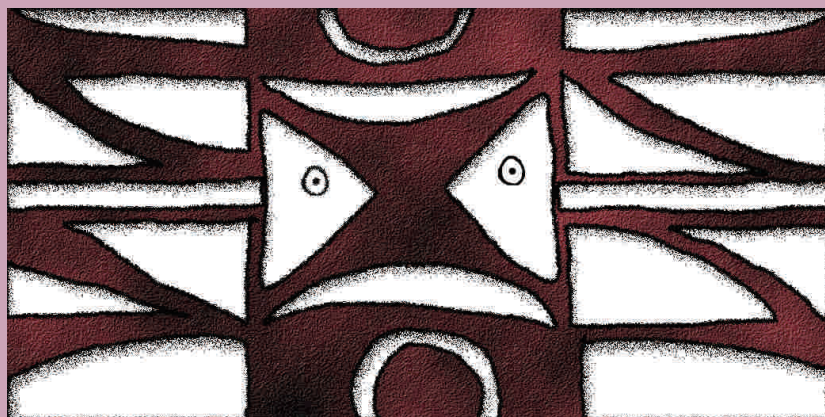


Sanomalehtiyliopisto 2008

ILMASTONMUUTOKSEN VAIKUTUS ENERGIATEKNIikkaAN



JULKAISU
No 31

Levón-instituutti
Avoin yliopisto



VAASAN YLIOPISTO
AVOIN YLIOPISTO

Ilmastonmuutoksen vaikutus energiatekniikkaan

Sanomalehtiyliopisto
2008

Julkaisija Vaasan yliopisto, Levón-instituutti, Avoin yliopisto, PL 700, 65101 Vaasa.
www.uwasa.fi/avoin/

Toimittaja Sanna Machaal. **Kannen kuva** Rauno Kaikkonen. **Taitto** Merja Kokko.

ISSN 1797-5026

ISBN 978-952-476-287-8

Sisältö

Sanomalehtiyliopisto herättelee ilmastonmuutokseen	5
Luonnollisia makuja ja neljännesvuosikatsaukset pois	8
<i>Erkki Hiltunen</i> ILMASTONMUUTOS JA ENERGIA	9
Pimeys pois syksystä ja lähimmäisille kauniita sanoja	15
<i>Jari Lahtinen</i> RIKKIPESURIT PUHDISTAVAT LAIVOJEN PAKOKAASUJA	16
Enemmän aikaa musiikille ja lyhytjännitteisyys pois ihmissuhteista	22
<i>Markku Ikonen</i> AUTOILU VAIKUTTAA ILMASTONMUUTOKSEEN.....	23
Kello soimaan pari tuntia myöhemmin.....	29
Meren taa ja maan ääriin, mutta tulisin takaisin	30
<i>Pekka Peura ja Timo Hyttinen</i> MAAKUNTIEN ENERGIAOMAVARAISUUS	31
Työlainsäädännön muokkausta ja kannustavia sanoja lähimmäisilleni.....	37
<i>Seppo Niemi</i> TYÖKONEIDEN PÄÄSTÖT VÄHENEVÄT KOVAA VAUHTIA.....	38
Keksisin tavan tuplata vuorokauden tunnit	44
<i>Merja Pakkanen</i> SÄHKÖMYYJÄN VAIHTAMINEN POHJOISMAISSA	45

SANOMALEHTIYLIOPISTO HERÄTTELEE ILMASTONMUUTOKSEEN

Sanomalehtiyliopiston aiheena on tänä vuonna Ilmastonmuutoksen vaikutus energiatekniikkaan. - Aihe valittiin sen ajankohtaisuuden vuoksi. Tälle on yhteiskunnallinen tilaus, ja aihe sopii Vaasan profiliin, kertoo Vaasan yliopiston avoimen yliopiston koulutuspäällikkö Outi Järvi.

Sanomalehtiyliopisto on säilyttänyt suosionsa vuodesta toiseen Vaasassa. Sen alkuperäisidean isän, dosentti Seppo Sisätön pyrkimyksenä oli aloittaa sanomalehtien ja yliopistojen yhteistyö.

- Vaasan yliopiston avoin yliopisto kiinnostui ajatuksesta, ja vuonna 1992 sitä kokeiltiin ensimmäisen kerran sanomalehti Pohjalaisen kanssa, kertoo Vaasan yliopiston avoimen yliopiston opintopäällikkö Sonja Hakala.

- Sitä on kokeiltu muuallakin Suomessa, mutta vain Vaasassa se on jäänyt elämään.

Tänä syksynä Sanomalehtiyliopisto toteutetaan yhdessä Vaasan yliopiston sähkö- ja automaatiotekniikan laitoksen ja Levón-instituutin asiantuntijoiden kanssa.

- Sanomalehtiyliopisto on mielenkiintoinen mahdollisuus tuoda tiedettä kansalle. Se on yksi yliopiston tehtävistä. Myös yliopistolla ja sen laitoksilla on mahdollisuus esittäytyä ja tuoda esiin henkilöitä, jotka jäävät suurelta yleisöltä huomaamatta, toteaa sähkö- ja automaatiotekniikan laitoksen johtaja, professori Timo Vekara.

Opiskelua ja yleissivistystä kaikille

Sanomalehtiyliopiston opintojaksolle voi osallistua jokainen, koulutustaustasta tai iästä riippumatta. Opintojaksoon kuuluu sanomalehti Pohjalaisessa julkaistavat artikkelit, seminaari ja kirjallisuus. Marraskuun aikana Pohjalaisessa julkaistaan yhteensä kuusi artikkelia, joissa asiantuntijat käsittelevät energiatekniikkaa ja ilmastonmuutosta omista näkökulmistaan. Artikkelit korvaavat yliopistolla pidetyt luennot.

- Toki artikkeleihin voi tutustua ihan vain mielenkiinnosta, mutta Sanomalehtiyliopisto on myös hyvä mahdollisuus aloittaa yliopisto-opinnot. Tämän kautta voi kokeilla, miltä opiskelu yliopistossa tuntuu, Hakala ehdottaa.

- Artikkelit ja seminaari tarjoavat yleissivistävää tietoa ajankohtaisista aiheista. Ilmastonmuutoksen vaikutus energiatekniikkaan -opintojakso sopii mainiosti luettavaksi kaikille, lukiolaisista eläkeläisiin, Järvi lisää.

Herätys ilmastonmuutokseen

Sanomalehtiyliopiston aihe, Ilmastonmuutoksen vaikutus energiatekniikkaan, on ajan-kohtainen, ja sillä halutaan herättää keskustelua. Ilmastonmuutos koskettaa jokaista, halusi sitä tai ei.

- Artikkeleiden ja seminaarin kautta toivotaan ilmastonmuutosherätystä. Kyllä ilmastonmuutos on niin vakava juttu, että jokaisen pitäisi mielessään pohtia, mikä on oma velvollisuus ja mahdollisuus vaikuttaa siihen joko yksilönä tai yhteisönä, toteaa Vekara.

- Jos me herätämme keskustelua ilmastonmuutoksesta, se on jo hyvä.

Sanomalehtiyliopiston seminaari pidetään yliopistolla 27. marraskuuta. Siellä syvennetään artikkeleissa esille tulleita asioita, joista yhtenä esimerkkinä on biokaasu. Tiedetoimittaja Pasi Toiviainen YLEstä pureutuu ilmastonmuutokseen ja siihen liittyviin asioihin. Seminaari on maksuton, ja sinne ovat tervetulleita kaikki asiasta kiinnostuneet.

Sanna Machaal

Ilmastonmuutos ja energia

Tärkeä arkkitehtien tehtävä on etsiä kestäviä lämmityksiä sekä energian ja ilmastonsuojauksen välisiä yhteyksiä.

Arkkitehtuurin ja ilmastonsuojauksen välillä on suhteita. Ilmastonmuutos on globaali ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä. Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä. Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä.

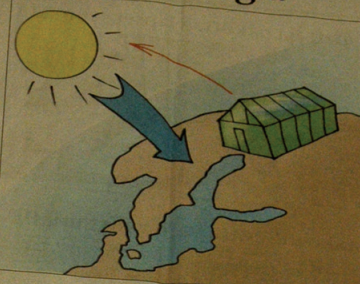
Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä. Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä. Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä.

Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä. Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä. Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä.

Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä. Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä. Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä.

Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä. Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä. Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä.

Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä. Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä. Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä.



Sanomalehtiopisto

Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä. Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä. Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä.

Kaivosteollisuus on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä. Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä. Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä.

Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä. Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä. Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä.

Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä. Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä. Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä.

Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä. Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä. Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä.

Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä. Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä. Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä.

Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä. Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä. Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä.



VAASAN YLIOPISTO

Sanomalehtiopisto on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä. Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä. Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä.

"Luonnollisia makuja ja neljännesvuosikatsaukset pois"

Filosofin tohtori Erkki Hiltunen toimi tutki- biopoliittainne, biomateriaalit ja biofysiikka. Biofysiikan alaan kuuluu esimerkiksi kuorsuksen mekaniikka, Harastuksen rakentaminen, Erkki Hiltunen otti haasteen vastaan ja raotti samalla ajatusmatkansa jatkamalla jos kaikki olisi mahdollista -ajatusleikin lauseita.



Filosofin tohtori Erkki Hiltunen otti miehitään konsertti- ja kooperatiosu paikkamyyntijä, koska siihen hän uskoi kunnollista luk- ei ei ottaa ja vielä palloikkana.

Sanna Marhal Ilmasto joku tulla edessä uuden maan, on ilmiö? Käsitellään suoran luonnosta, luonnon arvoista valitsemista sukututkimusta ja luonnon tutkimista. Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä.

Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä. Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä. Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä.

Sanomalehtiopiston arkkitehtien

Julkaisupaikka ja Aikataulu: Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä.

Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä. Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä. Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä.

Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä. Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä. Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä.

Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä. Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä. Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä.

Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä. Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä. Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä.

Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä. Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä. Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä.

Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä. Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä. Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä.

Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä. Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä. Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä.

Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä. Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä. Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä.

Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä. Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä. Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä.

Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä. Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä. Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä.

Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä. Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä. Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä.

Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä. Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä. Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä.

Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä. Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä. Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä.

Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä. Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä. Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä.

Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä. Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä. Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä.

Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä. Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä. Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä.

Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä. Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä. Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä.

Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä. Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä. Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä.

Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä. Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä. Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä.

Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä. Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä. Ilmastonmuutos on ilmiö, joka koskettaa kaikkia ihmisiä.

”Luonnollisia makuja ja neljännesvuosikatsaukset pois”

Filosofian tohtori Erkki Hiltunen toimii tutkimusjohtajana. Hänen tutkimuskohteita ovat biopolttoaineet, biomateriaalit ja biofysiikka. Biofysiikan alaan kuuluu esimerkiksi kuorsauksen mekaniikka. Harrastuksinaan hänellä on kirjat, sukututkimus ja savusaunan rakentaminen. Erkki Hiltunen otti haasteen vastaan ja raotti samalla ajatusmaailmaansa jatkamalla Jos kaikki olisi mahdollista -ajatusleikin lauseita.

Jos kaikki olisi mahdollista,...

olisin konsertti- ja oopperatalossa paikannäyttäjänä. Saisin kuunnella kaikki esitykset ja saisin vielä palkkaakin. Valitettavasti tämä ei ole aivan oma ajatukseni, vaan erään ulkomaisen kollegan jo vuosia sitten esittämä toivomus pääsystä eläkkeelle.

tutkisin nykyistä tutkimusaluettani (biopolttoaineet), koska se on hyvä tutkimusalue; tieteellisesti merkittävä, alueellisesti ja globaalisti vaikuttava. Biomateriaaleissa on myös tulevaisuutta, jossa kaikki olisi mahdollista, jos kaikki olisi mahdollista. Luuta ja rustoa pystytään jo kasvattamaan. Haluaisiko joku tilata aidon uuden maksan, ei koneen?

laittaisin suoraan luonnosta, luonnon antimista valmistetun lounaan sunnuntai-iltapäivään. Luonnollisia makuja. Tämä tosin on jo mahdollista!

matkustaisin Venetsiaan. Myös Lapin äänettömässä rauhassa on jotain!

keksisin noin 2^{10} -dimensionaalisen aikakoneen, joka uskoakseni on maailmankirjallisuuden ja Aladinin taikalampun yksinkertainen yhdistelmä.

antaisin...Tämä on Laihialla peruskoulutuksensa saaneelle vieras sana, olisiko ruotsia vai eestiä?

poistaisin neljännesvuosikatsaukset. Joskus tuntuu, että jatkuva suunnittelu, kehittäminen ja raportointi ovat tärkeämpää kuin varsinainen tuotanto tai yliopistoissa tutkimus.

sanoisin nyt Mika Waltarin juhlavuonna, että lukekaa Waltaria ja todetkaa, että Sinuhe ei ollutkaan hänen paras romaaninsa.

ILMASTONMUUTOS JA ENERGIA

Erkki Hiltunen

Tässä artikkelissa selvitetään eräitä keskeisiä energiaan ja ilmastomuutokseen liittyviä käsitteitä sekä energian ja ilmastomuutoksen välisiä yhteyksiä.

Kasvihuoneilmiö

Kasvihuoneilmiöllä ymmärretään Maan ilmakehän taipumusta kerätä auringosta tulevaa energiaa. Johtuen ilmakehässä olevista niin sanotuista kasvihuonekaasuista, poistuu ilmakehästä pienempi määrä energiaa kuin mitä sinne Auringosta saapuu. Kasvihuoneilmiö sinänsä on normaali ilmakehän ilmiö. Ilman kasvihuoneilmiötä Maan keskimääräinen lämpötila olisi vain noin -18°C . Ongelmaksi kasvihuoneilmiö muodostuu, jos kasvihuonekaasujen määrä ilmakehässä pyrkii kasvamaan. Tällöin kasvihuoneilmiö tehostuu ja Maan keskilämpötila pyrkii nousemaan. Kaava on esitetty Tietolaatikossa 1. Kasvihuoneilmiön olemassaolo on voitu todistaa suoraan mittaamalla maapallon lähettämää lämpösäteilyä avaruudessa. Lämpötilan nousu ΔT johtaa erilaisiin ilmastomuutoksiin maapallon eri alueilla.

Havainnollistetaan kasvihuoneilmiötä esimerkillä, joka perusteiltaan on erilainen, mutta ilmiönä kaikille tuttu. Jos kauniina kesäpäivänä jättää henkilöauton auringonpaisteeseen ja palaa 2–3 tunnin kuluttua autolle, on sen sisäilma suorastaan kuumaa. Auton sisäilmaan on auringon säteilystä absorboitunut suurempi lämpömäärä kuin siitä on poistunut, ja ilma on lämmennyt.

