

OPPIMATERIAALEJA

PUHEENVUOROJA

RAPORTTEJA 199

TUTKIMUKSIA

Panu Aho & Annika Kunnasvirta (toim.)

MOOTTORISTA MITTAA

Energiateknologian osaaminen
Turun ammattikorkeakoulussa



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

OPPIMATERIAALEJA

PUHEENVUOROJA

RAPORTTEJA 199

TUTKIMUKSIA

Panu Aho & Annika Kunnasvirta (toim.)

MOOTTORISTA MITTAA

Energiateknologian osaaminen
Turun ammattikorkeakoulussa



TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

TURUN AMMATTIKORKEAKOULUN
RAPORTTEJA 199

Turun ammattikorkeakoulu
Turku 2014

ISBN 978-952-216-507-7 (painettu)

ISSN 1457-7925 (painettu)

Painopaikka: Suomen Yliopistopaino – Juvenes Print Oy, Tampere 2014

ISBN 978-952-216-508-4 (pdf)

ISSN 1459-7764 (elektroninen)

Myynti: <http://loki.turkuamk.fi>



SISÄLTÖ

ESIPUHE	6
<i>Seppo Niemi</i>	
SOVELTAVAA POLTTOMOOTTORITUTKIMUSTA TEOLLISUUDEN TARPEISIIN	9
<i>Krister Ekman, Annika Kunnasvirta & Panu Aho</i>	
TYÖKONEDIESELMOOTTORIEN KEHITYS	13
<i>Pekka Nousiainen & Annika Kunnasvirta</i>	
MARKKINALÄHTÖINEN MAAILMA JÄLKIKÄSITTELYLAITEVALMISTAJAN SILMIN	17
<i>Panu Aho & Mika Laurén</i>	
UUSIUTUVAT POLTTOAINEET LIIKENTEESSÄ	21
<i>Annika Kunnasvirta, Panu Aho & Toomas Karhu</i>	
PAKOKAASUPESURITEKNOLOGIAN HAASTEET LAIVOISSA	27
<i>Panu Aho & Jari Lahtinen</i>	
PIENHIUKKASPÄÄSTÖJEN TERVEYSVAIKUTUKSET JA TUTKIMUS	33
<i>Panu Aho, Toomas Karhu & Mika Laurén</i>	
LIIKETOIMINTAA LÄMMÖSTÄ – ENERGIAN TALTEENOTTOJÄRJESTELMILLÄ HÄVIÖT HYÖDYKSI	39
<i>Panu Aho & Tommi Paanu</i>	

POLTTOAINEENKULUTUS KURIIN TALOUDELLISELLA AJOTAVALLA	43
<i>Annika Kunnasvirta & Panu Aho</i>	
POLTTOMOOTTORISIMULOINNIN MAHDOLLISUUDET OPETUKSESSA JA TUOTEKEHITYKSESSÄ	47
<i>Mika Laurén & Panu Aho</i>	
OSAAMINEN SYVENTYY PROJEKTITÖISSÄ	53
<i>Henna Saveljeff</i>	
ENERGIATEKNOLOGIAN TUTKIMUSRYHMÄ	56

ESIPUHE

Turun ammattikorkeakoulu ryhtyi järjestelmällisesti kehittämään polttomoottoritutkimusta 1990-luvun puolivälissä. Polttomoottoriteollisuus alihankkijoineen muodostaa merkittävän osan Suomen teknologiateollisuudesta. Wärtsilä on keskinopeiden ja hidaskäyntisten moottorien ja niihin perustuvien voimaloiden maailmanluokan toimittaja, ja AGCO Power valmistaa huomattavan määrän työkone- ja aggregaattimoottoreita eri sovelluksiin. Molemmat yritykset toimivat globaaleilla markkinoilla, ja myös niiden alihankkijat laajentavat toimintaansa ulkomaille.

Polttomoottoreihin läheisesti liittyviä teollisuudenaloja ovat poltto- ja voiteluaineiden tuotanto, pakokaasujen jälkikäsitteilyjärjestelmien valmistus sekä sähkö- ja automaatiotekninen teollisuus. Näilläkin aloilla Suomessa on korkean tason teollisuutta, ja yritykset toimivat maailmanlaajuisilla markkinoilla, esimerkkeinä Neste Oil, UPM, Ecocat, Proventia, Valmet Power, ABB ja Vacon. Polttomoottoritekniikka on kaikkiaan hyvin monialaista.

Laajan kansallisen ja kansainvälisen merkityksensä takia polttomoottoriteollisuus tarvitsee tuekseen tieteellistä ja soveltavaa tutkimustyötä ja osaavan henkilöstön koulutustoimintaa. Toimintaa alettiin kehittää Turun ammattikorkeakoulussa jo ennen kuin tutkimus-, kehitys- ja innovaatiotoiminta (TKI) tuli ammattikorkeakoulujen lakisääteiseksi tehtäväksi. Tuonaikaiset johtajat, rehtori Kaj Malm ja koneosaston johtaja Veikko Välimaa päättivät rohkeasti tukea polttomoottorilaboratorion kehittämistä laitehankinnoin ja mahdollistivat tutkimuksen ja julkaisutoiminnan aloittamisen myöntämällä tutkijoille aikaresursseja.

Moottorilaboratorion kehittämiseen vuosituhaten vaihteessa saatu opetusministeriön hankerahoitus mahdollisti uuden tutkimusympäristön rakentamisen, ja osastonjohtaja Timo Vuoriluoto jatkoi toiminnan tukemista monin oivaltavin ehdotuksin. Ammattikorkeakoulun TKI-toiminta organisoitui 2000-luvun alkupuolella, ja korkeakoulun, TKI- ja tulosalueen johtajien suopea asenne ja taloudellinen tuki ovat sittemmin mahdollistaneet polttomoottoritutkimuksen merkittävän laajentamisen.

Ylivoimaisesti suurin osa tutkimuksesta on koko ajan ollut yritysrahoitteista tutkimusta. Pitkin matkaa on kuitenkin tehty myös julkisrahoitteisia hankkeita, rahoittajina mm. Tekes ja Kehityskeskus O'Sata. Ajan salliessa on tehty myös omaehtoisia tutkimuksia. Tärkeänä tukijana on toiminut Henry Fordin Säätiö. Korkeakouluyhteistyötä on harjoitettu Åbo Akademin, Vaasan, Helsingin ja Oulun yliopistojen, Tampereen teknillisen yliopiston ja Metropolian kanssa, mutta julkisrahoitteisissa hankkeissa on ollut muitakin korkeakoulukumppaneita. VTT on ollut paitsi tärkeä asiakas, myös merkittävä asiantuntijatuki laboratorion ja mittausten kehitystyössä.

Alusta asti laboratoriossa on tutkittu polttoaineita, moottorikomponentteja ja päästöjen vähentämistä sekä tehty alaa koskevia kirjallisuustutkimuksia. Pakokaasujen jälkikäsittelylaitteistot, muuttuvan kuorman mittaukset ja simulointityö ovat tulleet matkan varrella mukaan. Perusteellisin mittauksin ja laskelmin on selvitetty myös mm. keskinopean moottorin konvektio- ja säteilyhäviö.

Hankkeissa on alusta asti menetelty niin, että opiskelijat ovat tehneet asennus-, mitta- ja opinnäytetöitä kokeneen tutkijan ohjauksessa. Tällä tavoin opiskelijat ovat päässeet autenttisiin tutkimustöihin jo opintojensa aikana, ja valmiudet siirtyä teollisuuteen ovat tuntuvasti kohentuneet. Yhteistyöyritykset ovat rekrytoineet merkittävän määrän laboratorion tutkimushankkeissa työskennelleitä opiskelijoita.

Tiukentuva ympäristölainsäädäntö, tarve löytää uusiutuvia vaihtoehtopolttoaineita ja vaatimus parantaa energiatehokkuutta takaavat, että polttomoottoritutkimuksen kysyntä kasvaa myös tulevaisuudessa. Laboratoriotoiminnan huomattavan laajentumisen takia puitteet ovat kuitenkin käyneet ahtaiksi ja järjestelmät alimittaisiksi. Laboratorioita onkin mahdollisimman pian uudistettava menestyksekkään polttomoottoritutkimuksen edellytysten ja jatkuvuuden takaamiseksi.

Turussa 8.5.2014

Seppo Niemi

Professori, yliopettaja



Päästömääräykset tuotekehityksen taustalla

Hiilivetympolttoaineen täydellisen palamisen tuotteita ovat hiilidioksidi ja vesi. Todellisuudessa moottoreissa palaminen kuitenkin ei ole täydellistä. Pakokaasussa on mukana osittain palaneita tai palamattomia polttoaineen osia sekä palamisen ei-toivottuja sivutuotteita, joiden määriä rajoitetaan lainsäädännöllä. Dieselmoottoareiden osalta sääntelyn piirissä ovat häikä, hiilivedyt ja typen oksidit sekä pienhiukkaspäästöt.

Päästölainsäädäntö vaikuttaa voimakkaasti moottoritekniikan kehitykseen, sillä se velvoittaa moottorien valmistajia päästöjen hallintaan sekä ympäristön kannalta kestävien prosessien suunnitteluun. Suomi on EU:n yhteisen päästönormiston piirissä, jossa on määritelty omat määräyksensä henkilö- ja raskaille ajoneuvoille sekä ns. off road -kalustolle, kuten työkonelle.

SOVELTAVAA POLTTOMOOTTORITUTKIMUSTA TEOLLISUUDEN TARPEISIIN

Krister Ekman, Annika Kunnasvirta & Panu Aho

Turun ammattikorkeakoulun polttomoottorilaboratorion soveltavan tutkimuksen erityisaloja ovat energiatehokkaat polttomoottorit, energian talteenottojärjestelmät sekä kulkuneuvojen energiatehokkuus. 1990-luvulta lähtien tehdyn soveltavan polttomoottoritutkimustyön asiakkaita ja yhteistyökumppaneita ovat yritykset, korkeakoulut ja tutkimuslaitokset. Tilaustyöt muodostavatkin tärkeän osan toiminnasta insinööriopetuksen ohella.

Polttomoottorilaboratoriossa on käytössä neljä erillistä testipenkkiä moottorien tutkimusajoihin. Jokainen penkki on varustettu pyörrevirtadynamometrillä, jolla moottoria kuormitetaan, sekä kattavalla mittaus- ja tiedonkeruujärjestelmällä. Dynamometreissä voidaan tutkia maksimitehoiltaan noin 50–200 kW moottoreita. Moottoreita voidaan kuormittaa tarpeen mukaan joko staattisella kuormituksella tai nopeasti vaihtelevalla, dynaamisella kuormituksella. Moottorin kuormitus ja ajosykli voidaan automatisoida, jolloin samaa sykliä voidaan toistaa tarkasti, ja vertailla esimerkiksi moottorin ruiskutusparametrien säädön vaikutusta polttoainetalouteen ja pakokaasupäästöihin.

Laboratorion kattavalla analysaattorilaitteistoilla pakokaasujen analysointia pystytään tekemään eurooppalaiset päästönormit täyttävällä tasolla. Mittaamaan kyetään säänneltyjen kaasumaisten päästöjen (häkä, hiilivedyt, typen oksidit) lisäksi myös esimerkiksi ammoniakki- ja metaanipitoisuuksia. Lisäksi pystytään mittaamaan hiukkasten massaa, lukumäärää ja kokojakaumaa sekä savutusta. Moottorin sylinterin sisäistä tutkimusta kyetään tekemään sylinteripainetta mittaavan ja sen perusteella palamista analysoivan indikointijärjestelmän avulla.

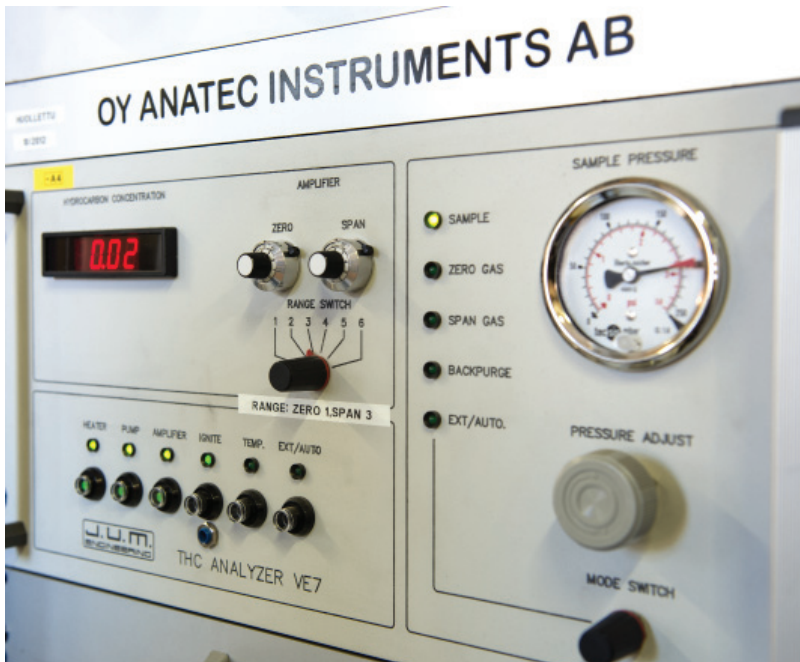
Yksittäisessä projektissa voidaan keskittyä tutkimaan esimerkiksi polttoaineita, pakokaasun jälkikäsitteilyjärjestelmiä tai lämmön talteenottojärjestelmiä. Itse moottorin toimintaa tutkitaan esimerkiksi ohjausparametreja säätämällä tai vaihtamalla moottorin komponentteja, kuten turboahtimia, nokka-akseleita tai suuttimia.

Mittausten luottamuksellisuus asiakkaan tarpeiden mukaan on ensiarvoisen tärkeää. Laboratoriossa on mahdollista tarjota puitteet, joissa ulkopuolisilla ei ole pääsyä laitteistoihin ja tutkimustulokset pysyvät tarvittaessa salaisina. Kaikki mittausdata tallennetaan laboratorion omaan hallinnassa laboratorion omaan tietokantaan.

Moottorin varustelu, oheislaitteiden suunnittelu ja asennukset

Moottoreiden ja oheislaitteiden, kuten pakokaasun jälkikäsitteilyjärjestelmien varustelu ja asennukset onnistuvat laboratoriossa sujuvasti. Tutkimuspisteiden lisäksi laboratoriossa on tilat hitsaukseen ja koneistukseen, sekä huone hiukkasmassamittausten tarkasteluun tarkkuusva'alla. Tutkimusajoissa mittalaitteisto käsittää aina lukuisia lämpö- ja paineantureita moottorin toiminnan tarkkailemiseksi, coriolis-mittarin polttoaineen kulutuksen mittaamiseen ja termisen massavirtamittarin moottorin imuilman mittaamista varten.

