

Materiaalit ja ympäristöturvallisuus

Soveltavaa tutkimusta ja tuotekehitystä

Hanne Soininen & Kari Dufva (toim.)



Hanne Soininen & Kari Dufva (toim.)

MATERIAALIT JA YMPÄRISTÖTURVALLISUUS

SOVELTAVAA TUTKIMUSTA JA TUOTEKEHITYSTÄ

Mikkelin ammattikorkeakoulu

D: Vapaamuotoisia julkaisuja – Free-form Publications

23



ETELÄ-SAVON
MAAKUNTALIITTO



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

Vipuvoimaa
EU:lta
2007–2013

MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU
Mikkeli 2013

MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU
D: Vapaamuotoisia julkaisuja – Free-form Publications
PL 181, 50101 Mikkeli
Puhelin 015 35 561

© Tekijät ja Mikkelin ammattikorkeakoulu
Kannen kuva: Juha Ojala
ISBN 978-951-588-399-5 (nid.)
ISBN: 978-951-588-400-8 (PDF)
ISSN 1458-7629
Ulkoasu ja taitto: Kopijyvä Oy
Kannen ja sisällön painatus: Kopijyvä Oy, Mikkeli

LUKIJALLE

Mikkelin ammattikorkeakoulu tarjoaa koulutuksen lisäksi soveltavaa työelämän ja julkisen sektorin kilpailukykyä edistävää tutkimus-, kehitys- ja innovaatiotoimintaa ja monipuolisia palveluja. Tutkimustoiminnassa sen ensisijainen tehtävä on edistää aluekehitystä ja vahvistaa maakunnan osaamista ja kilpailukykyä. Mikkelin ammattikorkeakoulu tarjoaa kehittämisympäristön alueen elinkeinoelämälle.

Materiaalit ja ympäristöturvallisuus – soveltavaa tutkimusta ja tuotekehitystä -julkaisuun on koottu Mikkelin ammattikorkeakoulun Materiaalit ja ympäristöturvallisuus -painoalan tutkimus- ja kehittämistoiminnasta kertovia artikkeleita. Painoalan monialainen yhteistyö tukee Etelä-Savon aluekehitystä sen keskeisillä toimialoilla.

Artikkeliteoksen monialaisissa artikkeleissa on kuvattu painoalan toimintaa niin paikallisesti kuin kansainvälisetkin. Kansainvälisen yhteistyön tuominen osaksi tutkimus- ja kehitystoimintaa mahdollistaa myös koulutuksen säilymisen elinkeinoelämän edellyttämällä tasolla. Opiskelijoiden osallistuminen kansainväliseen yhteistyöprojektiin Tansaniassa on esimerkki toiminnasta, jossa ammattikorkeakoulun opettajat ja opiskelijat pääsevät harjoittelemaan monikulttuurista toimintaa aidossa ympäristössä ja viemään eteläsavolaista osaamista maailmalle.

Tämän artikkeliteoksen toimittajat työskentelevät Materiaali- ja ympäristöalojen soveltavan tutkimuksen rakenteiden vahvistaminen -hankkeella. Tekijät kiittävät hankkeiden ja opinnäytetöiden rahoittajia ja yrityksiä yhteisen TKI-toiminnan mahdollistamisesta.

Mikkelissä 9.12.2013

Tekijät

KIRJOITTAJAT

Piia Aarniosalo, FM, ins. (AMK), projektiassistentti, Ympäristötekniikan koulutusohjelma
Mikkelin ammattikorkeakoulu, Energia- ja ympäristötekniikan laitos
piia.aarniosalo@mamk.fi

Johanna Arola, ins. (ylempi AMK), projektipäällikkö, Talotekniikan koulutusohjelma
Mikkelin ammattikorkeakoulu, Energia- ja ympäristötekniikan laitos
johanna.arola@mamk.fi

Dick Blom, DI, projektipäällikkö, Materiaalitekniikan koulutusohjelma
Mikkelin ammattikorkeakoulu, Energia- ja ympäristötekniikan laitos
dick.blom@mamk.fi

Markus Bruun, DI, projektiassistentti, Materiaalitekniikan koulutusohjelma
Mikkelin ammattikorkeakoulu, Energia- ja ympäristötekniikan laitos
markus.bruun@mamk.fi

Kari Dufva, TkT, tutkimuspäällikkö, Materiaalitekniikan koulutusohjelma
Mikkelin ammattikorkeakoulu, Energia- ja ympäristötekniikan laitos
kari.dufva@mamk.fi

Pia Haapea, TkL, tutkijayliopettaja, Ympäristötekniikan koulutusohjelma
Mikkelin ammattikorkeakoulu, Energia- ja ympäristötekniikan laitos
pia.haapea@mamk.fi

Leena Haikarainen, ins. (ylempi AMK), terveystarkastaja
Mikkelin seudun ympäristöpalvelut, Kangasniemen toimipaikka
leena.haikarainen@mikkeli.fi

Esa Hannus, ins. (AMK), paikkatietoasiantuntija
Mikkelin ammattikorkeakoulu, Sähkö- ja Informaatiotekniikan laitos
esa.hannus@mamk.fi

Mikko Haverinen, ins. (AMK), projektiassistentti, Materiaalitekniikan koulutusohjelma
Mikkelin ammattikorkeakoulu, Energia- ja ympäristötekniikan laitos
mikko.haverinen@mamk.fi

Merja Hämes, DI, lehtori
Mikkelin ammattikorkeakoulu, Metsätalouden laitos
merja.hames@mamk.fi

Kirsti Ilomäki, DI, projektipäällikkö, Materiaalitekniikan koulutusohjelma
Mikkelin ammattikorkeakoulu, Energia- ja ympäristötekniikan laitos
kirsti.ilomaki@mamk.fi

Kirsi Itkonen, MMM, lehtori, Metsätalouden koulutusohjelma
Mikkelin ammattikorkeakoulu, Metsätalouden laitos
kirsi.itkonen@mamk.fi

Mari Järvenmäki, ins. (ylempi AMK), tuntiopettaja, Ympäristötekniikan koulutusohjelma
Mikkelin ammattikorkeakoulu, Energia- ja ympäristötekniikan laitos
mari.jarvenmaki@mamk.fi

Panu Jouhkimo, DI, projekti-insinööri, Ramboll Finland Oy
panu.jouhkimo@ramboll.fi

Marjatta Lehesvaara, FM, tuntiopettaja, Ympäristötekniikan koulutusohjelma
Mikkelin ammattikorkeakoulu, Energia- ja ympäristötekniikan laitos
marjatta.lehesvaara@mamk.fi

Timo Antero Leinonen, MML, yliopettaja
Mikkelin ammattikorkeakoulu, Metsätalouden laitos
timo.leinonen@mamk.fi

Na Li, BSc In Environmental Technology
lina.siltala@gmail.com

Martti Kempainen, TkT, tutkimusjohtaja, Materiaalitekniikan koulutusohjelma
Mikkelin ammattikorkeakoulu, Energia- ja ympäristötekniikan laitos
martti.kempainen@mamk.fi

Juha Korpjarvi, TkT, yliopettaja, Sähkötekniikan koulutusohjelma
Mikkelin ammattikorkeakoulu, Sähkö- ja Informaatiotekniikan laitos
juha.korpjarvi@mamk.fi

Sami Luste, FT, tutkimuspäällikkö, Ympäristötekniikan koulutusohjelma
Mikkelin ammattikorkeakoulu, Energia- ja ympäristötekniikan laitos
sami.luste@mamk.fi

Kati Kontinen, MMM, tutkimuspäällikkö
Mikkelin ammattikorkeakoulu, Metsätalouden laitos
kati.kontinen@mamk.fi

Pasi Pakkala, MML, MH, yliopettaja
Mikkelin ammattikorkeakoulu, Metsätalouden laitos
pasi.pakkala@mamk.fi

Lotta Partanen, ympäristöinsinööri (amk)
Insinööritoimisto Tähtiranta Ympäristö Oy
lotta.partanen@pp.arms.fi

Hannu Poutiainen, FT, lehtori, Ympäristötekniikan koulutusohjelma
Mikkelin ammattikorkeakoulu, Energia- ja ympäristötekniikan laitos
hannu.poutiainen@mamk.fi

Eino Sarkola, FT, yliopettaja, Ympäristötekniikan koulutusohjelma
Mikkelin ammattikorkeakoulu, Energia- ja ympäristötekniikan laitos
eino.sarkola@mamk.fi

Jaana Seila, ins. (ylempi AMK), terveystarkastaja
Päijät-Hämeen sosiaali- ja terveysyhtymä, Ympäristöterveyskeskus, Hollolan osaamiskeskus
jaana.seila@phsotey.fi

Sari Seppäläinen, ins. (AMK), laborantti, Ympäristötekniikan koulutusohjelma
Mikkelin ammattikorkeakoulu, Energia- ja ympäristötekniikan laitos
sari.seppalainen@mamk.fi

Hanne Soininen, DI, tutkimusjohtaja, Ympäristötekniikan koulutusohjelma
Mikkelin ammattikorkeakoulu, Energia- ja ympäristötekniikan laitos
hanne.soininen@mamk.fi

Arto Sormunen, FT, koulutuspäällikkö, Ympäristötekniikan koulutusohjelma
Mikkelin ammattikorkeakoulu, Energia- ja ympäristötekniikan laitos
arto.sormunen@mamk.fi

Pentti Tiilikainen, ins. (ylempi AMK)
pentti.tiilikainen@nic.fi

Anne-Marie Tuomala, FM, MBA, Associate of IIB, lehtori,
Ympäristötekniikan koulutusohjelma
Mikkelin ammattikorkeakoulu, Energia- ja ympäristötekniikan laitos
anne-marie.tuomala@mamk.fi

Tuija Ranta-Korhonen, FM, ins. (AMK), projektityöntekijä,
Ympäristötekniikan koulutusohjelma
Mikkelin ammattikorkeakoulu, Energia- ja ympäristötekniikan laitos
tuija.ranta-korhonen@mamk.fi

Maritta Valtonen, ins. (ylempi AMK), vs. lehtori, Ympäristötekniikan koulutusohjelma
Mikkelin ammattikorkeakoulu, Energia- ja ympäristötekniikan laitos
maritta.valtonen@mamk.fi

Martti Veuro, M.Sc. (Eng), lehtori, Talotekniikan koulutusohjelma
Mikkelin ammattikorkeakoulu, Energia- ja ympäristötekniikan laitos
martti.veuro@mamk.fi

Petri Vitikainen, metsätalousinsinööri(AMK)

SISÄLTÖ

TULOSELLISTA MAAKUNNALLISTA TUTKIMUS- JA KEHITYSTOIMINTAA ELINKEINOELÄMÄLLE – TUTKIMUSTA YLI RAJOJEN..... 1

Hanne Soininen ja Kari Dufva

YMPÄRISTÖRISKIEN MALLINTAMISESTA5

Eino Sarkola

KÄYMÄLÖITÄ JA ELÄMYKSIÄ TANSANIASSA 14

Lotta Partanen ja Pia Haapea

PEURAN VANHAN SAHA-ALUEEN KUNNOSTUKSEN YLEISSUUNNITELMA 21

Pentti Tiilikainen ja Pia Haapea

INDOOR AIR QUALITY (IAQ) – USING TEMPORAL DATA AND GIS TO VISUALIZE IAQ IN CAMPUS BUILDINGS..... 28

Na Li, Esa Hannus ja Pia Haapea

AVOINTA YMPÄRISTÖTIETOA TKI-TOIMINNAN JA OPETUKSEN YHTEISTYÖNÄ 33

Johanna Arola ja Piia Aarniosalo

UUDEN LUOMUTIEDON TUOTTAMINEN..... 40

Mari Järvenmäki ja Tuuja Ranta-Korhonen

TUOREKASVISTEN TURVALLISUUTTA EDISTÄVÄ NÄYTTEENOTTOKOULUTUS MIKKELISSÄ..... 47

Marjatta Lehesvaara ja Hanne Soininen

MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU JA PIETARIN YLIOPISTOT YHTEISILLÄ VESILLÄ – OPISKELUA JA ELÄMYKSIÄ PIETARISSA..... 54

Arto Sormunen, Hannu Poutiainen ja Panu Jouhkimo

YMPÄRISTÖYRITTÄJYYS ON ENEMMÄN KUIN LIIKEVOITTO 61

Anne-Marie Tuomala

LUGABALT - PUHTAAMMAN ITÄMEREN PUOLESTA.....	69
Tuija Ranta-Korhonen ja Sami Luste	
BIOKAASUNTUOTANNON MAHDOLLISUUDET PIETARIN LÄHIALUEEN MAATI- LOILLA.....	74
Sami Luste ja Tuija Ranta-Korhonen	
HAJA-ASUTUSALUEEN JÄTEVESIEN KÄSITTELY VENÄJÄLLÄ	81
Tuija Ranta-Korhonen ja Hanne Soininen	
PAHKAHOMEEN SELVIYTYMINEN BIOKAASUPROSESSISSA.....	91
Sari Seppäläinen ja Tuija Ranta-Korhonen	
YMPÄRISTÖSTÄ AIHEUTUVIEN TERVEYSHAITTOJEN ARVIOINNIN OTTAMINEN OSAKSI KAIKKEA SUUNNITTELUA JA PÄÄTÖKSENTEKOA	100
Maritta Valtonen, Leena Haikarainen ja Jaana Seila	
MÄDÄTYKSEN PROSESSIVAIHTOEHDOT JA MALLIEN KÄYTTÖ OPTIMOINNISSA.....	113
Hannu Poutiainen	
TILUKSET TUOTTAMAAN -KIERTUE	122
Kati Kontinen	
DIGIMETSÄ – METSÄÄ VIRTUAALISESTI.....	128
Kati Kontinen ja Pasi Pakkala	
WOOD PROCUREMENT ENTREPRENEURSHIP – WOPE.....	133
Kirsi Itkonen	
METSÄPALVELUYRITYSTEN KEHITTÄMISVALMENNUS.....	141
Kati Kontinen ja Merja Hämes	
PUUTAVARAN KAUKOKULJETUS SIIRTOAUTOLLA	147
Petri Vitikainen, Kati Kontinen ja Timo Antero Leinonen	

SÄHKÖNJAKELUVERKON MALLINTAMINEN 153

Juha Korpijärvi

**ILMASTOINNIN SÄÄTÖSTRATEGIAN VAIKUTUS OPETUSTILOJEN SISÄILMASTO-
OLOSUHTEISIIN JA OPETUSRAKENNUKSEN ENERGIAN KULUTUKSEEN..... 157**

Johanna Arola ja Martti Veuro

LASIKUITULAMINAATIN OFF-AXIS-VÄSYMISTUTKIMUS 167

Mikko Haverinen

**LUJITEMUOVIJÄTTEEN MATERIAALIN JA ENERGIAN KIERRÄTYS
SEMENTTIUUNISSA..... 172**

Dick Blom, Markus Bruun ja Martti Kemppinen

**LUONNONKUITUKOMPOSIITTITIEN KÄYTTÖ JA MAHDOLLISUUDET
KOMPOSIITTITEOLLISUUDESSA 180**

Kirsti Ilomäki ja Kari Dufva

TULOSELLISTA MAAKUNNALLISTA TUTKIMUS- JA KEHITYSTOIMINTAA ELINKEINOELÄMÄLLE – TUTKIMUSTA YLI RAJOJEN

Hanne Soininen ja Kari Dufva

Mikkelin ammattikorkeakoulussa tehdään laadukasta ja monipuolista tutkimusta perustuen osaamiseen ja yrityslähtöisyyteen. Tutkimus ja kehitystoiminta on jaettu painoaloihin, joita ovat: kestävä hyvinvointi, materiaalit ja ympäristöturvallisuus sekä sähköinen arkistointi ja digipalvelut. Painoalat muodostavat monipuolisen toimintaympäristön, joka mahdollistaa poikkitieteellisen ja laaja-alaisen tutkimus- ja kehitystoiminnan. Tutkimuksen painopisteet kattavat yhteiskunnan ja ympäristön hyvinvoinnin sekä teknologiateollisuuden tarpeet ja yhdessä alueen muiden kehitysorganisaatioiden kanssa. Mikkelin ammattikorkeakoulussa tehtävä tutkimus tukee alueellista strategiaa maakunnan kehittämisessä.