Tietolaatikko 1. Maan keskilämpötilan nousu

$$dQ = C \Delta T$$

Maahan jäävä lämpömäärä dQ aiheuttaa lämpötilassa T nousua ΔT : verran.

C on maapallon lämpökapasiteetti .

Kasvihuonekaasut

Maan ilmakehässä on normaalistikin kasvihuonekaasuiksi luokiteltavia kaasuja: vesihöyryä, hiilidioksidia CO_2 , metaania CH_4 ja otsonia (O_3). Veden vaihtuvuus ilmassa on nopeaa. Sen määrä (kosteus) riippuu muun muassa ilman lämpötilasta. Sen sijaan esimerkiksi hiilidioksidin säilymisaika ilmakehässä on jopa huomattavan pitkä. Otsonin rooli on kaksitahoinen. Se toimii kasvihuonekaasuna ja toisaalta se on meidän

suojamme auringon valon ultraviolettisäteilyä vastaan. Hiilidioksidin ja metanolin kannalta ratkaisevaa on, miten paljon enemmän kuin normaalisti näitä aineita ilmakehässä on. Ilmakehstä poistumassa oleva lämpösäteily absorboituu tietyillä taajuuksilla näiden kaasujen molekyyliin.

Energiamuodot

Energia määritellään kappaleen kykyä tehdä työtä. Suureena se on vaikeampi ymmärtää kuin esimerkiksi aika, nopeus tai voima. Toinen energiaan liittyvä ongelma on, että se esiintyy niin kovin monissa eri muodoissa. Yksi energian ilmenemismuoto on mekaaninen energia. Kappale, jolla on mekaanista energiaa, kykenee voimavaikutuksen kautta siirtämään toista kappaletta ja muuttamaan sen liiketilaa eli saattamaan se esimerkiksi kulkemaan tai pyörimään nopeammin. Esimerkiksi nostettaessa vettä kaivosta tarvitaan voimaa F ja energiaa E Maan vetovoiman voittamiseen. Tässä $F = E/h$, missä h on nostettu matka ja $F = mg$ nostettaessa sankoa tasaisella nopeudella. Kappaleella, joka tuottaa voiman täytyy olla energiaa, jotta se voittaisi vastusvoimat kuten edellä kitkavoimat ja Maan vetovoiman. Mekaanisen energian muodot on esitetty Tietolaatikossa 2. Mekaanista energiaa ihminen on käyttänyt esimerkiksi jyvien jauhamiseen jauhoiksi tai puiden pilkkomiseen polttopuiksi. Mekaanisen energian hallitseminen on ollut yksi ihmisen elinehto kautta vuosituhansien.

10

Tietolaatikko 2. Mekaanisen energian muodot

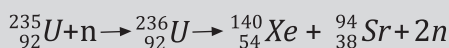
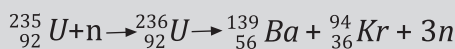
$E = mgh$ on potentiaalienergiaa, jota kappaleella on asemansa johdosta,
 $E = \frac{1}{2}mv^2$ on liike-energiaa ja
 $E = \frac{1}{2}Jw^2$ pyörimisenergiaa, joita kappaleella on liiketilansa vuoksi.
Edellä m on kappaleen massa, h korkeus, jolla kappale on, g maan vetovoiman kiihtyvyyt, v nopeus, J hitausmomentti ja w on kulmanopeus.

Toinen olennainen tärkeä energian ilmenemismuoto on *lämpöenergia*, jota usein kutsutaan myös *lämpömääräksi*. Lämpöenergiaa käytämme asuin - ja työympäristömme sekä ruokamme lämmittämiseen. Lämpöenergian siirtyminen ilmenee muun muassa lämpötilan muutoksena, lämpölaajenemisena ja aineen olomuodon muutoksina, kiinteä aine nestekaasu. Ihmisen elämisen ja teollisuuden kehittymisen kannalta aivan olennaista on ollut, että ihminen on kyennyt käyttämään hyväkseen lämpöenergiaa. Tähänastisen käyttöikänsä huomioiden uusimpiin energiamuotoihin lukeutuva sähkö on mahdollistanut energian tehokkaan siirtämisen paikasta toiseen. 1900-luvun kuluessa sähkön merkitys kasvoi jatkuvasti niin sanottujen sähkölaitteiden määrän kasvaessa räjähdysmäisesti. Sähkönsiirto johdoissa tapahtuu häviöitä teholla $P=UI = I^2R$, missä P = tehohäviö, U = jännite ja I = virta. Siirto kannattaa siis tehdä käyttäen suu-

ria jännitteitä ja pieniä virtoja. Suomessa niin sanotussa kantaverkossa jännitteet ovat 110 kV–400 kV.

Uraani kuuluu niin sanottuihin uusiutumattomiin energiamuotoihin, vaikka meillä juuri nyt kovastikin haetaan ratkaisua energiaongelmiin juuri ydinvoimasta. Fissioenergia ei voi olla lopullinen ratkaisu ja ydinvoimaloiden lisärakentaminen on vain tilapäinen ratkaisu ongelman siirtämiseksi seuraavalle sukupolvelle. Fissiossa raskaita ytimiä kuten ^{235}U :a hajotetaan kevyemmiksi alkuaineiksi (Ba , Xe , Kr ja Sr) pommittamalla uraaniatomeja neutroneilla (n). Hajoamisessa vapautuu energiaa, mikä on esitetty kaavamuodossa Tietolaatikossa 3.

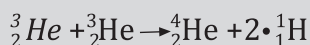
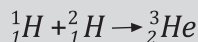
Tietolaatikko 3. Energian vapautuminen fissioenergiassa:



Fuusioenergian odotetaan näillä näkymin oleva käytettävissä kulumassa olevan vuosisadan loppupuolella. Fuusiossa yhdistetään kevyitä ytimiä Tietolaatikon 4 osoittamalla tavalla. Keveiden ydinten yhdistyessä fuusiossa vapautuu myös sidoseenergiaa. Kansainvälistä fuusiokooreaktoria ITER (International Thermonuclear Experimental Reactor) rakennetaan Cadarachen tutkimuskeskukseen Etelä-Ranskaan. Tämänkin reaktori on vielä tutkimusreaktori, vaikka tavoitteena on, että reaktori toimiessaan tuottaisi energiaa enemmän kuin sen käyminen kuluttaa.

11

Tietolaatikko 4. Kevyiden ytimien yhdistäminen fuusiossa:



e^+ on positroni

u on neutriino

Uusiutuvaa energiaa ovat esimerkiksi tuuli-, aurinko- ja geoterminen energia sekä matalaenergiaverkot, kuten maalämpö ja vesien lämpö sekä sedimenttilämpö. Näiden määrä ei maapallolla olennaisesti vähene, vaikka niitä käyttäisimme. Edellä mainituista energioista tuuli on mekaanista energiaa, aurinkoenergia lämpö- ja säteilyenergiaa, geoterminen energia maan omaa energiaa ja loput auringon lämpöenergiaa. Tyypillistä edellä mainituille energiamuodoille on, että niiden perustamiskustannukset laitteistojen hankinnan ja asennuksen osalta ovat suhteellisen suuret, mutta käytössä laitteet

ovat lähes ilmaisia. Kasvatettu bioenergia, kuten metsä- ja peltoenergia, sitovat kasvaessaan hiilidioksidia, joka kasveja käytettäessä vapautuu. Jos lannoitus ja korjuu hoidetaan bioenergialla, ei bioenergian käyttö energiana lisää luonnon hiilidioksidikuormaa. Biokaasua saadaan kaatopaikoilta tai sitä voidaan valmistaa kasvatetusta biomassasta tai lähes mistä tahansa orgaanisesta jätteestä. Erilaisten biojätteiden käyttö energiatuotannossa onkin suositeltavaa, vaikka energiantuotanto ei esimerkiksi biokaasun tuotannossa tuolloin ole maksimissaan. Biokaasu on hyvin realistinen vaihtoehto korvaamaan bensiiniä liikenteen polttoaineena. Se soveltuu myös kaukolämmön ja yleensä lämmön tuotantoon. Vety poltettuna, ei vain fuusipolttoaineena, on yksi potentiaalinen tulevaisuuden energialähde. Kun vedyn tuotantoon liittyvät ongelmat saadaan ratkaistua, on vedyn käytöllä polttokennoissa hyvät tulevaisuuden näkymät.

Energiankulutus

Energian käytön lisääntyessä esiin ovat nousseet kysymykset energian riittävydestä ja energian saatavuudesta. Tunnettujen öljyvarojen arvioidaan riittävän noin 50 vuodeksi ja arvioituja öljyvaroja on myös noin 50 vuodeksi. öljyn ja maakaasun tunnetut varat riittävät noin 60 vuotta ja arvioidut noin 80 vuotta. Uraanin tunnetut varat riittävät noin 60 vuotta ja arvioidut noin 250 vuotta. Hiilen varastot ovat kaikkein suurimmat, lähes 300 vuotta ja lisäksi vielä arvioidut varat noin 250 vuotta. Energiankulutus on kuitenkin jatkuvasti nousussa johtuen muun muassa Kiinan ja Intian nopeasti kehittyvistä talouksista. Energian loppuminen ei myöskään välttämättä ole se ainoa vaarava peikko, vaan energian saatavuus voi jo huomattavasti aikaisemmin muodostua vakavaksi ongelmaksi. Herääviä kysymyksiä ovat, siirtyykö teollisuus niille alueille, joilla uskoo energiansaannin olevan turvattu tai joudutaanko myös Suomessa priorisoimaan energiankuluttajia.

12

Ilmastonmuutos ja energia

Ilmastonmuutos ja energia liittyvät yhteen kasvihuonekaasujen välityksellä. Fossiilisten polttoaineiden kuten öljyn ja kivihiilen palaessa niiden kemiallinen energia muuttuu lämmöksi. Palaminen voi tapahtua lämmöntuotantoon tarkoitetuissa polttimissa tai liikuntavälineiden moottoreissa, joissa lämpö muutetaan mekaaniseksi energiaksi. Molemmissa tapauksissa syntyy myös kasvihuonekaasuja ja hiukkaspäästäjä. Käytettäessä fossiilisia polttoaineita ongelma on siinä, että ilmakehään joutuu lisää hiilidioksidia, koska CO₂:n sitoutuminen on tapahtunut jo tuhansia vuosia sitten. Metsien ja peltojen biomassaan on hiilidioksidia sitoutunut massan kasvaessa. Puiden tapauksessa sitoutuminen on tapahtunut suunnilleen viimeisen sadan vuoden kuluessa. Peltoenergian osalta sitoutuminen on tapahtunut olennaisesti viimeisen vuoden aikana.

Etsikkoaika

Vanhojen energiansäästövinkkien ohella on meillä jokaisella paljon muitakin mahdollisuuksia vaikuttaa energian kulutukseen ja sitä kautta hidastaa ilmastonmuutosta. Vielä toistaiseksi elämme etsikkoaikaa. Meillä on oletettavasti joitakin vuosia aikaa tehdä tutkimusta ja etsiä uusia energiaratkaisuja. Täytyy kuitenkin muistaa, että nykyisen korkean elintason saavuttaminen maapallolla voi onnistua vain noin 600 miljoonalle ihmiselle. Tällä hetkellä meitä on noin 6500 miljoonaa.

Lähteet ja lukemista:

Antila, Katja. (2008). Pysäytä ilmastonmuutos, suomalaisen arjen valintoja. Helsinki: Edita Publishing Oy.

Bovet, P., Rekacewicz, P., Sinai, A. ja Vidal, D. toim. (2008) Ympäristö Atlas. Helsinki: Into Kustannus.

Epämiellyttävä totuus (2007). Elokuva.

Meadows, D. M. et al. (1973). Kasvun rajat: ihmiskunnan kohtalontilannetta koskevaan Rooman klubin tutkimussuunnitelmaan liittyvä raportti. Helsinki: Tammi.

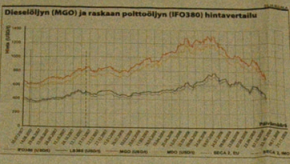
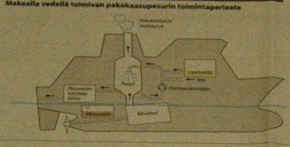
Rautiainen, R. toim.(1988). Yhteinen tulevaisuutemme: Ympäristön ja kehityksen maailmankomission raportti. Bro Harlem Bruntlandin työryhmä. Helsinki: Valtion painatuskeskus.

Toiviainen, Pasi. (2007). Ilmastonmuutos. Nyt. Keuruu: Otava.

Rikkipesurit puhdistavat laivojen pakokaasuja

Jari Lahti

Lahti Pesurit puhdistavat alku- ja loppu- vaiheissa pakokaasun, joka puhdistetaan perinteisesti ja usein epäsiivolla menetelmällä. Niissä rikkipesurilla puhdistetaan pakokaasun sisältämä hiilidioksidi, hiilimonoksidi, hiidioksiidi, vesi ja muut kaasut. Pakokaasun puhdistus on tärkeä osa laivojen toimintaa, ja se on välttämätöntä, jotta laivat voivat toimia turvallisesti ja ympäristöystävällisesti. Pakokaasun puhdistus on tärkeä osa laivojen toimintaa, ja se on välttämätöntä, jotta laivat voivat toimia turvallisesti ja ympäristöystävällisesti.



Laivojen polttoaineläimen rikkipitoisuuskokevat määräykset

Alkuperäinen	Uudelleen	Uudelleen
1,200	0,5	0,5
1,000	0,5	0,5
1,000	0,5	0,5

Pakokaasun puhdistus on tärkeä osa laivojen toimintaa, ja se on välttämätöntä, jotta laivat voivat toimia turvallisesti ja ympäristöystävällisesti. Pakokaasun puhdistus on tärkeä osa laivojen toimintaa, ja se on välttämätöntä, jotta laivat voivat toimia turvallisesti ja ympäristöystävällisesti.



Muutokset tehtiin alku- ja loppuvaiheissa.

Lahti Pesurit puhdistavat alku- ja loppu- vaiheissa pakokaasun, joka puhdistetaan perinteisesti ja usein epäsiivolla menetelmällä. Niissä rikkipesurilla puhdistetaan pakokaasun sisältämä hiilidioksidi, hiilimonoksidi, hiidioksiidi, vesi ja muut kaasut. Pakokaasun puhdistus on tärkeä osa laivojen toimintaa, ja se on välttämätöntä, jotta laivat voivat toimia turvallisesti ja ympäristöystävällisesti.

