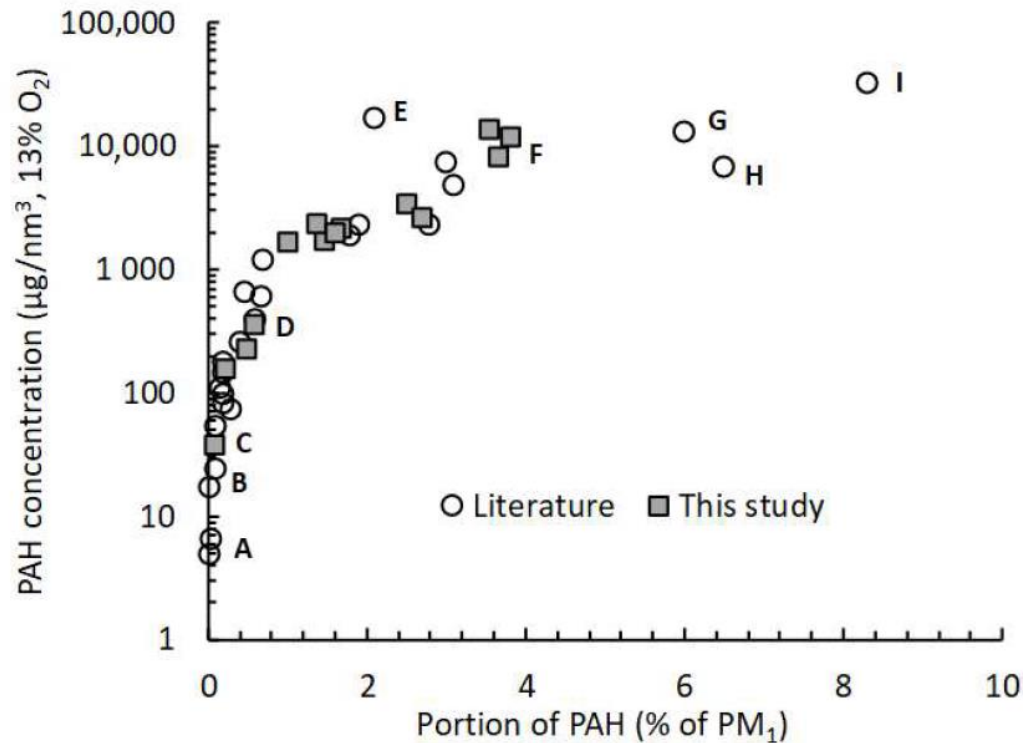
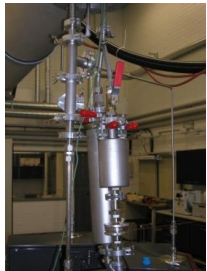
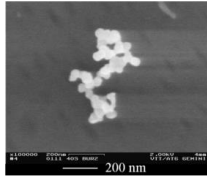
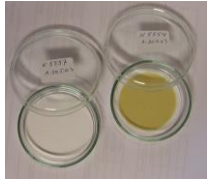


Figure 5. PAH concentration as a function of portion of PAH of PM_{10} in literature. A: Pellet appliance; B: Modern masonry heater [10] and modern log wood boiler [50]; C: S1_18; D: Modern wood chimney stoves (WS) [37,50]; E: Smoldering combustion [51]; F: S2, S6, and S8_11; G: Sauna stove experiment [10]; H: Old wood stove [50]; I: Sauna stove [9].

- PAHien osuus hiukkasmassasta kasvaa hyvin voimakkaasti, kun palaminen huononee!
- Kun on korkeimmat hiukkaspäästöt, PAHien osuus on myös suurin.
- PAHimmillaan kymmeniä mg/m^3 .
- ->Hyvää polttoa kannattaa edistää, erityisesti PAH kannalta

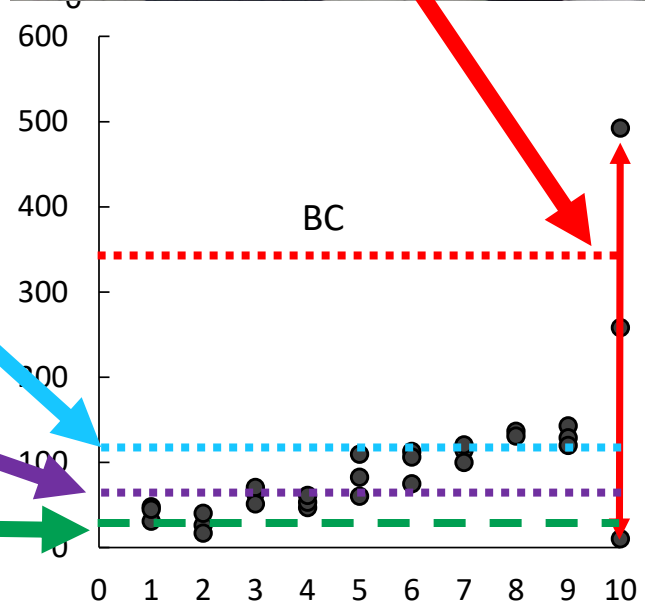


Mitä keinoja pitää PAH-päästöt kurissa?



