



# Biomassan pienpolton mallintaminen ja säätö ilmapäästöjen vähentämiseksi

EnePro-konferenssi, Oulun yliopisto  
3.6.2009

Mika.Ruusunen@oulu.fi



# Biomassan pienpoltto?

- Polttoaine
  - Puu: Hake, klapit, halot, briketit, pelletit, synteetikaasu
  - Muut: Vilja, olki, bioöljyt ja -kaasu, eläinten raadot, ...
- Pieni mittakaava, lämpöteho alle 500 kW



• 300 kW, puuhake (Stokeri ja Stokeri 2 -projekti, Tekes - Puupolttoaineiden pientuotanto ja -käyttö 2002-2006)



• 20 kW, puupelletti (ERA-NET Bioenergy, COPECOM-projekti)





# Pienpolton ympäristövaikutuksia

- Merkittävä osuus Suomen kokonaisilmapäästöistä
  - Hiilivedyt ~25%
  - Pienhiukkaset 40-50%
- Karsinogeenisia haihtuvia yhdisteitä
- Paikallisesti vaikutus hengitysilmaan
- Pienhiukkasilla yhteys sydän-, verisuonitauti-, hengitystiekuolleisuuteen ja keuhkosityöpään





# Ilmapäästöjen vähentämiskeinoja pienpoltossa

- Prosessikehitys
- Polttoaine
- Sääto ja automaatio
- Suodattimet ja katalysaattorit
- Lainsäädäntö



# Pienpolton säädön kehittäminen

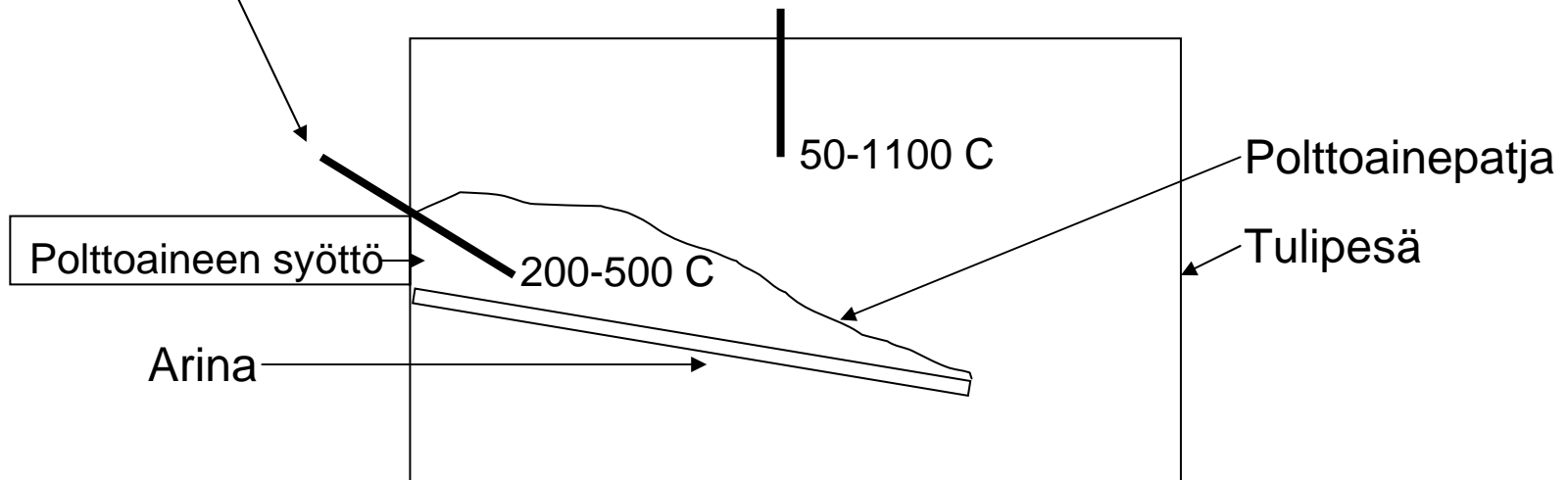
- Vastataan
  - Tuleviin päästörajoihin
  - Suuriin kuorma-, polttoaine- ja tehovaihteluihin
  - Palamisen hallinnan kustannustehokkuuteen
- Tavoitteet
  - Vuosihäviöiden ja -päästöjen jatkuva valvonta ja minimointi
    - ➔ anturit ja instrumentointi
    - ➔ polton valvonta-, optimointi- ja säätömenetelmät
  - Ylläpito- ja huoltokustannusten alentaminen
    - ➔ poikkeustilanteiden havainnointi- ja hallintamenetelmät
    - ➔ kunnonvalvonta