Terveys Pakokaasun puhdistus on tärkeä osa laivojen toimintaa, ja se on välttämätöntä, jotta laivat voivat toimia turvallisesti ja ympäristöystävällisesti. Pakokaasun puhdistus on tärkeä osa laivojen toimintaa, ja se on välttämätöntä, jotta laivat voivat toimia turvallisesti ja ympäristöystävällisesti.

”Pimeys pois syksystä ja lähimmäisille kauniita sanoja”

Sanna Machat

Tekijän toimittaja Jari M. Lahti on ryhtynyt julkaisemaan kirjaa, jossa on kauniita sanoja lähimmäisille. Kirja on kaunis ja mielenkiintoinen, ja se on välttämätöntä, jotta laivat voivat toimia turvallisesti ja ympäristöystävällisesti.



Jari M. Lahti on ryhtynyt julkaisemaan kirjaa, jossa on kauniita sanoja lähimmäisille.

Jos kaikki olisi mahdollista...
...ainakin merkittävästi.
...turkiksi onnellisista.
...laulusta muuten apua mukanaan.
...maailmanlauluja jonne jossain pöytälauluksi alkaisi.
...leikkien kappaleiden, jotta ei ole haitallista irroittautumista.
...antaisin ääninäytteitä toimintakäyttöön.
...pöytälauluja pöydästä.
...sanoisin lähimmäisillei kauniita ja rakastettuja sanoja (jotta on mahdollista).

VAASAN YLIOPISTO AVOIN YLIOPISTO

Sanomalehtiyltiöpiisi

Yhtiön tarkoituksena on edistää avoimen yliopiston toimintaa ja tukea sen toimintaa. Yhtiön toiminta on avoimella ja läsnäololla. Yhtiön toiminta on avoimella ja läsnäololla.

Yhtiön toiminta

Yhtiön toiminta on avoimella ja läsnäololla. Yhtiön toiminta on avoimella ja läsnäololla.

Sanomalehtiyltiöpiiston seminaari

Sunnuntai 23.11.2008, klo 10.00, Uuden maanlinnan Vaasan yliopiston, Torstun, Vuokkila 14

14.00 Seminaarin avaus
Puheenjohtaja: Jarmo Lahti, Vaasan yliopisto

14.40 Puheenvuoro: Terveyttä ja hyvinvointia
Puheenjohtaja: Markku Lahti, Vaasan yliopisto

14.45 Puheenvuoro: Ympäristöystävällisyys
Puheenjohtaja: Markku Lahti, Vaasan yliopisto

15.00 Kahvit tarjoaa sanomalehtiyltiöpiisi

15.30 Ilmanmaksuttoman laulun esittämiskilpailu
Julkaisijajärjestö: Jarmo Lahti

17.00 Päätöskeskustelu
Puheenjohtaja: Jarmo Lahti, Vaasan yliopisto

Seminaari on maksuton ja avoin kaikille. Ilmoittautuminen kaikkien osallistujien osalta 24.11.2008 mennessä sähköpostilla (08) 324 8007 tai sähköpostilla: sem@vaasa.fi

Terveyttä!

”Pimeys pois syksystä ja lähimmäisille kauniita sanoja”

Tekniikan lisensiaatti Jari M. Lahtinen työskentelee yliopettajana Turun ammattikorkeakoulussa. Työnsä ohella hän tekee väitöskirjaa Vaasan yliopistoon aiheenaan laivan pakokaasujen puhdistus. Sotahistoriaa, mailapelejä, rakentamista ja ratsastusta harrastava Lahtinen lähti rohkeasti leikkiin mukaan ja jatkoi Jos kaikki olisi mahdollista -ajatusleikin lauseita.

Jos kaikki olisi mahdollista,...

...**olisin** metsänvartija.

...**tutkisin** onnellisuutta.

...**laittaisin** nuorison ajoissa nukkumaan.

...**matkustaisin** Jenisei-joen suistolle jäidenlähdön aikaan.

...**keksisin** kipulääkkeen, jossa ei ole haitallisia sivuvaikutuksia.

...**antaisin** asianajajille toimintakiellon.

...**poistaisin** pimeyden syksystä.

...**sanoisin** lähimmäisilleni kauniita ja rohkaisevia sanoja (tämä on mahdollista!).

Sanna Machaal

RIKKIPESURIT PUHDISTAVAT LAIVOJEN PAKOKAASUJA

Jari Lahtinen

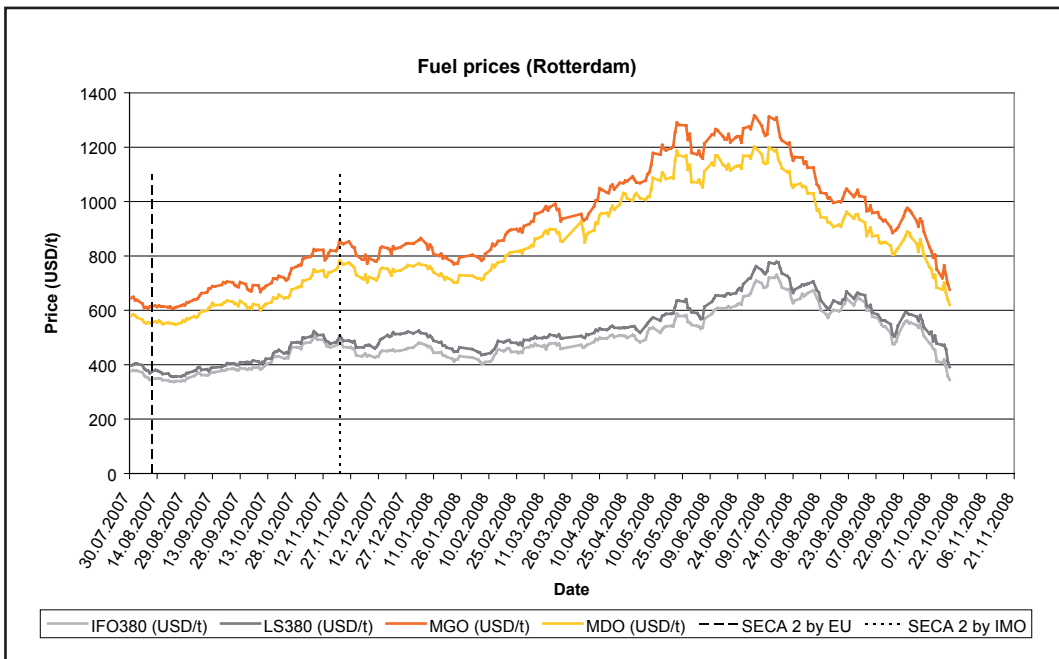
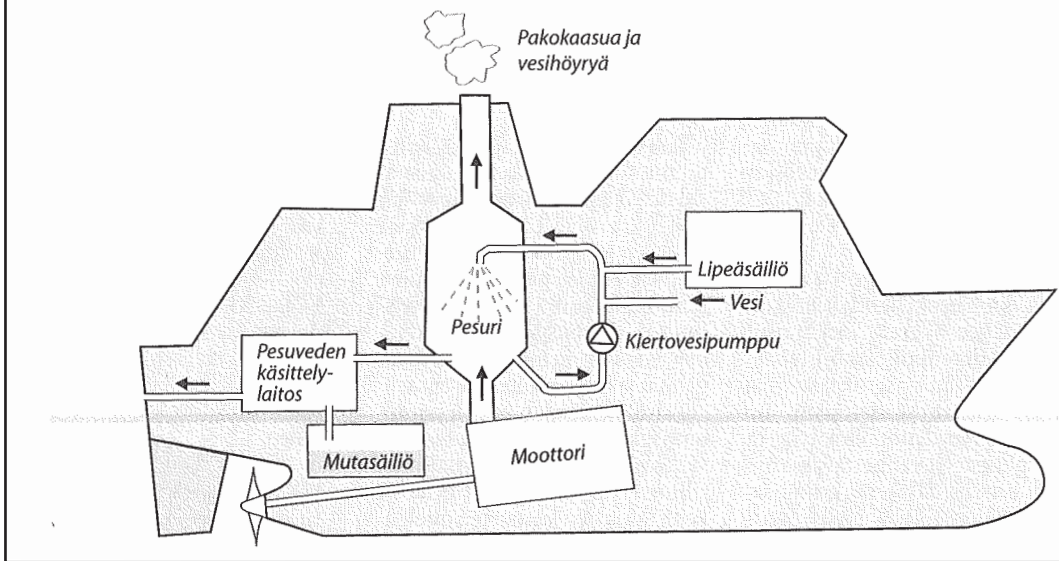
Laivapolttoaineet

Pääosa merillä liikkuvista aluksista käyttää dieselmoottoreita laivan potkurien pyörittämiseen ja myös sähkövirran tuottamiseen alukselle. Nämä suuritehoiset dieselmoottorit käyttävät polttoaineenaan yleensä raskasta polttoöljyä, joka on laadultaan huonoa mutta hinnaltaan edullista. Raskas polttoöljy sisältää palavien hiilivetyjen lisäksi pieniä määriä muun muassa metalleja, tuhkaa ja vettä sekä vaihtelevia määriä rikkiä. Rungas polttoaineen rikkipitoisuus on haitallinen ominaisuus, koska palaessaan moottorissa rikki hapettuu oksideiksi. Ilmakehään joutuessaan nämä rikin oksidit reagoivat veden kanssa ja muodostavat happoja, jotka maahan sataessaan aiheuttavat niin sanotun happaman laskeuman.

Jos laiva liikkuu valtamerellä, laskeumasta ei ole merkittävää haittaa, koska merivesi on lievästi emäksistä, ja se kykenee neutraloimaan savukaasujen sisältämän happamuuden. Valtamerien suuri vesimäärä muodostaa tehokkaan puskurin, jota happamat pakokaasupäästöt eivät pysty häiritsemään. Valtamerissä on muutenkin suuria määriä rikkiä sulfaatin muodossa. Tämä tilanne muuttuu olennaisesti, kun laiva lähestyy rannikkoa. Tällöin tuulet voivat kuljettaa pakokaasua mantereelle. Satamassa, merenlahdessa tai muulla suljetulla vesialueella myös veden alkaliteetti eli puskurointikyky happoja vastaan voi olla heikompi. Näiden rajallisten vesistöjen alkaliteettiin vaikuttaa alueelle laskevien jokien veden laatu, joka puolestaan määrättyy mantereen maaperän happamuuden tai emäksisyyden perusteella.

Jotta laivojen pakokaasujen happamoittavaa vaikutusta voitaisiin vähentää tulevaisuudessa, kansainvälinen merenkulkujärjestö IMO (International Maritime Organisation) on asettanut polttoaineen rikkipitoisuudelle maksimiarvot. Rikkipitoisuuden maksimiarvot ilmenevät oheisesta taulukosta. Tällä hetkellä ei ole kuitenkaan yleisessä käytössä sellaista tekniikkaa, jolla raskaasta öljystä voitaisiin poistaa rikkiä kustannustehokkaasti. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että laivojen polttoaineena olisi jatkossa vain dieselöljy, joka on raakaöljystä tislamalla valmistettu korkealuokkainen ja samalla puhdas polttoaine. Dieselöljyssä on puolestaan kaksi huonoa ominaisuutta; se on kallista ja sen jalostuksessa muodostuu ilmastolle haitallista hiilidioksidia. Tämän lisäksi on nähtävissä, että dieselöljyn tarjonta voi olla tulevaisuudessa rajallista.

Makealla vedellä toimivan pakokaasupesurin toimintaperiaate



Dieselöljyn (MGO) ja raskaan polttoöljyn (IFO380) hintavertailu.

Rikin poistaminen pakokaasuista

Yksi mahdollisuus jatkaa hinnaltaan edullisen raskaan polttoöljyn käyttöä, uusista määräyksistä huolimatta, on pestä rikkiä pois pakokaasuista. Pakokaasupesuri on pakoputkessa oleva säiliömäinen osa, jonka läpi pakokaasu virtaa. Pesurin yläosassa on suuttimia, joiden kautta pakokaasun sekaan ruiskutetaan niin paljon vettä, että pakokaasun lämpötila putoaa 30–60 celsiusasteeseen. Vesisuihkun ollessa toiminnassa, rikin oksidit siirtyvät pesuveteen ja neutralisoituvat, jonka jälkeen puhdistettu pakokaasu jatkaa matkaansa ilmakehään.

Pakokaasupesurit voidaan jakaa kahteen eri ryhmään: merivesipesureihin ja makeavesipesureihin. Merivesipesurin rakenne on yksinkertaisempi, koska se käyttää pesuprosessissa laivan ympärillä olevaa merivettä. Haittapuolena tässä pesurityypissä on se, että alhaisen alkaliteetin vesialueilla pesuveteen voidaan joutua lisäämään emäksisiä kemikaaleja ja käyttämään suuria pesuvesimääriä riittävän puhdistustuloksen aikaansaamiseksi. Suuri pesuveden määrä lisää myös energian kulutusta. Samoin merivesipesurin poistoveden puhdistus on vaikeata voimakkaan virtauksen vuoksi.

18 Toinen mahdollinen pakokaasupesurityyppi on makeavesipesuri, joka on rakenteellisesti merivesipesuria monimutkaisempi. Makeavesipesurin rakenne on esitetty oheisessa kuvassa. Tässä laityypissä makeaa vettä pumpataan jatkuvasti suljetussa piirissä pesurin alaosaan ylhäällä oleviin ruiskutus-suuttimiin. Koska pakokaasut kuumentavat pesuvettä, sitä täytyy samalla jäähdyttää. Prosessissa kiertävä suljetun piirin pesuvesi happamoituu, joten veteen lisätään emäksistä kemikaalia, tyypillisesti lipeäliuosta, happamoitumisen estämiseksi. Pakokaasun mukana pesurista poistuu vesihöyryä, joten vesikiertoon lisätään jatkuvasti myös uutta vettä. Käytön aikana pesuveteen kertyy jatkuvasti pakokaasusta rikkiyhdisteitä ja epäpuhtauksia, joten osa makeavesipesurin vedestä poistetaan liiallisen väkevöitymisen estämiseksi. Tämä poistovirtaus puhdistetaan pesuvesilaitoksessa ja puhdistettu vesi johdetaan mereen. Makeavesipesurin huomattavin etu on se, että poistovirtaus on pieni. Tämä poistovirtaus voidaan esimerkiksi satamassaoloaikana varastoida laivan säiliöihin. Tällöin makeavesipesuri on poistovesien kannalta päästötön.

