



EnePro-konferenssi

Energia-alan profilointi Oulun yliopistossa

Energiatuotannon ympäristövaikutukset

3.6.2009, Oulun yliopisto, Tietotalo 2, IT 116

Prof. Riitta Keiski

University of Oulu, Department of Process and Environmental Engineering;

POB 4300, 90014 University of Oulu

riitta.keiski@oulu.fi, <http://www.oulu.fi/pyolam/>



Opetusministeriön linjaus korkeakouluverkon kehittamisestä vuoteen 2012 saakka



Yliopistoverkkoa kehitetään seuraavasti:

-
- Oulun yliopiston kehittämistä kansainvälisesti korkeatasoisena tiedeyliopistona jatketaan yhteistyössä elinkeinoelämän ja sektoritutkimuslaitosten kanssa. Oulun yliopistolla on erityisvastuu saamen kielen ja kulttuurin tutkimuksesta ja koulutuksesta.
-



Korkeakoulujen ja niiden toimipisteiden määrä vähenee. Korkeakoulut ovat nykyistä vahvempia. Uusia tutkinnonanto-oikeuksia ei pääosin anneta.

Korkeakoulujen rakenteellisen kehittämisen suuntaviivat vuosille 2008-2011 OPM 7.3.2008

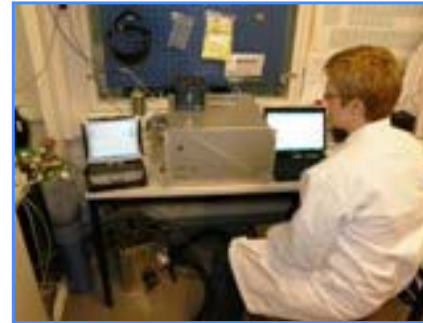


Ympäristötekniikan 'keihäänkärjet' Oulun yliopistossa

- **Ilma** – ilmastonmuutos, ilmanlaadun parantaminen, mittausmenetelmät, puhdistus- ja säätötekniikka
- **Energia** – uusiutuva energia, kestävä tuotanto ja säätötekniikka
- **Materiaalitehokkuus** – materiaalivirrat, kierrätystekniikka, materiaalitehokkuus ja jätteiden minimointi
- **Vesi** – vesivarat ja vesitekniikka, veden ja jäteveden puhdistaminen

Sustainable production and energy:

- Clean technologies and renewable energy sources
- Eco- and energy efficiency
- Minimization of environmental load
- Industrial ecology, Green chemistry and engineering



Sustainable Energy and Air Pollution Control Research at the University of Oulu

The University of Oulu aims at the continued development of **clean air know-how** and incorporating **science into product and technology development**.

Research of clean air technologies includes **biomass-based fuel development** as well as abatement and measurement of air pollution, with the ultimate aim to mitigate anthropogenic impacts on climate change.

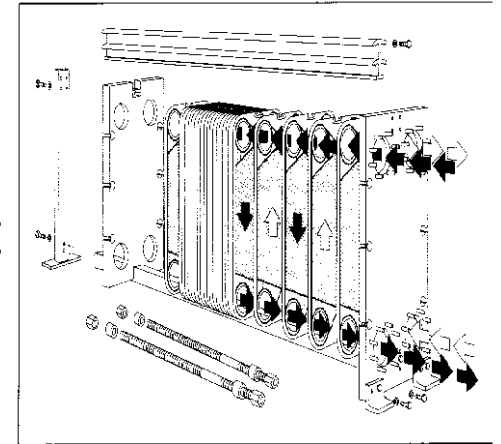
Examples of the main focus areas of research are:

- **Pollution abatement**
- **Climate change and mitigation**
- **Biomass- and waste based fuels**
- **Wood and non-wood biorefinery**
- **Catalytic Chemical utilization of CO₂**