# Malleihin perustuva säätö

- palamisyötysuhde
- polttoainekosteus
- CO<sub>2</sub>
- teho

- Lämpötilojen mittaus → mallinnus → säätö



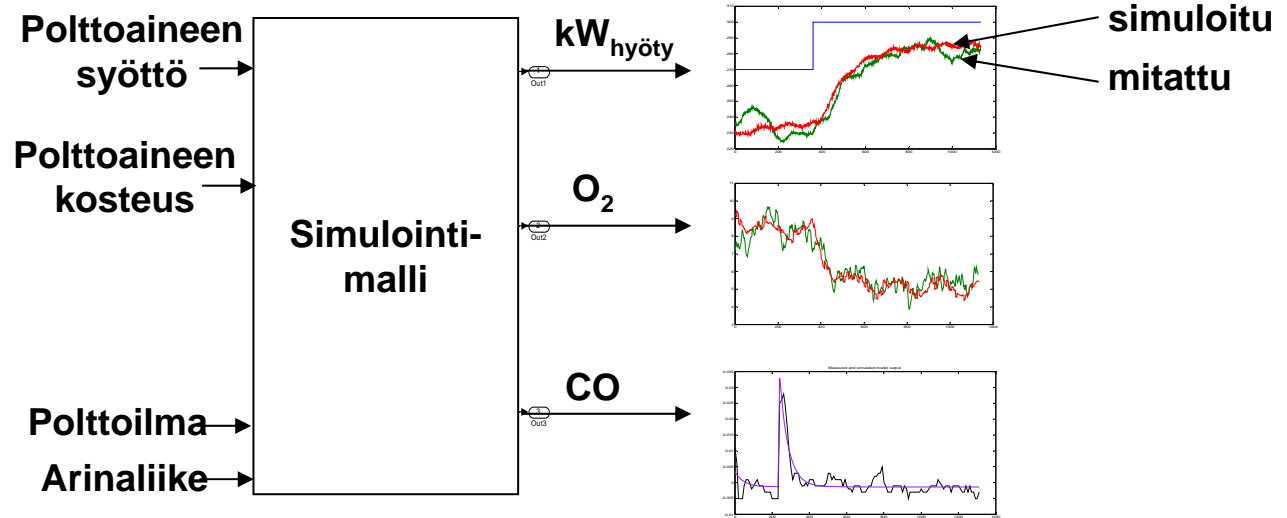
→ Edullisuus

→ Mukautuvuus, vanhat ja uudet polttolaitteet