Moottorin säännellyt kaasumaiset pakokaasupäästöt mitataan laitteistolla, joka täyttää työkonedieselmoottoreille asetetut päästönormit laitteiden mittauseriaatteen ja tarkkuuden suhteen. Hiukkasmassamittauksiin käytetään gravimetrista impaktoria. Lisäksi hiukkasmittauksiin on erilaisia analysaattoreita hiukkasmassan ja hiukkasten kokojakauman tutkimiseen. Mittauskanavamäärä on tutkimuspisteestä riippuen kaikkiaan noin 50–80 kanaavaa, ja määrä on tarvittaessa laajennettavissa. Tietojen käsittely ja tulosten laskenta on toteutettu MS Excel-ohjelmalla. Mittalaitteisto tarkistetaan säännöllisesti vertailumittauksin ja tarvittaessa laitteet kalibroidaan. Monesta mitattavasta suureesta, kuten moottorin polttoaineen kulutuksesta, voidaan mittaus suorittaa tarvittaessa useilla eri menetelmillä samanaikaisesti. Näin toimitaan, mikäli halutaan erityisesti varmistaa tulosten luotettavuus.



Laboratorion mittalaitteet täyttävät tiukimmatkin viranomaisvaatimukset (Kuva: Martti Komulainen).

Erikoismittausosaamista myös kentällä

Laboratoriossa tehtävien tutkimusten lisäksi Turun ammattikorkeakoulu on ollut mukana asiakkaiden tiloissa suoritetuissa mittauksissa. Näissä niin sanotusti kentällä suoritetuissa mittauksissa ei aina voida taata vastaavaa mittaustarkkuutta kuin laboratorio-olosuhteissa. Tästä huolimatta voidaan mittausten perusteella kuitenkin yleensä tehdä melko luotettavia päätelmiä tutkittavista ilmiöistä. Turun ammattikorkeakoulun käytössä on siirrettävä Gasmet FTIR -pakokaasuanalysointilaitteisto, jolla voidaan selvittää näytekaasusta muun muassa eri hiilivetyjä, typen oksidit, häkä-, hiilidioksidi- sekä kosteuspitoisuus. Käytössä on myös Testo 350 XL -mittari erilaisten kaasumaisten päästöjen tutkimiseen. Hiukkasmassamittauksia suoritetaan massaimpaktoreilla laimennetusta pakokaasunäytteestä. Näiden lisäksi voidaan mitata erilaisia lämpötiloja sekä paineita.

Valtra Oy:n ilmamäärä- ja päästömittaukset

Valtra Oy:n Turun ammattikorkeakoululta tilaamia mittauksia suoritettiin kesällä ja syksyllä 2013. Ilmamäärämittauksessa tarkoituksena oli verrata Valtran ja Turun ammattikorkeakoulun laitteita asentamalla mittarit sarjaan moottorin ilmanottoon ja vertaamalla näyttämiä. Taustalla oli Valtran epäily heidän käyttämänsä mittauksen luotettavuudesta. Molempien mittarien todettiin näyttävän hyvin samanlaisia lukemia.

Päästömittauksissa tutkittiin pakokaasupäästöjä käyttäen moottoria sekä staattisilla kuormituksilla että kuormannostotilanteissa. Staattisilla kuormituksilla mitattiin kaasumaisia pakokaasupäästöjä Gasmet FTIR -analysointilaitteistolla sekä savutusta AVL 415S -savutusmittarilla. Lisäksi mitattiin kuormannostotilanteessa Berkeley-opasiteettimittarilla pakokaasun savumäärää mittaamalla kaasun optista läpinäkyvyyttä, kun moottorin kierroslukua ja kuormitusta nostettiin nopeasti tyhjäkäynniltä lähtien. Mittausten tarkoituksena oli selvittää moottorin savutustaso eri mittareilla ja tarvittaessa säätää moottoria arvojen perusteella.

” Tutkimussisältö projektin edetessä muuttui useasti. Turun ammattikorkeakoulu osoittautui tässä suhteessa hyvin joustavaksi sekä pystyi reagoimaan muutoksiin tarvittaessa.”
– Henri Huusko, AGCO Power



Tutkimuskohteina ovat 3, 4 ja 6-sylinteristen moottorien osaltamuun muassa olleet:

- Turboahtimet (standardi, waste-gate, muuttuvageometrinen ja kaksiportainen)
- Nokka-akselit (Miller/Atkinson ajoitukset)
- EGR-järjestelmät (sisäinen/ulkoinen, jäähdytetty/jäähdyttämätön)
- Suuttimet (virtausmäärä, kartiokulma, reikien lukumäärä ja muoto) ja niiden tukkeutumisherkyys
- Parametrit (ruiskutusaine, ruiskutusennakko, apuruiskutukset)
- Ahtoilmän jäähdyttimet
- Sylinterikannen kanavien mittatoleranssien vaihtelut sarjatuotannossa

TYÖKONEDIESELMOOTTORIEN KEHITYS

Pekka Nousiainen & Annika Kunnasvirta

Työkoneita käytetään maailmanlaajuisesti muun muassa maa- ja metsätaloudessa, maanrakennuksessa ja myös kaupungeissa erilaisissa kunnossapitotöissä. Dieselmoottorit ovat aina dominoineet näiden voimanlähteinä ylivoimaisen polttoainetaloutensa ja joustavan käytettävyytensä vuoksi. Työkoneita käyttävät asiakkaat odottavat moottoreilta korkeaa alakierrosalueen vääntömomenttia yhdistettynä suureen yläkierrosalueen tehoon, nopeaa reagointia kuormanmuutoksiin sekä erinomaista polttoainetaloutta.

Kuten monien muidenkin käyttösovellusten voimanlähteitä, myös työkonemoottorien pakokaasupäästöjä on rajoitettu lainsäädännöllä jo 1990-luvulta lähtien. Päästöjen vähennys- haasteet yhdistettynä koko ajan kasvavaan tehontarpeeseen ja kallistuviin polttoaineiden hintoihin pitävät moottorien tuotekehitysorganisaatiot jatkuvasti aktiivisena ja tuotekehitys- spanostukset kasvussa.

Moottorikehityksen haasteet

2000-luvun alussa päästövaatimukset toteutettiin vielä perinteisin ratkaisuin, ilman pakokaasun jälkikäsitteilyä. Tuolloin sähköisesti ohjatut polttoaineenruiskutusjärjestelmät alkoivat yleistyä. Lisäksi keskityttiin ahtoilman jäähdytyksen, turboahtamisen ja palamisjärjestelmän optimointiin. Typen oksidien päästöraajat olivat kuitenkin jo tässä vaiheessa suhteellisen matalat, mikä aiheutti väistämättä moottoreille ja niitä käyttäville työko- neille jopa polttoaineen kulutuksen kasvua. Kasvu saatiin kuitenkin pidettyä kurissa ot- tamalla joissain moottorimalleissa käyttöön lisäratkaisuja, kuten esimerkiksi pakokaasun takaisinkierrätys (EGR). Moottorikehityksen lisähaasteina on tyypillisesti ollut niiden jäähdytykseen, öljyn ikääntymiseen ja tilantarpeen liittyviä asioita. Lisähaasteetta on tuonut polttoaineen laadun vaihtelu eri puolilla maailmaa.



Työkoneiden käyttäjille on tärkeää hyvä suorituskyky ja polttoainetalous (Kuva: Valtra Oy).

2010-luvun alussa erittäin kireiden päästövaatimusten takia käyttöönotetut jälkikäsitteilyjärjestelmät sekä muut uudet kehittyneet komponentit ja päästöjenhallintastrategiat ovat mahdollistaneet polttoaineenkulutuksen laskun ennätysmäisen alhaiselle tasolle. Uudet pakokaasujen jälkikäsitteilyratkaisut ovat myös yksinkertaistaneet perusmoottoreilta vaadittavia teknisiä ratkaisuja, mikä on helpottanut niiden tuotekehitystä. Tämä on kuitenkin vain väliaikainen vaihe.

Jatkossa työkonemoottorien kehitys keskittyy niissä pakollisina tarvittavien jälkikäsitteilylaitteistojen optimointiin esimerkiksi koon ja valmistuskustannusten suhteen sekä erityisesti polttoainetalouden parantamiseen entisestään. Tämä tapahtuu perusmoottorin konstruktiota sekä palamisjärjestelmän ominaisuuksia ja prosesseja parantamalla. Joitain esimerkkejä kehityskohteista ovat sisäisten kitkavoimien ja apulaitehäviöiden minimointi sekä palotilan, imukanavien tai suuttimien kärkien mitoituksen optimointi. Lisäksi voidaan ottaa käyttöön erilaisia energian talteenottojärjestelmiä tai keskittyä esimerkiksi kehittyneeseen turboahtamiseen tai venttiilien ajoituksen parantamiseen. Tuotekehityksessä on aina pidettävä mielessä myös vaatimus moottorien toimintavarmuudesta ja hyvästä huollettavuudesta.

Tarvelähtöistä teollisuusyhteistyötä

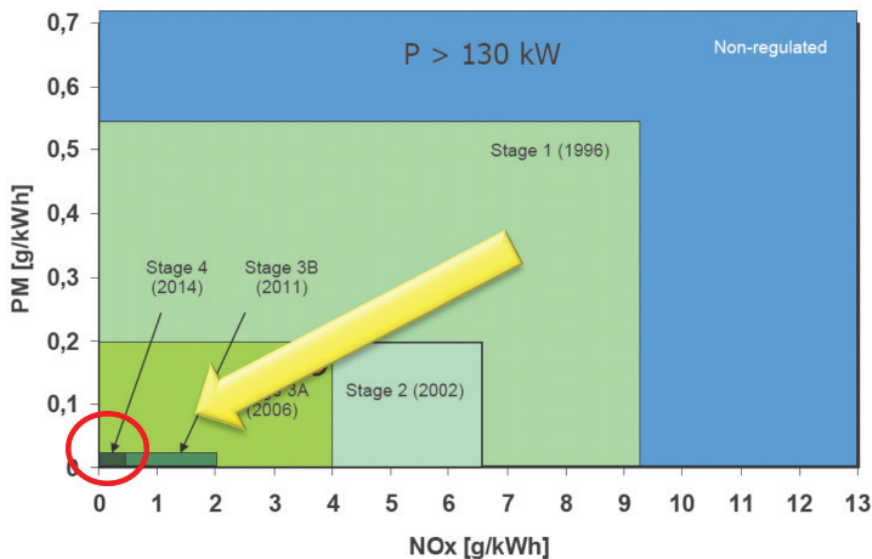
Turun ammattikorkeakoulun polttomoottorilaboratorio on tehnyt soveltavaa työkonemoottorikehitystä jo noin 15 vuotta. Erityisen tiivistä yhteistyötä laboratorio on tehnyt työkonemoottorien valmistaja AGCO Power Oy:n kanssa. Laboratorion toiminnan kulmakivenä on aina ollut tarvelähtöisyys – tarjotaan ja kehitetään toimintaa, joka auttaa ja tukee asiakasta tämän omassa toiminnassa. Tutkimustyössä hyödynnetään laboratorion erittäin moderneja mittauslaitteistoja ja analysointilaitteistoja, joilla tutkimukset pystytään toteuttamaan uusimmat viranomaisvaatimukset täyttävällä tavalla. Mittaustuloksia hyödynnetään myös moottorisimuloinnissa. Moottoritekniikan opetuskurssien aiheet kytkeytyvät tiiviisti laboratorion toimintaan ja teollisuuden tarpeisiin.

AGCO Power Oy toteutti Turun AMK:n polttomoottorilaboratorion kanssa projektikonaisuuden työkonedieselmoottoreiden Stage 4 / Tier 4 Final -päästötason kehityksestä vuosien 2010–2013 aikana. Projekti oli osa laajempaa CLEEN Oy:n FCEP-tutkimushanketta (Future Combustion Engine Power Plant). AGCO Powerin edustaja **Henri Huuskon** mukaan projektikonaisuudesta saatiin erittäin käyttökelpoista tietoa ja kokemusta tutkimuskohteista.

– Saavutettuja tuloksia ja kokemuksia hyödynnettiin uusien moottorien tuotekehityksessä ja käytettiin tukena uusien komponenttien sekä strategioiden valinnassa, joita käytetään mm. uusissa Stage 4 / Tier 4 Final -päästötason moottoreissa. Tutkimussisältö projektin edetessä muuttui useasti. Turun ammattikorkeakoulu osoittautui tässä suhteessa hyvin joustavaksi sekä pystyi reagoimaan muutoksiin tarvittaessa, Huusko toteaa.

Pääosa polttomoottorilaboratorion projekteista tähtää sellaisten tuotteiden kehittämiseen, jotka tulevat sarjatuotantoon tyypillisesti 3–5 vuoden päästä tutkimuksen suorittamisesta. Toisaalta pieni osa hankkeista on ollut luonteeltaan nykyisiä moottorimalleja ja niiden sarjatuotantoa tukevia.

Hankkeissa on ollut tiivis kytkös opetukseen; lähes jokaiseen projektiin liittyy opinnäyte-työ. Valmistuttuaan monet mukana olleet opiskelijat ovat työllistyneet hyvin energiasektorille, monet suoraan polttomoottorialalle.



Kiristynvä päästölainsäädäntö ohjaa tuotekehitystä (Kuva: Pekka Nousiainen).

ON-UP



ECO PHYSICS

”Pyrimme yhteistyössä asiakkaittemme kanssa kehittämään ratkaisuja, jotka haittaisivat moottorin normaalia toimintaa tai lisääisivät kustannuksia mahdollisimman vähän.”

– Arno Amberla, Proventia

MARKKINALÄHTÖINEN MAAILMA JÄLKIKÄSITTELYLAITEVALMISTAJAN SILMIN

Panu Aho & Mika Laurén

Pakokaasujen jälkikäsitteilylaitteita eli tutummin katalyysaattoreita on totuttu pitämään lähinnä bensiinillä toimivien autojen varusteina. Otto- eli bensiinimoottoreiden yhteydessä käytetään lähes poikkeuksetta ns. kolmitoimikatalyysaattoria, jolla voidaan ratkaisevasti vähentää yhtä aikaa hiilivety- (HC), hiilimonoksidi- (CO) ja typenoksidipäästöjä (NO_x). Edellä mainittujen kaasukomponenttien lisäksi dieselmoottorista tulee haitallisia määriä hiukkaspäästöjä (PM). Dieselmoottorin erilaisen toimintaperiaatteen vuoksi kolmitoimikatalyytti ei sovellu sen pakokaasuille, ja tähän on jouduttu kehittämään erilaisia ratkaisuja.

Tiukentuva päästölainsäädäntö on tuonut mukanaan uuden liiketoimintarajapinnan, joka tarjoaa jälkikäsitteilyjärjestelmiin erikoistuneille yrityksille mahdollisuuden toimia moottoreiden kiinteänä aisaparina päästöjen vähentämisessä.

Eräs alan kotimaisista toimijoista on 1994 perustettu Proventia Emission Control Oy (aiemmalta nimeltään Finnkatalyt), jonka kanssa Turun ammattikorkeakoulu on toteuttanut muutamia yhteistyöprojekteja. Proventian liiketoiminta jakaantuu kahteen sektoriin: OEM-asiakkuuksiin (Original Equipment Manufacturer), jotka käsittävät toimitukset asiakasyritysten uusiin dieselmoottoreihin sekä Retrofit-toimintaan, jossa toteutetaan jälkiasennusprojekteja vanhempaan kalustoon.