Sustainable Energy and Air Pollution Control Research at the University of Oulu

- **Pollution control in energy production and use:**
 - Power plant automation, Fuel cells
 - Control of fouling in heat exchanger surfaces
 - Catalysis and other technologies, purification exhaust and flue gases
 - CO₂ separation, purification and utilization
 - **Centre of Excellence in Air Industry (SkyPro)**
- **Biofuels:**
 - Production of biofuels: H₂, methanol, ethanol, higher hydrocarbons; Gasification and pyrolysis of biomass, reforming and FT-synthesis; Rawmaterials for biodiesel production, wood pellets
 - Biorefinery: wood and non-wood, fuels, energy and chemicals
 - Production chains of bioenergy
- **Development of energy efficient process and environmental technologies**
 - Fuel cells, Membranes, Adsorption materials, Catalysis, Biotechnology
 - Design of heat-exchangers, Non-fouling surfaces, Energy integration



Sustainable production and energy

Department of Process and Environmental Engineering



Clean technologies and renewable energy sources

- Changes in processes, products and services; the type of resources used
- Globally important; Keen international collaboration; Building critical mass



Eco- and energy-efficiency

- Optimisation and control, sensors, catalysts, resources use optimisation
- Key area; National scale intensity; International collaboration; Critical mass gained



Minimization of environmental load

- Emission control and utilisation of industrial by-products and wastes
- Strategic research; National scale intensity; International collaboration; Critical mass gained



Paradigms of sustainability

- Industrial Ecology, Green Chemistry & Engineering
- Emerging field

Projekti:

Tiede tuotteisiin ja tuotantoteknologioihin

SkyPro Oulu
CLEAN AIR CLUSTER

SkyPro Oulu - taustaa



- Oulun alueen ilmatoimijoilla on yhteinen tahtotila osaamisen ja innovaatioiden kehittämiseksi
 - Oulun alueella ilma-alan yritykset ja tutkimus keskittyvät päästöihin – erityisesti päästöjen mittaamiseen ja hallintaan
 - Alueelta löytyy erityisen hyvää katalyyysi- ja mittausosaamista
- Ilmatoimialan erityisosaamisen kehittäminen Oulun alueella on tärkeää!



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto



SkyPro Oulu

Tiede tuotteisiin ja tuotantoteknologioihin



- Tavoitteena on käynnistää ilmatoimialan yhteistyöverkosto ja osaamiskeskittymä Oulun seudulla
- Hanke jakautuu kahteen päätoimintaan:
SkyPro Oulu (Clean Air Cluster) –yhteistyöverkoston toiminnan käynnistämiseen ja alkuyhteistyön konkretisoivaan tutkimusprojektiin
- Käynnistävän projektin toteutusaika: 1.6.2008 – 31.5.2011
- 11.11.2008 Oulun lääninhallitus hyväksyi hankkeen osarahoitettavaksi Euroopan aluekehitysrahastosta
- Käynnistävän projektin budjetti: 650 000 euroa (EAKR ja valtio 572 000 €, Oulun kaupunki 58 000 € ja Iin Micropolis Oy 20 000 €)
- Pää toteuttaja: Oulun yliopisto; Osatoteuttaja: Iin Micropolis Oy

Vipuvoimaa
EU:lta
2007–2013



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

OULU



UNIVERSITY of OULU
OULUN YLIOPISTO



SkyPro Oulun tavoitteet

SkyPro Oulu
CLEAN AIR CLUSTER

Tiede tuodaan tuotteisiin

- *Tiedon integrointi*
- *Oulun alueen näkyvyyden parantaminen*
- *Boosting innovations*
- *Jatkuva tietotaidon kehittäminen*



Mitä tällä hetkellä erityisesti tavoitellaan?