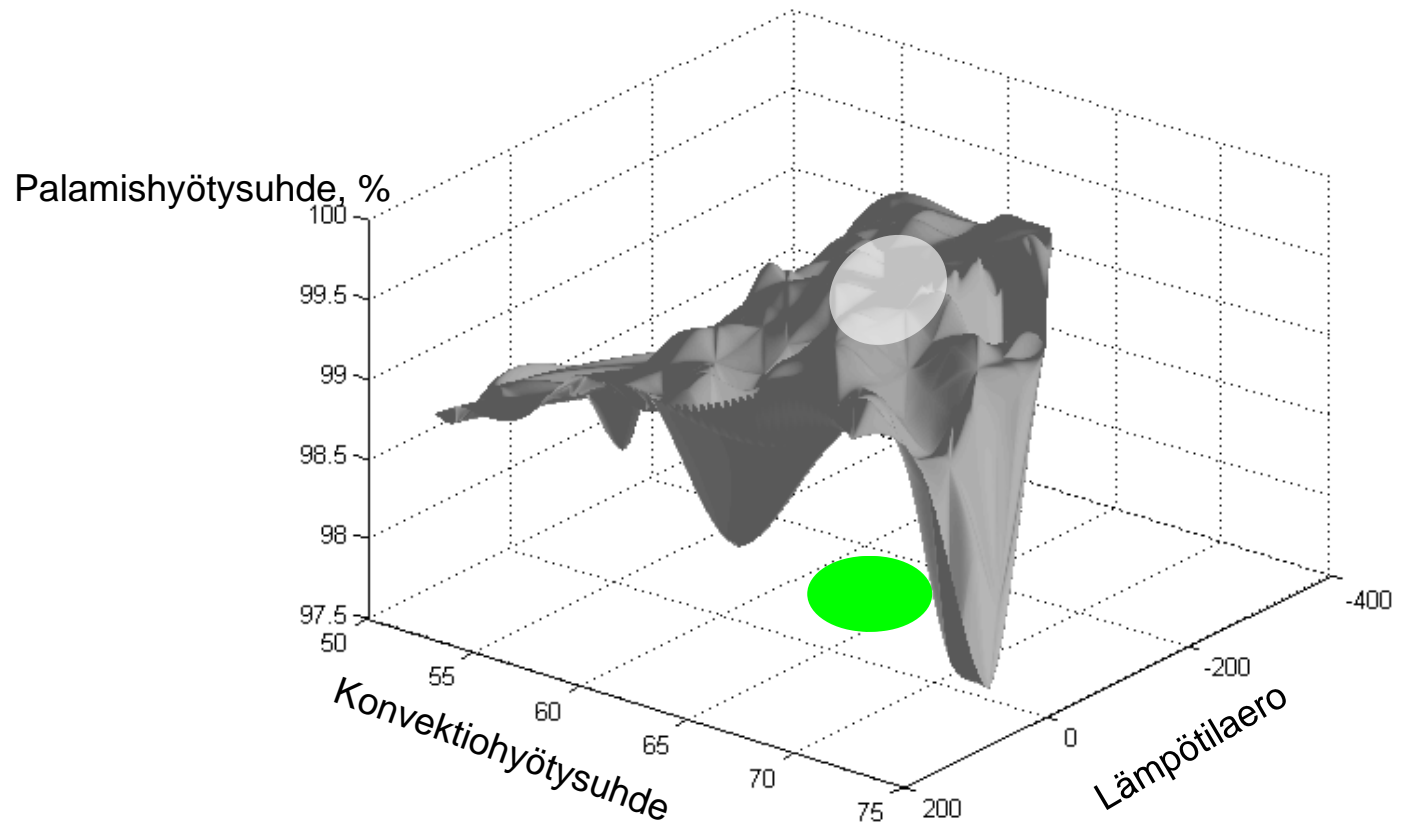
# Pienpolton simulointi

- Perustuu kokeelliseen mallinnukseen
- Vähäpäästöinen säätötapojen testausmenetelmä



# Päästöjen minimointi

Palamishyötysuhde (tehotaso 30-100%, pa-kosteus 9-40%)