–Tavoitteenamme on toimittaa asiakkaillemme ratkaisuja, joiden avulla moottorit saadaan vastaamaan päästölainsäädännön vaatimuksia. OEM-puolella kohteet ovat tyypillisesti uusia työkonedieselmoottoreita ja jälkiasennuksissa vanhempia raskaita ajoneuvoja. Uudet kuorma- ja henkilöautot sen sijaan ovat markkinasegmentti, jolla emme toimi, kertoo teknologiapäällikkö **Arno Amberla** Proventialta.

Proventian referenssilistalta löytyy joukko kotimaisia moottori- ja työkonvalmistajia, joiden sovellukset vaihtelevat maataloustraktoreista järeisiin kaivostyökoneisiin. Yhteistyö asiakkaiden kanssa on tiivistä, sillä jälkikäsitteilylaitteilla on oma vaikutuksensa myös itse moottoriprosessin toimintaan.

– Voidaan sanoa, että nopeiden päästörajojen tiukennusten myötä monilla moottorivalmistajilla ovat suunnitelmat menneet ainakin jossain määrin uusiksi. Päästötiukennuksia ei teollisuuden piirissä aina ole otettu vastaan kovinkaan innokkaasti. Siksi pyrimme yhteistyössä asiakkaittemme kanssa kehittämään ratkaisuja, jotka haittaisivat moottorin normaalia toimintaa tai lisäisivät kustannuksia mahdollisimman vähän.

Aktiivinen ote markkinoilla selviytymisen elinehto

Jälkikäsitteilylaitemarkkinoille on tyyppillistä tietty sykliisyys, joka aiheutuu lainsäädännön vaihteellisesta tiukentumisesta. Amberlan mukaan uusien asennusten osalta tuotekehityspanosten suuntaaminen on koko lailla selkeää juuri lainsäädännön ajavan voiman vuoksi. Vastuu päästöjen säädösten mukaisuudesta on aina viime kädessä moottorivalmistajalla. Esimerkiksi USA:n ja Euroopan osin erilaiset päästösäädökset eivät juuri aiheuta jälkikäsitteilylaittevalmistajalle tässä mielessä päänvaivaa, vaikka yrityksen tuotteita onkin toimitettu maailmanlaajuisesti.

– Me emme itse ole ”etulinjassa” junailmassa hyväksyntäprosesseja. Suurempi huolenaihe tämä saattaa olla joillekin moottorivalmistajille, joilla on pienet volyymit ja hajanaiset markkinat. Onneksi kuitenkin Eurooppa, USA sekä Japani ovat lainsäädännöllisesti jo hyvinkin lähellä toisiaan.

Maailmalla toteutettavat jälkiasennusprojektit ovat tyyppillinen esimerkki siitä, kuinka markkinat koko ajan elävät. Silmät ja korvat tarkkana olevat toimijat pärjäävät parhaiten.

– Markkinoiden seuraaminen vaatii meiltä aktiivista otetta: Kun liiketoimintamahdollisuus – esimerkiksi jossain kaupungissa toteutettava bussikaluston jälkiasennusprojekti – on tunnistettu, pyrimme tuomaan päättävälle tahoille esiin eri vaihtoehdot takaisinmaksuaikalaskelmineen ja olemaan alusta asti aktiivisena osapuolena. Kääntäen, kun jokin ajoneuvopopulaatio on asennettu, se on asennettu ja projekti päättyy.

Oppilaitosyhteistyö tärkeässä roolissa

Tuotekehitystyö on ollut hektistä. Uusiin päästörajoihin pääseminen on vaatinut suoraviihaisia ratkaisuja, jotka eivät aina ole olleet optimaalisia esimerkiksi valmistuskustannusten suhteen. Vuoden 2014 jälkeen seuraavat eurooppalaisen päästölainsäädännön tiukennukset dieselyökoneiden osalta ovat vasta keskusteluasteella. Amberla näkee hengähdystauon mahdollisuutena keskittyä tuotekehitykseen myös muilta osin kuin vain päästöjen puhdistuksen kannalta. Laitteiden luotettavuudesta, kompaktiudesta sekä taloudellisuudesta on jouduttu kireään aikataulun vuoksi tinkimään. Lisäksi jotkin päästökäsitteilykomponentit ovat jo nyt niin matalilla tasoilla, että voidaan kysyä, onko edelleen alentaminen mielekäästä.

– Seuraavat päästöraajat eivät ole tiedossa, mutta kehitys ei pysähdy. Seuraavaksi nähtäen kehityskulkua, joka keskittyy mm. jälkikäsitteilylaitteiden koon pienentämiseen sekä valmistuskustannusten optimointiin. Moottorivalmistajan näkökulmasta jälkikäsitteilylaitteistot ovat kuitenkin loppujen lopuksi kustannustekijä, jonka minimointi on tällöin liiketoimintamme kannalta olennaista, Amberla toteaa.

Vahvasti tuotekehitykseen panostava yritys törmää väistämättä kysymykseen, mikä kannattaa tehdä itse ja mitä osioita voisi mahdollisesti teettää ulkopuolisella tutkimuslaitoksella. Tyypillinen tuotekehitysprojekti vaatii useita iteraatiokierroksia: testataan, säädetään, testataan uudestaan ja niin edelleen. Esimerkiksi Turun ammattikorkeakoulun tarjoamat palvelut Amberla näkee silti teollisuuden näkökulmasta tärkeänä:

– Tiettyjä syvällistä oman organisaation tietotaitoa vaativia toimintoja on hankala ulkoistaa, mutta kyllä tutkimuslaitoksilla on kokonaiskuvassa oma tärkeä roolinsa. Ne joustavoittavat teollisuuden toimintaa tietuustyypisissä hankkeissa sekä tietenkin osaan työvoiman tuotanto on myös tärkeää ottaa huomioon.

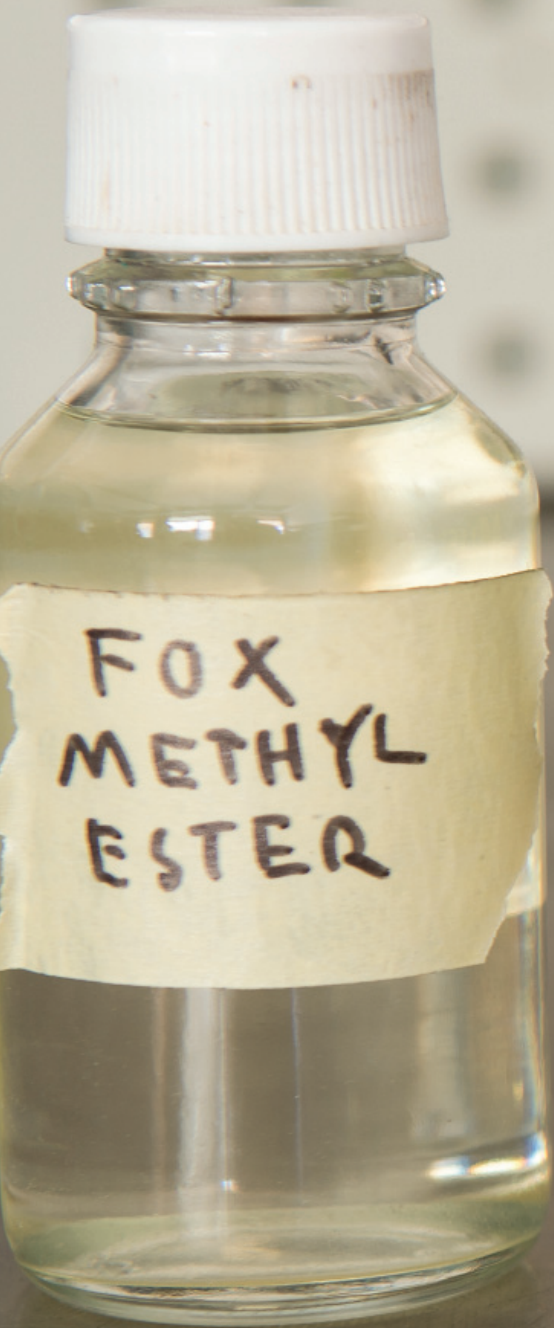
Dieselmootoreiden jälkikäsitteilyjärjestelmiä

HIUKKASSUODATIN (DPF) Hiukkaspäästöjä voidaan vähentää pakoputkistojen suodinrakenteilla, tyypillisesti keraamisilla ja metallisia kennoilla. Yleisnimityksiä ovat DPF (Diesel Particulate Filter) tai Particle Trap (Hiukkasloukku). Suodattimen tukkeutuminen estetään ns. regenerointivaiheella, jossa syötetään suodattimeen polttoainetta ja poltetaan kertynyttä nokea moottorinohjauselektronikan ohjaamana.

HAPETTAVAT KATALYSAATTORIT (DOC/POC) muuntavat palamatta jääneitä tai osittain palaneita komponentteja, kuten häkä ja hiilivety vähemmän haitallisiksi komponenteiksi. Käyttö dieselmootoreissa on vähenemässä, koska teho hiukkas- ja typenoksidipäästöjen pienentäjänä on todettu heikoksi. Hapettavia katalyyttejä käytetään kuitenkin usein osana muita katalyysijärjestelmiä kuten suodattimia ja selektiivisiä katalyysaattoreita.

SELEKTIIVISET PELKISTÄVÄT KATALYSAATTORIT (SCR) poistavat typen oksideja pakokaasuista. Liikennevälineissä käytetyin menetelmä on urea SCR -järjestelmä. Siinä pakokaasujen sekaan ruiskutetaan ureaa ja vettä sisältävää Adblue-liuosta. Urean ammoniakki reagoi typen oksidien kanssa muodostaen typpeä ja vettä. Mahdollinen katalyytin jälkeinen ammoniakkiuoto voidaan poistaa hapettavalla katalyytillä, joka usein on integroitu järjestelmään.

LEAN NO_x / NO_x TRAP -järjestelmässä laihaseosmoottorin pakokaasun typen oksidit varastoidaan katalyysaattoriin jalometallipinnoitteeseen. Määräajoin moottorin seossuhde säädetään rikkaan seoksen alueelle syöttämällä ylimääräinen polttoainepulssi moottoriin tai pakoputkistoon. Tällöin typen oksidit pelkistyvät katalyysaattorissa runsaiden hiilivety- ja häkäpäästöjen hapettamiseksi. Näiden tekniikoiden haasteena on heikko tehokkuus verrattuna SCR-tekniikkaan ja korkea jalometalleista johtuva hinta.



UUSIUTUVAT POLTTOAINEET LIIKENTEESSÄ

Annika Kunnasvirta, Panu Aho & Toomas Karhu

Vaikka liikenteen polttoaineista valtaosa tuotetaan edelleen fossiilisista raaka-aineista, on polttoaineiden kehitystrendeissä merkittävin painopiste nykyään uusiutuviin eli biopolttoaineisiin. Biomassoista jalostettavilla biopolttoaineilla on mahdollista korvata fossiilisia energianlähteitä ja samalla edistää energiahuoltovarmuutta ja vähentää liikenteen ympäristövaikutuksia. Kaikki Suomessa jakelussa olevat liikenteen polttoaineet sisältävätkin tänä päivänä biokomponentteja.

Nestemäisiä ja kaasumaisia biopolttoaineita saadaan jalostamalla orgaanisia lähtöaineita polttomootoreille sopiviksi. Biopohjaisia alkoholeja, kuten etanolia, sekoitetaan bensiiniin tai vastaavasti biomassoista jalostettua komponenttia dieselpolttoaineeseen.

Turun ammattikorkeakoulu on tutkinut biopohjaisten polttoaineiden käyttöä dieselmootoreissa aina polttomootorilaboratorion perustamisesta 1990-luvulla alkaen. Ennen siirtymistään Turun ammattikorkeakouluun yliopettaja **Seppo Niemi** oli työskennellyt Wärtsilässä mm. puu- ja turvekaasumoottorien ja Teknillisessä korkeakoulussa etanolimoottorien parissa. Henkilökohtainen kiinnostus jäi elämään ja kun kysyntääkin ilmaantui, oli toimintaa luontevaa alkaa rakentamaan myös Turkuun.

– Uusiutuvien polttoaineiden tutkimuksella on kautta moottorilaboratorion historian ollut suuri rooli. Ensimmäisten tutkimushankkeiden joukossa oli muun muassa projekti, jossa ajettiin Valmetin 420-moottoria sinapinsiemenistä puristetulla öljyllä. Tuolloin elettiin vuotta 1995. Sittemmin on kokeiltu esimerkiksi rypsiöljystä ja kalanperkuujätteistä valmistettuja polttoaineita. Testit näillä ensimmäisillä biopolttoaineilla olivat moottoreille melko rankkoja ja muun muassa ruiskutuspumput joutuivat kovalle rasitukselle, Niemi toteaa.

Biopolttoaineiden näkyvyys julkisessa keskustelussa heijastelee vahvasti raakaöljyn hinnan kehitystä, joka taas riippuu maailmanpoliittisesta tilanteesta. Bio-investoinnit ovat olleet hyvin herkkiä suhdannemuutoksille.

– 1970-luvun öljykriisin aikaan alettiin suuremmassa määrin keskustella uusiutuviin polttoaineisiin sekä mm. alkoholien polttoainekäytöstä. 1980-luvulla silloisessa työpaikassani Wärtsilässä kehitettiin mm. turpeen ja sahanpurun kaasutusteknologioita. Valtakunnallisesti samoihin aikoihin rakennettiin paljon turve- ja puukäyttöisiä lämpökeskuksia. Kalliit investoinnit menettivät kuitenkin kannattavuutensa öljyn hinnan pudottua rajusti 1980-luvun puolivälissä, Niemi muistelee.

Tämän hetkinen suuntaus on jälleen kasvusuhdanteinen johtuen pääasiassa EU:n määrittelemistä bioelvoitteista. Polttoaineiden tuotekehitys on myös ottanut suuria harppauksia eteenpäin. Vuonna 2014 Turun ammattikorkeakoulu on käynnistänyt yhteistyössä Neste Oilin kanssa NEXBTL-dieselpolttoaineen suorituskykyä ja päästöjä tutkivan hankkeen.

Ensimmäisen sukupolven biopolttoaineet

Eräs tapa luokitella biopolttoaineita on jaotella ne sukupolviin sen mukaan, minkä tyyppisistä biomassoista niitä valmistetaan. Niin kutsuttujen ensimmäisen sukupolven biopolttoaineiden valmistuksessa jalostetaan sokeri- ja tärkkelyspitoisista kasveista bioetanolia sekä öljypitoisista kasveista ja bioraaka-aineista biodieseliä. Nämä raaka-aineet soveltuvat useimmiten myös elintarviketuotantoon, mikä onkin nostattanut kritiikkiä raaka-aineiden maailmanmarkkinahintojen noustessa.