Mikkelin ammattikorkeakoulun painoalat tukevat keskeisiä alueellisia strategioita ja toimintaohjelmia mukaan lukien Etelä-Savon maakuntaohjelma, jonka tavoitteena on lisätä uudistumisen, kasvun ja yrittäjyyden edellytyksiä Etelä-Savossa. Materiaalit ja ympäristöturvallisuus -painoala muodostaa tutkimuskentässä kokonaisuuden, joka tukee alueen elinkeinoelämän tutkimus- ja kehitystoimintaa erityisesti ympäristöturvallisuudessa, älykkäissä materiaali- ja energiaratkaisuissa, metsätaloudessa sekä kuituteknologiassa. Yrityslähtöisillä tutkimusprojekteilla edistetään yritysten toimintaedellytyksiä ja kilpailukykyä lisäämällä esimerkiksi materiaalitehokkuutta, uusiutuvien energialähteiden ja biomateriaalien käyttöä sekä tehostamalla sivuainevirtojen hallintaa. (Mamk 2013.)

Maakunnallisten yritysten ja elinkeinoelämän toimiminen kansainvälisessä ympäristössä edellyttää kehitystoiminnalta korkeaa tasoa, jotta kilpailukykyä voidaan lisätä. Materiaalit ja ympäristöturvallisuuden -painoalalla tehdään kansainvälistä tutkimusta yhteistyössä useiden eri yliopistojen ja korkeakoulujen kanssa. Painoalan kansainvälisen julkaisutoiminnan ja monimuotoisen verkostoitumisen ja yhteistyön tavoitteena on tuoda eri alojen ajanmukaisinta tietoa maakuntaan hyödynnettäväksi niin opetuksessa kuin tutkimuksessa. Tästä esimerkkinä ovat useat kansainväliset julkaisut sekä yhteistyötoiminta eri koulutusorganisaatioiden kesken. Kansainvälisellä toiminnalla lisätään myös korkeakouluyhteisön jäsenten monikulttuurista osaamista. Materiaalit ja ympäristöturvallisuus -painoalan tutkimustoimintaan tehdään niin alueellisesti, valtakunnallisesti kuin kansainvälisestikin.

Materiaalit ja ympäristöturvallisuus -painoalan tutkimusympäristön muodostavat Energia- ja ympäristötekniikan laitoksen LVI-tekniikan, materiaalitekniikan, ympäristötekniikan ja puutekniikan laboratoriot sekä Sähkö- ja informaatiotekniikan laitoksen sähkötekniikan laboratorio ja Savonlinnan kuitulaboratorio. Tutkimustyötä tehdään painoalan koulutusohjelmissa ja laboratorioissa hankerahoituksella, jossa korostetaan yritysälähtöisyyttä ja tuloksellisuutta.

Painoalan tutkimuksen perustoimintoja rahoitetaan ”Materiaali- ja ympäristöalojen soveltavan tutkimuksen rakenteiden vahvistaminen” -hankkeella, joka on Etelä-Savon maakuntaliiton EU-osarahoittama rakenteellisia toimintoja kehittävä hanke. Rakenteellisia toimintoja vahvistava hanke turvaa tutkimustoiminnan kehittämisen ja jatkuvuuden. Hankkeen tukemana on tehty useita eri rahoituslähteiden projekteja, joiden tulosten ensisijaisia hyödyntäjiä ovat olleet hankkeisiin osallistuneet alueen yritykset. Tutkimusten tuloksia on julkaistu kansallisesti ja kansainvälisesti. Tämän artikkeliteoksen toimittajat työskentelevät ”Materiaali- ja ympäristöalojen soveltavan tutkimuksen rakenteiden vahvistaminen” -hankkeessa.

Tässä artikkeliteoksessa esitellään Materiaalit ja ympäristöturvallisuus -painoalan TKI-toimintaa ja sen integroitumista opetukseen. Artikkeleita kuvaavat Energia- ja ympäristötekniikan -laitoksen talotekniikan, materiaalitekniikan, ympäristötekniikan koulutusohjelmien sekä Sähkö- ja informaatiotekniikan laitoksen ja Metsätalouden laitoksen TKI-toimintaa.

Ympäristötekniikan koulutusohjelman TKI-toiminta painottuu ympäristöturvallisuuteen. Tarkemmin tutkimustoiminta kohdistuu bioenergian tuotantoon ja uusiutuviin energiaratkaisuihin liittyvien teknologioiden kehittämiseen ja investointien edistämiseen, ekotehokkaisiin teknologisiin ratkaisuihin vesienkäsittelyn ja sivuainevirtojen hyötykäytön, tuotekehityksen ja jalostusasteen noston tiimoilta. TKI-toimintaa tehdään ympäristöriskien hallinnan ja mittaus-, mallinnus- ja monitorointitekniikoiden osalta niin kansallisesti kuin kansainvälisestikin.

Ympäristötekniikan koulutusohjelmasta on teokseen kirjoitettu artikkelit maa- ja metsätalousministeriön (laatuketju) rahoittamasta ”Uuden luomutiedon tuottaminen” -hank-

keesta, Etelä-Savon maakuntaliiton EU-osarahoittamasta ”OPEN – Etämonitoroinnin kehittäminen osana ympäristötekniikan koulutusta ja innovaatiotoimintaa” -hankkeesta, Hämeen ELY-keskuksen Euroopan maaseudun kehittämisen maatalousrahastosta rahoittamasta ”Tuorekasvien turvallisuuden parantaminen” -hankkeesta ja Euroopan unionin naapurisuusyhteistyöohjelmaa ENPI CBC 2007–2013 rahoittamasta ”Clean Rivers to the Healthy Baltic Sea” -hankkeesta. Lisäksi on esitelty tutkimustuloksia biokaasuntuotannon mahdollisuuksista Pietarin lähialueella, pakkahomeen selviytymisestä biokaasuprosessista ja mädätyksen prosessivaihtoehtoista ja mallien käytöstä optimoinnista.

Koulutusohjelman hankkeita yhdistää vahva TKI:n ja opetuksen integrointi sekä ympäristölaboratorioiden osallistuminen hanketoimintaan. Artikkeliteoksessa onkin esillä insinööri (AMK) -opinnäytetöitä Tansanian jätevesihuollon kehittämisestä, Peuran vanhan saha-alueen kunnostuksen suunnittelusta, sisäilman laadusta ja haja-asutusalueen jätevesien käsittelystä Venäjällä. Lisäksi on aiheeltaan yleisempiä artikkeleita ympäristöriskien mallintamisesta, ympäristöyrittäjyydestä, ympäristöstä aiheutuvien terveyshaittojen arvioimisesta sekä opiskelijayhteistyöstä Pietarin yliopiston kanssa.

Materiaalitehokkuus ja biopohjaisten materiaalien kehitys ovat tärkeässä roolissa materiaalitekniikan tutkimuksessa. Käynnissä oleva Lumi-hanke kehittää lujitemuovijätteen hyödyntämistä raaka-aineena ja energian tuottajana sementin valmistuksessa. Hankkeella edistetään suomalaisen lujitemuovijätteen kierrätystä mahdollistamalla lujitemuovijätteen polttaminen. Biolujite-hanke on osa VTT:n kanssa tehtävää tutkimusta luonnonkuitujen hyödyntämisestä muovikomposiiteissa. Hankkeessa toteutettu laiteinvestointi muun muassa mahdollistaa materiaalitekniikan ydinosaamiseen kuuluvan materiaalien pitkäaikaiskestotutkimuksen kehityksen. Väsymisilmiöitä käsitellään myös artikkelissa ”Lasikuitulaminaatin off-axis- väsymistutkimus”. Tutkimuksessa väsymistarkasteluun kehitetty menetelmä palvelee teollisuuden tuotekehitystä nopeuttamalla tuotekehityssykliä lyhentämällä testaukseen kuluva aikaa. Uudet testimahdollisuudet materiaalitekniikan laboratoriossa mahdollistavat entistä monipuolisemman tutkimustoiminnan alueen yrityksille.

Metsätalouden-laitoksen tutkimustuloksia esitellään Meke- ja Digimetsä-hankkeiden osalta. Lisäksi mukana ovat artikkelit Tilukset tuottamaan -roadshow yhteistyötoiminnasta Biosaimaa-klusterin kanssa sekä puutavaran kaukokuljetuksesta, jossa selvitetään metsäau-

tojen ja siirtoauton käytön kannattavuutta. Meke-hankkeen tavoitteena on koulutuksen keinoin vahvistaa ja kehittää metsäpalveluyritysten liiketoimintaa sekä luoda uutta yritys-toimintaa ja lisätä yritysten syntyä. Digimetsä-hankkeen tavoitteena on kehittää eteläsavo-laisen metsäopetuksen oppimisympäristöä ja työelämäyhteistyötä rakentamalla hankkeen avulla nykyaikainen, työelämän vaatimuksia vastaava oppimisympäristö niin kampusalu-eelle kuin maastoonkin ja luoda vahva yhteistyöverkosto. Tutkimusta ja yhteistyötä yli ra-jojen tehdään metsätalouden hankkeessa Wood procurement entrepreneurship (WOPE). Hanke toteutetaan yhteistyössä Leningradin alueen kanssa Venäjällä ja siinä annetaan kou-lutusta alueen metsäalan yrittäjille sekä koulutusorganisaatioille.

Talotekniikan koulutusohjelman opinnäytetyöhön perustuvassa artikkelissa ”Ilmastoinnin säätöstrategian vaikutus opetustilojen sisäilmasto-olosuhteisiin ja opetusrakennuksen ener-gian kulutukseen”, vertaillaan erilaisten ilmastoinnin säätöstrategioiden vaikutuksia luok-katilan sisäilmasto-olosuhteisiin ja opetusrakennuksen energiankulutukseen. Tarkastelun kohteena on todellinen luokkatila, jossa käytetään todellisia kuormituksia ja ilmanvaihdon käyttöaikoja.

Mikkelin ammattikorkeakoulussa on tehty pitkään tutkimusta sähkönjakeluverkon huollon ja investointien ajoittamisen ympärillä. Artikkelissa ”Sähkönjakeluverkon mallintaminen”, käsitellään investointien ajoittamiseen määriteltyä dynaamiseen optimointiin perustuvaa algoritmia ja jakeluverkon investointien priorisointiin kehitettyä ohjelmistoa.

LÄHTEET

YMPÄRISTÖRISKIEN MALLINTAMISESTA

Eino Sarkola

Lajimme synnystä lähtien meidän on selvitäksemme ja jatkaaksemme sukua täytynyt selvitä monista ympäristöön liittyvistä haasteista. Niitä ovat muun muassa jatkuva ruoan ja juomaveden etsiminen vältellen myrkyllisiä kasveja ja sieniä sekä pilaantunutta lihaa; infektiot ja loiset, jotka leviävät ihmisestä ihmiseen tai eläimestä ihmiseen usein ruoan, juomaveden tai hyönteisten välityksellä; loukkaantumiset kaatumalla, palovammat ja eläinten hyökkäykset; liian kylmät ja kuumat lämpötilat, sateet ja lumi; luonnon katastrofit ja muut haitalliset olosuhteet.

Joissakin ympäristöissä edellä mainitut ”perinteiset vaarat” vielä dominoivat ympäristöterveyttä, mutta ympäristöissä, joissa perinteisiä vaaroja on alettu saada kuriin, on tilalle tullut uusia teknologisesta ja teollisesta kehityksestä” aiheutuvia vaaroja (Yassi et al. 2001).

Hahmottelen aluksi ympäristöterveyden piirteitä yleisesti. Sen jälkeen käyn muutaman esimerkin avulla läpi eräitä ympäristöriskin mallinnustapoja.

Ympäristöterveys

WHO määrittelee *ympäristöterveyden* seuraavasti:

Environmental health addresses all the physical, chemical, and biological factors external to a person, and all the related factors impacting behaviours. It encompasses the assessment and control of those environmental factors that can potentially affect health. It is targeted towards preventing disease and creating health-supportive environments. This definition excludes behaviour not related to environment, as well as behaviour related to the social and cultural environment, and genetics. (WHO 2013.)

Ympäristöterveys pyrkii tavoitteisiinsa soveltamalla muun muassa *kommunikaatiota* (yleisesti kaikenlainen vaikuttaminen), sekä *takaisinkytkentää* (muun muassa arviointi, valvonta ja ohjaus). Kommunikaation ja takaisinkytkennän vuorottelu on yleinen luonnossa, yhteiskunnassa ja tekniikassa. Sen yleistä teoriaa on kutsuttu Norbert Wienerin mukaan *kybernetiikaksi* (sana tulee kreikan sanasta *kubernetes*, joka tarkoittaa perämiestä) (Wiener

1948). Kirjoissaan (1948, 1954 ja 1969) Wiener esittää tekniikan ja teollisuuden lisäksi sovelluksia muun muassa biologiaan, oppimiseen, fysiologiaan, kieleen, lakiin, tiedotusvälineisiin, politiikkaan ja tieteeseen. Nykyään teknologia alkaa olla oppivaa autoista yritysten laatujärjestelmiin ja kybernetiikasta on tullut osa arkipäivää.

Ympäristöriskien mallinnuksen perusteita

Mallien avulla voimme ymmärtää ja ennustaa ilmiöitä. Ympäristön terveystarvikkeiden arvioinnissa käytetyissä malleissa ilmiöt ovat suhteita riskin lähteen (esim. saastuttava tehdas), ympäristön tilan (esim. ilmakehän tila) sekä erilaisten terveydentilojen välillä. Mallit pyrkivät kuvaamaan, mitä tapahtuu ympäristön tilalle sekä terveydentilalle tietyissä olosuhteissa, esimerkiksi tietyn ympäristöpolitiikan vallitessa. Ympäristömallit ovat erityisen hyödyllisiä, jos ne tukevat sekä ennustamista, että ymmärtämistä. (Crawford-Brown 2010.)

Ympäristömallinnuksen ytimessä on tilan käsite. Tila on yhtä aikaa fyysikaalinen ja matemaattinen. Se kuvaa olosuhteita, jotka vallitsevat jossain avaruuden (joskus kaksikulotteisen pinnan) osassa jollain ajanhetkenä. Tila koostuu erilaisista kentistä. Esimerkiksi huoneessa oleva tupakan savu aiheuttaa kolmiulotteisen pitoisuuskentän ($\mu\text{g}/\text{cm}^3$) huoneeseen. Ilmassa leijuvat savuhiukkaset laskeutuvat myös huonekaluille ja muille pinnoille muodostaen kaksikulotteisia pitoisuuskenttiä ($\mu\text{g}/\text{cm}^2$). Huoneessa oleva henkilö altistuu kaikille näille kentille, joten huoneympäristön tila muodostuu kaikista edellä mainituista kentistä (Crawford-Brown 2010).