Rikkipesurin asentaminen laivaan

Pesurin asentamisesta laivaan aiheutuu monenlaista haittaa. Laite lisää laivan painoa ja nostaa aluksen painopisteen sijaintia. Ylimääräisen painon kuljettaminen kuluttaa hieman energiaa, ja korkea painopiste heikentää aluksen vakavuutta. Jokainen uusi laite lisää laivan koneistojen monimutkaisuutta ja huollontarvetta. Lisäksi pesuri vaatii laivassa tilaa, joka tapauksesta riippuen on pois muusta käytöstä. Ongelmaksi voivat muodostua myös kostean pakokaasun muodostamat höyrypilvet. Lisäksi pakokaasujen puhdistusprosessi kuluttaa energiaa sekä puhdistuskemikaaleja.

Edellä esitetyistä haitoista huolimatta rikkipesurin asentaminen laivaan on taloudellisesti erittäin kannattavaa. Tämä kannattavuus perustuu yksinkertaisesti siihen, että raskaan korkearikkisen polttoöljyn ja toisaalta dieselöljyn hintaero on huomattavan suuri. Hintavertailu on esitetty oheisessa kuvaajassa. Jos raskaasta polttoöljystä tulee tuote, jolle on vain vähän kysyntää, sen hinta todennäköisesti laskee nykyhintatasoa alemmaksi. Puhtaiden polttoaineiden kysyntä ja samalla suhteellinen hinta, tulevat kasvamaan voimakkaasti. Tästä on konkreettisenä esimerkkinä viimeaikainen autojen dieselpolttoaineen hintakehitys; dieselöljyn ja perinteisesti kalliina pidetyn bensiinin hinnat ovat hyvin lähellä toisiaan.

IMO:n uudet polttoaineiden rikkipitoisuusmääräykset tulevat koskemaan sekä uusia että vanhoja aluksia. Varustamot joutuvat pohtimaan pakokaasupesurivaihtoehtoa ennen kaikkea uudisrakennushankkeissaan. Näiden laivojen liikennealue tulee määräämään sen aikataulun, jonka puitteissa varustamojen on ratkaistava oma polttoainepolitiikkansa. Myös jo käytössä oleviin laivoihin voidaan asentaa rikkipesurit, jolloin ne voivat jatkaa liikennöintiään raskasöljyläivoina.

Laivojen polttoaineiden rikkipitoisuuksia koskevat määräykset		
Ajankohta	Valtameret	Erityisalueet (esim. Itämeri ja Pohjanmeri)
Tällä hetkellä	4,5 % (paino)	1,5 %
1.7.2010		1,0 %
1.1.2012	3,5 %	
1.1.2015		0,1 %
1.1.2020*	0,5 %	

* Vuonna 2018 on mahdollisuus tehdä päätös, jolla saadaan siirtymäaika 1.1.2025 saakka.

Tuleva kehitys

Laivojen fossiilisille polttoaineille ei ole nähtävissä korvaajaa lähitulevaisuudessa. Tämä tarkoittaa sitä, että laivakoneistojen on kehityttävä ympäristöpäästövaatimusten mukaisesti. Nykyisin alusten rikkipäästöjen lisäksi on säädetty myös määräyksiä pakokaasujen tyypipäästöistä, joita tyypillisesti rajoitetaan käyttämällä pakokaasukatalysaattoreita. Mahdollisesti tulevaisuudessa näemme myös pienhiukkasia eli partikkeleita sääteleviä päästömääräyksiä. Erityisesti matkustajalaivoissa on pyrittävä siihen, että pakoputkistosta ei nouse ilmaan näkyvää savua tai höyryä.

Dieselmoottorin pakokaasujen käsittelyyn liittyy päästöjen lisäksi myös tarve hyödyntää pakokaasujen lämpöenergiaa, jota on perinteisesti otettu talteen pakokaasukattiloiden avulla. Pakoputkiston lämmön, melun ja värähtelyjen hallinta on oma ongelmakenttensä. Nämä matkustusmukavuuteen vaikuttavat tekijät ovat keskeisiä esimerkiksi risteilyaluksissa. Melukysymys on tärkeä myös rahtialuksissa silloin, kun rahtisataman läheisyydessä on asutusta.

Yksi mahdollisuus hallita pakokaasujärjestelmää kokonaisvaltaisesti on niin sanottu pakokaasumoduuli; vakioitu komponentti, joka huolehtii edellä esitetyistä tehtävistä. Mikäli pakokaasumoduulit otetaan tulevaisuudessa käyttöön, laivan suunnittelun alkuvaiheessa on huomioitava tarvittavat tilavaraukset ja moduulin laivalle asettamat tekniset vaatimukset. Moduulin käyttö siirtää rakennustyötä pois laivasta, lyhentää rakennusaikaa ja parantaa osaltaan rakennustyön tuottavuutta.

Tällä hetkellä olemme tilanteessa, jossa ensimmäiset rikkipesurit on otettu testi-käyttöön. Kotimainen valmistaja Wärtsilä Finland Oy on eturivissä kehittämässä tätä uutta tekniikkaa. Näiden pesurilaitteistojen käyttökokemukset tulevat määrittelemään uuden puhtaamman pakokaasuteknologian kehityssuunnan.

”Enemmän aikaa musiikille ja lyhytjännitteisyys pois ihmissuhteista”

Diplomi-insinööri Markku Tapio Ikonen toimii autotekniikan lehtorina Turun ammattikorkeakoulussa ja on jatko-opiskelijana Vaasan yliopistossa. Hänen tutkimuskohteensa ovat ajoneuvojen energiankäyttö, kasvihuonevaikutukset ja pakokaasupäästöt. Vapaa-aikanaan hän soittaa pianoa, urkuja ja oboeta sekä säveltää ja laulaa. Näiden lisäksi myös valokuvaus ja parisuhdetyö vievät osansa hänen vapaa-ajastaan. Ikonen laittoi itsensä peliin ja jatkoi Jos kaikki olisi mahdollista -ajatusleikin lauseita.

Jos kaikki olisi mahdollista,...

...**olisin** enemmän muusikko kuin nyt ehdin olemaan.

... **tutkinsin** mahdollisuuksia vähentää ajoneuvojen polttoaineenkulutusta.

...**laittaisin** autoilijat taloudellisen ajamisen kursseille.

... **matkustaisin** mahdollisimman energiatehokkailla kulkuvälineillä.

...**keksisin** keinot, joilla kulkuvälineet saataisiin toimimaan ympäristöä vahingoittamatta.

...**antaisin** enemmän aikaani musiikille ja henkistä tukea tarvitseville.

...**poistaisin** lyhytjännitteisyyden ihmissuhteista.

...**sanoisin**, että ihmisen tulee kunnioittaa Luojaansa ja luomakuntaa.

Sanna Machaal

AUTOILU VAIKUTTAA ILMASTONMUUTOKSEEN

Markku Ikonen

Ilmastonmuutos ja öljyn kallistuminen tulevat vaatimaan autonvalmistajilta uudelleenarviointia ja autoilijoilta asennemuutosta.

Nykyautot ovat entistä turvallisempia, mukavampia ja meluttomampia. Moottorit ovat tehokkaampia, vähäpäästöisempiä ja luotettavampia. Nämä seikat ovat osaltaan lisänneet autojen käyttöä. Lisääntynyt autoilu on vastaavasti kasvattanut polttoaineen tarvetta, hiilidioksidipäästöjä, ruuhkia, onnettomuuksia ja melua.

Tekninen kehitys on vähentänyt ajoneuvojen häkä-, hiilivety-, typenoksidi- ja hiukkaspäästöjä. Näitäkään päästöjä ei voida kokonaan unohtaa, vaikka liikennepäästöjen suurin haaste tulee olemaan polttoaineenkulutuksesta riippuvan hiilidioksidin vähentäminen.

Ilmastonmuutos haaste autoliikenteelle

23

Pakokaasujen hiilidioksidin (CO₂) vaikutus ilmaston lämpenemiseen on tiedetty jo kauan. Aiemmat käsitykset ovat vahvistuneet viime aikoina: hiilidioksidi jarruttaa auringon lämmön heijastumista avaruuteen ja lämmittää maapalloa.

Liikenteen osuus CO₂-päästöistä on 20 %:n luokkaa, joten liikenne ei yksin ole syyllinen ilmastonmuutokseen. Ongelmallista on, että liikenteen CO₂-päästöt ovat kasvussa. Liikennepäästöihin vaikuttaminen on vaikeaa, koska päästöihin vaikuttavia päätöksiä tekee jokainen moottoriajoneuvon haltija eli pian lähes miljardi ihmistä. Toisin on esimerkiksi sähköntuotannossa tai teollisuudessa, joissa päätökset useimmiten tekee muutama yritysjohtaja tai julkinen päättäjä.

Polttoaineet tuottavat hiilidioksidia ja vettä

Käyttämämme polttoaineet, bensiini ja diesel, koostuvat hiilestä ja vedystä. Bensiinissä voi lisäksi olla hieman happea. Ihanneolosuhteissa polttoaineen hiili palaa hiilidioksidiksi (CO₂) ja vety vedeksi (H₂O).

Hiilivetypolttoaineita käytettäessä pakoputkesta tupruaa siis väkisinkin hiilidioksidia, eikä sitä voida poistaa pakokaasuista. Ainoat vaihtoehdot ajoneuvoliikenteen kasvihuonevaikutusten vähentämiseksi ovat kulutettavan polttoaineen vähentäminen sekä siirtyminen uusiutuvista lähteistä valmistettuihin polttoaineisiin.

Polttoaineen hiilen ja vedyn suhde vaikuttaa pakokaasujen hiilidioksidin ja veden suhteeseen. Mitä vähemmän polttoaineessa on hiiltä, sitä vähemmän pakokaasuissa on CO_2 :ta ja vastaavasti enemmän H_2O :ta. Tässä suhteessa bensiiniä ja dieseliä parempi vaihtoehto olisi maakaasu, jonka pääkomponentin, metaanin (CH_4) hiilipitoisuus on vain 75 %, kun se bensiinissä ja dieselissä on noin 86 %.

Hiilivetyä, jonka hiilipitoisuus olisi metaania alhaisempi, ei ole. Alempan hiilipitoisuuteen pyrittäessä olisi käytettävä puhdasta vetyä (H_2), jota käytettäessä ei hiiliyhdisteitä synny. Koekäytössä onkin sekä polttokenno- että polttomoottorikäyttöisiä vetyautoja, mutta niiden laajamittainen käyttö on vielä kaukana tulevaisuudessa.

Koska bensiinin ja dieselin hiilipitoisuus tunnetaan, hiilidioksidipäästö voidaan laskea polttoaineenkulutuksesta. Bensiinilitra tuottaa noin 2 350 g ja diesellitra noin 2 650 g CO_2 :ta. Ero dieselin tappioksi johtuu siitä, että dieselpolttoaine on painavampaa kuin bensiini. Dieselmoottorin paremman hyötysuhteen takia dieselauto kuitenkin yleensä tuottaa vähemmän CO_2 :ta ajettua matkaa kohti kuin vastaava bensiiniauto.

Polttamista on vähennettävä

24

Kasvihuoneilmiön hidastamiseksi polttamista on vähennettävä. Ajoneuvomoottorit ovatkin kehittyneet taloudellisemmiksi. Näin saatu hyöty on kuitenkin mitätöitynyt autojen kasvun takia. Vaikka nykymoottorit tuottavat tehoa entistä vähemmällä polttoaineella, autojen kasvu on lisännyt tehontarvetta, joten kulutus ei välttämättä ole alentunut. Autojen massan lisääntyminen on aiheutunut paitsi kolariturvallisuuden vaatimista rakenteista, myös ei-välttämättömistä mukavuusvarusteista sekä halustamme ajaa tilavammilla autoilla.

Autojen polttoainetalous on vasta nyt otettu tärkeäksi suunnittelukriteeriksi. Myöhäisestä ajankohdasta ei voida syyttää yksin autonvalmistajia. Autoteollisuus, tai mikä teollisuuden ala tahansa, valmistaa tuotteita, joita asiakkaat haluavat. Autojen ostajat alkavat vasta nyt pitää taloudellisuutta tärkeänä valintakriteerinä, eli kysyntä alkaa kohdistua entistä taloudellisempiin autoihin. Esimerkiksi katumaasturien suosio on laskenut.

Ajovastukset sanelevat tehontarpeen

Polttoaineenkulutuksen vähentämiseksi auton ajovastuksia eli sen liikuttamiseen tarvittavaa tehoa tulisi alentaa. Ajovastukset koostuvat ilman- ja vierintävastuksesta, joista ilmanvastus on ajoneupeudesta riippuvainen.

Ilmanvastus riippuu auton ulkomuodosta sekä korin poikkipinta-alasta. Auton muotoa kuvataan ilmanvastuskertoimella (parhaat arvot noin 0.26). Eri automallit muistuttavat toisiaan, koska kaikki valmistajat pyrkivät minimoimaan ilmanvastuksen.

Tila-autojen ilmanvastus on henkilöautoja suurempi, koska niiden korkeus ja poikkipinta-ala ovat suuremmat.

Vierintävastus määräytyy renkaiden ominaisuuksista sekä auton massasta. Usein leveän renkaan vierintävastus on korkeampi kuin kapean. Suuntaus kohti leveämpiä renkaita on siis ollut polttoainetalouden kannalta haitallinen. Vaikka renkaan vaikutus kulutukseen voi olla korkeintaan muutamia prosentteja, säästöä syntyy jokaisella kilometrillä ilman, että kuljettajan täytyy kiinnittää asiaan muuta huomiota kuin pitää renkaissa riittävästi painetta.

Renkaat tulevat mitä ilmeisimmin kapenemaan, ja rengasvalmistajat kiinnittävät enemmän huomiota renkaan herkkään vierivyyteen. Autonvalmistajat puolestaan pyrkivät keventämään autoja pienentämällä niiden kokoa, karsimalla turhia varusteita sekä käyttämällä enemmän uusia kevyitä materiaaleja ja rakenneratkaisuja.

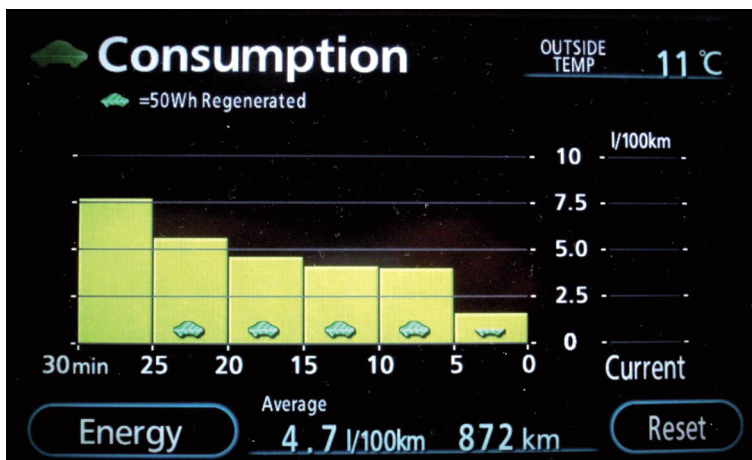
Hyötysuhteen parantaminen pienentää kulutusta

Moottorien hyötysuhde on parantunut. Hyötysuhdetta on kasvatettu esimerkiksi syöttämällä polttoaine suoraan palotilaan, käyttämällä turboahdinta sekä modernia säätöelektroniikkaa.