- Oululaisen osaamisen tunnetuksi tekeminen ja vienti sekä aito kumppanuus kansallisessa ja kansainvälisessä tiedeyhteisössä ja parhaiden osaajien kanssa
- Kiinteä yhteistyö alueellisten toimijoiden kanssa (mm. OY-OAMK –koulutus- ja tutkimusyhteistyö)
- **Tieteen tuominen tuotteisiin ja tuote/ tuotanto-konsepteihin**
- Systemaattinen yritys-tutkimuslaitos-yliopisto -yhteistyö
- **Aito monitieteisyys huomioiden Oulun yliopiston mahdollisuudet** (tekniikka, luonnontieteet, humanistiset tieteet, taloustieteet, lääketiede ja kasvatustiede)
- **Vahva kansainvälistyminen läpileikaten kaikissa toimissa**
- Strategioiden huomioiminen alan koulutusta ja tutkimusta suunniteltaessa ja painoaloja valittaessa
- **Uuden toimintamallin sisäistäminen – Ilma-ala on yhteinen**
- Aidon yhteisöllisyyden luominen – Elinehto huippuyksiköiden luomiselle
- **Todellisten osaajien mukaan saaminen ja sitouttaminen**
- Yhteistyö parhaiden osaajien kanssa
- **Ilma-alan ohjelmien lanseeraaminen, aktiivisuus tiedeyhteisössä ja tutkimusrahoittajien suuntaan** (FP7/EU, Akatemia, Tekes, Säätiöt, yritykset; tutkimusohjelmien suunnittelu, teemojen valmistelu)
- Aktiivinen mukanaolo **Energia ja ympäristö SHOKin** (CLEEN OY:n) toiminnassa ja **OSKE-toiminnassa**

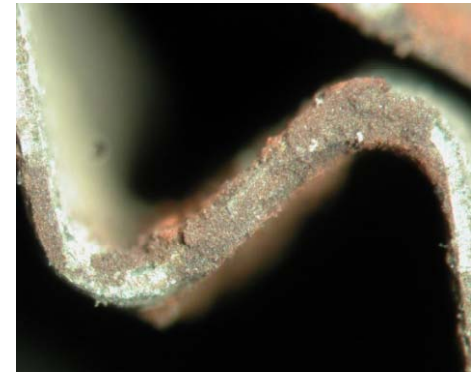
Esimerkkejä SkyPro-alueen tutkimusprojekteista (PYOLÄM)



- Bioethanol Processing for Fuel Cells, [Tekes and EU/COST, 2007-2008, 2006-2010 \(Keiski\)](#)
- CO2UTIL, Towards Utilization of CO₂ as a Green and Versatile Commodity Chemical - Clean Synthesis of Methanol and Dimethyl Carbonate, [SA 2007-2010 \(Pongracz\)](#)
- New, innovative and sustainable transportation biofuels (SusFuFlex), [SA 2008-2011 \(Keiski\)](#)
- Valokatalyyttien käyttö vesien puhdistuksessa ja pintojen puhtaana pitämisessä, [EU/EAKR 2008-2009 \(Keiski\)](#)
- Hiilinanoputkifilmit katalyyttien tukimateriaaleina, [SA 2009-2012 \(Keiski\)](#)
- Isotooppileimaus ja transienttiolosuhteet haihtuvien orgaanisten yhdisteiden katalyyttisen hapetuksen reaktiomekanismien tutkimuksessa, [SA 2009-2011 \(Ojala\)](#)
- NOCOBI, Uusi tapa hallita vaihtelevan laatuisten biomassojen polttoa, [SA 2009-2012 \(Muurinen\)](#)
- Kestävän kehityksen mukainen hiilihapon esterien valmistaminen hiilidioksidista, [SA 2009-2012 \(Keiski\)](#)
- FTIR- ja PAS-tekniikoiden yhdistelmä teollisuuden ongelmallisissa kaasumittauksissa (ZERO-VOC, VTT, Oulun yliopisto, Iris (Espanja); [EU-SME 2009-2010 \(Keiski\)](#)
- **Väitöskirjat ja diplomityöt**
- SciPro-osaamiskeskittymä *toimii aktiivisesti* ympäristöalan osaamiskeskuksessa ([OSKE](#)) ja Energia ja ympäristö -huippuosaamisen keskittymässä ([Energia ja ympäristö SHOK: Cleen Oy](#))



Catalysis Research – Pollution control, Sustainable energy and production, Fuels, Chemicals