Ympäristön tarkka mallintaminen ajassa muuttuvina kenttinä on yleensä liian haastava tavoite ja käytännössä joudumme tyytymään karkeampiin malleihin. Malli voidaan karkeistaa yksinkertaisemmaksi esimerkiksi korvaamalla kentät *lokeroilla* (engl. *compartment*). Lokerolla tarkoitetaan tässä avaruuden osaa, jota pidetään riskin arvioinnissa yksittäisenä kokonaisuutena, ja missä tuon avaruuden osan epähomogeenisuus on korvattu keskiarvolla. Ympäristö mallinnetaan tällöin toisiinsa sidoksissa olevien lokeroitten systeeminä, missä yhteen lokeroon voidaan liittää esimerkiksi vain sen sisältämän saasteen massa tai sen pitoisuuden keskiarvo.

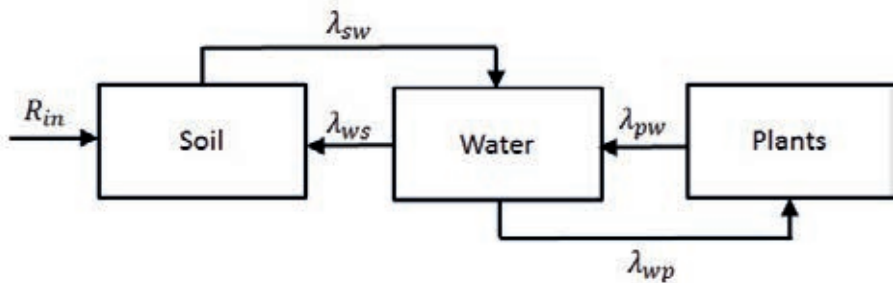
Lokeromallien ratkaisemisessa voidaan yksinkertaisissa tapauksissa nojautua analyyttiseen ratkaisuun. Käytännössä esiintyvät ympäristösystemit ovat kuitenkin usein hyvin moni-

mutkaisia, jolloin niiden realistisille malleille ei tunneta tai ei ole edes olemassa analyttisiä ratkaisuja. Useimmiten käytetäänkin numeerisia menetelmiä, joista tunnetuimpia ovat *Eulerin-* ja *Runge-Kuttan-*menetelmät.

Esimerkki altistus-vasteen mallintamisesta

Eräs ympäristösystemin malli

Tutkitaan erästä ympäristösystemiä käyttäen kuvan 1 mukaista lokeromallia (Crawford-Brown 2010).



KUVA 1. Erään ympäristösystemin malli (mukaellen Crawford-Brown 2010)

Olkoon R_{in} ulkopuolisesta lähteestä (esimerkiksi tehdas) tuleva saasteen virtaus maaperään. Merkitsemme lokeroiden välisiä saasteen siirtymisnopeuksia seuraavasti: λ_{sw} on virtaus maaperästä veteen; λ_{ws} on virtaus vedestä maaperään; λ_p on virtaus vedestä kasvillisuuteen ja λ_{pw} on virtaus kasvillisuudesta veteen.

Tällöin lokerojen massat $N_s(t)$, $N_w(t)$ ja $N_p(t)$ (g) eri ajanhetkellä t noudattavat seuraavaa mallia:

$$\frac{dN_s}{dt} = R_{in} + \lambda_{ws} N_w(t) - \lambda_{sw} N_s(t) \quad (1)$$

$$\frac{dN_w}{dt} = \lambda_{sw} N_s(t) + \lambda_{pw} N_p(t) - \lambda_{ws} N_w(t) - \lambda_{wp} N_w(t) \quad (2)$$

$$\frac{dN_p}{dt} = \lambda_{wp} N_w(t) - \lambda_{pw} N_p(t) \quad (3)$$

Malli voidaan ratkaista numeerisesti esimerkiksi taulukkolaskentaohjelmalla, kun lokerojen tila tarkastelun alussa tunnetaan.

Saasteen kulkeutuminen kehoon

Oletetaan seuraavaksi, että ympäristön tila on nyt tiedossa esimerkiksi mallin (1–3) mukaisena ratkaisuna. Saasteen terveysvaikutusten arvioiminen edellyttää, että tiedämme jotain siitä, millä nopeudella saaste siirtyy alueella olevan ihmisen tai eläimen kehoon.

Olkoot R_s , R_w ja R_p henkilön ravinnonoton nopeudet eri ympäristötyypeistä (yksikkönä esimerkiksi m^3/d). Tällöin saasteen siirtymisnopeus kehoon voidaan kirjoittaa muodossa:

$$R_{body}(t) = C_s(t)R_s + C_w(t)R_w + C_p(t)R_p \quad (4)$$

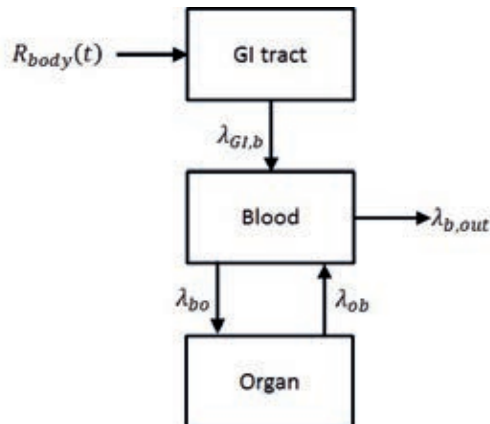
missä

$$C_s = N_s/V_s, C_w = N_w/V_w, C_p = N_p/V_p \quad (5)$$

ovat kunkin lokeron saastepitoisuudet (g/m^3). Ravinnonoton $R_{body}(t)$ yksiköksi saadaan näin g/d .

Saasteen kulkeutuminen kehossa

Kun saaste kulkeutuu kehoon, se siirtyy ruoansulatuselimiin (GI tract), absorboituu verenkiertoon (Blood) ja kiertää joidenkin sisäelinten (Organ) kautta ennen kuin poistuu kehosta (kuva 2).



KUVA 2. Saasteen kierto kehossa (mukaillen Crawford-Brown 2010)

Kuvan 2 lokeroiden väliset saasteen siirtymisnopeudet ovat: $\lambda_{g,b}$ virtaus ruoansulatuksesta vereen; λ_b virtaus verestä sisäelimeen; $\lambda_{b,o}$ virtaus sisäelimestä takaisin vereen, sekä $\lambda_{b,out}$ virtaus verestä kehon ulkopuolelle.

Olkoot $N_G(t)$, $N_b(t)$ ja $N_o(t)$ (g) kuvan 2 lokerojen sisältämät saasteen massat eri ajan hetkillä t . Jos kaikki mallin parametrit tunnetaan, samoin kuin alkutilanne, saasteen kulku kehossa määräytyy seuraavan mallin ratkaisuna:

$$\frac{dN_{GI}}{dt} = R_{body}(t) - \lambda_{GI,b}N_{GI}(t) \quad (6)$$

$$\frac{dN_b}{dt} = \lambda_{GI,b}N_{GI}(t) + \lambda_{ob}N_o(t) - \lambda_{b,out}N_b(t) - \lambda_{bo}N_b(t) \quad (7)$$

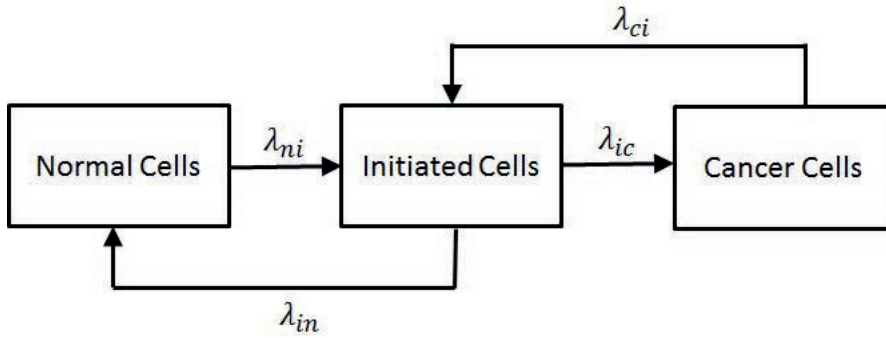
$$\frac{dN_o}{dt} = \lambda_{bo}N_b(t) - \lambda_{ob}N_o(t) \quad (8)$$

Altistus-vasteen ja riskin mallinnus

Tavoitteena on nyt määrittää terveysvaikutuksien (esim. syöpä) todennäköisyys populaatiossa, joka on altistunut edellä mallintamamme ympäristön saasteille.

Yksi tapa on käyttää niin sanottua *hajautettua kynnyksmallia* (engl. *distributed threshold model*). Hajautettu kynnyksmalli perustuu seuraavaan oletukseen: kullakin populaation yksilöllä on oma suurin kynnyksarvonsa T sille nopeudelle, jolla saaste voi kulkeutua kehoon ilman terveysvaikutuksia. Kynnyksarvo on yksilöstä riippuva satunnainen muuttuja, jonka jakauma voidaan estimoida tilastollisin keinoin. Oletetaan, että ympäristön tila on sellainen, että edellä kuvattu malli antaa saasteen siirtymisnopeudeksi kehoon arvon R . Tällöin negatiivisia terveysvaikutuksia kokeneiden ihmisten suhteellinen osuus on likimain $F(R)$, missä F on kynnyksarvon T kertymäfunktio.

Toinen, enemmän biologiaan pohjautuva malli on *tilavektorimalli* (engl. *state vector model*). Siinä kehon terveydentilan oletetaan kulkevan tiettyjen tilojen kautta. Kuvan 3 mallissa tiloja ovat terveet *normaalit solut* (*Normal Cells*), *altistuneet solut* (*Initiated Cells*), sekä *syöpäsolut* (*Cancer Cells*).



KUVA 3. Altistus-vasteen tilavektorimalli (mukaellen Crawford-Brown 2010)

Olkoon $N_o(t)$ edelleen saasteen määrä kohde-elimessä. Kuvaan 3 on merkitty tilasiirtymisiä kuvaavat nopeusvakiot: λ_{ni} : siirtyminen normaalista altistuneeseen tilaan; λ_{ic} : siirtyminen altistuneista syöpäsoluihin; λ_{ci} : siirtyminen syöpäsoluista altistuneisiin soluihin, sekä λ_{in} : siirtyminen altistuneista normaaleihin soluihin.

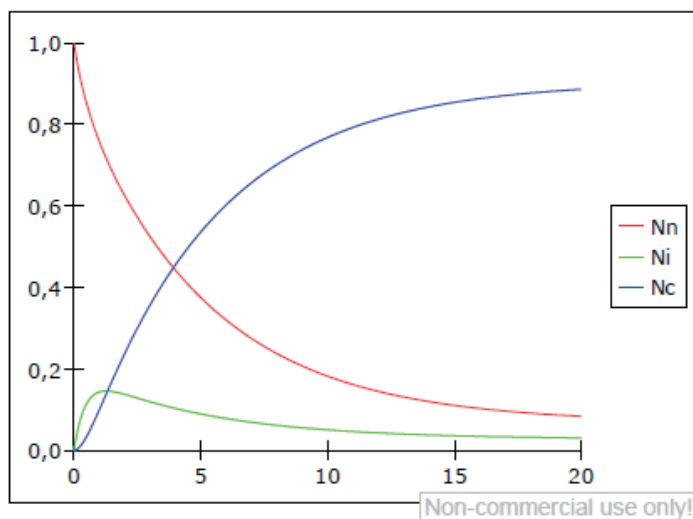
Malli kuvaa sisäelimen solun todennäköisyysjakauman eri tilojen välillä eri ajan hetkillä. Tässä mallissa saasteen ajatellaan aiheuttavan vaurioita sisäelimelle ja vievän terveydentilan jakaumaan kohti oikealla olevia tiloja. Kuitenkin myös siirtymisiä kohti vasemmalla olevia tiloja tapahtuu vahinkojen korjaantumisen kautta. Oikealle siirtymiset (vauriot) riippuvat lineaarisesti saasteen määrästä kohde-elimessä. Korjausprosessit (siirtymiset vasemmalle) sen sijaan eivät tässä mallissa riipu saasteen määrästä.

$$\frac{dN_n}{dt} = \lambda_{in}N_i(t) - N_o(t)\lambda_{ni}N_n(t) \quad (9)$$

$$\frac{dN_i}{dt} = N_o(t)\lambda_{ni}N_n(t) + \lambda_{ci}N_c(t) - N_o(t)\lambda_{ic}N_i(t) \quad (10)$$

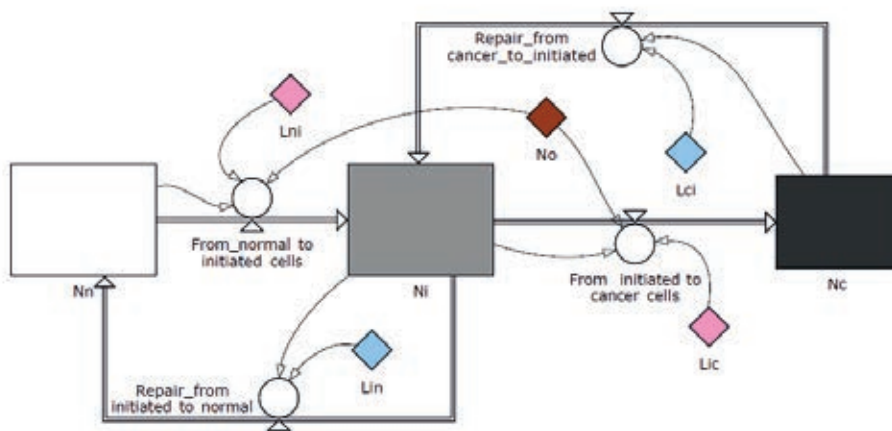
$$\frac{dN_c}{dt} = N_o(t)\lambda_{ic}N_i(t) - \lambda_{ci}N_c(t) \quad (11)$$

Kuva 4 esittää edellä kuvatun tilavektorimallin simuloinnin tulokset aikavälillä $t = 0, \dots, 20$ päivää, kun alkutilanteessa ei esiinny terveysvaikutuksia (toisin sanoen $N_n(0) = 1$, $N_i(0) = 0$ ja $N_c(0) = 0$), ja saasteen määrä sisäelimessä on vakio $N_o = 2,0$ g koko tarkasteluvälillä, sekä $\lambda_{ni} = 0,2 \frac{1}{\text{d}}$, $\lambda_{ic} = 0,03 \frac{1}{\text{d}}$, $\lambda_{ci} = 0,5 \frac{1}{\text{d}}$ ja $\lambda_{in} = 1,0 \frac{1}{\text{d}}$ (integrointimenetelmänä neljän asteen Runge-Kutta, $t = 0,01$ d).



KUVA 4. Tilavektorimallin simulointi

Mallinnuksessa ja simuloinnissa käytettiin systeemidynamiikan ohjelmistoa (Powersim) (kuva 5). Systeemidynamiikan kuvaustapa soveltuu hyvin myös saasteen virtausta kuvaavien lokeromallien tuottamiseen ja simulointiin ympäristösystemissä (kuva 1) ja kehossa (kuva 2).



KUVA 5. Tilavektori malli systeemidynamiikan ohjelmistolla

Johtopäätöksiä

Ympäristöterveys on ehkä tärkein osa ekologista lokeroamme, jolla pyrimme pitämään yllä ja kehittämään meille sopivaa ympäristöä. Kestävään ekolokeroon sisältyy myös yhteiselo muiden lajien kanssa, joten meidän tulee myös huolehtia siitä, että emme aiheuta tarpeettomia riskejä muulle luonnolle (Odling-Smee et al.; Pulliainen & Seiskari).