Parhaiden dieselmoottorien hyötysuhde on jo yli 40 %, eli moottorin syötettyä polttoainetehosta voidaan optimiolosuhteissa saada tämän verran autoa liikuttavaa tehoa. Käytännön vaihtelevissa ajotilanteissa hyötysuhde on kuitenkin huomattavasti alhaisempi.

Vaikka moottorien hyötysuhde on kasvanut, koko ajoneuvon energiankäytön optimoinnissa on vielä tehtävää. Erityisesti kaupunkiajossa esiintyvä toistuva jarruttelu sekä joutokäynti tuhlaavat energiaa.

25



Hybridiauton kulutus on alentunut liikkeellelähdon jälkeen jokaisella 5 minuutin jaksolla.

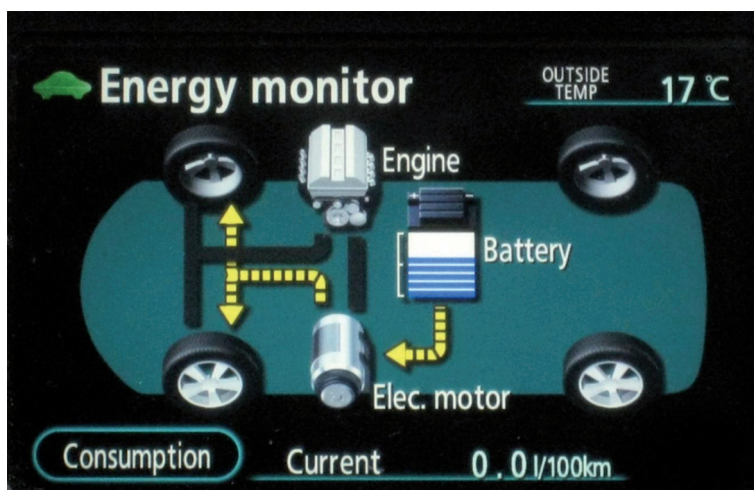
Hybridiautot yleistyvät

Hybriditekniikka tehostaa energiankäyttöä varsinkin kaupunkiajossa. Poltto- ja sähkömoottorin yhteiskäytöllä otetaan hidastuksissa sähköä talteen ja ladataan se akkuun. Kiihdytyksissä hyödynnetään ladattua sähköä käyttämällä sähkömoottoria polttomoottorin apuna. Tehontarpeen ollessa pieni, voidaan ajaa pelkällä sähkömoottorilla ja pitää polttomoottori sammutettuna. Lisäksi voidaan valita tavanomaista pienempi ja taloudellisempi polttomoottori, koska sähkömoottori avustaa kiihdytyksissä ja mäenousuissa.

Kirjoittajan henkilökohtainen kokemus perheikäytössä olevasta hybridiautosta osoittaa keskimäärin 5.2 l/100 km kulutusta kahden vuoden ja 42 000 km:n matkalla sisältäen kaupunki- ja maantieajot sekä kesät ja talvet. Arvo on erinomainen kooltaan taksikäyttöönkin soveltuvalla automaattivaihteiselle bensiiniautolle.

Hybriditekniikkaan siirtyminen antaa autonvalmistajille kokemusta auton liikkuttamisesta sähköllä. Arvioiden mukaan hybridit ovat välivaihe, jonka kautta siirrytään täyssähköisiin autoihin, jotka saavat sähkönsä joko akuista tai vedyllä toimivasta polttokennosta. Näiden käytön edellytyksenä on, että onnistutaan kehittämään kohtuullisen toimintamatkan takaavia riittävän pieniä, edullisia ja toimintavarmoja akkuja ja polttokennoja.

26



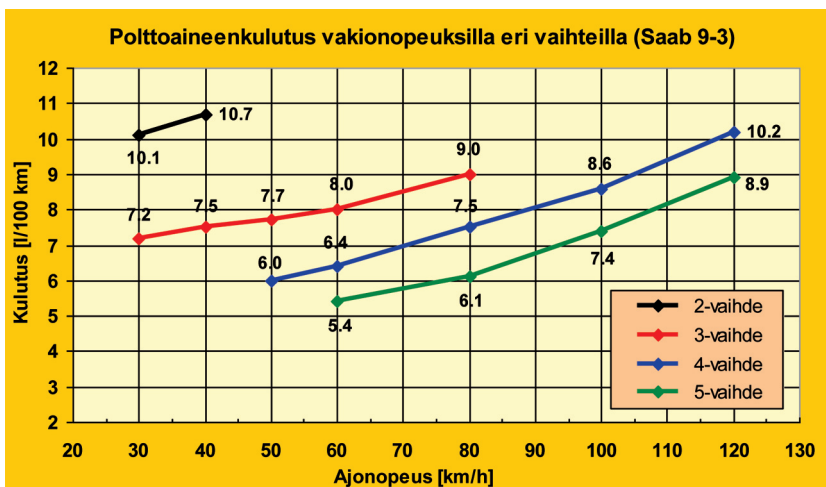
Energiamonitori näyttää, että hybridiauto liikkuu parhaillaan pelkän sähkövoimin.

Oikealla ajotavalla voi säästää 10–30 %

Suurin yksittäinen polttoaineenkulutukseen vaikuttava tekijä on kuljettaja itse. Ennakointi ja jarrutusten välttäminen alentavat kulutusta. Jos pysähtyminen ruuhkassa voidaan välttää hidastamalla nopeutta ajoissa ennen estettä, säästyy energiaa.

Taloudellisin tapa kiihdyttää on painaa kaasupoljinta runsaasti, mutta vaihtaa aikaisin suuremmille vaihteille. Ajossa tulisi käyttää suurinta vaihdetta, jolla moottori toimii jyrisemättä. Tasanopeudella ja alamässä voidaan käyttää suurempaa vaihdetta kuin kiihdytettäessä tai mäkeä noustessa.

Nopeuden alentaminen esimerkiksi 120:sta 100 kilometriin tunnissa vähentää kulutusta vähintään 20 prosentilla. Lisäksi vähemmän kiireinen ajotyylillä säästää polttoaineen lisäksi renkaiden, jarrujen ja hermojen sekä vähentää onnettomuusriskejä.



Turun ammattikorkeakoulun opiskelijoiden mittaukset osoittavat, että pienen vaihteen käyttö ja nopeuden kasvattaminen lisäävät polttoaineenkulutusta selvästi.

”Kello soimaan pari tuntia myöhemmin”

Diplomi-insinööri Timo Hyttinen toimii projektipäällikkönä Levón-instituutissa. Hänen tutkimuskohteensa ovat energiaomavaraisuuden ja kestävän energiahuollon kehitys sekä uusiutuvat energianlähteet. Kalastus, liikunta ja penkkiurheilu vievät suuren osan hänen vapaa-ajastaan. Lisäksi hän nikkaroi ja puuhastelee perheensä parissa sekä kotona että puutarhassa. Hyttinen lähti leikkiin mukaan ja jatkoi ajatusleikin visaisia lauseita.

Jos kaikki olisi mahdollista,...

...olisin niilinahvenia narraamassa. Niilinahven on suurimpia makean veden kaloja ja voi painaa parisataa kiloa. Pienempikin tosin riittäisi.

...tutkisin varmaankin samaa mielenkiintoista aihepiiriä kuin tällä hetkellä. Tutkimuskohde on vuosien saatossa laajentunut biodieselin ja biokaasun parista kestävän energiahuollon ja energiaomavaraisuuden kehittämiseen.

...laittaisin kellon soimaan paria tuntia myöhemmin.

...matkustaisin enemmän. Esimerkiksi Victoriajärvi vonkaleineen voisi olla elämyksiä tarjoava kohde.

...keksisin joka kodin kulku- tai siirtymävälineen, jolla voisi siirtyä paikasta toiseen nappia painamalla, aikaa hukkaamatta ja keliolosuhteista välittämättä.

...antaisin Itä-Suomesta tulleena selkeät vuodenajat myös vaasalaisille.

...poistaisin turhan kiireen.

...sanoisin, että ”jokainen tsäännsi on mahdollisuus”.

”Meren taa ja maan ääriin, mutta tulisin takaisin”

Filosofian lisensiaatti Pekka Peura toimii kehittämispäällikkönä Levón-instituutissa ja on Vaasan energiainstituutin johtokunnan puheenjohtaja. Hänen tutkimuskohteinaan ovat energiaomavaraisuus ja uusiutuvat energianlähteet. Lintujen rengastus, tietokirjallisuus ja liikunta ovat hänelle mieluisia harrastuksia. Keli ja lumitilanteesta riippuen 700–1 700 km vuodessa hiihtävä Peura raotti ajatusmaailmaansa jatkamalla ajatusleikin lauseita.

Jos kaikki olisi mahdollista,...

...olisin vapaana kuin taivaan lintu, päivät pääskytysten, luonnossa luonnon ehdoilla.

...tutkisin kulttuurievoluution perin pohjin. Sitä kautta ymmärtäisin paremmin, miten asioihin voi vaikuttaa.

...laittaisin ruokaa sen sijaan, että aina saavun valmiille (silti kiitos siitä!).

30 **...matkustais**in meren taa ja maan ääriin, mutta tulisin takaisin.

...keksisin kestäväen kehityksen käytännön konstit, joilla rajoitetaan ihmisen vaikutukset ja populaation määrä siedettävästi siedettäväksi.

...antaisin isänekädestä ja roimat sanktiot kaikille, jotka sylkevät saasteet muiden silmille ja turmelevat yhteistä ympäristöämme vain saadakseen itse enemmän mammonaa.

...poistaisin yhteisestä kelkasta vapaamatkustajat, jotka eivät suostu tekemään osaansa maapallon pelastamiseksi.

...sanoisin hyvästi, en pahasti.

Sanna Machaal

MAAKUNTIEN ENERGIAOMAVARAISUUS

Pekka Peura ja Timo Hyttinen

Suomen hallitus julkisti juuri ilmasto- ja energiastrategiansa. Siinä asetetaan tavoitteeksi, että vuoteen 2020 mennessä koko maan energiasta tuotetaan uusiutuvilla energianlähteillä 38 %. Tämän lisäksi tavoitellaan lievää energian kulutuksen laskua.

Tavoitteet ovat selvää suomen kieltä ja helposti ymmärrettävissä, mutta ristiriitaista keskustelua ne ovat jo nyt herättäneet: Kuinka realistinen on 38 % tavoite, ja viekö sen toteuttaminen Suomen ja teollisuuden perikatoon, kuten väitetään? Onko kyseessä vain määrällinen tavoite, ja onko hallituksella strategia sille, kuinka tavoitteet saavutetaan?

Tutkimuksesta vastauksia

Levón-instituutissa ja Vaasan energiainstituutissa tehdyt tutkimukset pureutuvat näihin ajan hermolla oleviin kysymyksiin, ja niiden perusteella voidaan hakea vastauksia. Tutkimustulokset antavat nimittäin oikeutuksen esittää ainakin seuraavat väitteet.

1. Uusiutuvien energianlähteiden energiasisältö ylittää reilusti esimerkiksi Pohjanmaa-nimisissä maakunnissa koko energian kulutuksen. Varmaa on ainakin se, että energiaintensiivisen teollisuuden ja suurten kaupunkien ulkopuolella voitaisiin saavuttaa täydellinen energiaomavaraisuus – tämä tarkoittaisi valtakunnallisesti yli 80 % koko maan pinta-alasta. Vastaavia havaintoja on myös muualta Euroopasta.
2. Jo nyt uusiutuvia energioita käyttävät pienet ja keskisuuret energiantuotantoyksiköt voivat olla taloudellisesti järkeviä, ja monet ovat liiketaloudellisestikin kannattavia.
3. On selvää, että nämä ratkaisut yleistyvät lähitulevaisuudessa, ja ajan mittaan niiden kautta koko energiasektorin rakenne voi uudistua.

Tämä rakenne tarkoittaa käytännössä hajautettua energian tuotannon mallia. Lähtökohta on, että sekalaisen raaka-ainemassan rahtaaminen maakuntien äärestä laitaan ei ole kannattavaa. Sen sijaan resurssit tulisi käyttää hyvin lähellä syntypaikkaansa.

Hajautettua mallia on perusteltu monesta eri näkökulmasta: uusiutuvasta ja lähellä tuotantopaikkaa syntyvästä energiasta suuri osa on jätettä tai muuten ongelmallisia aineita, joille ei juuri ole muuta käyttöä ja jotka aiheuttavat esimerkiksi ympäristöhaittoja. Niiden käytön ympäristövaikutukset ovat edullisia (vesistökuormituksen väheneminen, CO₂-tasapaino, ilmastonmuutos ja fossiilisten polttoaineiden käyttö).

Aluetaloudelliset edut ja työllisyys voivat olla huomattavat, kun rahavirrat jäävät kotimaahan ja omalle alueelle. Lisäksi säästöjä saadaan hävikin ja siirron minimoinnista. Energiaomavaraisuusasteen kehittäminen kohentaa siten myös kansantaloutta.

Omasta maasta – omalta alueelta

Oheinen taulukko kiteyttää energiaomavaraisuuden potentiaalin koko Pohjanmaalla kunnittain sekä kokonaislukuina naapurimaakunnassa Etelä-Pohjanmaalla. Kaikkien analyysissä mukana olleiden uusiutuvien energianlähteiden energiasisältö molemmissa maakunnissa yhteensä vastaa koko energian kulutusta. Pohjanmaalla suurimmat kaupungit ja metsäteollisuus painavat kulutuksen potentiaalia suuremmaksi, mutta jos Vaasa, Pietarsaari ja Kaskinen jätetään laskelmissa ottamatta huomioon, ylittää potentiaali 1,5-kertaisesti koko energian kulutuksen.