- Catalytic nanotubes and membranes
- Reforming and Water gas shift reaction (H_2 production)
- Catalytic routes from biomass to fuels (biohydrogen, methanol, ethanol, biobutanol, biopentanol)
- Catalytic wet oxidation and Photocatalysis
- Catalytic oxidation of VOCs, CVOCs, malodorous compounds
- Catalytic oxidation and reduction of flue and exhaust gases
- Catalytic routes in CO_2 utilization (methanol, DMC, carbonic esters)
- Formaldehyde production from contaminated methanol
- Deactivation of catalysts, Control of the surface poisoning phenomena
- Catalytic materials and their characterization
- Catalysis in supercritical CO_2 , microwave and plasma activation
- Abatement and health effects of fine particulates
- Heterogeneous, homogeneous and biocatalysis (combining the best features)

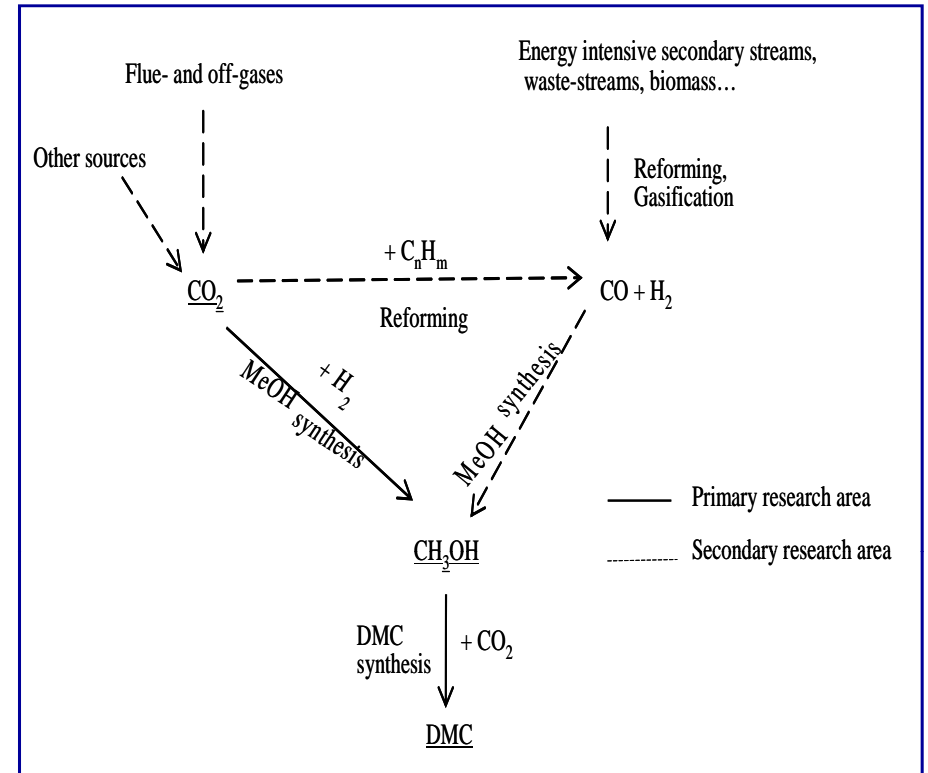


On-going CO₂ research

- **CO₂-USE (Tekes, GSCE)**
 - CO₂ as a raw material for fuels and petrochemical components
- **CO₂H₂ and ReGenGas (Tekes)**
 - Reforming of CO₂ to syngas, CO₂ recycling
- **CO₂UTIL and SUSE (SA)**
 - Sustainable production of methanol and dimethyl carbonate from carbon dioxide by green chemistry principles
- **REFORMH₂ and REFORMH₂-2 (Tekes, Fortumin säätiö; EST)**
 - Dry reforming, Use of CO₂

Our target:

Secondary CO₂ as a raw material for valuable chemicals/products inside the company that produces CO₂, e.g. oil, chemical, power, pulp and paper, and metallurgical industry



Project 1: CO₂UTIL, Towards utilization of CO₂ as a green and versatile commodity chemical - Clean synthesis of Methanol and Dimethyl Carbonate

DMC selectivity 100 %, Better activity

- Under one phase reaction conditions
- Recycling of Catalytic Species
- Water trapping

Future activities

- Catalyst Design for Continuous Flow Reactors
- Heterogenization of the catalyst
- New catalytic materials