Haastava ympäristöterveyteen liittyvä uhka ympäristössä on omiaan käynnistämään riskien mallinnuksen. Tilanteeseen liittyvien oleellisten seikkojen huomioon ottaminen vaatii *herkkyyttä* ja *eläytymistä*, joiden kautta tietomme ja teknologiamme kehittyy. Erityisesti herkkyys edellyttää eri tieteen, tekniikan ja koulutuksen asiantuntijoiden yhteistyötä. Papert (1993) kutsuu tällaista strategiaa *emergentiksi* eli *kehkeytyväksi*. Suotuisampi ekolokero on omiaan lisäämään voimaantumista (Sarkola 2013, 165).

Engvist (2013) kiinnittää huomiota koulutuksen niin sanottuihin STEM-sisältöihin (S = Science, T = Technology, E = Engineering, M = Mathematics). Niitä pidetään yleisesti tärkeinä, mutta ongelmallista on se, että mitä kehittyneempi maa on kyseessä, sitä vähemmän opiskelijat ovat kiinnostuneita niistä. Oppimisen edellytyksenä näyttää olevan, että opiskelija tuntee sisällön itselleen henkilökohtaisesti tärkeäksi. Tällöin tärkeiksi nousevat ongelmalähtöiset menetelmät, joissa STEM-sisällöt otetaan luontevasti mukaan ajankoh- taisten ja haastavien ongelmien ratkaisemiseen. Ympäristöterveyden ongelmat ovat epäilemättä sellaisia.

LÄHTEET

- Crawford-Brown, D.J. (2010) *Mathematical methods of environmental risk modeling*. Kluwer Academic Publishers, Boston
- Enqvist, J. (2013). STEM-asiat tärkeitä, mutta eivätkö jaksa kiinnostaa? s. 81-88. Teoksessa *Koh-ti ammatillista huippuosaamista*. T. Eerola (toim.). Tammerprint Oy. Tampere. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-784-610-3>
- Odling-Smee, F. J., Laland, K. N., & Feldman, M. W. (2003). *Niche construction: The neglected process in evolution*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Papert, S. (1980). *Mindstorms, children, computers and powerful ideas. All about LOGO – how it was invented and how it works*. New York: Basic Books.
- Papert, S. (1993). *The children’s machine: Rethinking school in the age of the computer*. New York: Basic Books.
- Pulliaainen K., Seiskari P. (2011) *Luonnon ja ihmisen polut*. Maahankei.
- Sarkola, E. (2013). Sustainable engineering education as human niche construction. 10th JTEFS/BBCC Conference Proceedings. Sustainable development. Culture. Education. Reorientation of teacher education towards sustainability through theory and practice. May 22-25, 2012, Savonlinna. School of applied educational science and teacher education University of Eastern Finland. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-61-1112-4> .
- Wiener, N. (1948). *Cybernetics: control and communication in the animal and the machine*. Cambridge,MA: MIT Press.
- Wiener, N. (1954). *The human use of human beings: Cybernetics and society*. Boston: Houghton Mifflin.
- Wiener, N. (1969). *Ihmisestä, koneista, kielestä*. WSOY. (Pertti Jotunin suomennos teoksesta *The human use of human beings: Cybernetics and society*, 1954).
- WHO (2013). *Health topics, Environmental health*. WHO. http://www.who.int/topics/environmental_health/en/ . Luettu 9.10.2013.
- Yassi, A., Kjellström, T., de Kok, T., Guidotti, T.L. (2001). *Basic Environmental Health*. Oxford University Press.

KÄYMÄLÖITÄ JA ELÄMYKSIÄ TANSANIASSA

Lotta Partanen ja Pia Haapea

Mikkelin ammattikorkeakoulun ympäristötekniikan koulutusohjelman opiskelijat ovat olleet aktiivisia suorittamaan osan tutkintoon kuuluvasta harjoittelusta ulkomailla. Viime vuosina suosituimmat kohteet ovat olleet Nicaragua ja Nepal. Syksynä 2012, opiskelijoiden oman aktiivisuuden seurauksena, järjestyi kahdelle ympäristöinsinööriopiskelijalle mahdollisuus lähteä tutustumaan ja kehittämään sanitaatio-olosuhteita Tansaniaan.

Syyskuussa 2012 Lotta Partanen ja Juha Ojala lähtivät kohti Tansaniaa Finngap-nimisen organisaation kautta. Itse harjoittelun käytännön järjestämisestä huolehti rekisteröity kansalaisjärjestö Art in Tanzania, jolla on kokemusta vapaaehtoistyö- ja työharjoitteluprojekteista. Ympäristötekniikan opintoihin hyvin soveltuva hygieniatason/osaamisen selvitystyö sekä kuivakäymälän suunnittelu, rakentaminen ja siihen liittyvän ohjeistuksen laatiminen olivat pääosa opiskelijoiden toimenkuvaa. Keväällä 2013 Lotta Partanen sai valmiiksi erinomaisen opinnäytetyön ”Koulujen sanitaatiotilanne Tansaniassa - Dar es Salaamin ja Moshin alueilla”, jossa käsitellään otsikon aihealueen lisäksi kattavasti kehittyvien maiden hygieniaoletuksia ja niiden kehittämiseen tähtäävistä toimista. Opiskelijoiden suunnitteleman ja rakennuttaneen käymälän käyttökokemukset olivat erittäin positiivisen ja onkin odotettavissa, että uusien käymälöiden rakentamista suunnitellaan ainakin yhteen Dar es Salaamin kouluista.

Toteutuksesta

Opiskelijat työskentelivät harjoittelunsa aikana pääosin Tansanian suurimmassa kaupungissa Dar es Salaamissa sekä pari viikkoa Kilimanjaron seudulla Moshissa Pohjois-Tansaniassa. Projektin päämääränä oli selvittää paikallisten koulujen sanitaatiotilannetta sekä miettiä mahdollisia ratkaisuja sanitaatio-olojen parantamiseksi. Toisena tavoitteena oli suunnitella ja aloittaa kuivakäymälöiden rakentaminen paikallisiin kouluihin.

Projekti aloitettiin tutustumalla paikallisten koulujen sanitaatiotilanteeseen vierailemalla yhteensä 15 eri koulussa Dar es Salaamissa ja Moshissa (kuva 1). Kouluihin suunnattiin

yleensä paikallisen tulkin ja oppaan kanssa. Koulut olivat pieniä ja alkeellisia rakennuksia, todella paljon ahkeria, iloisia ja tyytyväisiä oppilaita, vaikka kouluilla ei juurikaan ole rahaa ostaa esimerkiksi oppikirjoja tai kyniä.

Kouluissa muun muassa haastateltiin opettajia, havainnoitiin koulujen sen hetkistä hygienia-tilannetta ja lasten toimintaa sekä otettiin kokonaisbakteerinäytteitä pulpettien pinnoilta. Haastattelujen tarkoituksena oli saada selville opettajien mielipiteitä erityisesti nykyisestä hygienia-tilanteesta sekä suhtautumisesta kuivakäymälöiden käyttöön kouluissa.



KUVA 1. Vastaanotto paikalliselle koululle saavuttaessa Moshin kaupungissa (kuva Juha Ojala)

Kuivakäymälän rakentaminen

Toinen projektin osuus eli kuivakäymälöiden rakentaminen aloitettiin suunnittelemalla ja piirtämällä tarkat käymälän rakennusohjeet. Ensimmäinen kuivakäymälä rakennettiin erään köyhän käymälättömän perheen maatilalle. Käymälän rakentamisesta vastasi paikallinen työntekijä. Valmista käymälää ja sen toimivuutta tutkittiin monilla pistokäynneillä, joiden lisäksi perhettä ohjeistettiin käymälän käyttöön, käymäläjätteen hyötykäyttöön sekä hyvään hygieniaan.

Käymälän rakentamisesta, käytöstä ja hygieniaohteista tehtiin kuvalliset ja tarkat ohjeet, jotka koottiin erillisille nettisivuille (http://users.tkk.fi/kaipaia1/dry_toilets_in_tanzania/index.html). Näiden ohjeiden avulla pyrittiin varmistamaan, että käymälöiden rakentaminen ja käyttö onnistuisi myös jatkossa (kuva 2). Valmiin käymälän seuraamisen ohella myös virtsaa ja sen hyödyllisyyttä lannoitteena tutkittiin erilaisten bakteeritestien ja kasvatuskokeiden avulla. Pohjimmaisena ideana tässä oli todistaa paikalliselle perheelle se, että virtsa todella on myrkytöntä ja bakteeritonta sekä sopii erittäin hyvin lannoitteena paikallisille kasveille.



KUVA 2. Paikallinen perheenäiti rakentaa käymälän seiiniä (kuva Juha Ojala)

Mahtavia elämyksiä...

Projektin ohella päästiin tutustumaan erilaisiin paikallisiin tapoihin ja ruokiin erityisesti Dar es Salaamin slummimaisilla syrjäisemmillä seuduilla ja rauhallisella maalaisseudulla. Maalla syötiin nuotiolla valmistettua ugalia ja pavunversoja, ja keskustassa puikkelehdittiin kolmi-pyöräisten tuctucien kyydissä ennennäkemättömissä ruuhkissa. Paikallisissa kirkoissa ihasteltiin menevää yhteislaulua ja iltaisin nautimme isolla porukalla hienoista auringonlaskuista.

Dar es Salaamin vilkkaiden katujen lisäksi ehdimme myös nauttia Moshin kotoisesta kaupungista ja mahtavasta Kilimanjarosta. Suuntasimme myös vajaan viikon mittaiselle safarille Serengetin ja Ngorongoron ainutlaatuisiin kansallispuistoihin tutustumaan mahtavaan luontoon ja villieläimiin (kuva 3). Loppumatkasta matkustettiin vielä kuuluisalle Sansibarille nauttimaan upeista hiekkarannoista, koralleista, delfineistä ja jättiläiskilpikonnista. Kolmen kuukauden työharjoittelun aikana tuli todellakin nähtyä paljon sellaista, josta oli aina vain haaveillut.



KUVA 3. Seeproja Serengetissä (kuva Juha Ojala)

...mutta myös haasteita

Upean arjen ja mahtavien elämyksien ohella saimme nähdä myös Tansanian synkkää puolta. Suuren köyhyyden ja korruptoituneisuuden vuoksi maassa on suhteellisen levotonta. Valkoichoisten aseelliset ja väkivaltaiset ryöstöt ovat surullisen yleisiä. Myös naisten asema on Tansaniassa todella huono, minkä takia erityisesti naiset eivät saa liikkua kaduilla yksin. Paikallinen liikenne on erittäin kaoottista. Harmiksemme jouduimme todistamaan kerran paikallisen teinityön pari päivää kestäväät hautajaiset.

Köyhyyden lisäksi ongelmia Tansaniassa aiheuttaa erityisesti malaria. Se on hyvin yleinen erityisesti Dar es Salaamin alueella ja matkasta vajaa kaksi viikkoa menikin malariaa sairast-

taessa (kuva 4). Malarialääkkeet maksavat euroissa alle kaksi euroa, mutta paikallisilla niihin ei ole varaa. Myös hyttysverkoja on hyvin harvalla, minkä takia kuolleisuus malariaan on Tansaniassa hyvin arkipäivää.

Keskustan ympärillä olevilla slummialueilla ei ole viemäröintiä tai kunnollista jätehuoltoa, minkä takia hyvin moni paikka muistuttaa kaatopaikkaa. Sadekaudella erityisesti nämä slummialueiden kuoppaiset tiet tulvivat todella pahasti ja näin ollen taudit leviävät.



KUVA 4. Dar es Salaamin slummialuetta sateen jälkeen (kuva Juha Ojala)

Uusia kokemuksia rikkaampana

Paluu turvalliseen, rutiininomaiseen ja moderniin Suomeen tuntui mukavalta kolmen kuukauden suhteellisen alkeellisen elämän jälkeen. Tuliaisena matkasta jäi kuitenkin monia hyviä muistoja ja valokuvia. Ammatillisessa mielessä projekti oli todella opettava: mieleen jäi hyvä kuva kehitysyhteistyön käytännön töistä ja sen kestävyuden varmistamisesta, omaaloitteisuuteni vahvistui, sain hyvää harjoitusta projektin suunnittelu- ja johtamistöistä, ja kielitaito karttui todella paljon.

Henkilökohtaisesti työskentely ja asuminen Tansaniassa opettivat todella paljon kärsivällisyyttä, avarakatseisuutta, uskaliaisuutta, rohkeutta ja ehkä hieman kylmähäpäisyyttä (kuva 5). Kokemus opetti myös kohtaamaan pienet vastoinkäymiset turhia murehtimatta.



KUVA 5. Lapsia Sansibarin rannalla (kuva Juha Ojala)

Projekti jatkuu

Työtä Tansaniassa sanitaatio-olosuhteiden parantamiseksi on todella paljon, mutta pienikin askel on tärkeä parempaan tulevaisuuteen tähdittäessä. Projektimme on jatkunut Tansaniassa myös sieltä lähtömme jälkeen. Tällä hetkellä muun muassa yksi käymälän puutteesta kärsinyt koulu on saanut itselleen modernin ja toimivan kuivakäymälän. Lisäksi muun muassa käsienspesuun ja yleiseen hygieniaan on alettu kiinnittää nykyistä enemmän huomiota, ja muun muassa erilaisia opetustilaisuuksia on suunnitteilla paikallisiin kouluihin.

Suomeen paluun jälkeen totesimme, että ainakin yksi köyhä perhe on saanut ansiostamme käyttöönsä modernin ja toimivan käymälän. Toivoimme, että se olisi vain pieni sysäys projektin kunnolliselle käynnistymiselle. Nyt näyttääkin siltä, että toiveemme saattaa jopa toteutua.

Lisää opiskelijoiden kokemuksista ja valokuvia on luettavissa blogista: ihmettelya-afrikassa.blogspot.fi/. Juha Ojala yhdisti matkaansa myös pitkäaikaisen harrastuksensa valokuvauksen (kuva 6). Valokuvista on koottu näyttely, joka on esillä 28.1. – 14.2.2013 Kouvolan kirjastossa. Juha Ojala teki myös laajemman yhdeksää eri aihetta käsittävän 53. kuvan kuvaesitelmän ”Ekvaattorin alla: Kolme kuukautta Tansaniassa”. Jokaiseen aiheeseen on kirjoitettu kuviin sopivat tekstit. Juha Ojalan ottamia kuvia on käytetty myös Art in Tanzanian Facebook-sivustolla ja Art in Tanzanialle työskentelevän journalistin tekemässä lehti jutussa.



KUVA 6. Masai-kylän lapsia Ngorongrossa (kuva Juha Ojala)

PEURAN VANHAN SAHA-ALUEEN KUNNOSTUKSEN YLEISSUUNNITELMA

Pentti Tiilikainen ja Pia Haapea

Artikkelissa käsitellään Mikkelin ammattikorkeakoulun ympäristötekniikan ylempään ammattikorkeakoulun opinnäytetyötä vuodelta 2013. Opinnäytetyö pohjautuu Suomenjoella sijaitsevan Peuran vanhan saha-alueen kunnostuksen yleissuunnitelmaan laatimiseen. Suunnitelmassa pyrittiin yhdistämään alueen maankäyttö, massatalous ja lähialueen maanrakennushankkeet yhteen niin, että saavutetaan mahdollisimman kustannustehokas malli mahdollistaen alueen yhdyskuntarakenteen eheyttäminen. Kunnostuksen yleissuunnitelma laadittiin valtioneuvoston asetuksen 214/2007 (VNa 214/2007) asettamien tavoitteiden mahdollistamien rajojen mukaisesti. Työn toteutus toteutui yhteistyössä Suomenjoen kaupungin ja Pohjois-Savon elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen kanssa.