Näitä kokonaislukuja tarkasteltaessa on muistettava muutama seikka. Kaikki ainekset eivät ole välittömästi saatavissa energian tuotantoon. Logistiikka eli kuljetusketjut ovat kehittymättömät, ja jopa puuenergian saanti on monissa tapauksissa epävarmaa. Silti, vaikka suurikin osa potentiaalisesta raaka-aineesta olisi saavuttamattomissa, on päivänselvää, että uusiutuvia energiamuotoja on erittäin runsaasti tarjolla.

32 Laskelmissa auringon, tuulen, maaperän ja veden energiaresurssit ovat vielä huomioimatta. Nämä ehtymättömät energianlähteet lisääisivät potentiaalin niin suureksi, että villeimmätkin energian kasvutarpeet kyettäisiin niillä tyydyttämään. Kolmas tärkeä seikka on se, että laskelmissa nykyinen ruuantuotannon ja massapuun mahdollinen energiapotentiaali on jätetty pois. Muutenkin laskelmissa on noudatettu varovaisuutta niin, etteivät tulokset olisi ylioptimistisia.

Näistä seikoista huolimatta tilastot osoittavat ykskantaan, että Pohjanmaa ja koko valtakunnan valtaosa voisi olla energiaomavarainen. ”Ittelleni oon teheny” voisi sopia hyvin pohjalaisen energiantuotannon motoksi.

Talouden ongelma?

Vaikka uusiutuvaan energiaan liittyy paljon lupauksia, hajautetun mallin yleistyminen on ollut hidasta. Useimmiten kyse on taloudesta. Tutkimustemme mukaan ainakin biokaasulaitoksissa toiminta sinänsä on kannattavaa. Sen sijaan pääomakustannukset nousevat monessa tapauksessa kannattavuuden esteeksi. Kääntäen tämä tarkoittaa sitä, että kohtuullisella investointituella laitokset olisivat kannattavia ja vieläpä niin, että mitään muuta jatkuvaa ”tukiautomaattia” ei tarvita.

Hyvä talous on siis näköpiirissä, mutta varsinaiseen läpimurtoon tarvitaan yhä monen asian kehittymistä. Tilanne on pitkälle samanlainen kuin minkä tahansa innovaation kehityskaaren alku ja vakiintuminen kohtaavat: innovaatioiden on aina edet-

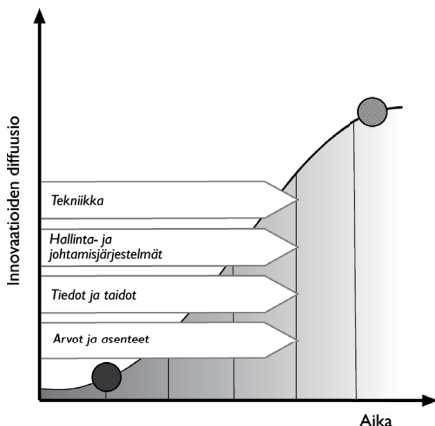
tävä monien esteiden yli. Niiden on ylitettävä sosiaalinen vastaanottokynnys eli saatavuttava yleinen hyväksyntä. Niiden on ”rakenteistuttava” niin, että lait, säädökset ja muut yhteiskunnan rakenteet tukevat niitä. Niiden on käytävä läpi teknisen kehityksen evoluutio. Puhutaan myös innovaation diffuusiosta eli siitä kuinka uusi käytäntö leviää yhteiskunnassa.

Innovaation diffuusio on esitetty oheisessa kuvassa. Hajautettu energiantuotanto ja sen tekniikat ovat selvästi diffuusionsa alkuvaiheessa, ja ne sijaitsevat diffuusiokäyrän ala- ja alkupäässä. Tämän vaiheen ratkaisuille ovat tyypillisiä seuraavat piirteet, jotka kuvaavat osuvasti myös hajautetun energiantuotannon nykytilaa. Tuotannon koko arvoketju on vielä hyvin kehittymätön. Tekniset ratkaisut edustavat kehityksensä alkuvaihetta, jossa on heikko tehokkuus ja suuret kustannukset niin investoinneissa kuin tuotetussa energiassa, eikä niillä ole massatuotannon etuja. Vastaavasti tämä tarkoittaa huomattavaa talouden kohentumisen potentiaalia.

Odotettavissa on, että alan liiketoiminta yleistyy vähitellen, mikä tarkoittaa siirtymistä innovaation diffuusiokäyrällä oikealle ja ylöspäin. Tällöin myös kaikki osatekijät vahvistuvat – energiasektorilla odotettavissa on myös se, että fossiilisten polttoaineiden hintakilpailukyky heikkenee. Samalla niiden poliittinen painolasti lisääntyy koko EU:n tasolla.

Vallitseva energiasektori on aivan päinvastaisessa tilanteessa diffuusionsa kypsässä loppuvaiheessa ja käyrän yläpäässä. Kuitenkin reaali-markkinoilla nämä ratkaisut kilpailevat keskenään. Usein korostetaan, että kilpailun on oltava markkinaehtoista, eikä uusia ratkaisuja saa tukea. Tällöin unohdetaan se tosiseikka, että koko energia-alan infrastruktuuri on rakennettu pääosin julkisin varoin, ja että energiahuollossa yleisellä edulla on aina ollut keskeinen merkitys. Itse asiassa kilpailutilanne on epäreilu juuri nyt, kun vanhat ratkaisut ovat saaneet tukea ja uudet eivät.

Hajautetun energiantuotannon tukeminen onkin ennen kaikkea strateginen valinta – kansantaloudellisen hyödyn ja strategisten etujen odotusarvo ylittää huomattavasti pienten yksiköiden tämän hetken heikon hintakilpailukyvyyn. Kansallinen etu olisi tässäkin asetettava etusijalle.



Innovaation diffuusio ja kyvykkyydet diffuusion edellytyksinä hajautetussa energiantuotannossa.

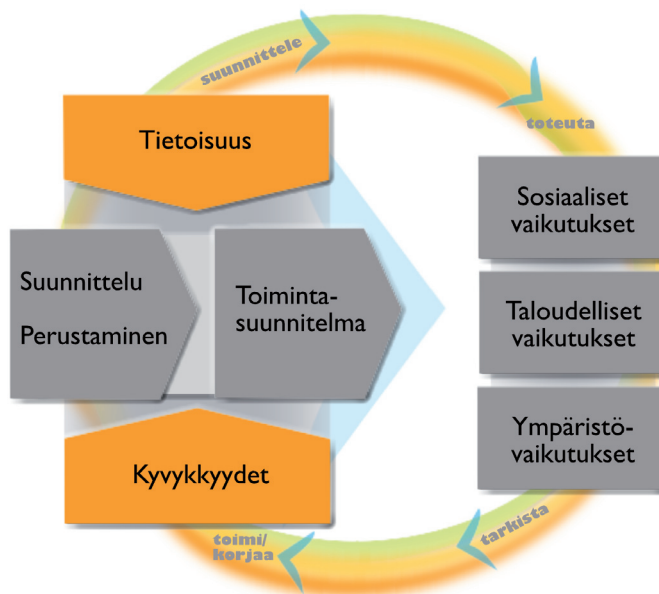
Visio – ratkaisun siemeniä

Tutkimustemme perusteella olemme hahmottaneet ns. dikotomia-vision, jonka mukaan energiahuolto jakaantuu 20–30 vuoden kuluessa kahteen osaan: (1) Nykyisen kaltainen keskitetty malli palvelee suuria kaupunkeja ja teollisuutta; suurissakin energiantuotantolaitoksissa raaka-aineet voivat olla uusiutuvia. (2) Kaikkialla muualla energiahuolto perustuu hajautettuun malliin ja oman alueen omiin uusiutuviin raaka-aineisiin.

Energiasektorin uudistuminen on joka tapauksessa pitkäkestoinen yhteiskunnallinen muutosprosessi valtakunnallisella, maakunnallisella ja paikallisella tasolla. Maaseudulla se voi luoda uutta työllisyyttä, aluetaloutta ja hyvinvointia. Se voi myös luoda maaseudulle kokonaan uutta yhteiskunnallista roolia, kun elintarvikkeiden ohella maaseutu olisi myös energian alkulähde. Hajautetussa energiantuotannossa on ennen kaikkea kyse kokonaisuudesta, jossa on tärkeää nähdä yksittäisen laitoksen liiketaloudellisen kannattavuuden yli koko aluetalous.

Tämä voisi olla ohjenuora myös valtion ilmasto- ja energiastrategian jalkauttamisessa. Tutkimustemme mukaan se on realistista ja monesta syystä erittäin hyödyllistä. Sen kesto ja laajuus riippuvat siitä, onko kehitys puhtaasti markkinaperäistä vai tukeeko valtio sitä, ja erityisesti lähtevätkö energiayhtiöt omaehtoisesti toteuttamaan sitä.

34



Levón-instituutti on mukana ASPIRE EU-hankkeessa, jossa se on kehittämässä kuvan mukaista ASPIRE-mallia. Sen avulla ns. kestävää energiahuoltoa toteutetaan käytännössä. Malli lähtee suunnittelusta ja organisoinnista ja päättyy toimenpidesuunnitelmaan. Tietoisuus ja kyvykkyudet sekä niiden kehittäminen luovat toiminnalle edellytyksiä. Lisäksi malli mittaa toiminnan vaikutuksia ja johtaa jatkuvan parantamisen kehään. (www.aspire.fi, www.aspire-project.eu)

	Energy Demand	RES				%
		Puu	Olki	Muut	Yhteensä	
Pietarsaaren seutu						
Luoto	42	20	1	2	23	55
Pietarsaari	1078	12	3	24	39	4
Kruunupyö	159	96	48	33	177	111
Pedersöre	164	130	69	44	243	148
Uusikaarlepyy	150	115	79	64	258	173
Yhteensä	1593	373	200	167	740	46
Yhteensä, ilman Pietarsaarta	515	361	197	143	701	136
Vaasan seutu						
Oravainen	46	33	36	20	89	195
Vöyri	67	73	80	33	186	276
Maksamaa	16	29	4	3	36	225
Mustasaari	248	138	120	50	308	124
Vaasa	1143	28	10	10	48	4
Maalhti	91	75	60	33	168	184
Korsnäs	58	38	10	12	60	104
Yhteensä	1669	414	320	161	895	54
Yhteensä ilman Vaasaa	526	386	310	151	847	161
Kyrönmaa						
Isokyrö	73	40	111	34	185	254
Vähäkyrö	66	23	70	22	115	174
Laihia	115	80	95	23	198	172
Yhteensä	254	143	276	79	498	196
Suupohja						
Kaskinen	385	1			1	0
Kristiinankaupunki	144	129	44	23	196	136
Närpiö	277	163	169	64	396	143
Yhteensä	806	293	213	87	593	74
Yhteensä ilman Kaskista	421	292	213	87	592	141
YHTEENSÄ Pohjanmaa	4322	1223	1009	494	2726	63
YHTEENSÄ ilman Kaskista, Vaasaa ja Pietarsaarta	1716	1182	996	460	2638	154
YHTEENSÄ Etelä-Pohjanmaa	3044	2219	1630	756	4605	151

Energian tarve (lämpö ja sähkö), RES (uusiutuvien energianlähteiden energiasisältö; GWh/a) ja energiaomavaraisuuden potentiaali (%) Pohjanmaan maakunnassa kunnittain sekä Etelä-Pohjanmaalla.

”Työlainsäädännön muokkausta ja kannustavia sanoja lähimmäisilleni”

Tekniikan tohtori Seppo Niemi toimii energiatekniikan määräaikaisena professorina Vaasan yliopistossa. Hänen tutkimuskohteitaan ovat diesel- ja kaasumootorit, niiden päästöjen vähentäminen ja polttoaineiden kehitys sekä energiatalouden skenaariot. Hengellistä toimintaa ja pappajääkiekkoa harrastava Niemi lähti hetken mietinnän jälkeen leikkiin mukaan ja jatkoi ajatusleikin lauseita.

Jos kaikki olisi mahdollista,...

...**olisin** huolettomampi ja ystävällisempi.

...**tutkisin** polttomoottoritekniikkaa ja energia-asioita vielä pitkään.

...**laittaisin** työlainsäädäntöä sellaiseen muotoon, että jo lukioikäisiä rohjettaisiin ottaa kunnan kesätöihin.

...**matkustaisin** kauniissa erämaissamme sekä Keski-Euroopan viehättävissä pikku-kaupungeissa ja kylissä.

...**keksisin** keinon, jolla saada nuoret taas innostumaan tuottavista töistä ja opiskelemaan niihin tähtäviä ammatteja.

...**antaisin** anteeksi itselleni ja muille.

...**poistaisin** luovaa työntekoa haittaavat puolitarpeettomat kokoukset, raportointi- ja tilastointivelvoitteet.

...**sanoisin** iloa tuottavia ja kannustavia sanoja lähimmäisilleni.

Sanna Machaal

TYÖKONEIDEN PÄÄSTÖT VÄHENEVÄT KOVAA VAUHTIA

Seppo Niemi

Bensiiniautojen päästöjä on jo pitkään vähennetty käyttämällä katalyysaattoreita ja hyvälaatuisia polttoaineita. Myös dieselajoneuvojen päästöjä on ryhdytty vähentämään erilaisin katalyysaattorein ja hiukkassuotimin. Palamistekniikkaa on kehitetty saastetuoton vähentämiseksi, ja dieselpolttoaineet ovat parantuneet. Dieselajoneuvoissa on ennen kaikkea vähennettävä typen oksidien ja pienten hiukkasten päästöjä.

Työkonemoottorien päästövaatimukset kiristyvät kulkuneuvomoottorien vanavedessä. Työkoneilla tarkoitetaan lähinnä tiestön ulkopuolella toimivia koneita, esimerkiksi traktoreita, puimureita, metsäkoneita, mutta myös teillä liikkuvia kunnostuskoneita. Englanninkielessä näitä moottoreita kutsutaan *off-road* tai *non-road*-moottoreiksi.

Työkoneiden 2010-luvun päästövaatimukset ovat jo erittäin kovat. Typen oksideja ja pienhiukkasia ei saa pakokaasussa olla oikeastaan lainkaan. Päästöjen tehokas vähentäminen pyrkii kuitenkin lisäämään polttoaineenkulutusta. Haasteena on kulutuksen pitäminen pienenä, sillä käyttäjä maksaa polttoaineesta. Myös hiilidioksidipäästö lisääntyy polttoaineenkulutuksen kasvaessa, ja se edistää kasvihuoneilmiötä. Päästöjä on nykyään mitattava myös kuormanmuutosten aikana, mikä lisää moottorikehityksen vaativuutta.