- Developing **green chemicals via a sustainable process in accordance with Green Chemistry principles**
- **Value enhancement of a secondary resource, CO₂**
- The conventional method for methanol production is based on fossil feedstock and the production of DMC involves the use of toxic phosgene or CO
 - Reduction of the hazard from solvents and chemicals
 - Explore safe and environmentally sound reaction routes and energy-efficient processes
 - Identify new, effective catalysts for methanol and DMC syntheses
- Develop a **dynamic simulation system** that can be used in studying the realization of different process routes from process control viewpoint

by E. Pongráz, 2007



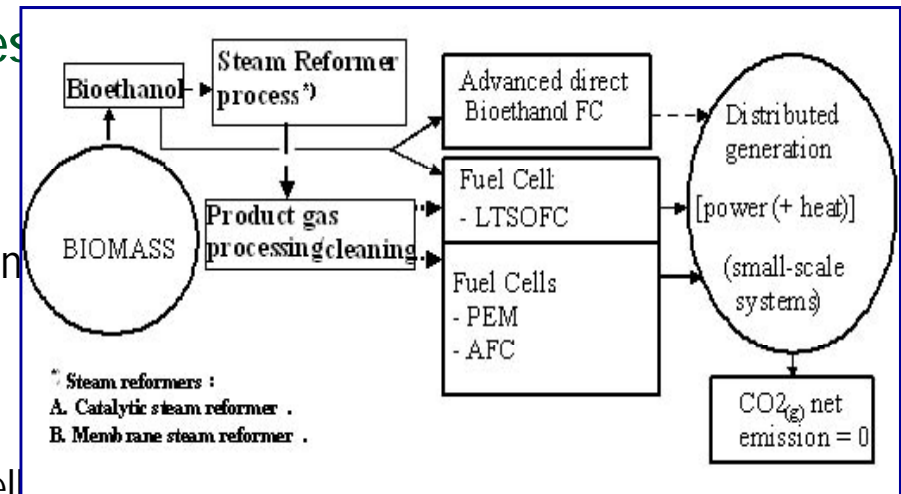
Project 2: EU/ESF, COST Action 543 (10.2006-10.2010) Bioethanol Processing for Fuel Cells



- Focuses on developing new technologies for bioethanol - ethanol produced from lignocellulose materials - to be used effectively in **small-scale fuel cell systems of electric power output between 0.5 to 10 kW**.
- The technologies will cover **low temperature bioethanol reforming in hydrogen selective membrane reactors and cleaning methods as well as their combinations with any type of low-temperature fuel cells (200-390°C)**
- In addition, the bioethanol driven fuel cells could be an intermediate step towards **glucose driven fuel cells**.
- **Microreactor concept, catalytic membranes**

Working groups

- **First group:**
 - WG1 Hydrogen production from bioethanol
 - WG2 Microreactor design
 - WG3 Fuel gas processing
- **Second group:**
 - WG4 Advanced direct bioethanol fuel cell
 - WG5 The selected low temperature fuel cells



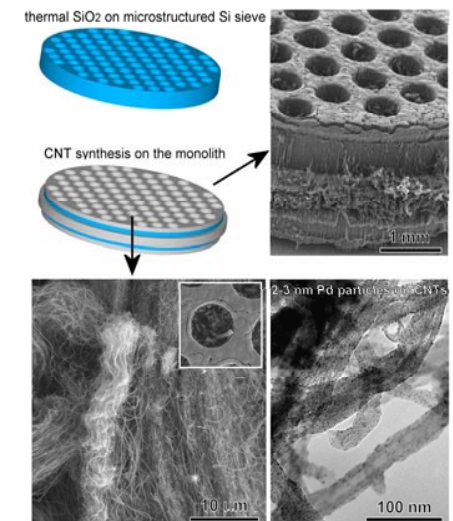
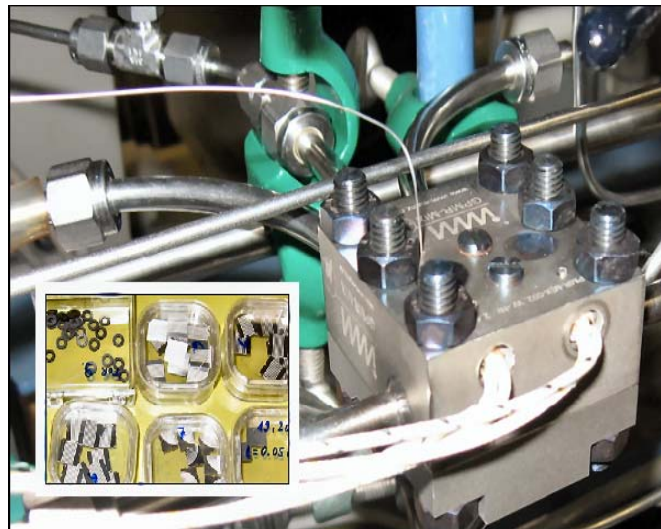
Project 3: Novel catalyst materials based on nanoparticles supported on nanostructured templates for intensified catalytic reactions in microreactors