Tiilikaisen opinnäytetyö on eriomainen esimerkki YAMK-opintojen ja siihen liittyvän opinnäytetyön integroinnista vaativien ja laajojen työelämälähtöisen ongelmien ratkaisemiseksi. Tiilikainen pystyi työssään erinomaisesti yhdistämään YAMK-opintojen aikana saadun ympäristötekniikan syventävää osaamista aikaisempien maanmittausinsinöörin opintoihinsa.

Pilaantuneiden maiden käsittelyyn liittyvää lainsäädäntöä

Suomessa ei ole säädetty erillistä pilaantuneiden maa-alueiden kunnostamista koskevaa lakia. Ympäristönsuojelulakia (86/2000) sovelletaan 1.1.1994 jälkeen tapahtuneisiin maaperän ja pohjaveden pilaantumistapauksiin. Vanhoja pilaantuneista alueita koskevat keskeiset säännökset ovat jätehuoltolaissa (673/1978). Vastuu ennen jätehuoltolain voimaantuloa (31.3.1979) tapahtuneesta maaperän pilaantumisesta määräytyy sovellettavan lain mukaan.

Kunnostushankkeisiin sovelletaan pääasiallisesti jätehuoltolainsäädäntöä eli jätehuoltolakia (673/1978) ja jätelakia (1072/1993) sekä ympäristönsuojelulakia (86/2000). Tapauksesta riippuen voidaan soveltaa myös muita lakeja. Viranomaisasutuksista keskeisimpiä ovat VNa 214/2007 ja ympäristönsuojeluasetus 169/2000.

Peuran saha-alue

Suonenjoella, Iisvedellä perustajansa Heikki Peuran mukaan nimetyn sahan toiminta alkoi vuonna 1896. Rauma Repola Oy:n omistukseen saha siirtyi vuonna 1972 ja sahaustoiminta loppui vuosien 1982–1983 vaihteessa. Saha-alueella suoritettiin puutavaran kuorimista, sahausta, kyllästystä sekä liimapalkkien valmistusta (kuva 1).



KUVA 1. Peuran saha-alueen lähiympäristöä (mukaellen Maanmittauslaitos)

Lautatavaran lahonsuojauksessa sahallä käytettiin vuodesta 1951 vuoteen 1982 saakka kotimaista KY-5-ainetta. KY-5-valmiste sisälsi tetrakloorifenolia, trikloorifenolia sekä pentakloorifenolia. Valmisteessa esiintyi epäpuhtautena polykloorattuja dibentso-p-dioksiineja ja -furaaneja (PCDD/F). Kaikkiaan KY-5-ainetta arvioidaan käytetyn 31 vuoden aikana alueella noin 36 500 kg. Paineekyllästystoimintaa sahallä harjoitettiin vuosina 1957–1986 välillä. Kyllästysaineina käytettiin Kemiran K-33-nimistä ainetta sekä englantilaisvalmisteista Tanalith CCA Oxide C -nimistä ainetta. CCA-kyllästeet ovat sisältäneet tehoaineina 95 %:sti arseenia, kromia ja kuparia.

Saha-alueen maaperää tutkittiin ensimmäisen kerran vuonna 1987. Tutkimusta tarkennettiin vuosina 1988 ja 1989 suoritetuilla maaperätutkimuksilla. Toteutettujen tutkimusten pohjalta saha-alueella suoritettiin massanvaihto kunnostustoimenpiteenä alueella esiinty-

vien arseeni- ja kloorifenolipitoisuuksien poistamiseksi. Vuonna 1996 saha-alueella toteutettiin ensimmäinen dioksiini- ja furaani-pitoisuuksien näytteenotto, jossa todettiin VNa 214/2007 ylemmän ohjearvon ylittäviä PCDD/F-yhdisteiden pitoisuuksia. Tämän jälkeen saha-alueella on suoritettu vielä kolme eri maaperätutkimusta, joiden perusteella alueella on todettu olevan edelleen kunnostustarve PCDD/F-yhdisteiden osalta.

Vanha saha-alue koostuu kahdesta kiinteistöstä 778-422-1-29 Sahala ja 778-412-34-51 Peurala. Kiinteistöistä Sahala 1-29 on ollut toiminnan kohdealueena, ja pilaantunut maaperä sijoittuu yksin sen alueelle. Kiinteistö 34-51 on toiminut sahan tapulialueella, eikä alueen maaperässä ole enää mitattu kohonneita haitta-ainepitoisuuksia. Kiinteistön maaperällä on kuitenkin kunnostustarve, joka koostuu kiinteistöllä olevista sekalaisista puupohjaisista täyttömaista. Sedimentistä kiinteistöjen edustalta on mitattu VNa 214/2007 ylemmän ohjearvon ylittäviä PCDD/F-yhdisteiden pitoisuuksia, ja näin ollen myös sedimenttiin kohdistuu kunnostustarve.

Kunnostussuunnitelman laatimisen yhteydessä kesällä 2012 vanhalla saha-alueella toteutettiin vielä yksi maaperätutkimus, jolla haluttiin tarkentaa pilaantuneen alueen sijaintia, kiinteistöillä olevien täyttömaiden sijaintia ja määrää sekä sedimentin haitta-ainepitoisuuksia. Tutkimuksien valmistumisen jälkeen alueelta voitiin muodostaa riittävän tarkka ja luotettava kokonaiskuva. Taulukossa 1 on esitetty kesän 2012 tutkimusten jälkeen kiinteistöillä 1-29 VNa 214/2007 kynnysarvon ylittävien haitta-aineiden pitoisuudet.

Suoritettujen tutkimusten avulla todettiin pilaantuneen maa-alueen suuruudeksi noin 2020 m², pilaantuneen maa-ainesten määrä on noin 2 220 m³. Varsinaisen ns. hot spot-alueen kooksi osoittautui noin 590 m² ja massamääräksi 650 m³. Pilaantuneen maan ohella Peuran kiinteistöllä on runsaasti erilaisia täyttömaita, joiden poistaminen on välttämätöntä massojen heikon kantavuuden perusteella rakennettaviksi osoitettavista kohteista. Täyttömaiden peittämän alueen laajuudeksi tarkentui noin 65 100 m² ja massamääräksi noin 104 500 m³. Sedimentin osalta kunnostuksen laajuudeksi on laskettu koko ranta-alueella 12 metriä rantaviivasta. Uimarannan kohdalla peitto ulottuu 24 metrin etäisyydelle rantaviivasta. Peittokerroksen paksuus sedimentin päällä on noin 0,5–1 metriä. Pinta-ala peitettävällä sedimentillä on 7700 m², jolloin keskimääräisen peittopaksuuden ollessa 0,75 metriä massantarpeeksi muodostuu 5 800 m³.

TAULUKKO I. Kiinteistön I-29 kynnysarvon ylittävät haitta-aine pitoisuudet

Haitta-aine	VNa 214/2007			Ymp. Hallinnon ohjeita 2/2007	Kiinteistöllä I:29 mitattu suurin pitoisuus
	Kynnysarvo mg/kg	Alempi ohjearvo mg/kg	Ylempi ohjearvo mg/kg	Ongelmajäterajearvo mg/kg	
PCDD/ F-yhdisteet (I-TEQ)	1,00E-05	0,0001	0,0015	0,015	0,27
2,3,4,6 - tetra- kloorifenoli	0,5	5 (e)	40 (e)	2500	21
Pentakloori- fenoli	0,5	10 (t,e)	20 (e)	1000	18
Arseni (As)	5	50 (e)	100 (e)	1000	21
Kupari (Cu)	100	150 (e)	200 (e)	2500	290

Kunnostuksen yleissuunnitelman laadinta

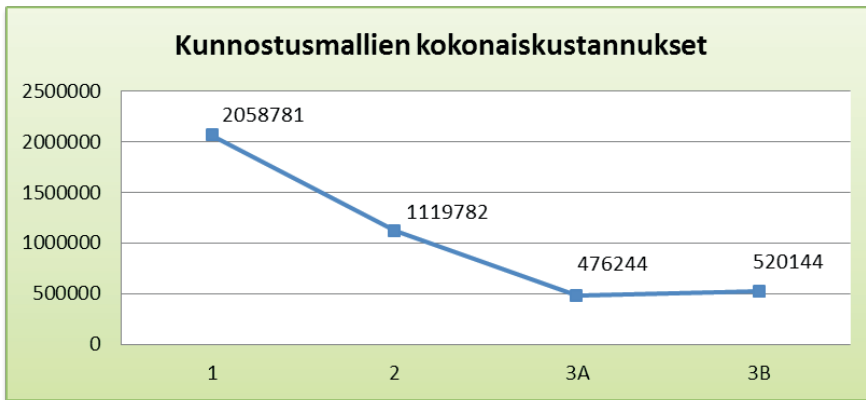
Ensimmäiset saha-alueiden maaperän kunnostukset alkoivat 1980-luvulla. Hyvin pitkään ainoa käytetty kunnostusmenetelmä oli massanvaihto, ja pilaantuneet maat sijoitettiin kaatopaikoille. Nykyisin tämä käytäntö on muuttumassa ja pyrkimys onkin automaattisen massanvaihdon sijaan kunnostaa maaperäalueen tulevan käyttötarkoituksen mukaiseksi, samalla yhdistäen kunnostus muiden lähialueen maanrakennushankkeiden kanssa. Näin toiminnalla voidaan vähentää syntyvää jätettä ja saavuttaa kustannussäästöjä. Tämä ajatus oli myös tässä kunnostuksen yleissuunnitelmassa laaditun oman kaavamallin lähtökohtana.

Maaperätutkimusten suorittamisen jälkeen kunnostuksen yleissuunnitelman tavoitetta lähdettiin tarkastelemaan kolmen eri kunnostusmallin osalta, jotka erosivat toisistaan lähtökohtaisilta ajatuksilta sekä kunnostuksen lopputuloksen osalta seuraavasti:

- Malli 1, jossa toteutetaan alueen täydellisen kunnostaminen, jonka jälkeen kiinteistöille ei jää VNa 214/2007 alemman ohjearvon ylittäviä haitta-ainepitoisuuksia. Myös kiinteistöjen täyttömaat poistetaan täydellisesti. Mallissa kunnostuksessa syntyvien massojen sijoituspaikkana käytetään kaatopaikkasijoitusta, ja alueelle tuotava puhdas täyttömaa saadaan noin viiden kilometrin säteeltä kohdealueesta.

- Malli 2, jonka lähtökohtana oli alueen rakennuskiellossa olevan asemakaavan käyttöönottamisen mahdollistava kunnostus. Kiinteistöille jää VNa 214/2007 ylempään ohja-arvon ylittäviä PCDD/F-pitoisuuksia. Pilaantuneet maa-alueet peitetään asfaltilla. Täyttömaat poistetaan kiinteistöiltä tarvittavissa määrin rakennusteknisin perustein. Mallissa kunnostuksessa syntyvien massojen sijoituspaikkana käytetään mallin 1 mukaisesti kaatopaikkasijoitusta ja alueelle tuotava puhdas täyttömaa saadaan noin viiden kilometrin säteeltä kohdealueesta.
- Mallien 3A ja 3B lähtökohdaksi laadittiin neljä omaa kaavaluonnosta, joista yksi valittiin tarkempaan laskemiseen jatkossa. Kaavaluonnosten suunnitteluperiaatteena oli minimoida massanvaihdon tarve kiinteistöillä; kaava ikään kuin laadittiin pilaantuneisuuden pohjalta, jolloin kaavan käyttötarkoituksessa huomioitiin pilaantuneiden alueiden sijainti. Mallissa 3A ei tule ollenkaan massanvaihtoa pilaantuneille alueille, jolloin maaperään jää ongelmajätteen tason ylittävä PCDD/F-yhdisteiden pitoisuus. Mallissa 3B maaperään jää VNa 214/2007 ylempään ohjearvon ylittäviä pitoisuuksia PCDD/F-yhdisteitä. Mallin molemmissa vaihtoehdoissa pilaantuneen alueen päälle rakennetaan noin 4 metriä korkea tekokukkula, jolla haitta-aineiden leviäminen pystytään estämään. Täyttömaat poistetaan, kuten mallissa 2, tarvittavissa määrin rakennusteknisin perustein. Malleissa kunnostuksen yhteydessä syntyvät massat käytetään kohdekiinteistöillä täyttö- ja peittomassoina; jos ylijäämä massoja syntyy, käytetään ne lähialueen maanrakennuskohteissa. Alueella tarvittavat puhtaat täyttömangat saadaan malleissa samalta kiinteistöltä, jolloin kuljetuskustannukset pystytään minimoimaan, samoin kaatopaikkasijoitusta pyritään välttämään.
- Sedimentin kunnostusmenetelmä on sama kaikissa malleissa: sedimentin päälle levitetään suodatinkangas, joka peitetään vähintään 0,5 metrin paksuisella puhtaalla maainekerroksella.

Eri malleissa syntyvien massamäärien selvittämisen jälkeen pystyttiin mallien niin osa- kuin kokonaiskustannukset laskemaan yhteen Pohjois-Savon ELY-keskukselta saatujen keskimääräisten yksikkökustannusten avulla. Osakustannuksissa syntyneet kustannusvaihtelut kasvoivat mallien kokonaiskustannuksissa varsin merkittäviksi summiksi. Kustannuslaskennassa malleissa 3A ja 3B on huomioitu myös kunnostuksen yhteydessä syntyvien, ja lähialueen maanrakennustyömaille vietävä hyötykäytettävä maa-ainekas malleissa positiivisena tulona, joka on vähennetty mallien kunnostuksen kokonaiskustannuksista. Menettelyn kautta saatava kustannushyöty on mallissa 3A noin 97 000 euroa ja mallissa 3B noin 96 000 euroa. Kuvassa 2 on esitetty eri mallien lopulliset kokonaiskustannukset.



KUVA 2. Eri mallien mukaiset kunnostuksen kokonaiskustannukset

Jatkotarkastelua

Edellä esitettyjen neljän erilaisen kaavahahmotelman perusteella valittiin yksi tarkempaan jatkokehittelyyn. Kaavahahmotelmista valituksi tuli luonnos, jossa pilaantuneen alueen päälle rakennetaan tekokukkula, joka toimii samalla myös yhtenä kunnostustoimenpiteenä. Ratkaisulla voitiin merkittävästi pienentää pilaantuneisuuden vuoksi kunnostettavan maa-alueen laajuutta; samalla saatiin alueelta syntyville puhtaille maamassoille luonteva sijoituskohde. Poistettavien täyttömaiden määrää rajattiin laskemalla poistettavien maiden tilavuus vain rakennus-, katu- ym. vastaavilta alueilta, joista se oli välttämätöntä poistaa. Mallin mukaisella toiminnalla voitiin kunnostuskustannuksia merkittävästi pienentää, verrattuna alueen täydellisen, massanvaihdon avulla tapahtuvaan kunnostukseen. Saavutettu kustannussäästö oli merkittävä; kustannusten jäädessä parhaimmillaan noin neljäsosaan kalleimman kunnostusmallin kustannuksista.