Nestemäisten dieselpolttoaineiden valmistukseen lähtöaineiksi soveltuvat erilaiset öljykasvit, joista useiten käytetty on ollut rypsi. Näitä 1. sukupolven biodieseleitä kutsutaan myös nimellä FAME (Fatty Acid Methyl Ester). Ensimmäisen sukupolven polttoaineisiin kuuluu myös bioetanoli, jota voidaan valmistaa muun muassa sokerijuurikkaasta ja viljasta. Kaasumaista biopolttoainetta tuotetaan muun muassa jäteveden puhdistusprosesseissa. Pääosin metaanista ja hiilidioksidista koostuvan biokaasun käyttö moottoripolttoaineena on toistaiseksi paikallista ja pienimuotoista. Turun ammattikorkeakoulu on tutkinut biokaasun käyttöä traktorissa Valtra Oy:n kanssa.

Toisen sukupolven polttoaineet – uusista raaka-aineista kestävyyttä

Kun aiemmin polttoainekehitys keskittyi pitkälti rikki- ja hiilipitoisuuden vähentämiseen sekä bensiinistä että dieselistä, on painotus nykyään etenkin toisen sukupolven biopolttoaineissa. Raaka-aineisiin perustuvan jaottelun mukaan toisen sukupolven biopolttoaineita ovat sellaiset, joita ei valmisteta elintarvikkeiksi kelpaavista materiaaleista. Esimerkkejä raaka-aineista ovat kasvi- ja puupohjainen selluloosa sekä jätteet, tai nopeasti kasvavat energia-kasvit kuten ruokohelpi. Toisen sukupolven liikennepolttoaineiden valmistus ei näin ollen suoraan kilpaile ruuantuotannon kanssa.

Neste Oil Oyj on ensimmäisenä valmistanut toisen sukupolven bioöljypohjaista NEXBTL-dieseliä. Nesteen asemilla kuluttajille myytävä Neste Pro Diesel sisältää vähintään 15 % NEXBTL:ää. Moottoritutkija **Tuukka Hartikka** Neste Oililta pitää biopolttoaineiden kehittämistä tämän hetken suurena trendinä ja polttoainekehityksen merkittävimpänä haasteena. Tulevaisuudessakin biopolttoaineet tulevat varmasti olemaan alan kehitystä ohjaava tekijä.

– Euroopan tasolla suurin haaste on polttoaineiden laatuksymykset. Laatu on ilman biopolttoaineita hyvällä tasolla, joten tärkeä haaste on se, miten saadaan laatu pidettyä korkealla ja samalla kasvatettua bio-osuuksia. Toinen haaste on se, että saadaan kehitettyä polttoaineita, jotka ovat ympäristöystävällisiä ja tuottavat vähemmän lähipäästöjä, Tuukka Hartikka arvioi.

Esimerkiksi Neste Oilin NEXBTL-polttoaineen etuna on se, että sen valmistukseen voidaan käyttää myös useita erilaisia ja huonompilaatuisiakin raaka-aineita, kuten jäte- tai kalanperkausrasvoja ilman että polttoaineen laadusta joudutaan tinkimään. Lopputuote on aina sama. Perinteisen biodieselin (FAME) valmistuksessa lopputuotteen laatu on pitkälti ollut riippuvainen lähtöaineen ominaisuuksista. Lisäksi NEXBTL:n kylmäominaisuudet ovat Hartikan mukaan hyvät, mikä mahdollistaa sen käytön myös arktisissa olosuhteissa. Perinteisemmissä FAME-biopolttoaineissa tämä on ollut ongelma.



NEXBTL-polttoaine (vasemmalla) palaa silminnähden puhtaammin kuin fossiilinen diesel (Kuva: Neste Oil).

Lisähaaste toisen sukupolven biopolttoaineiden kehittämiseksi on muuttuva poliittinen ympäristö. Tuukka Hartikan mukaan Euroopan sisälläkin lainsäädäntö on hajanaista biopolttoaineiden suhteen. Polttoaineenvalmistajien näkökulmasta olisi tärkeää, että tehtävät poliittiset päätökset uusiutuvien polttoaineiden edistämisen suhteen olisivat pitkäkestoisia, sillä investoinnit ovat kalliita.

– Päästötavoitteet ovat saavutettavissa, mutta se on haasteellista ja lisää investointeja kyllä tarvittaisiin, Hartikka pohtii.

Lähteet

Motiva (2014). Liikenteen biopolttoaineet. Viitattu 2.2.2014. Päivitetty 4.6.2014. http://www.motiva.fi/toimialueet/uusiutuva_energia/bioenergia/liikenteen_biopolttoaineet

Neste Oil Oyj 2014. Uusiutuva NEXBTL-diesel. Viitattu 23.4.2014 <http://www.nesteoil.fi/default.asp?path=35,52,11990,22214,22215,22216>

Nousiainen, P. 2008. Polttomoottorin päästöt, palaminen ja kaasunvaihto. Kalvosarja.

Työ- ja elinkeinoministeriö (2014). Biopolttoaineiden ja bionesteiden kestävyys. Viitattu 2.2.2014. Päivitetty 28.1.2014. http://www.tem.fi/energia/uusiutuvat_energialahteet/biopolttoaineiden_ja_bionesteiden_kestavyys

Valtra Oy. 2012. Valtra aloittaa biokaasutraktorin piensarjatuotannon. Viitattu 12.6.2014 <http://www.valtra.fi/239.aspx>

Valtra Oy:n biokaasutraktorihanke

Turun ammattikorkeakoulu on ollut mukana Valtra Oy:n biokaasutraktorihankkeessa päästömittauksien suorittajana sekä teknisen asiantuntijan roolissa. Mittauksia suoritettiin vuosina 2009–2013. Valtra Oy on ensimmäisenä alallaan tutkinut biokaasun käyttöä traktoreissa. Projektissa olivat lisäksi mukana Afcon Oy, Ecocat Oy, Alt-control Oy sekä RAP Clean Air Systems. Traktorin toteutus on dual fuel -tyyppinen, yhteiskäytössä biokaasua syötetään imuilman mukana. Sytytetäessä sylinteriin ruiskutetaan pieni määrä dieselpolttoainetta. Maksimissaan kaasun osuus on noin 80 % koko polttoaineen syöttömäärästä. Tavoitteena oli saavuttaa samat pakokaasupäästöarvot kuin diesellä käytöllä.

Valtra Oy:n tekninen asiantuntija **Petri Hannukainen** toteaa biokaasutraktorihankkeen haasteeksi sen, että saadaan riittävä määrä paineistettua kaasua vietyä traktoriin. Vaikka dual fuel -käyttöiselle traktorille ei tällä hetkellä ole säädetty erikseen emissiovaatimuksia, myös päästöjen hallinta on olennaisessa asemassa, kun moottoreita kehitetään.

–Tällaista erityisesti biokaasun käyttöä traktoreissa koskevaa tutkimusta ei tällä hetkellä juuri ole. Valtran aktiviteetit ovat käsittääkseni olleet ensimmäisiä. Tähän asti on keskitytty siihen, että päästään toteamaan tällaisen ratkaisun realistisuus ja toisaalta herättelemään ajatuksia meidän asiakaskunnassamme. Tätä kautta toivottavasti saadaan palautetta ratkaisun kiinnostavuudesta, Hannukainen kertoo.

Tutkimukset ovat tuottaneet tulosta, sillä vuonna 2012 Valtra tiedotti käynnistävänsä biokaasutraktorien pienimuotoisen sarjatuotannon. Tutkimukseen panostuksen järkevyys jatkossa riippuu siitä, miten kiinnostavaksi kaasun käyttö traktoreissa yleisemmin muodostuu tulevaisuudessa. Petri Hannukaisen mukaan tämä taas on riippuvainen monesta traktoritekniikasta riippumattomasta tekijästä, kuten polttoaineiden hintakehityksestä, päästö määräyksistä, mahdollisista vereduista ja muista tuista. Kenties merkittävin tekijä on kaasun saannin yleistymisen eli se, kuinka tehokkaita ratkaisuja löydetään kaasun tuottamiseen ja puhdistamiseen varsinkin pienemmässä mittakaavassa. Tämä mahdollistaisi paikallisen omavaraisuuden myös traktorin polttoaineelle.

” Olemme saaneet joustavoitettua toimintaamme ja Turun ammattikorkeakoulun avainhenkilöistä on vuosien myötä tullut hyvinkin keskeinen osa tutkimusorganisaatiotamme.”

– Torbjörn Henriksson, Wärtsilä



PAKOKAASUPESURITEKNOLOGIAN HAASTEET LAIVOISSA

Panu Aho & Jari Lahtinen

Meriliikenteen päästöjen kontrolloinnissa suurimmat haasteet kohdistuvat tällä hetkellä rikkipäästöjen rajoittamiseen. Taustalla ovat kansainvälisen merenkulkujärjestö IMO:n MARPOL-yleissopimuksen sekä siihen perustuvan EU:n nk. rikkidirektiivin 2012/33/EU määräykset. Mikäli rikkiä ei puhdisteta pakokaasuista, polttoöljyllä kulkevat laivat joutuvat jatkossa tankkaaman matalarikkistä polttoainetta; erityisvesialueilla kuten Itämerellä vuodesta 2015 alkaen ja maailmanlaajuisesti vuodesta 2020 tai 2025 eteenpäin.

Matalarikkinen polttoaine on noin puolet kalliimpaa kuin runsasrikkinen raskas polttoöljy, joka puolestaan lisää painetta nostaa laivojen rahtihintoja. Tämä nousu vaikuttaa osaltaan vienti- ja tuontiyritysten kilpailukykyyn etenkin sellaisissa maissa, joilla on niukasti vaihtoehtoisia kuljetusreittejä. Uudet säännökset vaikuttavat voimakkaasti esimerkiksi Suomeen, joka on logistiikan näkökulmasta saari – ulkomaankaupasta 80 % kulkee meriteitse.

Vaihtoehtona on ottaa käyttöön teknologia, joka puhdistaa rikin pakokaasuista, niin sanottu pakokaasupesuri tai rikkipesuri. Jos laivaan asennetaan pesuri, polttoaineena voidaan käyttää samaa rikkipitoista raskasöljyä kuin aiemminkin.

Niin sanotussa märkäpesurissa pakokaasussa olevat rikkiyhdisteet neutraloituvat kemiallisessa reaktiossa, joka perustuu veden alkalisuuteen eli happojen neutralointikykyyn. Prosessissa käytetään joko luonnostaan alkalista merivettä tai makean veden ja lipeän seosta. Käytetty pesuvesi voidaan turvallisesti laskea mereen. Poistovedelle on MARPOL-sopimuksessa määritelty tarkat kriteerit, joilla varmistetaan, ettei poistovesi aiheuta ympäristökuormitusta

Tiukentuvat säännökset hanketyön kannustimena

Turun ammattikorkeakoulun kanssa yhteistyötä tekevä Wärtsilä on yksi merkittävimmistä rikkipesurivalmistajista. Kehitys lähti liikkeelle 2000-luvun puolivälissä, kun tieto MARPOL-yleissopimukseen tulevista rikkipäästöjen rajoituksista tuli julki. Lainsäädäntöasioista, dokumentoinnista ja koulutuksesta vastaava General Manager **Torbjörn Henriksson** Wärtsilästä kertoo:

– Tuolloin aloimme selvittää, mitä uudet säännökset tarkoittavat asiakaskunnallemme ja sitä kautta meille. Vuonna 2005 rikkipesureiden kehittäminen laivasovelluksiin alkoi näyttää tarpeelliselta ja ensimmäiset tuotekehitysprojektit pantiin vireille. Ensimmäiseen TEKES-rahoitteiseen hankkeeseen tulivat kumppaneiksi Aker Finnyards, Neste Oil -varustamo, Kvaerner Power (nykyinen Valmet Power) sekä Turun ammattikorkeakoulu.

Suurimpana teknisenä haasteena laivasovelluksissa on ollut pesuveden käsittely ympäristölle haitattomaksi. Vaikka rikkipesureiden maa-asennuksia on toteutettu dieselvoimaloihin jo pitkään ja niiden käytöstä on paljon kokemuksia, pesuveden laatuun on alettu kiinnittää huomiota vasta laivasovellusten yhteydessä. Osittain tämän vuoksi ensimmäisissä laivasovelluksissa päästiin rikin poiston osalta erittäin hyviin tuloksiin, mutta käytetty pesuvesi ei täyttänyt määräyksiä.

– Lisäksi valtaosa maapuolen rikkipesureista on asennettu kehittyviin maihin, joissa säännökset ovat tietyiltä osin olleet väljempää, Henriksson kommentoi.

Varustamojen suhtautuminen varauksellista

Nyky aikaisten pesureiden rikinpoisto sekä myös vedenpuhdistus toimivat jo erittäin tehokkaasti ja ympäristöystävällisesti. Pesureiden myynti on silti lähtenyt yskähdellen käyntiin: Wärtsilä kertoo vuoden 2013 loppuun mennessä saaneensa tilaukset noin 90 pesurin toimituksesta maailmanlaajuisesti. Syyt laivanvarustajien varaukselliseen suhtautumiseen rikkipesureita kohtaan ovat moninaisia. Esimerkiksi Itämerellä aluskanta on vanhaa, eikä käyttöikänsä loppua lähestyviin laivoihin mielellään tehdä suuria investointeja. Päätöksiä on saatettu lykätä myös sopimusteknisistä syistä: Laivojen liikennöinti saattaa siirtyä merialueille, joissa tiukat rikkisäännökset tulevat voimaan vasta myöhemmin. Myös menneinä vuosina esiintyneet tekniset ongelmat lienevät lisänneet varovaisuutta.



M/T Suulalle asennettu Wärtsilän makeavesipesuri sai ensimmäisenä laivasovelluksena IMO-sertifikaatin (Kuva: Krister Ekman).

– Eräs varustamojen huolenaiheista liittyyneen lainsäädännön ennustettavuuteen: onko mahdollista, että pian tulee taas uusia sääntötiukennuksia, jolloin miljoonainvestoinnit valuvat hukkaan? Toinen näkökulma on varmasti aiemmin ollut myös teknologian valmiusaste. Lastentaudeista kärsivää laitteistoa ei ole haluttu, vaikka investoinnin takaisinmaksuaika näyttäisi paperilla hyvältä, Henriksson toteaa.

Liikenne- ja viestintäministeriö myönsi vuosille 2013–2014 30 miljoonaa euroa alusinvestointien ympäristötukea, jonka oli tarkoitus muun muassa edistää varustamojen halukkuutta investoida uuteen rikkipesuriteknologiaan. Henrikssonin mukaan näin ei kuitenkaan käynyt.

– Tukipaketin ehdot olivat sellaiset, että ne rajasivat kaikkein lupaavimmat ja parhaan takaisinmaksuajan hankkeet ulos. Varustamojen näkökulmaa ei ehkä riittävästi kuunneltu tuen valmistelussa, hän sanoo.