Dr. Krisztián Kordás, Microelectronics and Materials Physics Laboratories, University of Oulu, Finland

Prof. Riitta Keiski, Mass and Heat Transfer Process Laboratory, University of Oulu, Finland

Dr. Jyri-Pekka Mikkola, Laboratory of Industrial Chemistry, Process Chemistry Centre, Åbo Akademi University, Finland

Microreactor for gas or three-phase reactions. Micro-platelets – the building blocks of the reactor channels - ready for assembly (inset).



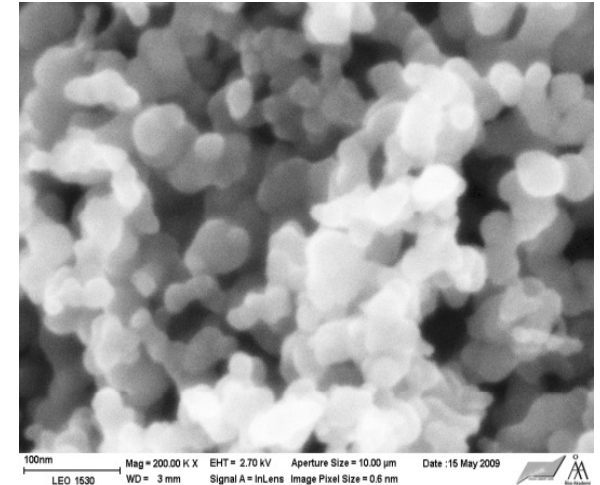
Projekti 4: Moottoripäästöjen pienhiukkastutkimus (1/2)

Kati Oravisjärvi ja Mari Pietikäinen

Tutkimus on monitieteellinen ja siinä on asiantuntijoita tekniikan, luonnon- ja ympäristötieteiden sekä lääketieteen alueilta

Tutkimuksen tavoitteena on:

- Tarkastella eri lähteistä peräisin olevia pienhiukkasia, niille altistumista sekä niistä aiheutuvia terveyshaittoja
- Selvittää eri polttoaineiden (diesel, luonnonkaasu, biodiesel) ja katalyytin vaikutusta hiukkasten muodostumiseen ja ominaisuuksiin



Tutkimuksen yhteistyö

- Tutkimuksessa ovat mukana Oulun yliopisto, Kuopion yliopisto, Vaasan yliopisto, Oulun seudun ammattikorkeakoulu, Turun ammattikorkeakoulu, VTT, Proventia
- Tutkimusta ovat rahoittaneet Walter Ahlströmin säätiö, Maj ja Tor Nesslingin säätiö, Suomen kulttuurirahaston Juhani Korpivaaran Toyota-rahasto ja Energiatekniikan tutkijakoulu



Esimerkkejä SkyPro-alueen tutkimuksesta Oulun yliopistossa 1/4

NorTech Oulu

(Eva Pongracz, Jenni Ylä-Mella)

- CO₂:n hyötykäyttö ja teollinen ekologia, CO₂:n status jätteenä tai raaka-aineena: käsitteellinen analyysi