- Ainoa yleiskeino, jonka voi antaa on

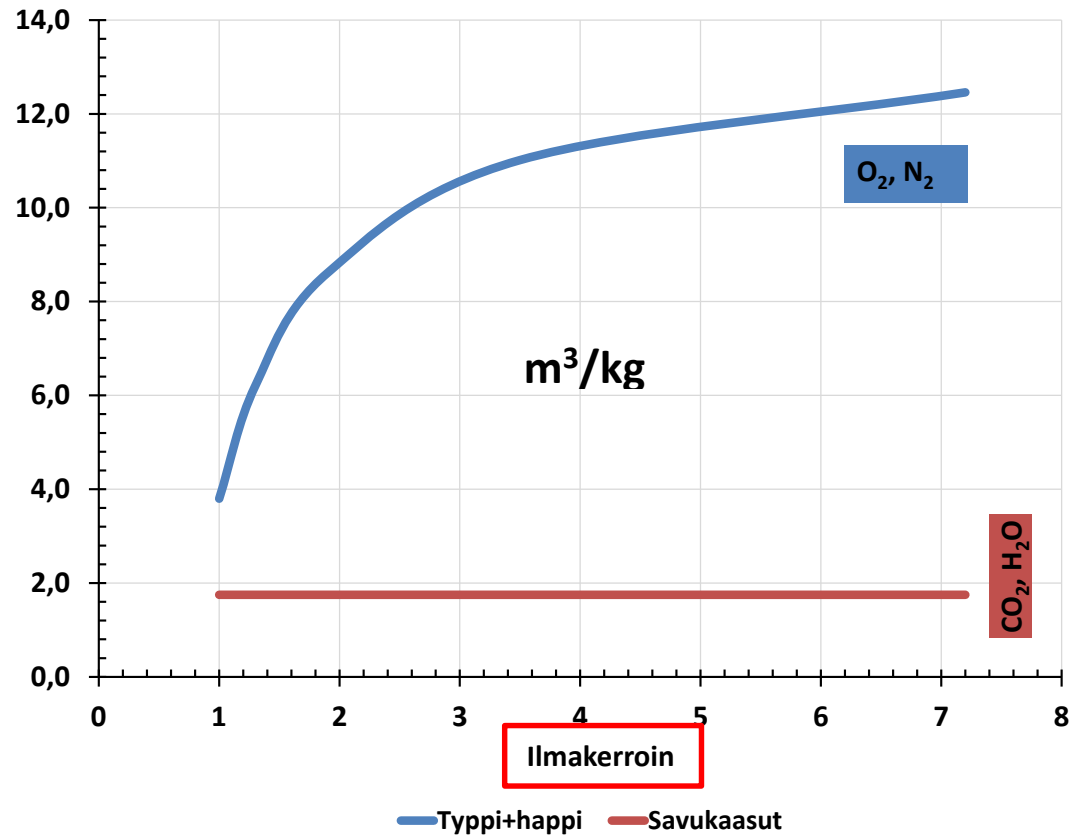
Opettele polttamaan savuttomasti



UEF /

at 18.8.2020, Jarkko Tissari

Jos savuttaa -> huono
Jos ei savuta ->?

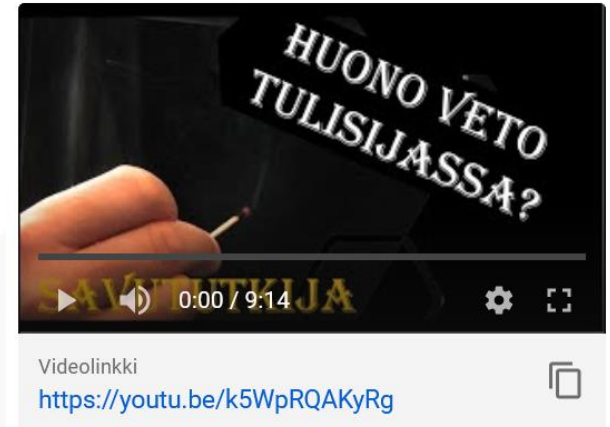


PAHit herkempiä palamisolosuhteille



Keinoja

- Opiskele –asian tiedostaminen
- Hyvälaatuinen polttoaine
 - Kosteus?
 - Rutikuiva puu lisää päästöjä takoissa ja kiukaissa, mutta on hyvä vaihtoehto nuotiossa, avotakassa tai hyvin kylmässä tulipesässä.
 - EI muuta kuin puuta
- Ulkoiset olosuhteet: tuhkat pois, veto-olot
- Polttotapa
 - ladonta-sytyttäminen
 - sytykkeet-panoskoko
 - klapikoko ...



KIITOS!



UNIVERSITY OF
EASTERN FINLAND

uef.fi



UEF // University of Eastern Finland

Jarkko Tissari

Yliopistotutkija, Dos.

*Pienhiukkas- ja aerosoliteknikan
laboratorio
www.uef.fi/fine*

040 355 3237 (työ)

jarkko.tissari@uef.fi

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



Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



Savututkija

28 tilaajaa



Opastusta puun pienpolttoon

NÄYTÄ KOKO SOITTOLISTA

<https://www.youtube.com/channel/UCaCIhrG5PDIEy5hhv7-ZJ5A/videos>

45. Ilmansuojelupäivät 18.8.2020, Jarkko Tissari