Organisaatiot toistensa tukena

Turun ammattikorkeakoulun ja Wärtsilän välinen yhteistyökokonaisuus on pitänyt sisällään pesuriteknologian taustaselvityksiä, teknisten ratkaisujen tuotekehitystä sekä käyttöönottoon ja testaukseen liittyvää tutkimustyötä ja tulosten analysointia. Lisäksi ammattikorkeakoulun tutkijat ovat osallistuneet pakokaasumittauksiin laivoilla sekä TEKES-rahoitteiseen Future Combustion Engine Powerplant -ohjelmaan, jossa Wärtsilä on mukana yhtenä suurimmista yrityspartnereista.

– Näkisin, että yhteistyöstä on ollut molemminpuolista hyötyä. Ammattikorkeakoulun henkilöstön monipuolinen osaaminen on ollut meille suureksi avuksi ja varmasti yhteistyö on lisännyt kompetenssia toimia alalla molemminpuolisesti. Aloittaessamme tutkimuksia Wärtsilällä oli myös hyvin rajalliset henkilöstöresurssit, jota ammattikorkeakoulun mukaantulo helpotti huomattavasti. Olemme näin saaneet joustavoitettua toimintaamme ja Turun ammattikorkeakoulun avainhenkilöistä on vuosien myötä tullut hyvinkin keskeinen osa tutkimusorganisaatiotamme, Henriksson kuvailee yhteistyön sujumista.

Makeavesipesurin käyttöönotto M/T Suulalla

Turun ammattikorkeakoulun henkilöstöä osallistui vuosien 2008 ja 2009 aikana Neste Oilin M/T Suula -tankkerille toteutetun makeavesipesurin prototyypin suunnitteluun ja koekäyttöön. Koekäytöt onnistuivat hyvin, ja vuonna 2009 pesurille saatiin maailman ensimmäisenä laivasovelluksena IMO:n sertifiikaatti. Pesurin pienestä koosta johtuen koelaitteiston vedenpuhdistusyksikkö oli kuitenkin ylimitoitettu kaupallisen käytön näkökulmasta. Rikkipäästöjen ohella Turun ammattikorkeakoulun henkilöstö mittasi laivalla myös hiukkaspäästöjä, joihin rikkipesurin käytöllä todettiin olevan suotuisa vaikutus.

Itämeren erityisvesistatukseen vuoksi uudet määräykset tulevat voimaan nopealla aikataululla. Onko osaavan henkilöstön rekrytointi tuotekehityksen palvelukseen ollut haastavaa? Millaista osaamista alalle tulevalta vaaditaan?

– Rikkipesureiden kehitys laivoihin on aivan uusi konsepti jollaista ei ennen ole ollut. Prosessi- ja energiatekniikan ymmärrys sekä jonkinlainen laivatausta on kuitenkin rekrytoinneissa lähtökohtana. Kemian alan osaamista tarvitaan myös. Tällä alalla uuden opiskelu ei koskaan lopu, ja täytyy muistaa että lopulta kyse on tiimityöstä: toimitukset ovat monipuolisia kokonaisuuksia, joita ei kukaan yksin pysty hallitsemaan, Henriksen päättää.



*AMK:n tutkijoita tankkerilla rikkipesurin koekäytössä
(Kuva: Krister Ekman).*


Lähteet

Hernandez, J. 2011. Dieselmoottorin pakokaasujen puhdistus rikin ja pienhiukkasten osalta M/S Ailalla. Opinnäytetyö. Kymenlaakson ammattikorkeakoulu.

Peltonen, K. 2014. Suomi tyri rikkipesureissa. Tekniikka & Talous 7.2.2014 s. 16–18.

Sinervä, I. 2013. Varustamot hylkäävät rikkiputsarit. Kauppalehti 18.12.2013 s. 6.

Wärtsilä Oyj. 2012. Rikkipesurimarkkinat kehittyvät. Viitattu 12.3.2014 <http://www.wartsilareports.com/fi-FI/2012/ar/liiketoiminta/ship-power/ship-power-ja-kestava-kehitys/>



” EU-alueella
ilmanlaatudirektiivi
2008/50/EY
velvoittaa jäsenvaltioita
seuraamaan karkeiden
hiukkasten sekä
pienhiukkasten
pitoisuuksia
hengitysilmassa
erityisesti taajama-
alueilla sekä
teollisuuslaitosten
vaikutusalueilla.
Kaiken kaikkiaan
tutkimustietoa
hiukkasten
terveysvaikutuksista
on vielä vähän.”

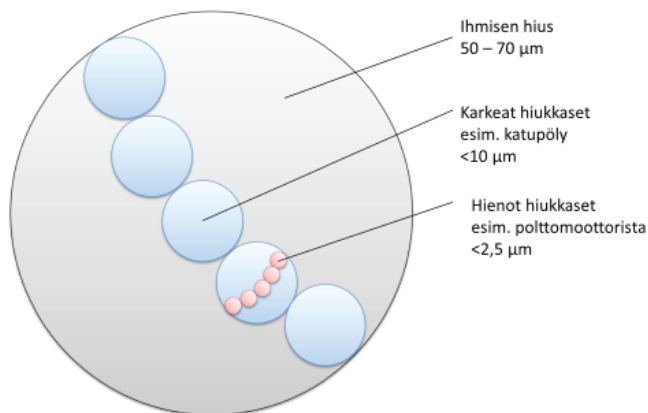
PIENHIUKKASPÄÄSTÖJEN TERVEYSVAIKUTUKSET JA TUTKIMUS

Panu Aho, Toomas Karhu & Mika Laurén

Aerosolihiukkanen on yleisnimitys hengitysilmassa oleville useista eri yhdisteistä koostuville kiinteille hiukkasille sekä nestemäisille pisaroille. Suurimmat hiukkaset ovat noin 100 000 kertaa suurempia kuin pienimmät. Kokonsa puolesta hiukkaset jaetaan yleensä karkeisiin ja hienoihin hiukkasiin, halkaisijan raja-arvon ollessa 2,5 mikrometriä (metrin miljoonasosa). Polttomoottoreiden yhteydessä puhutaan myös ns. nanohiukkasista, joiden halkaisija on alle 0,1 mikrometriä. Erityisen haitallisena ihmisen terveydelle pidetään juuri kaikkein pienimpiä hiukkasia, jotka kulkeutuvat hengityksen kautta ihmisen elimistöön ja voivat päätyä verenkiertoon.

Hiukkasten koko on sidoksissa niiden syntytapaan. Suurimmat, paljaalla silmällä nähtävät hiukkaset syntyvät tyypillisesti mekaanisen rasituksen, esimerkiksi tuulen tai hankauksen seurauksena. Pienhiukkaset taas syntyvät kaasusta tiivistymällä, kuten dieselmoottorin pakokaasuissa.

Osa ilmakehän aerosolihiukkasista syntyy luonnossa, esimerkiksi tulivuorenpurkauksista tai kasvillisuudesta. Suuri osuus, arviolta 10–50 %, syntyy kuitenkin ihmisen toiminnan seurauksena esimerkiksi liikenteestä, energian tuotannosta ja teollisuudesta. Suomen olosuhteissa suurin yksittäinen pienhiukkas päästöjen aiheuttaja on puun käyttö talojen lämmittämiseen. Yksilötasolla tupakointi on merkittävä pienhiukkasten aiheuttamien terveysongelmien lähde. Viime aikoina on uutisoitu myös kynttilöiden runsaan polton mahdollisista haittavaikutuksista.



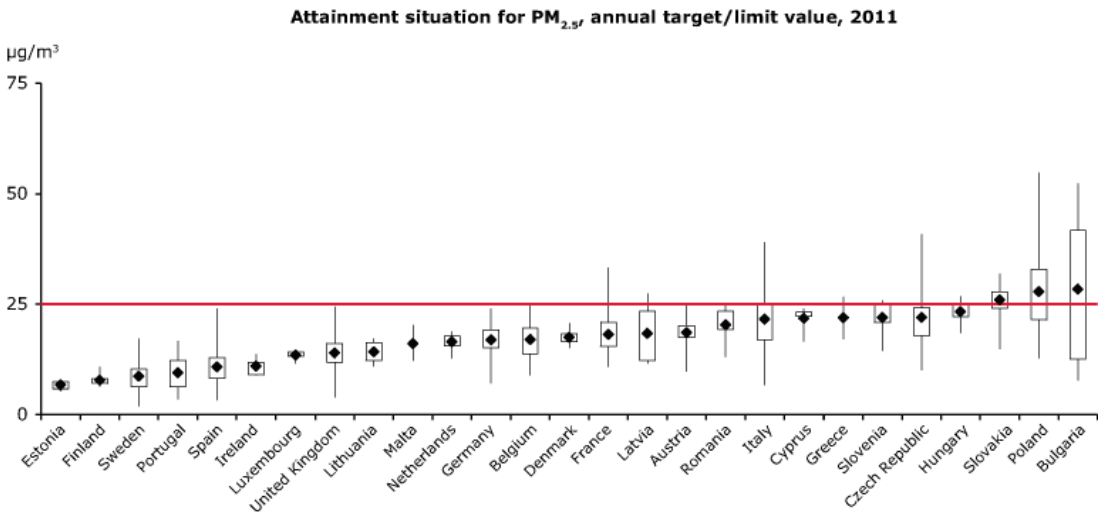
Hiukkasten kokojakauma on hyvin suurta.

Hiukkaset ja ilmanlaatu

Hiukkaset vaikuttavat ilmastoon monin eri mekanismein, joista toistaiseksi tiedetään vähän. Ilmakehässä olevat pienhiukkaset sirottavat valoa, jolloin pienempi osa auringon lämpösäteilyä päätyy maan pinnalle. Toisaalta taas suuremmat noki- ja pölyhiukkaset voivat absorboida lämpöenergiaa, jolloin niillä

suurina paikallisina keskittyminä voi olla lämmittävä vaikutus. Jäätikköalueiden pinnoille kertyvät hiukkaskaskeumat kiihdyttävät niiden sulamista ja täten ilmaston lämpenemistä. Globaalissa mittakaavassa hiukkaspäästöillä arvellaan olevan ilmastoa viilentävä vaikutus.

EU-alueella ilmanlaatudirektiivi 2008/50/EY velvoittaa jäsenvaltioita seuraamaan karkeiden hiukkasten sekä pienhiukkasten pitoisuuksia hengitysilmassa erityisesti taajama-alueilla sekä teollisuuslaitosten vaikutusalueilla. Suomessa valvontaa suorittaa ilmatieteen laitos 127 ympäri maata sijaitsevan mittausaseman avulla (tilanne joulukuussa 2013). Meillä ilmanlaatu on mittausten perusteella verraten hyvällä tasolla. Esimerkiksi Euroopan ympäristövirasto EEA:n vuonna 2013 julkistaman raportin mukaan vuonna 2011 Suomessa pysyttiin reilusti suositusarvojen alapuolella.



PM_{2.5}-pitoisuudet EU-maissa vuonna 2011 (EEA 2013).

Hiukkaspäästöjen terveyshaitoista merkittävimpiä ovat erilaiset hengityselinsairaudet sekä sydän- ja verisuonitaudit. Oireiden haitallisuusasteeseen vaikuttavia tekijöitä ovat esimerkiksi hiukkasten koko ja muoto, kemiallinen koostumus sekä altistuksen kesto. Lyhytaikainen karkeille hiukkasille altistuminen on kaupungissa asuville tuttua keväisen katupölyn takia. Oireet ovat valtaväestöllä lieviä ja ohimeneviä, mutta esimerkiksi astmaatikoiden tai keuhkohtaumataudista kärsivien oireet voivat olla vakavampiakin.

Toisaalta pitkäaikainen altistuminen hiukkaspäästöille, esimerkiksi työperäinen altistus tietyillä ammattiryhmillä, voi perusterveilläkin ihmisillä edesauttaa näiden tautien puhkeamista ja etenemistä. Kaiken kaikkiaan tutkimustietoa hiukkasten terveysvaikutuksista, erityisesti pitkäkestoisen altistumisen ja nanohiukkasten osalta, on kuitenkin vielä vähän.

Hiukkasten muodostuminen moottorissa

Polttomoottoreiden osalta pienhiukkaspäästöjen vähentämiskeskustelu on painottunut dieselmoottoreihin, sillä kunnossa olevassa bensiinimoottorissa niitä syntyy vähemmän. Dieselmoottorien hiukkaspäästöt koostuvat pääasiassa palamattomasta polttoaineesta, voiteluöljystä sekä osittaispalamisen tuotteista. Koostumukseen vaikuttavat keskeisesti polttoaineen rikki-, tuhka- ja aromaattipitoisuudet. Hiukkaset koostuvat pääasiassa hiilestä sekä polttoaineen rikistä palamisprosessissa muodostuneista rikkidioksidista ja rikkihaposta. Ulkoilmaan tullessaan, lämpötilan laskiessa rajusti, nämä reagoivat ilmassa olevien vesimolekyylien kanssa muodostaen massaltaan entistä suurempia hiukkasia. Vähärikkisen polttoaineen käyttö luonnollisesti vähentää näiden yhdisteiden määrää. Hiukkaspäästöjen mukana on myös pieniä jäännöksiä eri metalleista, esimerkiksi sinkkiä, rautaa, kalsiumia ja magnesiumia, jotka ovat peräisin voiteluöljystä ja moottorin mekaanisesta kulumisesta.

Käyttämällä erilaisia suodinrakenteita pakoputkistossa hiukkaspäästöä voidaan tehokkaasti vähentää, tyypillisesti 85–95 % hiukkasten massasta laskettuna. Eri laitevalmistajat käyttävät tuotteistaan eri nimityksiä, yleisesti suodattimista puhutaan nimityksillä DPF (Diesel Particulate Filter) tai Particle Trap (hiukkasloukku). Dieselmoottorin hiukkaspäästöjä voidaan kontrolloida myös palamisprosessin optimoinnilla. Ruiskutuksen ajoituksen säädöllä voidaan vaikuttaa palamatta jääneen polttoaineen määrään. Usein seurauksena ovat kuitenkin lisääntyneet typen oksidipäästöt (NO_x). Tämä niin sanottu trade off -ilmiö, jossa toisen päästökomponentin alentaminen vaikuttaa toiseen kohottavasti, on moottorivalmistajien kannalta ollut erityisen ongelmallinen. Päästölainsäädäntö edellyttää hyvin alhaisia tasoja näiltä molemmilta päästökomponenteilta. Käytännössä DPF:n rinnalla joudutaan usein käyttämään muunkin tyyppisiä jälkikäsitteilyjärjestelmiä. Tämä taas tuo oman haasteensa järjestelmien yhteensovittamiseen siten, että myös moottorin suorituskyky pysyy hyvällä tasolla.

TREAM - Trends in real-world particle emissions of diesel and gasoline vehicles

TREAM-projektin tavoitteena oli selvittää pitkän aikavälin trendien vaikutusta diesel- ja bensiinijoneuvojen hiukaspäästöihin. Tutkimukset kattoivat moottoriöljyjen, moottoriparametrien, pakokaasun jälkikäsitteilyn ja polttoaineiden vaikutuksen. Projektin rahoittajina olivat TEKES sekä joukko alan yrityksiä.