Biologian laitos

(Satu Huttunen, Kari Taulavuori, Annamari Markkola, Henna Pihlajaniemi, Anne Jokela)

- Hiilitase, päästökauppa, kaasumaiset ilman epäpuhtaudet, kuiva laskeuma, märkälasseuma, hiukkaset, orgaaniset- ja epäorgaaniset epäpuhtaudet, primääriset ja sekundääriset ilman epäpuhtaudet ja niiden vaikutukset kasveihin ja maaperään. Kaupunkiekologia, puutarhakasvit jne.
- Meneillään oleva tutkimus:
 - The convention on long-range transboundary air pollution working group on critical levels for ozone – Level II
 - Kuivalasseuman typpiyhdisteiden rooli neulasvaurioissa
 - Raahen terästehtaan ympäristöselvitys
 - Interactions between plant and atmosphere: Stomatal wax plugs of pines
 - what do they do?

Esimerkkejä SkyPro-alueen tutkimuksesta Oulun yliopistossa 2/4

TkT, Sähkö- ja tietotekniikan osasto, Mikroelektroniikan ja Materiaalifysiikan laboratorio

(Prof. Vilho Lantto, Jyrki Lappalainen, Kristian Kordas)

- Kaasuanturit (ohutkalvo- ja paksukalvotekniikat), kaasujen ja seosten mittaus.
- Meneillään oleva tutkimus:
 - Kaasuanturitutkimusta 1) käyttäen toiminnaalisia materiaaleja, nanoteknologiaa ja painettavaa elektroniikkaa sekä 2) hiilinanoputkia

TkT, Prosessi- ja ympäristötekniikan osasto, Systemitekniikan laboratorio

(Prof. Urpo Kortela, Kimmo Leppäkoski)

- Mallinnus säätösuunnittelua varten, prosessien monitorointi, prosessien optimointi
- Meneillään oleva tutkimus:
 - voimalaitosten savukaasupäästöjen hallinta



Esimerkkejä SkyPro-alueen tutkimuksesta Oulun yliopistossa 3/4

TkT, Prosessi- ja ympäristötekniikan osasto,
Lämpö- ja diffuusiotekniikan laboratorio

(Prof. Riitta Keiski, Satu Ojala, Esa Turpeinen, Satu Pitkäaho, Kaisu Ainassaari,
Nina Niskala)

- Katalyyttinen ja terminen VOC-yhdisteinen käsittely (hajukaasut, liuotinaineet), katalyyttisten reaktioiden mekanismit, kaasumaisten päästöjen mittaus, teollisuuden CO₂ pitoisten prosessikaasujen hyödyntäminen
- NO_x ja SO₂ hapettava pesu (hapettimenavetyperoksidi, otsoni), happamien kaasujen puhdistus absorptiolla
- Meneillään oleva tutkimus:
Katalyyttiset hapetusreaktiot, kaasumaisten yhdisteiden erilaiset mittausmenetelmät, biomassan polton päästöt, CVOC-yhdisteiden katalyyttinen hapettaminen, CO₂-pitoisten kaasuvirtojen hyödyntäminen kemikaalien (synteesikaasu, metanoli, DMC, karboniset esterit) valmistuksessa



Esimerkkejä SkyPro-alueen tutkimuksesta Oulun yliopistossa 4/4

TkT, Prosessi- ja ympäristötekniikan osasto, **Teollisuuden ympäristötekniikka**

(Prof. Riitta Keiski, Timo Nordman)

- Pölypäästöjen puhdistus ja fraktiointi

TkT, Prosessi- ja ympäristötekniikan osasto, **Kuitu- ja partikkelitekniikan laboratorio**

(Prof. Joko Niinimäki, Tuomas Stoor, Ari Ämmälä)

- Teollisuuden ilmanpuhdistus, esim. partikkelien erotus savukaasuista koronaerottimilla
- Meneillään oleva tutkimus:
 - partikkelien erotus, muodostuminen ja ominaisuuksien mittaaminen

Esimerkkejä SkyPro-alueen tutkimuksesta yliopiston ulkopuolella

VTT Oulu

(Janne Suhonen, Mari Tenhunen, Satu Ojala)