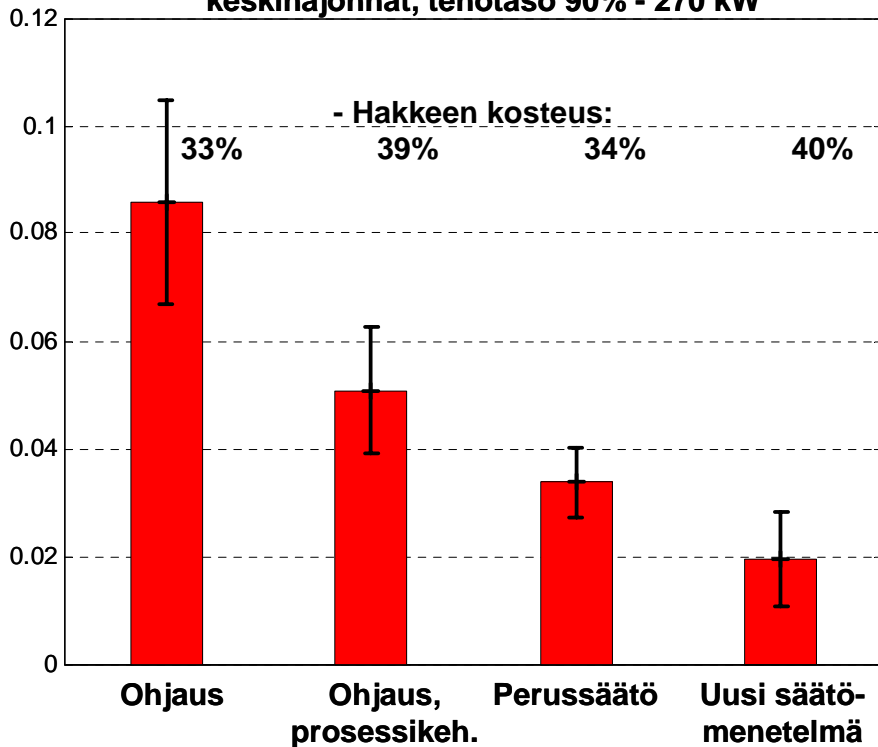




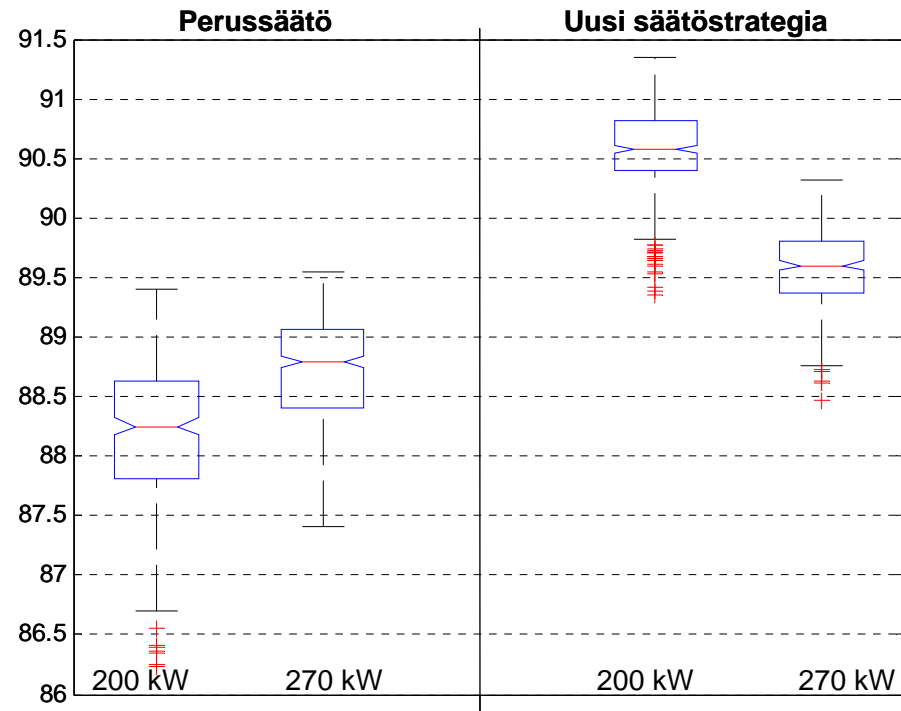
# Säädön vaikutuksia

300 kW lämminvesikattila stokerisyötöllä, puuhake

Testien CO (@ 13% O<sub>2</sub>) -pitoisuuksien keskiarvot (%) ja keskihajonnat, tehotaso 90% - 270 kW