Alueen kunnostamisen ilman täydellistä massanvaihtoa, jolloin haitta-aineet jäävät osittain maaperään, herättää pohdintaa. Alueen kriittiset haitta-aineet ovat dioksiinit ja furaanit, jotka kuuluvat ns. pop-yhdisteisiin. Yhdisteillä tarkoitetaan pysyviä orgaanisia yhdisteitä, joille ominaista on hyvin hidas hajoavuus ympäristössä, kaukokulkeutuvuus, sekä kertyminen eliöihin. Onkin vaikea arvailla ihmisten suhtautumista asutusalueeseen, jonka maaperässä kyseisiä haitta-aineita tiedetään olevan. Nykyään maaperän peittäminen on kuitenkin yleisesti hyväksytty ja lisääntyvä kunnostusmenetelmä juuri dioksiinien ja furanien pilaamilla alueilla; tämän mahdollistaa yhdisteiden erittäin voimakas maaperään

sitoutuminen, jolloin puhdas maakerros katkaisee, ja estää, haitta-aineiden kanssa suoraan tai epäsuorasti kosketukseen joutumisen.

Yhteenveto

Työn tilaajan Suonenjoen kaupungin kannalta Peuran vanha saha-alue on ollut ongelmallinen jo vuosikymmenten ajan. Alueella on selkeä kunnostamisen tarve, mitä ei loputtomasti voi lykätä. Kunnostuskustannukset ovat kuitenkin olleen rajoittavana tekijänä alueen kunnostamiselle ja saamiselle osaksi ympäröivää yhdyskuntarakennetta. Laaditun kunnostuksen yleissuunnitelman myötä pystyttiin osoittamaan alueen kunnostuksen olevan kuitenkin edullisempaa, mitä ehkä oli osattu ajatella ja kukaties hyvinkin kannattava toimenpide. Vanha saha-alue sijaitsee luonnonkauniilla paikalla pientalovaltaisen asutuksen ympäröimänä ja vesistöön rajoittuen, joten alueen maaperän kunnostamisen jälkeen alueen tonteilla todennäköisesti tulee olemaan kysyntää. Myös Suonenjoen kaupungin kannalta vanhan saha-alueen liittäminen yhdyskuntaverkoston olisi luonteva osa koko alueen yhdyskuntarakenteen eheyttä ajatellen.

INDOOR AIR QUALITY (IAQ) – USING TEMPORAL DATA AND GIS TO VISUALIZE IAQ IN CAMPUS BUILDINGS

Na Li, Esa Hannus ja Pia Haapea

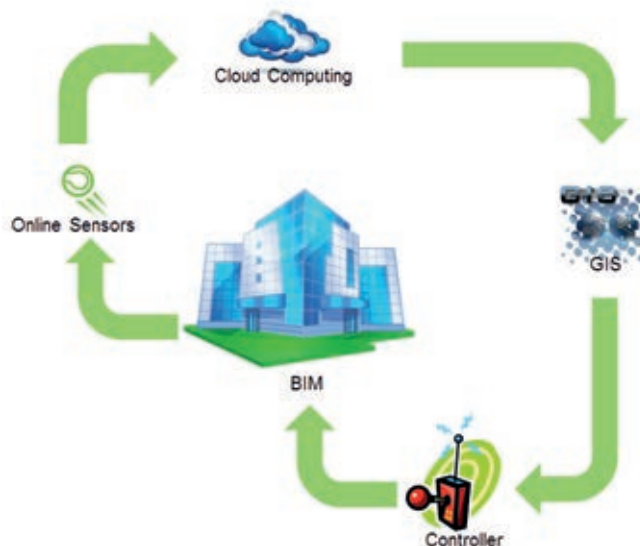
There is no doubt that indoor air quality (IAQ) is essential for human health because of the long exposure time humans have inside. The legislation and relevant policy about indoor air are far behind outdoors. Recently indoor air quality has been paid attention, some relevant epidemiological studies were carried and WHO published indoor air quality guidelines accordingly as the reference of policy-making. The demand and requirement of good indoor air quality is booming from legislation enforcement and market need. So the monitoring and controlling for indoor air quality in buildings, which are diversified, are needed to be done economically and efficiently. The integration of build information modelling (BIM), geographic information system (GIS), online sensor and cloud computing technologies offers promising solution for good indoor air quality by managing the building intelligently, controlling cost and real-time monitoring. This report studies the possibility to have the 3D visualization indoor air temporal data with ArcGIS software with preliminary similar test data for some campus buildings as a part of EAKR-funded Open tietojärjestelmät -project from Mikkeli University of Applied Sciences.

Introduction

90% of the human life is spent indoors. Indoor air as one of the essential elements for living plays a very important role for human health due to the long exposure time. Unfortunately, the relevant indoor air legislation is behind the outdoor air. So far, there is no specific indoor air regulation / directive in EU level. But WHO has several guidelines about indoor air, which can be used as a recommendation.

The current building is becoming more diversified and complex, which needs more economical and effective management. Intelligent building and real-time monitoring are rapidly developing because of the demand and technological advantages. The integration of build information modeling (BIM) and geographic information system (GIS) makes it possible to manage building lifecycle as a whole. Online sensors combined with cloud computing and modern technology make it possible to manage indoor air quality in real-time, and visualize the data along with the architectural model of the building.

The thesis is the preliminary study to have the 3D visualization indoor air temporal data with ArcGIS software for some campus buildings as part of OPEN tietojärjestelmät project from Mikkeli University of Applied Sciences. The aim for the indoor air quality study in the project is to analyze and visualize the indoor air quality with the modern technologies integration in building X located in Tarkk'ampujankuja 1, Mikkeli. The target is that indoor air quality data can be collected automatically and analyzed in real time with 3D visualization in the software. Indoor air quality can be controlled automatically according to the good indoor air requirement (picture 1).



PICTURE 1. Indoor Air Quality Research Structure

Materials and methods

The reference materials are from the ongoing Open tietojärjestelmät -project in Mikkeli University Applied Sciences, authority offices (e.g. EU or WHO) publications, public research paper from Google scholar and products website. The data acquisition is from the supervisors of the thesis, e.g. campus map data.

The report structure has two main parts: theory and case study. This report is the first feasibility study of the indoor air quality monitoring in Open tietojärjestelmät -project. Therefore although not all theories are utilized in the case study part, it is still written in the re-

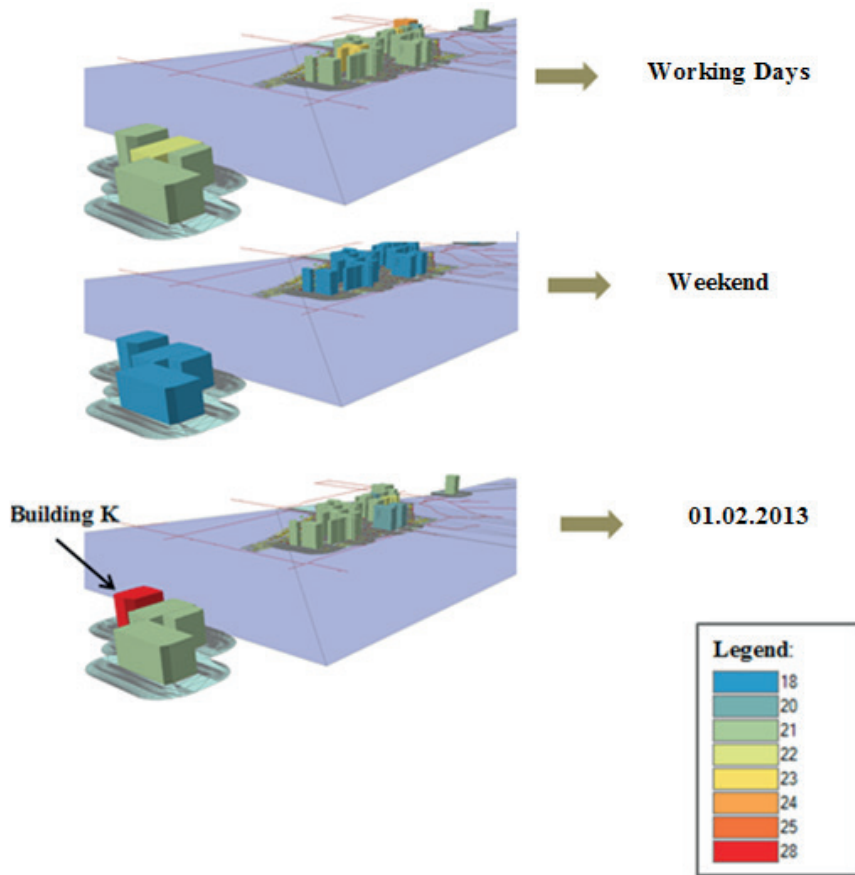
port as the knowledge background which will be used for continuous indoor air quality study of the Open tietojärjestelmät -project.

This study summarizes the relevant publications and research papers for the general understanding of indoor air problems. Some data about the indoor air pollutants may have bias from different information source. The values from WHO indoor air guidelines are taken into this report when there are biases about threshold or epidemiological study result. The case study is assumed that the data is taken from online sensors instead of the laboratory. The sample taking methodology for the indoor air pollutants is not used in the case study part. The raw data for the case study is assumptive data meaning that it is not real data from any campus or online sensor; instead it is the trial data which is only used for analysis purpose as the preliminary study for indoor air quality visualization.

Results

The result is about the indoor air quality 3D visualization with temporal data. The time slide is used to show the data change for each data. Here is one example about temperature with the temporal data 3D visualization. The scenario is the temperature in every building is from 20 °C to 25 °C in working days. Temperature in every building is 18 °C in weekend to save energy. Temperature in K building on 01.02.2013 was 28 °C which is not in the thermal conform range, the alarm (marked as red) is given. The best way to show the 3D temporal data visualization is video, in the report only the screen shot pictures are used to illustrate how it works (picture 2).

Future study about how to monitor and control indoor air quality automatically should be done. In long term, the integration among BIM, GIS, cloud computing, online sensors and controller will be very challenging task. There are not only technical problems but also security or/and legal issues. The next task following the preliminary study would be to generate GIS data about the building floor plan for building X of Mikkeli University of Applied Sciences. Building X will have the three dimensions view on every floor and the indoor air quality will have floor view instead of building view. Setting up cloud and GIS software and creating visualization standard in GIS software (or other platform) can be done as the next R&D tasks.



PICTURE 2. Temperature Temporal Data 3D Visualization

Discussion

Although there are still little information about indoor air contaminants and their adverse effect on human health, indoor air quality is getting attention from the authorities because of its essential importance for human health. The epidemiological studies and relevant research show that poor indoor air does jeopardize human health and cause huge amount of economic cost.

The current available technologies e.g. build information modeling (BIM), geographic information system (GIS), online sensors, clouding computing can monitor and manage the indoor air quality in the real time, economic, efficient and precaution way. But due to the technical, legal or other reasons, the indoor air quality data which are collected by the

building information system is not always easy to access for GIS integration. In future further study, there may have other practical, organizational or security issues when setting up GIS database.

The trial visualization of indoor air quality in ArcGIS makes monitoring real time situation more efficient. It shows the current situation and gives alarm when the quality is over the recommended threshold. The visualization in 3D method offers easy and fast way to make decision.

AVOINTA YMPÄRISTÖTIETOA TKI-TOIMINNAN JA OPETUKSEN YHTEISTYÖNÄ

Johanna Arola ja Piia Aarniosalo

Ympäristönseuranta on perinteisesti tarkoittanut manuaalista mittausta tai näytteenottoa. Tämä on tarkoittanut sitä, että tulokset ovat kertoneet aina mittaus- tai näytteenottohetken tilanteen mutta tulokset muilta ajanjaksoilta ovat jääneet pimentoon. Mittausdataa on tähänkin saakka ollut paljon mutta se on ollut vaikeasti tavoitettavaa eikä kaikkien saatavilla. Nykyään ihmiset ovat entistä kiinnostuneempia mm. ympäristön tilasta. Niin ”peruskuluttajat”, viranomaiset, opettajat kuin opiskelijatkin ovat kiinnostuneita ympäristöön liittyvästä tiedosta.

Open-hankkeen aikana mm. kehitetään ja testataan on-line-mittausmenetelmiä vesistön, jätekeskuksen, sisäilman ja sään monitoroinnissa. Lisäksi selvitetään esimerkiksi anturien tarjoamia mahdollisuuksia opetus- ja tutkimuskäytössä. Hankkeen tavoitteena on myös saada paikallinen ympäristötieto avoimesti kuluttajien käyttöön. Esimerkkeinä hankkeen aikana tutkittavista mittauspaikoista ovat uimareita kiinnostava sinilevän määrä, viranomaisille suunnatun vesihuollon havaintopaikat sekä sisäilman tarkkailu. Tämän lisäksi perehdytään mm. automaattimittauksen toteuttamiseen jätekeskuksen velvoitetarkkailun lisäksi. Hanke on Etelä-Savon maakuntaliiton EU-osarahoittama hanke.

Avoimen ympäristötiedon hyödyntäminen

Suomessa julkishallinnon tietojärjestelmien hallittu avaaminen on kirjattu nykyiseen hallitusohjelmaan (Valtioneuvoston kanslia 2011). Esimerkkinä menestyksekkästä datan avaamisesta kaikkien käyttöön on mainittu Yhdysvaltain puolustusministeriön v. 1984 siviilikäyttöön vapauttama gps-signaali, josta häirintä poistui kokonaan 2000-luvun alussa. Gps:n tarjoamasta paikannustiedosta hyötyvät nykyään alkuperäisen sotilaskäytön lisäksi monet kaupalliset ja ilmaiset palvelut, turvallisuus, kartografia sekä eri lajien harrastajat (Euroopan komissio 2011).

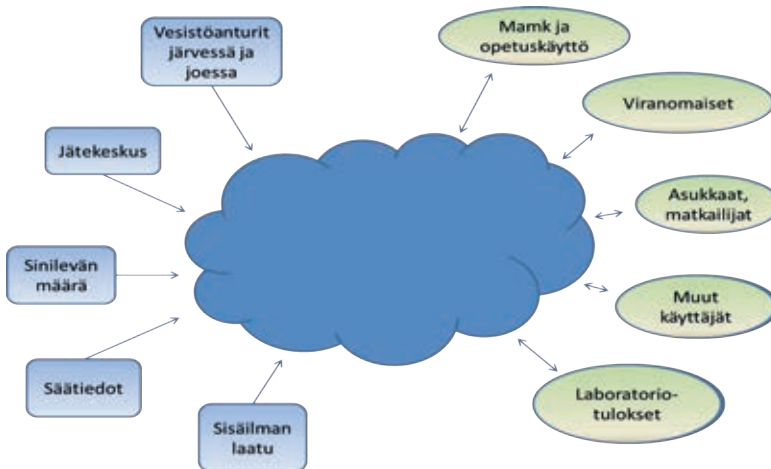
Maa-ilmantutkimuksella ja myös Suomessa tutkitaan esimerkiksi lukuisia ympäristökohteita, joista saadaan mielenkiintoista dataa, joka jää kuitenkin vain pienen joukon tietoisuuteen.

On toki ymmärrettävää, että kaikki tieto ei voi olla avointa mutta suuri määrä dataa voitaisiin nykyisen teknologian ansiosta saada julkiseksi. Avoimen datan lähtökohta on saada suuret, eri alojen tietomäärät uuteen käyttöön. Tällä on merkitystä tieteen ja innovaatioiden edistämisessä. Samalla tiedon määrää saadaan yleisesti lisättyä ja useisiin toimintoihin saadaan läpinäkyvyyttä.