- Sensori- ja analysointiratkaisujen kehittäminen sovellettavaksi mm. kaasumittauksissa
- Optisten mittausten menetelmien soveltaminen ilma- ja päästämittauksissa
- Meneillään oleva tutkimus:
 - kaasumittauksiin soveltuvan spektrometrin/kyvetin kehitystyö, FTIR/iPAS teknologian sovellus kaasumittauksiin, kannettavan FTIR-teknologian kehittäminen

KPAMK

(Lasse Jansson, Tauno Kuokkanen, Anu-Sisko Perttunen, Risto Puskala)

- Päästökaasujen näytteenotto, analysointi ja mittaus sekä käsittely
- Meneillään oleva tutkimus:
 - Lämpölaitosten polttoaineiden laadun ja tehokkuuden parantaminen, päästöjen vähentäminen ja polttoaineiden käyttöohjeiden ohjeistus

Yhteistyöyritykset

SkyPro Oulu
CLEAN AIR CLUSTER



www.ehovoc.fi

Ehovoc Oy valmistaa VOC-polttolaitteistoja teollisuuspäästöjen käsittelyyn.

ECOCAT
www.ecocat.com



Ecocat Oy kehittää ja valmistaa katalyyttejä päästöjen käsittelyyn.



Proventia Group Oy valmistaa päästöjen puhdistusratkaisuja dieselkäyttöisiin koneisiin, raskaisiin ajoneuvoihin ja voimalaitoksiin.



UNIVERSITY of OULU
OULUN YLIOPISTO



Muita Ilma- ja energia-alan strategisia yhteistyökumppaneita



- **Ympäristöteknologiaklusteri:** Pohjois-Suomi (Oulu-Kajaani), Väli-Suomi (Jyväskylä-Kuopio), Helsinki metropolialue (Pääkaupunkiseutu, Lahden ja Hämeenlinnan alueet)
- **Suurteollisuus** (Metallurginen ja kaivannaisteollisuus, paperi- ja puunjalostusteollisuus, kemian teollisuus, elintarviketeollisuus, energian tuotanto)
- **P&K-sektori** (Ympäristöyrittäjien liitto, ympäristö- ja energia-alan asiantuntijayritykset, yritysryhmät)
- **Julkinen sektori** (Kaupungit, kunnat, ministeriöt, maakunnat)
- **Tutkimuslaitokset** (VTT, MIKES, muut relevantit sektoritutkimuslaitokset/GTK, METLA, MTT, EVIRA, RKTL, SYKE, alueelliset ympäristökeskukset)
- **Ilma-, energia- ja ympäristöalan tutkimusohjelmat ja tutkijakoulut** (Kestävä energia/SA, Kestävä tuotanto ja tuotteet/SA, Energiatekniikan ja -tieteen/EST, Kemiantekniikan/GSCE, Ympäristötieteen ja -tekniikan/EnSTe tutkijakoulut)
- **Kansainväliset partneriyliopistot ja -tutkimuslaitokset**



Yhteystiedot



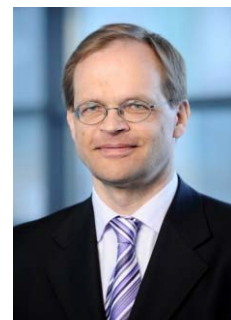
Riitta Keiski, Professori, TkT

Oulun yliopiston vararehtori
Tiede tuotteisiin ja tuotantoteknologioihin
–projektin vastuullinen johtaja
Oulun yliopisto
Prosessi- ja ympäristötekniikan osasto
riitta.keiski@oulu.fi, gsm 040 726 3018



Satu Pitkäaho, DI

Tutkimuskoordinaattori
Oulun yliopisto
Prosessi- ja ympäristötekniikan osasto
satu.pitkaaho@oulu.fi, gsm 040 359 3434



Jukka Teräs, TkT

Ohjelmakoordinaattori
lin Micropolis Oy
jukka.teras@micropolis.fi, gsm 0400 983 685



Vipuvoimaa
EU:lta
2007–2013



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