Turun ammattikorkeakoulun osuus projektissa keskittyi pienhiukkasten muodostumiseen työko-nedieselmoottorissa. Moottorilaboratoriossa tutkittiin vuosina 2012–2013 polttoaineen ruiskutusparametrien vaikutusta, ruiskutuslaitteiden prototyyppisiä, erilaisia jälkikäsitteilyjärjestelmiä sekä niiden yhdistelmiä (DOC, POC, SCR, DPF). Pakokaasun takaisinkierrätystä (EGR) tutkittiin myös. Sen tarkoituksena on alentaa moottorin tyypin oksidien päästöjä alentamalla moottorin palamislämpötilaa sylintereissä. Viimeisenä tutkimusosiona oli ns. balance point -mittaus, jossa tutkittiin hiukkassuodattimen (DPF) regeneroitumista.

Mittauskampanjat toteutettiin yhteistyössä Tampereen teknillisen yliopiston ja Metropolia ammatikorkeakoulun kanssa. Syksyn 2012 osiosta laadittiin seminaarijulkaisu *Effect of injection Parameters on Exhaust Gaseous and Nucleation Mode Particle Emissions of a Tier 4i Nonroad Diesel Engine*, joka esitettiin SAE:n (Society Of Automotive Engineers) seminaarissa lokakuussa 2013.

Lähteet

European Environment Agency. 2013. Air quality in europe – 2013 report. Viitattu 12.3.2014 <http://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2013>

Helsingin yliopisto. 2008. Hiukkaskäsikirja. Verkkojulkaisu. Viitattu 12.3.2014 <http://www.hiukkastieto.fi/node/1>

Ilmatieteen laitos. Ilmalaatuportaali. Viitattu 12.3.2014 <http://www.ilmanlaatu.fi>

Ilmatieteen laitos. 2013. Pienhiukkaset vaikuttavat ilmastoon. Viitattu 12.3.2014 <http://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/ilmio/-/artikkeli/c6869491-f3a5-438e-8a0c-90664db8894c/pienhiukkasten-vaikutus-ilmastoon.html>

Kaaria, S. 2013. Liika kynttilöiden polttaminen voi viedä terveyden. Helsingin sanomat 7.11.2013. Viitattu 19.3.2014 <http://www.hs.fi/terveys/a1383718801183>

Pihlava, T; Uuppo, M; Niemi, S. 2013. Health Effects of Exhaust Particles. Proceedings of the university of Vaasa reports 187.

” Polttomoottoreiden kuluttamasta energiasta suurin osa vapautuu lämpönä ympäristöön. Sopivaa teknologiaa käyttäen lämpö on mahdollista hyödyntää esimerkiksi sähkön tuotantoon.”



LIIKETOIMINTAA LÄMMÖSTÄ – ENERGIAN TALTEENOTTOJÄRJESTELMILLÄ HÄVIÖT HYÖDYKSI

Panu Aho & Tommi Paanu

Energian talteenotolla tarkoitetaan järjestelmiä, joilla jonkin prosessin kokonaishyöty-suhdetta tai kannattavuutta parannetaan hyödyntämällä prosessin sivutuotteena syntyvää lämpöenergiaa. Esimerkiksi polttomoottorin pakokaasut sisältävät runsaasti lämpöenergiaa, jota normaalitilanteessa ei hyödynnetä mitenkään, vaan se vapautuu ympäristöön – kansankielellä ”menee harakoille”. Sopivaa teknologiaa käyttäen on kuitenkin mahdollista tuottaa tämän lämpöenergian avulla esimerkiksi sähköenergiaa ajoneuvon apulaitteiden tarpeisiin, jolloin polttoaineen kulutus vastaavasti pienenee.

Hukkalämpö voi sellaisenaan olla yhteiskunnalle hyödyksi, mikäli se voidaan kanavoida sinne, missä sille on tarvetta. Lämpövoimalaitoksissa sähköntuotannon sivutuotteena syntyvän lämmön hyötykäyttö on jo pitkään ollut vakiintunut käytäntö. Sitä voidaan hyödyntää joko kaukolämmön tuotannossa tai teollisuusprosesseissa, esimerkiksi paperi- ja sel-luteollisuudessa. Tällaisissa ns. CHP-laitoksissa polttoaineen energiasisältö hyödynnetään jopa yli 90 %:n hyötysuhteella. Lämmön avulla voidaan tuottaa myös mekaanista energiaa, mistä toimii esimerkkinä lentokone- ja sittemmin myös rekkojen moottoreissa käytetty Turbo Compounding -tekniikka. Siinä pakokaasulinjassa oleva turbiini tuottaa lisävoimaa suoraan kampiakselille ja näin pienentää vastaavasti polttoaineen tarvetta.

Lämmöstä sähköksi

Yhteiskunnan sähköistyessä monissa tilanteissa kannattavin vaihtoehto hukkalämmön hyödyntämiseen on sähkön tuotanto. Tähän tarkoitukseen soveltuu höyryturbiinikonstruktio, jossa hukkalämmön vaikutuksesta höyrystyvä väliaine pyörittää turbiinia ja siihen kytkettyä generaattoria. Perinteiset höyryturbiinisovellukset käyttävät työaineena vettä, joka kuitenkin soveltuu huonosti tilanteisiin, joissa hukkalämmön lämpötilataso on matala, alle 200 °C. Valitsemalla työaineeksi veden asemasta jonkin hiilivedyn tai kylmäaineen saadaan prosessi toimimaan mielekkäällä hyötysuhteella myös pienemmillä lämpötila- ja tehotasoilla. Näiden niin kutsuttujen Organic Rankine Cycle -järjestelmien (ORC) kaupallistaminen on jo hyvässä vauhdissa ja sovellettavuus laaja. Sähkön tuotanto lämpöenergiasta on mahdollista myös ns. Seebeckin ilmiötä hyödyntäen, jossa kahden eri metallin välillä vallitseva lämpötilaero aiheuttaa näiden välille sähköjännitteen. Laitteistoja, jotka hyödyntävät tätä ilmiötä nimenomaisena tarkoituksenaan tuottaa sähköenergiaa, kutsutaan termoelektronisiksi generaattoreiksi (TEG).

Energian talteenottojärjestelmien yleistymistä ajoneuvo- ja muissa pienitehoisissa sovelluksissa on aikaisemmin hidastanut laitteiston monimutkaisuus, suuri koko ja hinta. ORC:n ja muiden vastaavien tekniikoiden myötä alan tutkimus on ottanut uutta tuulta alleen, ja monilla valmistajilla on jo tuotteistamisprojekteja vireillä. Esimerkiksi BMW julkaisi vuonna 2012 henkilöautokokoluokan prototyypin, joka maantienopeuksilla ajettaessa kykenee tuottamaan pakokaasusta kylliksi sähköenergiaa koko auton sähköjärjestelmän tarpeisiin. Samaisella valmistajalla on niin ikään TEG-prototyyppi kehitteillä.

Bisnesmallien puute kompastuskivenä

Energian talteenoton periaate toimii kaikissa sovelluksissa, joissa on ylimääräistä lämpöä saatavilla. Potentiaalisia käyttökohteita löytyy ajoneuvojen lisäksi teollisuudesta, maataloudesta ja kotitalouksistakin. Tulevaisuuden trendinä yhteiskunnan energiantuotannossa lieenee siirtyminen entistä enemmän kohti hajautettua energiantuotantotapaa, jossa yhä useampi energian kuluttaja voi samalla toimia myös energian tuottajana.

Liiketoimintapotentiaali sinänsä on huomattava. Esimerkiksi kaupallisia ORC-paketteja on saatavilla ja Keski-Euroopassa niille on jo markkinat olemassa. Kotimaassakin sähkönpientuotannon liittäminen valtakunnan verkkoon on jo pitkään ollut mahdollista, ainakin teoriassa. Tukitoimet ovat kuitenkin puuttuneet ja tieto on ollut hajallaan eri toimijoilla, jolloin kuluttajan ja yritysten näkökulmasta tuotannon käynnistämisen prosessi on useissa tapauksissa osoittautunut käytännössä turhan monimutkaiseksi.

Ennen kuin hajautettu energiantuotantomalli voi toteutua, vaaditaan siis lisää joustavuutta energia-alan liiketoimintamalleihin sekä lainsäädäntöön. Mahdollisia toimenpiteitä on selvitetty mm. CLEEN Oy:n DESY- ja SGEM-tutkimusohjelmissa.



Lämmönsiirrintä valmistellaan tutkimusajoja varten, ks. s. 41 (kuva: Aku Hietaranta).

Savukaasulämmönsiirtimen tehokkuustutkimus

Lämmönsiirrin on energiatekniikan peruskomponentti, jonka tehtävä on lämpöenergian siirtäminen väliaineesta toiseen mahdollisimman vähäisillä häviöillä. Kompakti koko on tärkeä ominaisuus, ja usein vaaditaan myös korkeiden lämpötilojen ja paineiden kestävyys. Kalantilainen Vahterus Oy valmistaa Plate & Shell -levylämmönsiirtimiä, joissa yhdistyvät perinteisten levy- ja putkilämmönsiirtimien parhaat ominaisuudet.

Turun ammattikorkeakoulun Energiateknologian tutkimusryhmä toteutti syksyllä 2013 yhdessä Vahterus Oy:n kanssa savukaasulämmönsiirtimen tehokkuuteen liittyvän tutkimushankkeen. Lämmön siirto pakokaasuista aiheuttaa haasteita lämmönsiirtimien suunnitteluun, sillä niiden sisältämä noki kertyy ajan myötä lämmönsiirtopintoihin aiheuttaen lämmönsiirtotehon heikkenemistä sekä virtausvastusten kasvua. Tutkimuksen päätavoitteena olikin seurata likaantumisen aiheuttavaa lämmönsiirron heikkenemistä. Hankkeessa saatuja tuloksia yritys hyödyntää omassa tuotekehitystyössään.

Lähteet

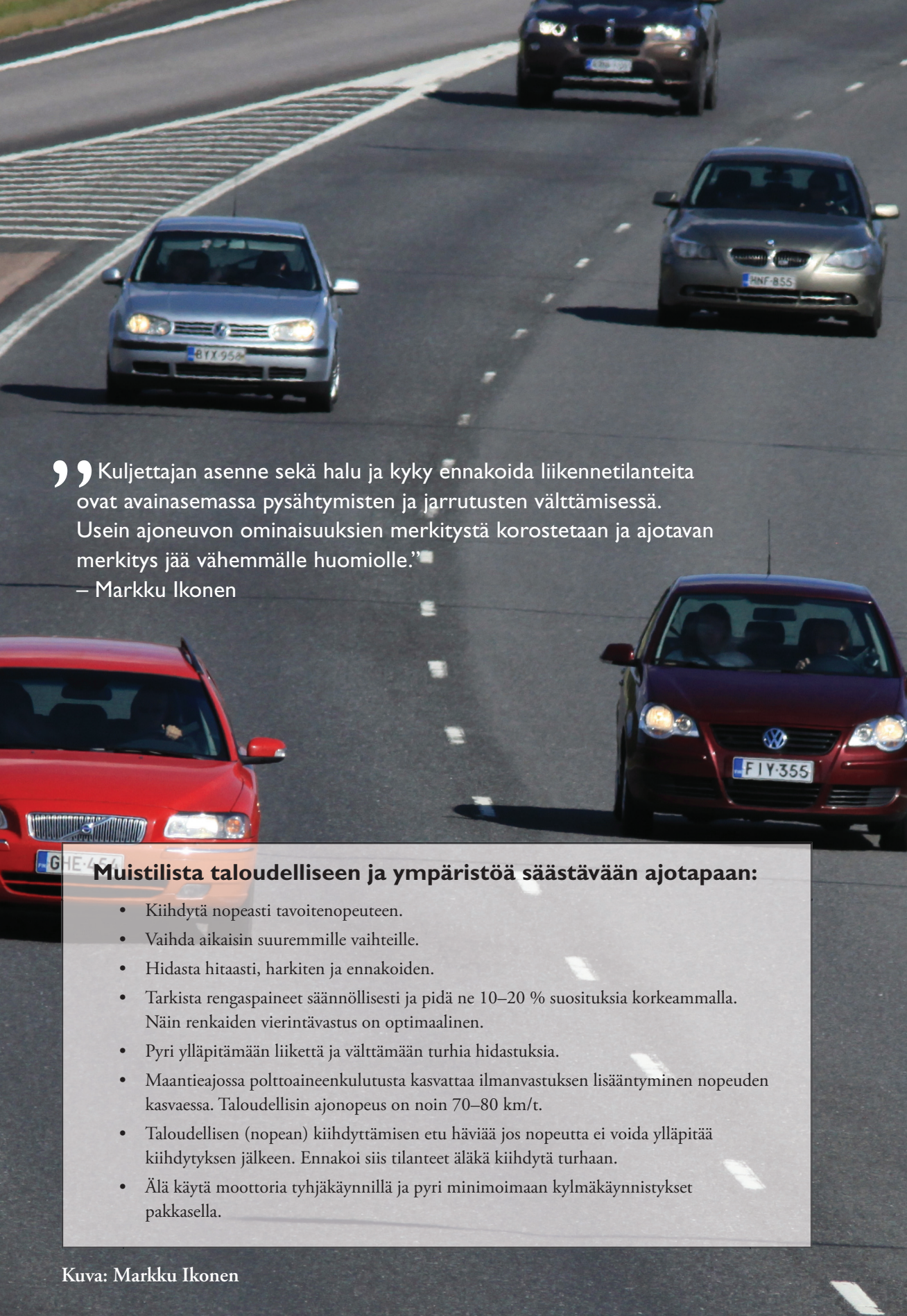
Cleen Oy. 2011. Developing smart grids and energy markets. Viitattu 19.3.2014 http://www.cleen.fi/fi/Markkinointiviestint/Cleen_Factsheet_SGEM_final.pdf

Cleen Oy. 2012. Distributed Energy Systems Program. Viitattu 19.3.2014 http://www.cleen.fi/en/Comms/CLEEN_DESY_factsheet_201211.pdf

Freyman, R.; Ringler, J.; Seifert, M. & Tillman, H. 2012. The second generation Turbosteamer. MTZ Worldwide, Vol. 73, No 2, 18–23.

Mazar, B. 2012. State of the art prototype vehicle with a thermoelectric generator. TE application workshop, Baltimore, 21.3.2012. Viitattu 19.3.2014 https://www1.eere.energy.gov/vehiclesandfuels/pdfs/thermoelectrics_app_2012/wednesday/mazar.pdf

Saidur, R. ym. 2012. Technologies to recover exhaust heat from internal combustion engines. Renewable and Sustainable Energy Reviews. Vol. 16, Issue 8, 5649–5659.



” Kuljettajan asenne sekä halu ja kyky ennakoida liikennetilanteita ovat avainasemassa pysähtymisten ja jarrutusten välttämisessä. Usein ajoneuvon ominaisuuksien merkitystä korostetaan ja ajotavan merkitys jää vähemmälle huomiolle.”