On-line-monitoroinnin rooli tulevaisuudessa

Ympäristön seuranta on perinteisesti ollut manuaalista mittaamista tai näytteenottoa, josta kertyy valtakunnallisesti valtavasti tietoa vuosittain sekä julkisella että yksityisellä sektorilla. Nykyisillä käytänteillä suurin osa tiedoista on kuitenkin vaikeasti saavutettavissa mm. lukuisien tallennuspaikkojen vuoksi, vaikka internetin välityksellä tieto onkin nopeasti hyödynnettävissä. Tietojen muuttuessa osittain avoimeksi ja perinteisen, hetkellisen seurannan muuttuessa vähitellen eri mittausmenetelmiä yhdistäväksi kokonaisvaltaiseksi seurannaksi tulee tiedon hyödyntäminen eri käyttötarkoituksissa todennäköisesti kasvamaan.

Viranomaisia, opettajia ja opiskelijoita kiinnostaa erilainen tieto kuin ”peruskuluttajaa”, joka kaipaa helppotajuista, mielellään useiden eri tekijöiden yhteisvaikutuksesta kertovaa tietoa. Open-hankkeen laitteistolla voidaan kerätä ja tarjota niin viranomais- kuin kuluttajadataakin (kuva 1). Yhdistelemällä eri tietoja, esittämällä tieto selkeästi sekä tarjoamalla valintamahdollisuus esitettäviin tietoihin, saadaan uusia sovelluskohteita ja jokaiselle käyttäjälle räätälöityjä esitystapoja.



KUVA 1. Periaatekuva tietojärjestelmän rakenteesta

Eräs viranomaisten työtä ja päätöksentekoa tukeva automaattinen mittauspiste on Pankajoessa (kuva 2), josta pintavettä imeytyy Hanhikankaan pohjavesimuodostumaan. Kaupungin vesilaitos saa Hanhikankaan pohjavesimuodostumasta kolmasosan käyttämästään päivittäisestä raakaveden määrästä. Kaupungin taajama-alueella virtaava joki kuormittuu mm. rakennetun kaupunkiympäristön hulevesistä. Automaattisella vedenlaadun seurannalla voidaan tarkkailla vedenlaadun äkillisiä muutoksia ja tarvittaessa ottaa tilaa tarkentava vesinäyte laboratoriomäärittelykseen.

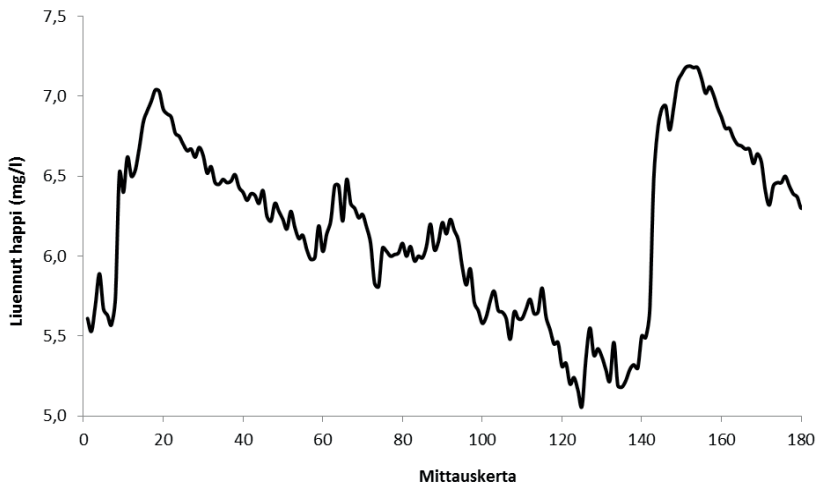


KUVA 2. Hanhikankaan jokialue (kuva Piia Aarniosalo)

Automaattisia mittauksia tukee myös samasta paikasta tehtävä vesistön vedenhankintaan liittyvä tarkkailu. Perinteisellä näytteenotolla ei voida havaita virtaavassa vedessä tapahtuvia äkillisiä tai hetkellisiä muutoksia, mutta etämonitoroinnilla saadaan mittaustuloksia vuorokauden ympäri halutulla tiheydellä. Kuvassa 3 on esitetty liuenneen hapen määrän vaihtelu Pankajoen mittauspisteessä viikon ajalta. Kuvaajasta nähdään, että hapen määrä voi vaihdella äkillisesti ja täysin ennakoimattomasti. Saatuja mittaustuloksia voidaan myös täydentää säätiedoilla, jolloin voidaan tehdä päätelmiä jokea ympäröivän ympäristön vaikutuksesta vedenlaadun muutoksiin.

Etämonitoroinnin etuna on se, että dataa saadaan jatkuvasti ja sille voidaan asettaa hälytysarvot, jolloin asetettujen raja-arvojen ylittyessä tai alittuessa muutoksesta saadaan ilmoitus esimerkiksi tekstiviestinä ja tarvittaessa havainnon tueksi voidaan ottaa vesinäyte tai vaurua ennalta vedenpuhdistusprosessin muutoksiin. Toki muutokset voivat johtua myös

anturin toimintahäiriöstä, jolloin voidaan esimerkiksi kasvattaa anturin mittaustiheyttä ja seurata mahdollisia häiriötilanteita. Mittausdatasta voidaan myös melko nopeastikin päätellä, milloin anturin kalibrointi tai huolto on tarpeellista suorittaa.



KUVA 3. Esimerkkidata Pankajoen liuenneen hapen määrästä (mg/l) mittauskertojen suhteen osoittaa, että tilanne voi vaihdella suuresti jopa tunneittain

Helppoa, vai onko sittenkään?

Automaattinen mittaus kuulostaa helpolta toteuttaa ja voisi olettaa, että perinteinen näytteenotto olisi helposti korvattavissa automaattisesti toimivilla mittalaitteilla. Todellisuus ei kuitenkaan ole aivan näin helppoa. Jo pelkästään mittalaitteen mittaamien parametrien valinta, sijoituspaikan valinta ja haluttavan tiedon tyyppi vaativat asiantuntemusta, jotta anturien ominaisuuksilla pystytään tarkkailemaan haluttua suuretta kustannustehokkaasti. Lisäksi täytyy pohtia muun muassa, kuinka usein tietoa halutaan ja millaisessa muodossa tiedon täytyy olla, jotta sitä voidaan hyödyntää. Täytyy myös muistaa, että automaattiset mittalaitteet eivät ole huoltovapaita, etenkin kohteissa, joissa laitteet ovat ympäristön armoilla tai likaantuvat nopeasti (kuva 4).



KUVA 4. Anturien huoltaminen vaatii kenttätöitä erilaisissa olosuhteissa (kuva Heikki Isotalus)

TKI-toiminnan ja opetuksen yhteistyö

Open-hankkeen yhtenä tavoitteena on TKI-toiminnan ja opetuksen integraatio. Tämä on näkynyt mm. siinä, että automaattista ympäristömonitorointia viedään osaksi opintojaksoja sekä teoriassa että käytännössä. Ympäristön monitorointiin kokonaan tai osittain liittyviä opintojaksoja on nykyisessä ympäristötekniikan opetussuunnitelmassa lukuisia: Soveltava rakennus- ja ympäristötekniikka, Ympäristö- ja terveystriskit, Ympäristönvalvonta, analytiikka ja monitorointi, Soveltava ympäristötekniikka, Asumisterveys ja sisäilmasto, Monitorointi ja mittaustekniikka sekä Green Engineering. Hankkeen aikana on jo tehty ja tehdään edelleen toimenpiteitä, joilla opetussuunnitelmaan kirjatut toiminnot viedään osaksi käytäntöä. Seuraavassa on esitetty kaksi esimerkkitapausta.

Case vesinäytteenotto

Opiskelijoiden kuuluu osata ottaa näytteitä ympäristöstä, sekä säilyttää ja käsitellä näytteet asianmukaisesti varmistaen, että määritystulos on luotettava ja edustaa hyvin mitattavaa suuretta. Näytteenhaku luonnosta opettaa myös kenttätöskentelyä ja tarjoaa mahdollisuu-

den vastuunottoon – välineiden tai näytteenotossa vaadittavien kemikaalien unohtuminen voi pilata koko näytteenoton. Opetusryhmien mukaanotto näytteenottoon kertoo paljon enemmän kuin luokkahuoneessa kuvatut tilanteet. Samojen mitattavien suureiden, kuin mitä anturi mittaa, määrittäminen laboratoriossa ei ole teknisesti vaativaa (kuva 5). Vertaamalla itse otetun näytteen määrittäytulosta mittalaitteen mittaamaan tulokseen, mahdollisten virhelähteiden pohtiminen sekä mittaustuloksen selittäminen opettavat kokonaisvaltaisesti koko näytteenotoketjun opiskelijalle. Perinteiseen näytteenottoon verrattuna mittalaitteen tarjoama mittaustulos tarjoaa vertailukohtaan, jolloin voidaan päätellä, onko oma määrittäminen parempi tai huonompi kuin mittalaitteen tulos. On myös mahdollista verrata tulosta mittalaitteen aiemmin mittaamaan dataan ja sitä kautta havainnoida aiempi kehitys ja jopa ennustaa kehittyvää tilannetta.



KUVA 5. Anturin mittaustulosta tukeva happinäyte (kuva Piia Aarniosalo)

Case sisäilma

Hankkeen aikana opiskelijat tulevat tutkimaan sisäilmaan liittyviä asioita Mikkelin ammattikorkeakoulun Kasarmin kampuksen alueella. Kampuksen alueella on lukuisia tiloja, joissa on kiinteitä, olemassa olevia mittalaitteita. Näiden laitteiden tuloksia hyödynnetään mm. kiinteistöjen hallinnassa ja opetuksessa.

Hankkeen aikana opiskelijat seuraavat antureiden toimintaa ja niiden antamien tulosten paikkaansa pitävyyttä. Ympäristötekniikan opiskelijat käyvät osana opintojaksoaan tekemässä mm. lämpötila- ja hiilidioksidipitoisuusmittauksia muutamissa valituissa tiloissa ja vertaavat satuja tuloksia antureiden antamiin tuloksiin. Environmental engineering -opiskelijat taas tekevät laajempia ja pidempiä mittauksia osana harjoitteluaan. Lisäksi talotekniikan double degree -opiskelija tekee aiheeseen liittyen opinnäytetyön, jossa verrataan etäantureiden, käsimittarilla tehtyjen mittausten ja simulointiohjelmalla tehdyistä simuloinneista saatuja tuloksia keskenään. Saman aihepiirin ympärillä tehdään siis lukuisia eri laajuisia opiskelijatöitä.

Edellä mainittujen esimerkkien lisäksi hankkeessa on tehty ja tehdään myös lukuisia muita selvityksiä ja opinnäytetöitä opiskelijoiden toimesta. Moni opiskelija suorittaa myös osan opintoihin liittyvästä ammattiharjoittelusta hankkeessa. Opiskelijalle työskentely todellisten työelämän aiheiden parissa on varmasti antoisaa ja antaa paljon valmiuksia tulevaa työelämää varten. Toisaalta hanketoimintaan tulee opiskelijoiden myötä toivottuja uusia näkökulmia ja ideoita käytännön toteutukseen.

Open – Etämonitoroinnin kehittäminen osana ympäristötekniikan koulutusta ja innovaatiotoimintaa –hanke on Euroopan aluekehitysrahaston rahoittama hanke, jota hallinnoi Mikkelin ammattikorkeakoulu. Hankkeen rahoituksen on myöntänyt Etelä-Savon Maakuntaliitto. Hanketta rahoittavat lisäksi Mikkelin kaupunki, Mikkelin vesiliikelaitos ja Metsäsairila Oy. Hankkeen muita yhteistyökumppaneita ovat mm. Observis Oy sekä laitetoimittajat. Hanke on alkanut tammikuussa 2012, ja se kestää kesäkuuhun 2014 saakka.

LÄHTEET

Valtioneuvoston kanslia 2011. Pääministeri Jyrki Kataisen hallituksen ohjelma. <http://www.vn.fi/hallitus/hallitusohjelma/pdf332889/fi.pdf>.

Euroopan komissio, 2011. Avoin data – Innovoiminnan, kasvun ja läpinäkyvän hallinnon moottori. Komission tiedonanto Euroopan parlamentille, neuvostolle, Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle sekä alueiden komitealle. Euroopan komission tiedonanto. KOM (2011) 822 lopullinen. Bryssel 12.12.2011. <http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2011:0882:FIN:FI:DOC>.

UUDEN LUOMUTIEDON TUOTTAMINEN

Mari Järvenmäki ja Tuija Ranta-Korhonen

Kuluttajien kiinnostus luomutuotteisiin on kasvanut viime vuosina. Maataloudessa uusia viljelijöitä liittyy luomuvallontaan, ja luonnonmukaisesti tuotettujen raaka-aineiden määrä kasvaa. Nykykuluttaja haluaa nykyistä laajempaa ja ennen kaikkea jalostetumpia luomutuotteita kauppojen valikoimiin ja ateriatarjontaan. Yhtenä hidasteena uusien jatkojalostajien saamiselle luomutuotantoon on sopivan koulutuksen ja koulutusmateriaalin puuttuminen.

Maa- ja metsätalousministeriön Laatuketju rahoittaa Uuden luomutiedon tuottaminen-hanketta, jossa päävastuullinen toimija on Helsingin yliopiston Ruralia instituutti. Mikkelin ammattikorkeakoulun ympäristötekniikan koulutusohjelma osallistuu hankkeeseen yhdellä osahankkeella. Tässä osahankkeessa tuotetaan koulutusrunkoja luomuelintarvikkejalostuksen koulutukseen eri näkökulmista ja järjestetään yksi pilot-koulutuspäivä valitulle kohderyhmälle. Lisäksi selvitetään millaista, koulutusta on jo tarjolla aiheesta ja analysoidaan soveltuvimpia koulutustapoja ottaen huomioon kohderyhmä ja heidän sijoittumisensa valtakunnallisesti.

Mitä luomu on?

Luonnonmukainen maataloustuotanto tuottaa luomuraaka-aineita, joita jalostamalla saadaan kuluttajille luomuelintarvikkeita. Se, miten luomu määritellään, riippuu määrittäjästä.

Euroopan Neuvosten asetuksessa (EY) N:o 834/2007 määritellään luonnonmukainen tuotanto kokonaisvaltaiseksi tilanhoito- ja elintarvikkeiden tuotantojärjestelmäksi, jossa yhdistyvät ympäristön kannalta parhaat käytännöt, pitkälle kehittynyt biologinen monimuotoisuus, luonnonvarojen säästäminen, eläinten hyvinvointia koskevien tiukkojen standardien soveltaminen ja tuotanto, jossa otetaan huomioon tiettyjen kuluttajien mieltymys tuotteisiin, jotka on tuotettu luonnollisista aineksista ja luonnollisin menetelmin. Luonnonmukaisella tuotantotavalla on siten kahtalainen yhteiskunnallinen merkitys: yhtäältä se tuottaa

erityisille markkinoille tuotteita luonnonmukaisia tuotteita haluaville kuluttajille ja toisaalta tarjoaa julkishyödykkeitä, jotka edistävät ympäristönsuojelua, eläinten hyvinvointia ja maaseudun kehittämistä.

Luomuorganisaatioiden kansainvälinen kattojärjestö International Federation of Organic Agriculture Movements eli IFOAM määrittelee luomumaatalouden tuotantomuodoksi, joka tukee maaperän, ekosysteemien ja ihmisten terveyttä. Se turvaa ekologisiin prosesseihin, luonnon monimuotoisuuteen ja paikallisiin oloihin sopeutuneisiin kiertoihin eikä tuotantopanoksiin, joiden vaikutukset ovat haitallisia. Luomumaatalous yhdistää perinteet, innovaatiot ja tieteen hyödyntämään yhteistä ympäristöämme ja edistämään reiluja suhteita ja hyvää elämänlaatua kaikille.