Kokonaishyötysuhteet (%)



# Vuosihyötysuhteen kohottaminen 2%-yks.

Laskenta-arvot: 300 kW nimellisteho ja huipunkäyttöaika 2500h, puuhake

- Polttoaineen säästö,
  - 2kg puuhaketta/h → 5000kg/v (~17m<sup>3</sup>)
- tai lisää hyötyenergiaa
  - 7kWh/h → 17.5MWh/v
- Toteutumattomat hiilidioksidipäästöt
  - 1.4kg/h CO<sub>2</sub> → 3500kg/v (vastaa: CO<sub>2</sub>-päästöt, 3 henkilöä, lento Oulu - Seoul - Oulu)
- Rahan säästö, polttoaine
  - 8.4 euro cent/h → 210EUR/v





# Yhteenveto

- Biomassan pienpoltto
  - Pieni mittakaava, hajautettu
  - Vaihtelevat olosuhteet: polttoaine, prosessiympäristö
- Merkittävä ilmapäästöjen osatekijä
- Keinoja on monia, yhtenä palamisen säätö → yhteistyö

Kustannustehokkaalla säädöllä päästöjen ja häviöiden ennaltaehkäisyyn



# Kirjallisuutta

- Ruusunen M. & Leiviskä K.: Fuzzy Modelling of Carbon Dioxide in a Burning Process. Control Engineering Practice, Vol 12/5, pp. 607-614, 2004.
- Ruusunen M. & Leiviskä K.: Fuzzy, Adaptive Modelling of a Burning Process. Proceedings of eunite 2001, European Symposium on Intelligent Technologies, Hybrid Systems and their implementation on Smart Adaptive Systems, Puerto de la Cruz, Tenerife, Spain, December 13-14, 2001.
- Ruusunen M., Isokangas A. & Leiviskä K.: Model Selection in Large-Scale Databases. Proceedings of the ALSIS' 06, 1st IFAC Workshop on Applications of Large Scale Industrial Systems, Helsinki/Stockholm, 30-31 August, 2006.
- Ruusunen M.: Real-time Moisture Content Monitoring of Solid Biomass in Grate Combustion. Proceedings of the 17th World Congress of the International Federation of Automatic Control (IFAC), Seoul, South-Korea, July 6-11, 2008.
- Ruusunen M.: Model-Based Method for Combustion Power Stabilisation in Grate-Fired Boilers. PP&PSC 2009, IFAC Symposium on Power Plants and Power Systems Control, Tampere, Finland, July 5-8, 2009. Accepted.
- Korpela T., Ruusunen M., Björkqvist T. & Lautala P.: Control structures of a multivariable process applied to small scale biomass combustion. Automaatio 09, seminar days, March 17-18, 2009, Helsinki, Finland.
- Ruusunen, M., Monitoring of Small-Scale Biomass Combustion Processes, Department of Process and Environmental Engineering, Control Engineering Laboratory, Report Series A 29. March 2006. 28 p. ISBN 951-42-8027-X.
- Ruusunen M., Pietilä, K., Oravainen H. & Leiviskä K.: Stokeripolttimen kehittynyt säätöjärjestelmä, vaihe 2 - PUUT55. In: Alakangas E. (Ed.). Puupolttoaineiden pientuotannon ja -käytön panostusalue, Annual report 2007.
- Ruusunen M.: Effect Of Automatic Control Technologies on Emission Reduction in Small-scale Combustion, In: (Eds. Hytönen Kati & Jokiniemi Jorma) Reduction of fine particle emissions from residential wood combustion - final report, Workshop in Kuopio on May 22-23, 2006. University of Kuopio, Report Series 3/2007. 77 p. ISSN 0786-4728.
- Korpela T, Ruusunen M, Zethraeus B.: Final report of the project Control potential of different operating methods in small-scale wood pellet combustion (COPECOM). To be published in [www.eranetbioenergy.net](http://www.eranetbioenergy.net) website, July 2009.





# Kiitos!