– Markku Ikonen

Muistilista taloudelliseen ja ympäristöä säästävään ajotapaan:

- Kiihdytä nopeasti tavoitenopeuteen.
- Vaihda aikaisin suuremmille vaihteille.
- Hidasta hitaasti, harkiten ja ennakoiden.
- Tarkista rengaspaineet säännöllisesti ja pidä ne 10–20 % suosituksia korkeammalla. Näin renkaiden vierintävastus on optimaalinen.
- Pyri ylläpitämään liikettä ja välttämään turhia hidastuksia.
- Maantieajossa polttoaineenkulutusta kasvattaa ilmanvastuksen lisääntyminen nopeuden kasvaessa. Taloudellisin ajonopeus on noin 70–80 km/t.
- Taloudellisen (nopean) kiihdyttämisen etu häviää jos nopeutta ei voida ylläpitää kiihdytyksen jälkeen. Ennakoi siis tilanteet äläkä kiihdytä turhaan.
- Älä käytä moottoria tyhjäkäynnillä ja pyri minimoimaan kylmäkäynnistykset pakkasella.

POLTTOAINEENKULUTUS KURIIN TALOUDELLISELLA AJOTAVALLA

Annika Kunnasvirta & Panu Aho

Yleisimmät moottoripolttoaineet, kuten diesel ja bensiini, koostuvat pääasiassa hiilestä ja vedystä. Palamistapahtumassa hiili- ja vetyatomit yhtyvät ilmassa olevaan happeen, jolloin syntyy hiilidioksidia ja vettä. Nämä ovat täydellisen palamisen tuotteita, joita ei teknisin menetelmin voida poistaa tai puhdistaa pakokaasuista. Tällöin ainoa keino vähentää esimerkiksi autoilun tuottamia hiilidioksidipäästöjä on tavalla tai toisella vähentää poltetun fossiilisen polttoaineen määrää. On siis joko kehitettävä autoja, jotka kuluttavat vähemmän polttoainetta per ajettu kilometri tai vähennettävä ajosuoritetta.

Erot kulutuksessa liittyvät myös ajo-olosuhteisiin ja kuljettajan taitoihin. Taloudellisella ja ennakoivalla ajotavalla on mahdollista vähentää polttoaineen kulutusta huomattavasti. Polttoaineen kulutuksen vähentäminen vaikuttaa suoraan ajoneuvon tuottamien hiilidioksidipäästöjen määrään. Ajamalla taloudellisesti voidaan siis saavuttaa ympäristöhyötyjä ja säästää samalla rahaa.

Taloudellisen ajotavan tutkimuksen edelläkävijä

Yksi energiateknologian tutkimusryhmän painopistealueista liittyy ajoneuvojen käyttöön liikenteessä. Energiatehokkaiden moottorien lisäksi ajoneuvojen oikea käyttö on olennainen energiatehokkuutta kasvattava tekijä. Epätaloudellinen ajotapa tulee kalliiksi ja aiheuttaa myös päästöjä. Kuljettajan ajotavalla onkin suuri merkitys, kun pyritään vaikuttamaan sekä polttoaineen kulutukseen että päästöihin.

Turun ammattikorkeakoulussa taloudellista ajoneuvojen energiankulutusta on tutkittu niin konkreettisesti kuljettajia kouluttamalla kuin moottoritutkimuksen puolellakin. Ajoneuvon, olosuhteiden ja kuljettajan muodostama kolminaisuus ovat taloudellisen ajotavan ytimessä. Taloudellista ajotapaa tutkinut auto- ja kuljetustekniikan lehtori **Markku Ikonen** toteaa, että näistä kolmesta kuljettajan osuus on yleisessä keskustelussa painunut lähes unohtuksiin siinä missä ajoneuvojen osuutta on varsin voimakkaasti ylikorostettu. Olosuhteiden merkitys on myös jäänyt vähemmälle huomiolle.



AMK:n talli niitti menestystä Autoliiton Eco Tour -taloudellisuusajotapahtumassa (Kuva: Markku Ikonen).

– Jos polttoaineenkulutus on korkeampi kuin halutaan, arkisessa keskustelussa syytetään usein autoa. Valitettavan usein jää huomaamatta, että kuljettajan toiminnalla on suuri vaikutus siihen, kuinka paljon työtä eli mekaanista energiaa otetaan moottorista ulos tietyn ajomatkan suorittamiseksi, Ikonen kiteyttää vuonna 2013 ilmestyneessä kirjassaan *Aja taloudellisesti – ajoneuvon, kuljettajan ja olosuhteiden vaikutus polttoaineenkulutukseen*.

Asenne ratkaisee

Kuljettajakoulutuksessa on laajan havaintomateriaalin perusteella todettu, että lyhyelläkin taloudellisen ajon opastuksella saavutetaan keskimäärin 20 %:n polttoainesäästö kaupunkiajossa. Ikonen mukaan vaihteluväli on tyyppillisesti 10–40 %. Tämä kertoo siitä, että kuljettajan etukäteistiedoilla ja -taidoilla, asenteella ja yleisellä vastaanottavaisuudella on suuri merkitys koulutuksen hyötyjä arvioitaessa. Taidoiltaan ja kokemukseltaan erilaiset kuljettajat suhtautuvat ajotapakoulutukseen eri tavoin, joten motivointi tulisi kohdentaa eri tavoin eri ihmisiin. Eniten koulutuksesta saavat irti kuljettajat, joiden tekninen ajotaito on jo hyvällä, rutiininomaisella tasolla ja jotka ovat motivoituneita kehittämään ajotyyliään.

– Kokeneemmat kuljettajat kokevat usein oman ajotavan seuraamisen ja optimoinnin mahdollisimman taloudelliseksi mielekkääksi lisähaasteeksi rutiininomaiseen päivittäisajoon verrattuna. Olen kuullut erään ammattikuljettajan jopa todenneen taloudellisuusajokoulutuksen jälkeen leikkimielisesti, että onpahan viimein jotain tekemistäkin töissä, Ikonen veistelee.

– Vähän ajokokemusta omaavat kuljettajat taas saattavat kokea liikennevirrassa ajamisen haastavaksi jo sinänsä, eikä huomiokyky välttämättä riitä ei-pakollisten asioiden kuten taloudellisuuden huomioon ottamiseen. Turvallisuuden kustannuksella ei tietenkään kannata yrittää polttoainetaloutta parantaa.

Yhtenä taloudellisuuden parannuskeinona Ikonen mainitsee erilaiset ajoneuvoihin integroitavat automatiikkajärjestelmät, jotka antavat palautetta kuljettajan ajotavasta. Erilaiset ajotietokoneet ovat jo jonkin aikaa olleet suhteellisen yleisiä uusissa autoissa, ja jälkiasennettaviakin järjestelmiä on ollut kehitteillä. Tuotekehitystä kuitenkin tarvitaan vielä.

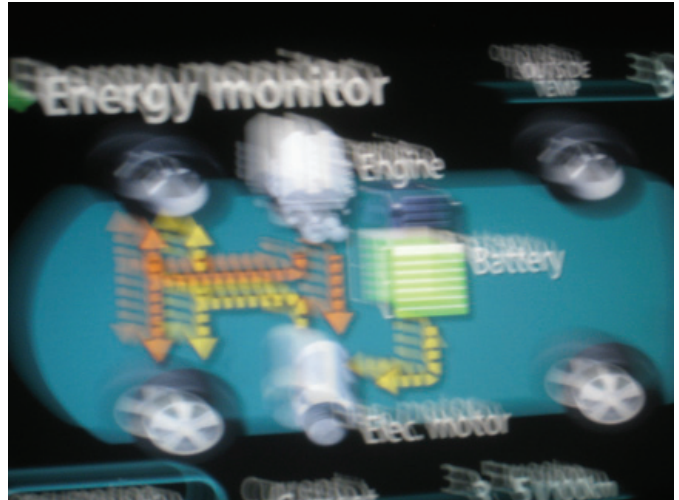
– Yleisenä trendinä ajotietokoneiden toivoisi kehittyvän entistä havainnollisempaan ja interaktiivisempaan suuntaan siten, että ne aktiivisesti antaisivat palautetta kuljettajan ajosuorituksesta. Erilaiset grafiikat ovat tästä yksi esimerkki. Aina on tietysti muistettava että teknologiaa pitää osata käyttää oikein. Esimerkiksi kiihdytys on yleisesti ottaen taloudellisempaa tehdä ripeästi, vaikka kulutus hetkellisesti nouseekin suuremmaksi kuin maltillisemmin kiihdytettäessä, Ikonen muotoilee.

Ennakoi niin säästät

Kysymykseen, mikä on merkittävin yksittäinen asia jonka jokainen kuljettaja voi oman ajotyylinsä taloudellistamiseksi tehdä, Ikosella on selkeä vastaus.

- Liikennetilanteita tulisi pyrkiä ennakoimaan niin, että välttyttäisiin turhilta hidastuksilta ja niitä seuraavilta kiihdytyksiltä. Hyvä esimerkki on liikennevaloissa ajaminen, joissa ajoissa kaasua keventämällä voidaan selvitä vain pienellä uudelleenkiihdyttämisellä. Energiaa kuluu huomattavasti vähemmän kuin tilanteessa, jossa pysähdytään kokonaan ja joudutaan paikaltaan taas kiihdyttämään matkanopeuteen.

Ikosen mielestä jokaisen kuljettajan olisi hyvä tuntee ajoneuvon käyttöön liittyvät fyysiset peruslainalaisuudet. Massan saaminen kiihtyvään liikkeeseen vaatii aina energiaa, joka ajoneuvon tapauksessa otetaan polttoainetankista. Vaadittu suuri työmäärä ei välttämättä konkretisoidu keskivertokuljettajalle kovin helpolla – onhan kiihdytys saavutettavissa vain pienellä ja vaivattomalla nilkan liikkeellä. Fakta kuitenkin on, että pyrkimällä ylläpitämään tasaista nopeutta energian käyttö minimoidaan.



*Automatiikka avustaa kuljettajaa taloudellisessa ajossa
(Kuva: Markku Ikonen).*

- Tavoitenopeus tulisi pyrkiä saavuttamaan nopealla kiihdytyksellä ja mahdollisimman aikaisin suurempiin vaihteisiin vaihtaen. Toisaalta, vaikka kiihdytys tehtäisiin hyvin, menee sen vaikutus hukkaan jos edessä on este jonka vuoksi joudutaan pian taas jarruttamaan. Hidastuksissa tilanteiden ennakointi on keskeisessä asemassa ja hidastukset tulisikin tehdä rauhallisesti ja harkiten.

Kirja *Aja taloudellisesti*¹ soveltuu erityisesti autoalan kouluttajille, opiskelijoille sekä alalla muutoin toimiville, mutta avaa näkökulmia kenelle tahansa auton käyttäjälle. Ikonen tekee myös jatkotutkimusta, jossa aihepiiriä tarkastellaan teoreettisemmasta näkökulmasta.

1. Julkaisu on saatavana PDF-versiona ja painettuna, ks. Julkaisukauppa Loki <http://loki.turkuamk.fi>

”Parasta laboratoriossa työskentelyssä oli tietenkin loistava työporukka, joka tsemppasi jaksamaan ajoittaisista teknisistä murheista huolimatta. Valmistumisen jälkeisessä työnhaussa olen huomannut, että laboratoriokokemus selvästi kiinnostaa työnantajia.”

– Tuomas Luksiala



Kuva: Martti Komulainen

POLTTOMOOTTORISIMULOINNIN MAHDOLLISUUDET OPETUKSESSA JA TUOTEKEHITYKSESSÄ

Mika Laurén & Panu Aho

Polttomoottoritutkimuksen tukena käytetään yhä enenevässä määrin moottorisimulointiohjelmistoa. Turun AMK:n polttomoottorilaboratoriossa on käytössä yhdysvaltalaisen Gamma Technologies -yrityksen GT-Power-ohjelmisto, jonka tarkoitus on ratkaista moottoreiden tuotekehitykseen liittyviä ongelmia tietokoneympäristössä ilman fyysisten moottorikomponenttien käyttöä. Ohjelman toiminta perustuu fysikaaliseen virtausmallinnukseen, johon on lisätty moottoriprosessimallinnukseen soveltuvia lisäosia, kuten sylinterin sisäisiä palamismalleja ja turboahtimen mallintamiseen soveltuvia ohjelman osia. Ohjelmalla on mahdollista tutkia annettujen alkuarvojen vaikutusta moottorin toimintaparametreihin ja ulos tulevaan tehoon sekä polttoaineenkulutukseen.

Kyseinen ohjelma on kehitetty ajoneuvoteollisuuden tuotekehityksen tarpeisiin, ja se on käytössä useissa ajoneuvo- ja työkoneteollisuuden yrityksissä ympäri maailmaa. Kotimaassa ohjelmaa käyttävät muun muassa Wärtsilä ja Agco Power. Ohjelma ei varsinaisesti ole opetuskäyttöön suunniteltu, mutta Turun ammattikorkeakoulun lisäksi sitä käyttävät Suomessa myös muun muassa Aalto-yliopisto ja Vaasan yliopisto polttomoottoriovetuksen ja -tutkimuksen osana.

Tuotekehityksen työkalu

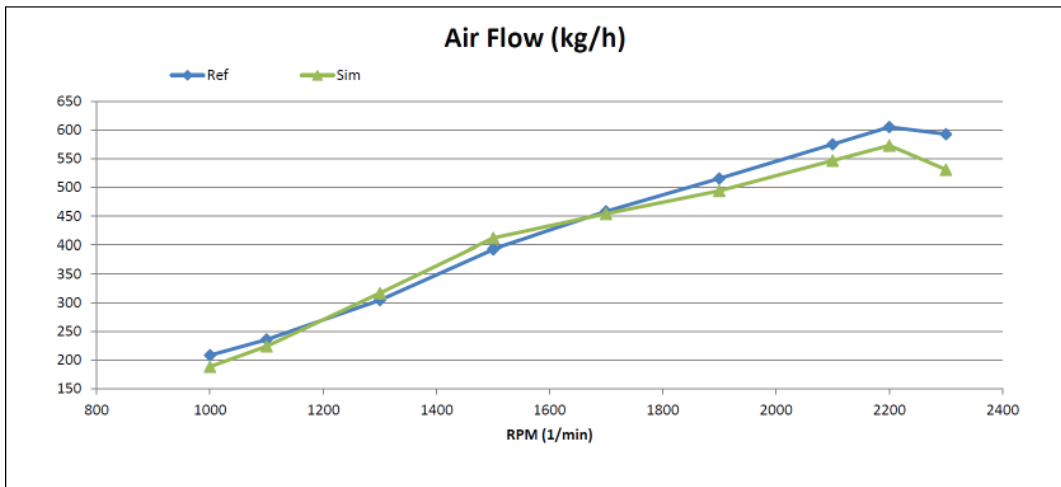
Simuloinnin merkitys kasvaa koko ajan alan tuotekehityksessä ja simulointiosaamista onkin moottoritekniikan opintojaksojen yhteydessä siirretty myös opiskelijoille. Keväällä 2013 tehtiin energia- ja polttomoottoritekniikan opiskelijoiden ryhmätyönä hanke, jossa opiskelijaryhmälle annettiin tehtäväksi moottoriteknisin keinoin parantaa erään moottorin suorituskykyä ja vähentää sen päästöjä.