38

Kehitystyön kolme päälinjaa

Työkonemoottorien kehitystyössä on kolme päälinjaa. Moottorien palamista on parannettava niin, että päästöjä syntyy mahdollisimman vähän, ja polttoaineenkulutus pysyy pienenä. Samanaikaisesti on kehitettävä katalyysaattoreita ja suodintekniikkaa, jotta pakokaasuihin vielä jääviä päästöjä pystytään merkittävästi vähentämään. Kolmas linja käsittää polttoaineiden parantamisen ja uusien polttoaineiden kehitystyön.

Dieselmoottorien palamisen parantamiseen on useita keinoja. Uudet yhteispaineruiskutusjärjestelmät (*common rail*) mahdollistavat polttoaineen syöttämisen palotilaan vaiheistettuna niin, että palaminen on oikea-aikainen ja mahdollisimman täydellinen. Säätojärjestelmät ovat tärkeässä asemassa. Polttoaineen ruiskutuspaineen nostaminen sekä suuttimien, palotilan ja imukanavan yhteistoiminnan optimointi tehostavat palamista niin ikään.

Pelkkä polttoainepuolen parantaminen ei kuitenkaan riitä. Sylinteriin on saata-va riittävästi palamisilmaa. Tulevissa moottoreissa tullaankin käyttämään säädettäviä ja kaksivaiheisia ahtimia. Ahdin suurentaa palamisilman painetta ja lisää sillä tavalla sylinterin ilmatäytöstä. Säädettävissä ahtimissa muutetaan yleensä pakokaasuturbiinin

johtosiipien asetusta niin, että ahdin toimii tehokkaasti laajalla kuormitusalueella. Puhutaan VGT-ahtimista (*variable geometry turbine*), joskin rakkaalla lapsella on monia muitakin lyhenteitä (*VTG, VNT* jne.).

Kaksivaiheahdin koostuu kahdesta turbiinista ja kahdesta kompressorista. Kompressorien välissä voi olla jäähdytin. Palamisilma paineistetaan siis kahdessa vaiheessa, ja pakokaasu paisuu kahden turbiinin läpi. Ahtopaine suurenee, ja moottorin teho kasvaa. Runsas ilmatarjonta mahdollistaa päästöjen vähentämisen.

Imu- ja pakoventtiilien ajoitusten parantaminen ja säätäminen tarjoavat lisäkeinoja päästöjen vähentämiseksi. Imuventtiili voidaan esimerkiksi sulkea imutahdin aikana jo ennen kuin mäntä on ala-asennossaan. Sylinterin ilmatäytös jäähtyy tällöin, ja koko palamisprosessin lämpötilataso laskee. Typen oksidit vähenevät. Ahtamista on kuitenkin tehostettava esimerkiksi kaksivaiheahdinta käyttämällä.

Pakokaasujen takaisinkierätyt

Palamislämpötilaa voidaan pienentää kierrättämällä osa pakokaasusta takaisin sylintereihin. Menetelmä on yleisesti käytössä typen oksidien vähentämisessä, ja sitä kutsutaan englanniksi nimellä *exhaust gas recirculation (EGR)*. Pakokaasujen lämpökapasiteetti on suurempi kuin ilman, minkä vuoksi palamislämpötila laskee. Palaminen myös hidastuu. Happitiheys pienenee niin ikään, minkä oletetaan lisäävän kierrätyksen typen oksideja vähentävää vaikutusta. Yleensä kierrätettävä pakokaasu vielä jäähdytetään EGR:n vaikutuksen tehostamiseksi.

Pakokaasujen takaisinkierätyksen haittapuolia ovat kuitenkin usein esiintyvä savutuksen lisääntyminen, kierrätyskanaviston mahdollinen likaantuminen ja säätöventtiilien jumiutuminen. Jäähdytystarve kasvaa, samoin polttoaineenkulutus. Moottoritekniikassa useimmilla asioilla on hyvät ja huonot puolensa.

Moottorien palamisen parantaminen ei kuitenkaan yksin riitä tulevien päästönormien saavuttamiseen, vaikka menestyksellisiä ratkaisuja onkin onnistuttu kehittämään. Työkonedieselmootoreissa tullaan tarvitsemaan katalysaattoreita typen oksidien vähentämiseen ja hiukkassuotimia hiukkasten poistamiseen. Työkoneissa ongelmaksi muodostuu helposti tilanpuute, sillä pakokaasun jälkikäsitteilylaitteet ovat kookkaita.

Typen oksidit ja katalysaattorit

Dieselvoimaloissa on typen oksidien vähentämiseen käytetty jo kauan niin sanottuja *SCR*-katalysaattoreita (*selective catalytic reduction*). Järjestelmässä ruiskutetaan pakokaasun joukkoon yleensä ureaa. Pakokaasujen sisältämät typen oksidit pelkistyvät sitten katalysaattorissa ureasta vapautuneen ammoniakkin ansiosta typeksi ja hapeksi. Katalysaattorit ovat erittäin tehokkaita: typen oksideista voidaan poistaa noin 90 %.

SCR-katalysaattoreita on ryhdytty asentamaan myös raskaisiin ajoneuvoihin. Vaihtelevan kuormituksen takia tehokkuus ei ole yhtä hyvä kuin voimaloissa, mutta katalysaattori poistaa silti valtaosan myös ajoneuvomoottorin typen oksideista. Ureaa kuluu noin 3–5 % polttoaineenkulutuksesta. Ureaa hyödyntävät katalysaattorit tulevat myös työkonedieselmoottoreihin.

Typen oksideja voidaan vähentää samantapaisessa katalysaattorissa myös polttoaineesta peräisin olevien hiilivetyjen avulla. Tällöin puhutaan *HC-SCR*-katalysaattorista (*HC*, *hydrocarbons*). Ureaa ei tarvita, joten laitteisto ja käyttö yksinkertaistuvat. HC-SCR-katalysaattori ei kuitenkaan vielä ole yhtä tehokas kuin ureakatalysaattori. Vaasan yliopisto, Åbo Akademi ja Turun ammattikorkeakoulu kehittävät Åbo Akademin keksintöön perustuvaa *HC-SCR*-katalysaattoriratkaisua työkonemoottorikäyttöön.

Pienhiukkaset ja hiukkassuotimet

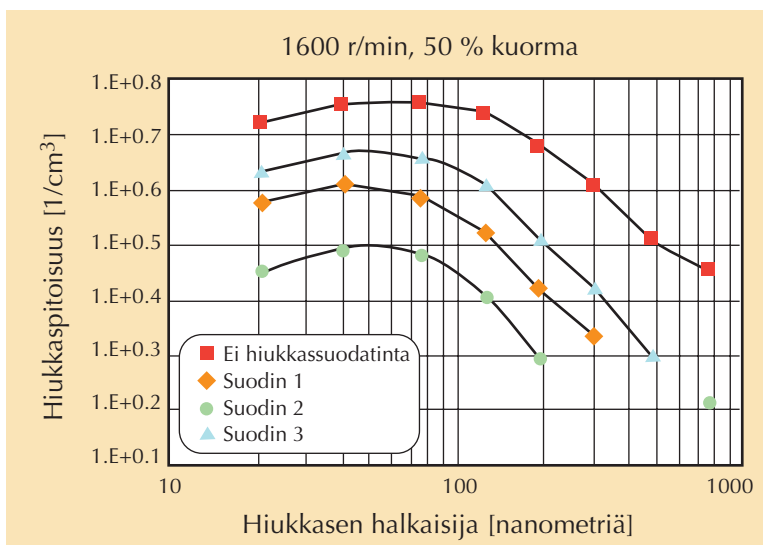
Typen oksidien lisäksi dieselmoottorien pakokaasuista pitää vähentää pienhiukkasia. Hiukkassuotimia (*DPF*, *diesel particulate filter*) käytetäänkin jo monissa raskaissa ajoneuvoissa, ja ne yleistyvät myös henkilöautoissa. Parhaat suotimet poistavat pakokaasuista hiukkasia niin tehokkaasti, että puhdistetun kaasun hiukkaspitoisuus on pienempi kuin ympäröivän ilman.

40

Suotimet pitää kuitenkin aika ajoin puhdistaa kertyneistä hiukkasista. Tähän *regenerointiin* on monta tapaa. Pakokaasun lämpötila voidaan tarvittaessa nostaa hetkellisesti niin korkeaksi, että kertyneet hiukkaset palavat pois. Polttoaineeseen voidaan myös lisätä aineita, jotka edistävät kertyneiden hiukkasten syttymistä. Suodin voidaan niin ikään pinnoittaa katalyytillä regeneroinnin helpottamiseksi.

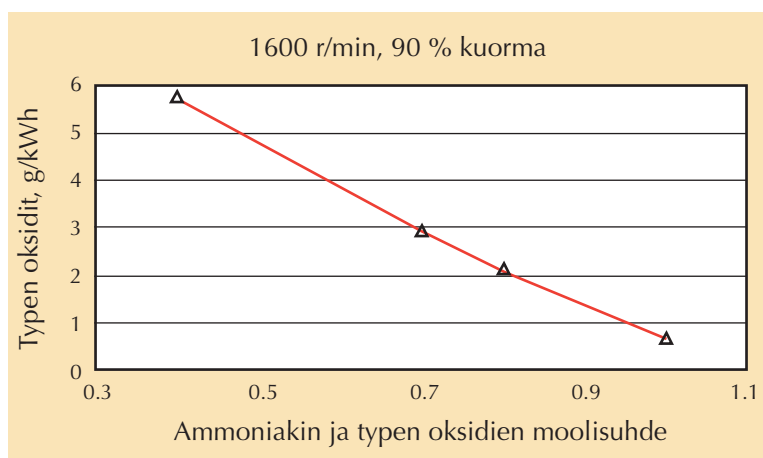
Monissa ratkaisuissa suotimeen kertynyt materiaali hapetetaan typpidioksidin avulla, sillä tällöin hiukkasmateriaali syttyy huomattavasti matalammassa lämpötilassa kuin hapella poltettaessa. Typpidioksidi valmistetaan pakokaasujen typpimonoksidista hapettavan katalyytin avulla. Ongelmaksi saattaa kuitenkin muodostua typpidioksidin liiallinen määrä suotimen jälkeen. Kaikki typpidioksidi ei kulukaan suotimen regenerointiin, vaan osa tulee haitallisena päästönä ulos. Erityisesti nopeasti muuttuvissa kuormitustilanteissa näin usein käykin.

Regenerointiongelmien vähentämiseksi dieselmoottoreihin on kehitetty myös avoimia hiukkassuotimia (esim. *pDPF*, *partial diesel particulate filter*). Ne eivät ole yhtä tehokkaita kuin varsinaiset suotimet, mutta eivät myöskään tukkeudu yhtä helposti eivätkä vaadi mutkikkaita puhdistusprosesseja. Pienimpien hiukkasten vähennystehokkuus on todettu erittäin hyväksi.



Hiukkassuotimet vähentävät työkonedieselmoottorien pakokaasujen pienhiukkasia hyvin tehokkaasti. Suotimien puhdistuskyvyssä on kuitenkin suuria eroja. Paras suodin (vihreä) poisti hiukkasia niin hyvin, että kaasu on yhtä puhdasta kuin ympäröivä ilma tai jopa puhtaampaa. Kuvan pystyakselilla on pakokaasun hiukkaspitoisuus ja vaaka-akselilla hiukkasan halkaisija. Molemmissa akseleissa on logaritminen asteikko. Pystyakselilla yksi viivanväli tarkoittaa kymmenkertaisuutta.

41



Urean syöttöön perustuvan SCR-katalysaattorin teho riippuu pakokaasuun vapautuvan ammoniakkin ja moottorista tulevien typen oksidien moolisuhteesta. Mitä enemmän ureaa pakokaasun sekaan ruiskutetaan, sitä tehokkaammin typen oksidit vähenevät. Jos ureaa kuitenkin syötetään liikaa, pakokaasun ammoniakkipitoisuus lisääntyy katalysaattorin jälkeen, mikä ei ole sallittua. (Moolisuhteella 0.8 saavutettiin tässä tapauksessa noin 63 % NO_x -vähennelmä. Suhteella yksi vähennys oli noin 89 %.)

Tulevaisuusnäkymiä

Suomalainen työkonedieselmoottorien valmistaja Agco Sisu Power näkee ureakatalyysaattorin ja avoimen hiukkassuotimen yhdistelmän yhtenä työkoneiden todennäköisenä ratkaisuvaihtoehtona. Yhdistelmällä päästään 2010-luvun normien vaatimiin pieniin kokonaispäästöihin.

Erityisesti hiukkaspäästöjä voidaan vähentää käyttämällä erilaisia biopolttoaineita. Pohjanmaalla tutkitaan lähinnä jätevirroista tuotettavia biodieseleitä, joilla työkonedieselmoottorin hiukkaspäästö vähenee parhaimmillaan noin puoleen.

Työkoneiden yksi tulevaisuuden voimalaiteratkaisu on ns. hybridikäyttö. Siinä dieselmoottori käyttää generaattoria sähkön tuottamiseksi, ja työkoneen ajo- ja muut toiminnot hoidetaan sähkömoottorein. Dieselmoottori käy koko ajan optimialueellaan, jolloin päästöt luontaisesti pienentyvät ja pakokaasujen jälkikäsittely onnistuu parhaiten.

”Keksisin tavan tuplata vuorokauden tunnit”

Kauppätieteiden maisteri Merja Pakkanen toimii erikoistutkijana Levon-instituutissa ja on VaasaEMG-tiimin päällikkö. Hänen tutkimuskohteinaan ovat energiamarkkinoihin ja -markkinointiin liittyvät kysymykset, erityisesti kuluttajakäyttäytyminen energia-alalla on lähellä hänen sydäntään. Vapaa-aikanaan hän harrastaa liikuntaa, pokeria ja gerbiilien hoitoa sekä perheen miesten autourheiluharrastusten takia radan varrella hurraamista. Pakkanen lähti iloisella mielellä ajatusleikkiin mukaan.

Jos kaikki olisi mahdollista,...

...**olisin** World Series of Poker -turnauksen voittaja.

...**tutkisin** kuluttajien asiakasuskollisuuden luonnetta eri sähköyhtiöissä tai eri maiden sähkömarkkinoilla.

... **laittaisin** hösseliksi ja ostaisin itselleni kauan haaveilemani Cornish Rex -kissan.

...**matkustaisin** kaudella 2009 katsomaan formulakisoja perheeni kanssa Kiinaan tai Japaniin.

...**keksisin** tavan, jolla saisin vuorokaudteen tuplasti tunteja, jotta ehtisin tehdä kaikkea mikä kiinnostaa.

...**antaisin** kodin parille kotia etsivälle whippetille (sitten kun on vähän enemmän aikaa).

...**poistaisin** rasismista maailmasta, ehdottomasti.

...**sanoisin** nokkelasti aina oikeat sanat oikeaan aikaan, mikä ei käytännössä koskaan onnistu.

Sanna Machaal

SÄHKÖNMYYYJÄN VAIHTAMINEN POHJOISMAISSA

Merja Pakkanen

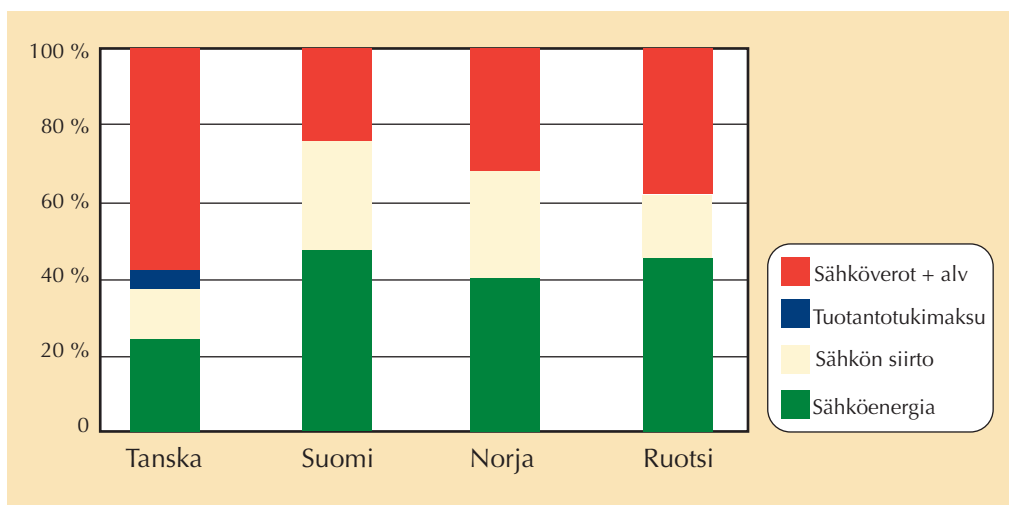
Pohjoismaat *) vapauttivat sähkömarkkinansa kilpailulle ensimmäisten maiden joukossa maailmassa. Norja aloitti markkinoiden avaamisen vuonna 1991 ja Tanska viimeisimpänä vuonna 2000. Kotitalousasiakkaat ovat käytännössä voineet vapaasti vaihtaa sähkönmyyjäänsä seuraavanlaisessa aikataulussa: Norjassa vuodesta 1997, Suomessa 1998, Ruotsissa 1999 ja Tanskassa 2003 lähtien. Norjassa ja Ruotsissa vaihtoaktiivisuus on ollut suurinta ja Tanskassa vähäisintä. Suomi sijoittuu välimaastoon.

Kuluttajat aktiivisimpia Norjassa ja Ruotsissa

Hyvin toimivilla markkinoilla sähkönmyyjän vaihtamisaktiivisuus on kohtuullisella tasolla. Tämä osoittaa, että asiakkailta on aidosti vaihtoehtoja ja että he osaavat ja haluavat hyödyntää niitä.

Viime vuosina kotitalousasiakkaiden tekemien vaihtojen määrä on ollut Suomessa 4 %, Ruotsissa 9 % ja Norjassa 10 % tuntumassa vuosittain. Tanskassa tietoja kotitalousasiakkaiden aktiivisuudesta ei kerätä erikseen, mutta pienten yritysten kanssa yhteenlaskettuna se on noin 2 %.

45



Kokonaissähkölaskun muodostuminen Pohjoismaissa (20 000 kWh vuosikulutuksella), tarkasteluajankohtana tammikuu 2007.

*) Tanska, Suomi, Norja ja Ruotsi. Islanti ei ole osa yhteispohjoismaisia sähkömarkkinoita eikä siksi mukana tässä tarkastelussa.

Rahansäästö suurin motiivi

Tutkijat eri puolilla maailmaa ovat selvittäneet kuluttajien syitä vaihtaa tai olla vaihtamatta sähkönmyyjää. Pääsyy vaihtoon on rahallisten säästöjen tavoittelu, mutta halu edistää kilpailua ja tuttavien suosituksukset ovat myös merkittäviä motiiveja. Lisäksi tyytymättömyydellä aiempaan myyjään, vaihtamisen helppoudella sekä hyvällä markkinoinnilla on vaikutusta.

Sähkönmyyjän vaihtamatta jättämisen pääsyyt voidaan karkeasti jakaa aitoon asiakasuskollisuuteen, tietoiseen torjuntaan sekä inertiaan (passiivisuus, välinpitämättömyys, aikaansaamattomuus). Aidosti asiakasuskollinen kuluttaja *ei halua* vaihtaa minkään toisen sähkönmyyjän asiakkaaksi, vaikka saisi paremman tarjouksen. Aito asiakasuskollisuus on kuitenkin melko harvinaista. Usein kyse on tietoisesta torjunnasta tilanteessa, jossa kuluttajalla on perusteltu syy olla vaihtamatta sähkönmyyjää (esimerkiksi hyödyn vähäisyys).

On kuitenkin tavallista, että kuluttaja ei ole koskaan tehnyt päätöstä sähkönmyyjän vaihtamisesta suuntaan tai toiseen. Tällainen tilanne heijastelee lähinnä inertiaa: kuluttajaa ei ehkä kiinnosta, hän ei ole saanut aikaiseksi tai tullut edes ajatelleeksi asiaa.

Sähkömarkkinoiden erityispiirteitä

Sähkön laatu tuotteena sekä markkinoihin liittyvät ominaispiirteet vaikuttavat voimakkaasti siihen, että tietoinen torjunta ja inertia ovat syitä sähkönmyyjän vaihtamatta jättämiseen huomattavasti useammin kuin aito asiakasuskollisuus.

Sähkö on hyödyke, jota kaikkien on käytännössä pakko Pohjoismaiden olosuhteissa ostaa. Se on myös näkymätön, täysin homogeeninen tuote, jota ei usein ajatella. Sähkö on useimmille kuluttajille matalan kiinnostuksen tuote, jonka ostaminen on ”automaattista”; säännöllisiä valintatilanteita ei ole.

Kuluttajilla on melko vähän tietoa sähkömarkkinoiden toiminnasta, alan toimijoista sekä hinnoista. Alhaista tietoisuutta selittää matala kiinnostus, sähkönmyyjien vähäinen markkinointi sekä markkinoiden monimutkaisuus, joka vaatii kuluttajalta hieman perehtymistä. Sähkömarkkinat jakautuvat myynti- ja siirtomarkkinoihin, ja vain sähköenergian (sähkön myynti) osuuden voi kilpailuttaa. Sähkön siirto on edelleen paikallisten yhtiöiden monopolitoimintaa, johon kuluttaja ei voi valinnoillaan vaikuttaa. Sähkönmyyjillä on myös erilaisia myyntihintoja; listahintoja (ns. toimitusvelvollisuushintoja) oman verkkoalueensa asiakkaille sekä mahdollisesti tarjoushintoja sellaisille, jotka kilpailuttavat sähkönmyyjä.

Suuri merkitys on myös sillä, että sähkömarkkinoilla kuluttajan ei *tarvitse* tehdä mitään päätöstä. Mikäli kuluttaja ei toisin valitse, hän saa automaattisesti sähköä oman alueensa yhtiöltä kuten aina ennenkin.

Eroja Pohjoismaisilla sähkömarkkinoilla

Tanskan, Suomen, Norjan ja Ruotsin markkinat toimivat samantyyppisesti, mutta eroavaisuuksiakin on. Sähkönmyyjän vaihtamisella saavutettavat säästöt sekä vaihtamisen helppous ovat kaikkein olennaisimpia asioita kuluttajien vaihtoaktiivisuuden kannalta. Erittäin tärkeää on myös esimerkiksi sähkönmyyjien markkinointiaktiivisuus, mutta sitä on melko vaikea vertailla maiden välillä.

Säästöpotentiaali

Rahansäästö on yleisin motiivi sähkönmyyjän vaihtoon, joten saavutettavien säästöjen suuruus on olennaista. Säästöpotentiaalin suuruuteen vaikuttavat hintaerot toimijoiden välillä, kotitalouden käyttämän sähkön määrä sekä sähköenergian osuus kokonais-sähkölaskusta.

Sähkönmyyjien välisistä hintaeroista ei valitettavasti ole saatavilla vertailukelpoista tietoa eri Pohjoismaista. Suomessa säästöpotentiaali (keskimääräinen listahinta verrattuna halvimpaan tarjoushintaan) on kutistunut viime vuosina. Esimerkiksi vuonna 2007 säästöpotentiaali sähkölämmitteisessä omakotitalossa (18 000 kWh vuosikulutus) oli keskimäärin 62 euroa vuodessa. Säästöpotentiaali vaihtelee kuitenkin jatkuvasti markkinatilanteen mukaan, ja toisaalta osalle asiakkaista säästöt voivat aina olla huomattavasti suurempiakin. Tanskassa sähkönmyyjien väliset hintaerot taas ovat olemattomat, sillä sähkömarkkinaviranomainen määrittää hinnat kullekin toimijalle. Tämä tekee kilpailusta niin sähkönmyyjien kuin kotitalouksienkin näkökulmasta melko turhaa.

Mitä suurempi sähkönkulutus kotitaloudella on, sitä suuremmat ovat myös mahdolliset säästöt. Sähkölämmittäjät ovatkin muita hanakampia kilpailuttajia. Pohjoismaissa kotitalouksien sähkönkulutuksessa on varsin suuria eroja maiden välillä (taulukko 1). Lähes kaikilla norjalaisilla on sähkölämmitys ja siten Pohjoismaista ylivoimaisesti suurin kulutus.

Säästöpotentiaaliin vaikuttaa myös se, kuinka suuren osan sähkölaskustaan kuluttaja voi kilpailuttaa. Kuvio 1 osoittaa esimerkin avulla sähköenergian osuuden kotitalouksien kokonaislaskusta Pohjoismaissa: Tanska 25 %, Norja 40 %, Ruotsi 46 % ja Suomi 47 %.

Taulukko 1. Kotitalouksien käyttämä sähkön määrä Pohjoismaissa.

Maa	Kotitalouden sähkönkulutus keskimäärin	Sähkölämmityksen yleisyys
Tanska	4 000 kWh/vuosi	5 %
Suomi	7 000 kWh/vuosi	22 %
Norja	19 000 kWh/vuosi	98 %
Ruotsi	10 000 kWh/vuosi	33 %

Sähkönmyyjän vaihtamisen helppous

On tärkeää, että kuluttajat kokevat vaihtamisen helpoksi. Vaihtoprosessin tulee sujua helposti, nopeasti ja kuluitta. Lisäksi kuluttajilla tulee olla riittävästi luotettavaa ja puolueetonta tietoa markkinoiden toiminnasta, sähkönmyyjän vaihtamisesta, hinnoista sekä muista valintavaihtoehdoista.

48 Sähkönmyyjän vaihtamisesta ei peritä maksuja missään Pohjoismaissa, joskin Suomessa maksuton vaihto on rajattu yhteen kertaan vuodessa. Vaihtoprosessi on helppo: asiakas ottaa yhteyttä uuteen sähkönmyyjäänsä ja tekee sopimuksen tämän kanssa. Uusi myyjä hoitaa kuluttajan puolesta loput, myös vanhan sopimuksen irtisanomisen. Vaihtoprosessi kestää Norjassa 2 viikkoa, muissa Pohjoismaissa käytännössä 1-2 kuukautta. Norjassa vaihto on mahdollista tehdä aina maanantaisin, Tanskassa ja Ruotsissa kuukauden ensimmäisenä päivänä ja Suomessa koska tahansa. Kaiken kaikkiaan sähkönmyyjän vaihtaminen on tehty helpoksi kaikissa Pohjoismaissa. Vaikka pieniä eroavaisuuksia löytyy, niillä ei liene ratkaisevaa merkitystä.

Kaikissa Pohjoismaissa puolueettomat virastot (Suomessa Energiamarkkinavirasto) julkaisevat kattavasti tietoa sähkönmyyjien hinnoista [www-sivuillaan](#), joilla on myös neuvoja sähkönmyyjän vaihtamiseen. Tämän lisäksi Ruotsissa sähkömarkkinaviranomainen painattaa erilaisia tiedotuslehtisiä, ja maahan on myös perustettu eri virastojen yhteistyönä toimisto, joka neuvoo kuluttajia sähkömarkkinoilla.

Vaihtamisen helppous ja hyödyt avainasemassa

Tanskan kotitalouksien vähäinen liikehdintä sähkömarkkinoilla on ymmärrettävää, sillä maan sääntelyjärjestelmä minimoi hyödyn kilpailuttamisesta. Lisäksi sähkönkulutus kotitalouksissa on suhteellisen pieni ja sähköenergian osuus kokonaislaskusta Pohjoismaiden vähäisin.

Norjassa ja Ruotsissa sähkönmyyjän vaihtotiheys on kohtuullisella tasolla, kun taas Suomen kotitaloudet ovat jonkin verran passiivisempia. Norjan ja Ruotsin kotita-

louksien suurempaan aktiivisuuteen vaikuttanee ainakin suurempi sähkönkulutus (erityisesti Norjassa) ja vaihtamisen maksuttomuus kaikissa tilanteissa. Lisäksi virastojen tekemän tiedotuksen aktiivisuus Ruotsissa ja vaihtoprosessin lyhyys Norjassa todennäköisesti lisäävät kuluttajien aktiivisuutta.

Kun pyritään ymmärtämään syitä asiakkaiden aktiivisuuteen eri maissa ja arvioimaan markkinoiden toimivuutta, tarvittaisiin lisäksi kattavaa tutkimusta kuluttajien omista kokemuksista. Kuluttajien tyytyväisyys ja uskollisuus sähkönmyyjäänsä kohtaan, luottamus markkinoiden toimintaan, tietoisuus omista vaihtoehtoistaan sekä kokemus vaihtamisen helpoudesta ja hyödyistä ovat ratkaisevassa asemassa.

Kirjoitus perustuu kesällä 2008 julkaistuun konferenssipaperiin: Pakkanen, Merja; Johnsen, Tor Arnt; Olsen, Ole Jess & Närvä, Teemu: ”Differences in Consumer Activity at the Nordic Electricity Market – Searching for Explanations”. Norwegian Management School BI, Roskilde University ja VaasaEMG / Vaasan yliopisto tekevät Norwegian Research Councilin rahoittamaa yhteisprojektia pohjoismaisten sähkömarkkinoiden toiminnasta.

Lisätietoja: www.vaasaemg.com → Projektit → Retail