Tutkittavaksi valittuja keinoja olivat pakosarjan optimointi tarkoituksena parantaa turboahdetun moottorin kuormanottoa matalilla kierroksilla sekä ahtoilmapiutustiston ja ahtoilmajäähdyttimen optimointi. Projektin läpiviemiseksi muodostettiin kolme erillistä opiskelijaryhmää projektipäälliköineen, jolla kullakin oli selkeä oma vastuualueensa.

– Toisten ryhmien tehtävänä oli laskennallisesti mitoitaa ja valmistaa prototyypit näistä järjestelmistä, ja simulointiryhmän tehtävänä taas laatia niitä vastaava mallinnukset simulointityökalulla. Lopuksi simuloituja ja todellisia tuloksia sitten verrattiin keskenään, kertoo simulointiryhmässä mukana ollut **Tuomas Liuksiala**.

– Liikkeelle lähdettiin niin sanotusti tyhjältä pöydältä, eli GT-Poweriin rakennettiin alusta alkaen ohjelmassa olevista palikoista AGCON ”44”-moottorin malli sekä vaaditut erilliskomponentit. Projekti kesti kokonaisuudessaan noin nelisen kuukautta, täydentää ryhmän toinen jäsen **Tommi Heinonen**.

Ensimmäisessä vaiheessa opiskelijoiden rakentama laskentamalli kalibroitiin vastaamaan todellista laboratoriossa olevaa moottoria. Kun mallin tulokset oli saatu tyydyttävällä tavalla vastaamaan toteutuneita todellisia tuloksia, muutettiin malli vastaamaan muiden ryhmien tutkimia asioita. Loppuyhteenvedossa verrattiin todellisella moottorilla mitattuja tuloksia simulointien tuloksiin. Tulosten voitiin todeta olleen todellisten muutosten suuntaisia. Pakosarjan tuomat todelliset muutokset moottorin suorituskykyyn olivat erittäin pieniä ja niiden ennustaminen haasteellista. Ahtoilman jäähdytysjärjestelmän uudistamisessa simuloinnilla laskettiin optimaalisia putkien halkaisijoita, joilla painehäviö ja ahtopaineennousu olisivat parhaiten tasapainossa.



Simulaatio vastasi melko hyvin todellisuutta (Kuva: Tommi Heinonen).

Liuksiala muistelee projektia haastavana, mutta antoisana:

– Kenelläkään ryhmän jäsenistä ei ollut suuria pohjatietoja moottorisimuloinnista, joten asiassa edettiin hyvin pitkälti yrityksen ja erehdyksen kautta. Ennen pitkää lopputulokset saatiin kuitenkin tyydyttävällä tarkkuudella vastaamaan tositilannetta. Joissain mittausarvoissa esiintyi suurempiakin heittoa, mutta pääsääntöisesti tulokset olivat oikean suuntaisia.

– Simulointiohjelman peruskäyttö on suhteellisen helppoa, mutta pienempien yksityiskohtien viilaaminen vaatii syvällisempää osaamista ja kokemusta. Ja pienetkin detaljit kuitenkin voivat vaikuttaa huomattavasti lopputuloksiin. Moottorilaboratorion simulointispecialisteilta saatiin onneksi apua tämän harjoitustyön loppuun viemiseksi.

Vaativaa asiantuntijatyötä

Polttomoottorisimuloinnin ammattilaisia on Suomessa toistaiseksi vain kourallinen polttomoottoreita valmistavien yritysten ja tutkimuslaitosten palveluksessa. Liuksiala näkee simuloinnin kuuluvan olennaisena osana moderniin tuotekehitysprosessiin – kyseessä on loppujen lopuksi kustannuskysymys, sillä on halvempaa tehdä ja kokeilla erilaisia ratkaisuja virtuaaliympäristössä kuin valmistaa fyysisiä prototyyppisiä, jotka testien jälkeen jäävät usein hyödyttömiksi. Heinonen tuo esille simuloinnin lähes rajattomat mahdollisuudet selkeänä etuna:

– Virtuaaliympäristössä toimiminen antaa yrityksille mahdollisuuden testata myös äärimmäisyyksiin meneviä, jopa hulluja tuotekehitysideoita turvallisesti. Voidaan etsiä tiettyjä moottorin parametrien kynnsrajoja, joiden jälkeen operointi reaali maailmassa ei enää ole järkevää.

Simulointia tekevältä henkilökunnalta vaaditaan myös tietynlaisia ominaisuuksia.

– Simulointi on melko pikkutarkkaa hommaa, joten mielenkiintoa perehtyä pieniinkin detaljeihin täytyy olla ja valmiutta viettää pitkiä päiviä tietokoneen ääressä. Sopivien tyyppien löytäminen on varmastikin yritysten näkökulmasta avainasemassa – mikä sopii toiselle, ei välttämättä sovi toiselle, Liuksiala pohdiskelee.

Heinosen mukaan simulointityö kysyy myös kärsivällisyyttä:

– Skenaarion laajuudesta ja käytettävissä olevasta prosessoritehosta riippuen yksittäisen laskennan läpiajamiseen saattaa kulua aikaa minuuteista tunteihin. Ja tyyppillisesti laskentoja joudutaan ajamaan useampia kertoja, tehden välillä pieniä viilauksia parametreihin.

Projektiopinnoista eväitä työelämään

Sekä Liuksiala että Heinonen työskentelivät simulointiprojektin lisäksi myös opiskelija-assistentteina polttomoottorilaboratorion muissa projekteissa sekä tekivät aiheesta opinnäytetyönsä. Miesten mukaan projektioppiminen on ollut ehdottomasti yksi parhaista opiskeluaikojen aikana Turun ammattikorkeakoulussa sekä antanut hyviä eväitä valmistumisen jälkeiseen elämään.

– Assistentin paikka laboratoriossa oli minulle ensimmäinen insinöörityötä vastaava kokemus, ja siitä sainkin todella hyvän yleiskuvan mitä ammatissa toimiminen vaatii. Totta kai kertyi myös rutkasti tietoa ja kokemusta polttomoottorialasta. Sitä en nykyisessä työssäni vielä pääse hyödyntämään, mutta aihepiiri kiinnostaa edelleen ja onhan tässä työuraa vielä jokunen vuosi jäljellä. Parasta laboratoriossa työskentelyssä oli tietenkin loistava työporukka, joka tsemppasi jaksamaan ajoittaisista teknisistä murheista huolimatta, Liuksiala toteaa.

Heinonen on samoilla linjoilla:

– Myös minulle kyseessä oli ensimmäinen oman alan työpaikka, joten sillä on ollut merkittävä vaikutus ammatilliseen kasvuun. Valmistumisen jälkeisessä työnhaussa olen huomannut, että laboratoriokokemus selvästi kiinnostaa työnantajia. Assistenttina toimiminen on selkeästi sijoitus, joka maksaa itsensä takaisin työmarkkinoilla.

” Tutkimus sisälsi paljon käytännön tekemistä, mikä oli erittäin tervetullutta luentojen lisäksi.”
– Mikko Saarioja



OSAAMINEN SYVENTYY PROJEKTITÖISSÄ

Henna Saveljeff

Moottorilaboratoriossa tehtävät tutkimukset ovat pääosin asiakkaiden toiveiden mukaan räätälöityjä projektikokonaisuuksia. Yritysyhteistyön ohella moottorilaboratoriossa tehdään myös henkilökunnan ja opiskelijoiden kiinnostuksen ohjaamia projektitöitä. Nämä omaehtoiset tutkimusprojektit ovat yleensä lyhytkestoisia, koska yritysprojektien välille ei monestikaan jää ylimääräistä aikaa.

Omissa tutkimuksissa hyödynnetään laboratorion henkilökunnan lisäksi muun muassa kone- ja autotekniikan opiskelijoita, mikä kytkee toiminnan vahvasti opetukseen ja oppimiseen. Omia tutkimuksia toteutetaan pääsääntöisesti opiskelijaprojekteina sekä opiskelija-assistenttityönä, jolloin laboratorion henkilökunta toimii vain töiden ohjaajina. Projekteihin mukaan lähtevillä opiskelijoilla on yleensä harrastuneisuutta tai henkilökohtaista kiinnostusta tutkittavaa aihetta kohtaan. Energiateknologian tutkimusryhmän projekteissa mukana olevat opiskelijat pääsevät kartuttamaan ja syventämään osaamistaan projektityöskentelystä, tutkittavasta aiheesta sekä tutkimuksissa käytettävien ohjelmien ja ohjelmistojen käyttämisestä. Omiin tutkimuksiin voi päästä mukaan hakemalla erikseen määrittelyihin projekteihin opiskelijaryhmänä tai yksilönä, tai hakemalla opiskelija-assistentiksi moottorilaboratorioon.

Pinnoitteilla tehoa moottorin suoritusarvoihin

Yksi esimerkki omasta tutkimustyöstä on opiskelija-assistenttityönä toteutettu pinnoite-tutkimus, josta tehtiin myös opinnäytetyö. Projektin tarkoitus oli tutkia keraamisten, lämpöä eristävien pinnoitteiden vaikutusta turboahdettuun työkonedieselmoottoriin. Tutkimus koostui kolmesta osasta, joissa vaiheittain pinnoitettiin männän laet, sylinterikansi palotilan osalta sekä viimeisenä pakosarja ja turbiinipesä yhteistyökumppanilla, Martelikuksella. Jokaisen pinnoitusvaiheen yhteydessä tutkittiin kunkin pinnoituksen vaikutusta moottorin suoritusarvoihin ja päästöihin koeajamalla moottoria kansainvälisillä, ennalta määrittetyillä tutkimusajoilla. Pinnoitetutkimuksen tuloksista saatiin tärkeää tietoa pinnoittamisen vaikutuksista moottorin päästöihin, polttoaineenkulutukseen, suorituskykyyn sekä pakokaasun lämpöhäviöön ja sitä kautta moottorin kokonaistehokkuuteen.

Kesällä 2012 pinnoitetyön parissa työskennelleen ja aiheesta opinnäytetyön tehneen **Mikko Saariojan** mukaan työ oli kaikkine vaiheineen erittäin laaja ja monipuolinen. Työn sujuvuuden kannalta kyky itsenäiseen työskentelyyn oli erittäin tärkeää, koska työn aikana

ilmenneet ongelmat ja viivästykset edellyttivät aikataulujen jatkuvaa mukauttamista. Itsenäinen työskentely salli kuitenkin työvaiheiden rytmittämisen siten, että ongelmat voitiin pääosin ratkaista.

– Muihin opintoihin verrattuna pidän tutkimusta kaikkein tärkeimpänä osakokonaisuutena, koska sen aikana tunsin oppivani huomattavan paljon lyhyessä ajassa. Tutkimus sisälsi paljon käytännön tekemistä, mikä oli erittäin tervetullutta luentojen lisäksi. Tunneilla tehtyjä harjoituksia pääsi soveltamaan todellisissa tilanteissa, mikä oli kaikkein hyödyllisintä, energia- ja polttomoottoritekniikkaa opiskellut Mikko kertoo.

Ensimmäisen vaiheen purku- ja asennustyö dokumentoitiin myös valokuvaamalla, jotta kuvia voisi myöhemmin käyttää opetusmateriaalina oppitunneilla.

Projektityönä mekaanisen ahtimen asennuksen suunnittelu

Mekaanisen ahtimen asennuksen suunnittelu toteutettiin opiskelijaryhmällä alakohtaisena projektityönä. Suunnitteluprojektin kokonaistavoitteena oli kasvattaa moottorin ennestään hidasta kuormannostokykyä liikkeellelähdössä ja saada myös hiukan lisättyä tehoa vaihtamalla moottoriin mekaaninen ahdin turboahtimen tilalle. Projektissa valittiin tarjousten ja kyselyiden perusteella sopiva ahdinmalli toimittajineen ja saatujen mittojen ja tietojen perusteella suunniteltiin ahtimen asennus määrättyyn moottoriin. Suunnittelua havainnollistettiin SolidWorksillä mallinnetuilla 3D-malleilla ja simuloitiin ahtimen käyttymistä ja vaikutuksia moottorin suoritusarvoihin GT Power -simulointiohjelmalla.



*Pinnoitettu ja pinnoittamaton männän laki
(Kuva: Henna Saveljeff).*

Kone- ja tuotantotekniikan 3. vuoden opiskelija **Aku Hietaranta** osallistui mekaanisen ahtimen asennuksen suunnitteluun keväällä 2013. Opiskelijat saivat työn suorittamisesta opintopisteitä.

– Työ toi hyvää pohjatietoa myöhempiä opintoja silmällä pitäen ja se oli helppo suorittaa opintojen lomassa. Ryhmässä työskentely sopi erityisen hyvin tämän työn suorittamiseen, sillä työssä oli monta erillistä osa-aluetta jotka oli helppo jakaa ryhmän jäsenten kesken, Aku kertoo. Opintojen kannalta projekti tarjosi myös hyvän tilaisuuden harjoitella asiakkaiden kanssa toteutettavia töitä, sillä suunnittelutyö ei juuri eronnut tavanomaisesta, ulkoisen asiakkaan ammattikorkeakoululta tilaamasta työstä. Kaikki työvaiheet suunnittelusta tavarantoimittajien kartoittamiseen ja yritysysteistyöhön ja varsinaisen suunnitelman tekoon kuuluivat toteutettuun työhön.

ENERGIATEKNOLOGIAN TUTKIMUSRYHMÄ

Mika Laurén, ins. (YAMK), tutkimusvastaava, päätoiminen tuntiopettaja

Seppo Niemi, TkT, yliopettaja (virkavapaalla)

Markku Ikonen, DI, lehtori

Jari Lahtinen, TkL, yliopettaja

Tommi Paanu, TkL, yliopettaja

Jan Krister Ekman, ins. (AMK), projektipäällikkö

Panu Aho, ins. (AMK), tutkimusinsinööri

Toomas Karhu, ins. (AMK), tutkimusinsinööri

Miika Laivola, ins. (AMK), tutkimusinsinööri

Henna Saveljeff, ins. (AMK), tutkimusinsinööri

Sampo Virtanen, ins. (AMK), tutkimusinsinööri

Aarni Andersson, laboratoriomestari

Tutkimusasioissa ja tiedusteluissa Teitä palvelee tutkimusryhmän päällikkö Mika Lauren, puh. 044 907 2058. Sähköpostiosoitteet ovat muotoa etunimi.sukunimi@turkuamk.fi. Tutkimusryhmämme yhteystiedot sekä ajankohtaista tietoa meneillään olevista projekteista löydät myös nettisivuiltamme:

www.turkuamk.fi -> Tutkimus, kehitys ja palvelut -> Turun AMK:n tutkimusryhmät -> Energiateknologia