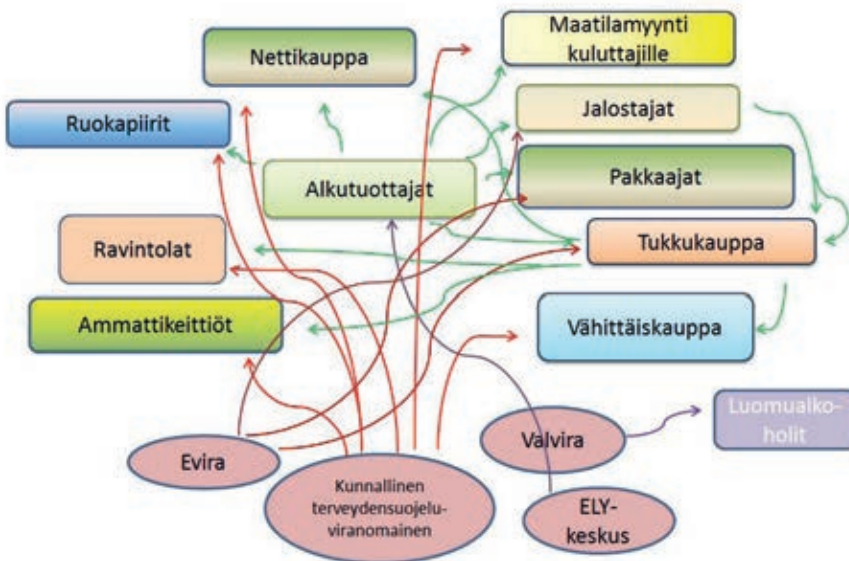
Keskeistä kaikissa määritelmissä on, että luonnonmukainen tuotanto (luomu) on aina valvottua tuotantoa, jonka tuotannossa käytetään vain (lainsäädännössä) sallittuja tuotantopanoksia.

Luomua edistämässä

Pääministeri Jyrki Kataisen hallituksen ohjelmassa Suomen maatalouspolitiikan strategiseksi tavoitteeksi on nostettu lähi- ja luomuruoan osuuden kääntäminen vahvaan nousuun. Hallitus on sitoutunut toimissaan toimenpiteisiin, joilla luonnonmukaista tuotantoa monipuolistetaan ja lisätään kysyntää vastaavaksi sekä kehitetään koko luomuruokaketjua.

Luomualan kehittämissuunnitelman toimeenpanosuunnitelmassa ”Luomua lisää” (Pro Luomu 2012) on kuvattu luomualan kehittymisen esteitä. Yhdeksi ongelmaksi on esitetty, että luomututkimuksen ja -opetuksen olevan kansainvälisesti verrattuna Suomessa ”lapsenkengissä”. Luonnonmukaisen maatalouden ja luomuelintarvikealan tutkimus ja tutkimukseen perustuva opetus on lähes pysähdyksissä. Luomuketjun toimijoilta sekä niiden sidosryhmillä on puutteita tiedoissa ja taidoissa. Hyvien käytäntöjen heikko tuntemus tekee luomusta tarpeettoman hankalaa, ja sidosryhmien vähäinen tieto luomusäädöksistä ja niiden perusteista ylläpitää vääriä käsityksiä, todetaan toimeenpanosuunnitelmassa.

Sidosryhmien ja luomutoimijoiden puutteita tiedoissa ja taidoissa ei voida pitää vähäisenä esteenä luomun lisäämisessä. Lainsäädäntö ja luomussa vaadittavat asiakirjat poikkeavat tavanomaisessa elintarviketuotannossa yleisesti käytössä olevista vaatimuksista. Lisäksi luomukentällä on lukuisia toimijoita (kuva 1), joiden keskinäisten toimintasuhteiden ymmärtäminen ja hahmottaminen vaatii hyvää perehtyneisyyttä aiheeseen. Luomutoimijoiden ja heitä valvovien viranomaisten keskinäinen suhdeverkko on monimuotoinen kokonaisuus. Suhdeverkkoa kuormittaa toimijoiden innovatiivisuus ja yksilölliset ratkaisut omassa toiminnassaan, johon muun muassa alalla yhä lisääntyvä alihankinta tuo lisää variaatioita.



KUVA 1. Luomutoimijoiden ja valvontaviranomaisten keskinäinen monimuotoinen toimintaverkosto

Uutta luomutietoa tuottamassa

Hankkeessa valittiin lähtökohdaksi konkreettiset toimenpiteet koota nykyisistä luomulaeista ja luomuohjeista koulutuspaketit, joita eri toimijat esimerkiksi neuvontatyössä voisivat hyödyntää. Hankkeessa tuotettiin yhteensä kolme erilaista koulutuspakettia tai -runkoa. Sisällöllisesti laajinta koulutuspakettia testattiin hankkeen aikana järjestetyssä pilot-koulutuspäivässä. Koulutuspakettien tarkoituksena on saada poistettua vääriä uskomuksia luomusta ja sen vaatimuksista ja toisaalta avata joitakin luomun vaatimuksia.

TAULUKKO I. Koulutusrunko ”kirjanpito ja taseet”

Aihe	Tieto	Taito	Osaaminen
Tase	<ul style="list-style-type: none"> miten tase muodostuu jalostuksessa kirjanpito kaikista käytetyistä raaka-aineista 	Opiskelija osaa kerätä taseen muodostumiseen tarvittavat tiedot riittäväällä tarkkuudella ja laajuudella	Opiskelija osaa soveltaa oppimaansa erilaisiin prosesseihin
Sisäinen jäljitettävyyys	Mitä jäljitettävyydellä tarkoitetaan yleisesti ja mitä sillä tarkoitetaan yrityksen sisällä jalostukseen käytettävissä materiaaliirroissa	<ul style="list-style-type: none"> jäljitettävyyden yleisesti vaatimukset lainsäädännön mukaan erilaisten prosessien mukaisten materiaali- virtojen hahmottaminen 	Opiskelija osaa soveltaa sisäisen jäljitettävyyden periaatetta erilaisissa prosesseissa ja tuntee lainsäädännön velvoitteet yleisestä jäljitettävyydestä
Raaka-aine- kirjanpito/ muistiinpanot käytetyistä raaka- aineista	Miten reseptin mukainen laskennallinen raaka-ainemenekki eroaa todellisesta käytöstä	<ul style="list-style-type: none"> reseptin mukainen raaka-ainemenekin laskenta miten saadaan kerättyä todellisen käytön mukaan raaka-ainemenekin tiedot 	Opiskelija ymmärtää miten taseen tulos eroaa riippuen tiedon keräystavasta ja tuntee luomulainsäädännön vaatimukset kirjanpidon/ muistiinpanojen tarkkuuteen liittyen
Hävikki	Erilaiset hävikit <ul style="list-style-type: none"> prosessihäiriö käyttö tavanomaisena prosessihävikki 	<ul style="list-style-type: none"> hahmottaa hävikkien merkityksen taseeseen ymmärtää miten eri prosesseissa hävikkejä syntyy 	Osaa kerätä tarvittavat tiedot prosessin eri vaiheista erilaisista jalostuksessa syntyvistä hävikeistä tasetta varten
”Saannot”	Mitä tietoja taseen muodostamiseen tarvitaan ja voidaan käyttää	<ul style="list-style-type: none"> esim. mehun puristuksessa paljonko otetaan marjoja ja paljonko niistä saadaan mehua tai paljonko ruhosta tulee luita (hävikki/ käyttö tavanomaisena) ja paljonko lihaa 	Opiskelija tuntee eri prosessit ja hahmottaa niistä mistä tiedoista tarvitaan kirjanpitoon/ muistiinpanoihin ja mitä tietoja tarvitaan taseen muodostamiseen
”Malliasiakirja”- harjoitus- tehtävä	Opiskelija tarkastelee valittua prosessia siten, että osaa kerätä siitä tarvittavat muistiinpanot ja muodostaa niiden perusteella taseen siten kuin lainsäädäntö sitä edellyttää		

Yhdeksi koulutusrunoksi (taulukko 1) valikoitui luomussa vaadittu ”kirjanpito ja tase”-vaatimus, joka poikkeaa perinteisestä omavalvonnan velvollisuuksista eikä nimestään huolimatta tarkoita rahaliikenteen kirjanpitoa. Luomussa vaaditut kirjaamiset ja dokumentoinnit mielletään usein työläiksi ja hankaliksi. Jos toimija ei kerää relevanttia tietoa toiminnastaan, ei lakisääteisen taseen tekeminen ole kovinkaan helppo tehdä. Tätä osa-aluetta soisi käsiteltävän nykyistä laajemmin myös neuvonnassa. Koulutusrunko tehtiin palvelemaan tätä tarvetta. Jokainen kouluttaja tai neuvoja voi käyttää taulukossa 1 kuvattua runkoa joko tällaisenaan tai valita osia siitä tai muokata sen pohjalta omaan käyttöönsä soveltuvan paketin.

Toinen koulutusrunko muokattiin ”maallikon” näkökulmasta hyödyntäen myös koulutuspäivässä käytettyä Laatuketjun aiemmassa hankkeessa 2013 tuotettua Luomujatkojalostajan opasta (Laurea amk ja Kurmakka Organic Food Oy). Kyseinen opas on vapaasti saatavilla internetissä, joten sen käyttö on helppoa. Opas eroaa viranomaisen ohjeista siinä, että sen rakenne on pyritty tekemään nimenomaan palvelemaan toimijaa käytännön tasolla. Sen avulla pääsee helposti luomumailmaan sisälle.

Keskeinen ajatus tätä toista koulutusrunkoa työstettäessä oli, että mitä ajatuksia ja kysymyksiä luomua tuntemattomalle henkilölle nousee esiin Luomujatkojalostajan opasta lukiessaan. Projektityöntekijät Tuija Ranta-Korhonen ja Piia Aarniosalo Mamkista tekivät esityön ja heidän huomioittensa pohjalta muokattiin havainnoista koulutusrunko.

Koulutuspilotti

Laajinta koulutuspakettia testattiin käytännössä järjestämällä sen pohjalta koulutuspäivä (kuva 2). Koulutuspaketin lähtökohtana oli kaksi keskeistä tekijää, joilla haluttiin edesauttaa luomun lisääntymistä ammattikeittiöissä. Toinen tekijä oli luomusta tiedottaminen markkinavalvontaa tekeville terveystarkastajille, joiden vastuulla on ammattikeittiöissä tapahtuva toiminta sisältäen luomuraaka-aineiden käytön ja siitä kuluttajille tiedottamisen. Toinen lähtökohta oli saada ammattikeittiöille tietoa siitä, miten luomua voisi lisätä reseptiikassa ja mitä luomusta saa kuluttajalle kertoa tai mihin toimija sitoutuu esittäessään luomuväitteitä tarjoamistaan tuotteista.



KUVA 2. Koulutuspakettia testattiin pilot-koulutuspäivässä (kuva Manu Eloaho)

Näiden edellä kuvattujen asioiden perusteella koottiin koulutuspaketti, jossa avattiin ensinnäkin luomudokumentteja, joilla tuotteen luomuisuutta todistetaan. Keskeisinä asiakirjoina luomussa ovat asiakirjaselvitys ja vaatimuksenmukaisuusvakuus, joiden tietosisältöjä niin ammattikeittiötoimijoiden kuin markkinavalvojenkin pitää osata lukea. Lisäksi koulutuspaketissa käydään lyhyesti läpi kaikki luomuelintarvikejalostuksen keskeiset vaatimukset. Sekä koulutuspilotin materiaalit että koulutusrungot on julkaistu luomu.fi -sivustolla ja ne ovat sieltä kaikki vapaasti käytettävissä.

Yhteenveto

Hankkeessa haettiin tietoa jo olemassa olevista tietolähteistä ja niiden pohjalta lähdettiin rakentamaan sovellettua uutta tietovarantoa. Yhtenä osa-alueena hankkeessa tehtiin pieni selvitys myös tarjolla olevista tai viime aikoina tarjolla olleista luomukoulutuksista. Lähtökohtainen ajatus oli, että tämän kaltaista koulutusta ei Suomessa ole tarjolla muutamia hankkeissa tarjottuja teemakoulutuksia lukuun ottamatta. Tämä oletamus varmistui hankkeen aikana.

Konkreettisenä tuloksena hankkeessa valmistui yksi laajempi koulutuspaketti luomuelintarvikejalostuksen koulutuksessa ja neuvontatyössä käytettäväksi sekä kaksi suppeampaa

koulutusrunkoa, joiden pohjalta voi muokata tarvetta vastaavan koulutuspaketin. Etenkin kirjanpitoon ja taseisiin liittyvä koulutusrunko on uutta luomutietoa, koska vastaavaa koontia aihepiiristä ei ole ollut etenkin vapaasti saatavilla. Kuitenkin kirjanpito ja taseet on keskeisintä luomutuotannossa ja ennen kaikkea valvonnalle ensiarvoinen työkalu varmenttaessa toiminnan luomusääntöjen noudattamista. Luomun markkina-arvo on kuluttajan kulutuskäyttäytymisen varassa ja kuluttajan pitää pystyä luottamaan hänelle esitettyjen luomuväitteiden oikeellisuuteen sekä niiden valvontaan. Mitä paremmat tiedot toimijalla on säädöksistä ja siitä, kuinka käytännössä toimien säädösten vaatimukset täyttyvät, sitä varmemmin myös valvoja pystyy sen toteamaan ja kuluttajan luottamus saavutetaan.

LÄHTEET

http://www.mmm.fi/attachments/luomu/68kfgEGLj/Toimeenpanosuunnitelma_lopullinen_26062012.pdf.

<http://valtioneuvosto.fi/hallitus/hallitusohjelma/pdf/fi.pdf>.

<http://www.organic-finland.com/wp-fi/viestintaa/julkaisut/>.

TUOREKASVISTEN TURVALLISUUTTA EDISTÄVÄ NÄYTTEENOTTO-KOULUTUS MIKKELISSÄ

Marjatta Lehesvaara ja Hanne Soininen

Tuorekasvisten turvallisuuden parantamiseen tähtäävä TuoPro-hanke on Maa- ja elintarviketalouden (MTT), Helsingin yliopiston Ruralia-instituutin, Helsingin yliopiston maataloustieteiden laitoksen, ProAgrian sekä Mikkelin ammattikorkeakoulun (Mamk) yhteishanke. Kolmivuotisen (2012–2014) hankkeen tavoitteena on tuorekasvisten laadun varmistaminen sekä kotimaisten kasvisten tuotannon turvaaminen. Hanke on jaettu kolmeksi osahankkeeksi ja Mamk toteuttaa yhdessä Ruralia-instituutin sekä ProAgrian kanssa osiota, jossa luodaan viljelijöiden omavalvontakäyttöä palveleva toimintamalli, joka auttaa kasvituotteiden laadun turvaamisessa. Toimintamallin toteutumisen takaamiseksi hankkeessa on järjestetty lähinnä ProAgrian neuvojille suunnattua näytteenottokoulutusta. Koulutus on jaettu kahteen osaan: vesinäytteenottokoulututukseen ja kasvinäytteenottokoulututukseen. Hankkeessa kerätään myös tietoa kasvisten kasteluun käytettävän veden laadusta ja sen vaikutuksista kasvisten hygieeniseen laatuun. Hanketta rahoittaa Hämeen ELY-keskus Euroopan maaseudun kehittämisen maatalousrahastosta.

Alkutuotantoasetuksen määräykset vedestä

Kasvisten kasteluun käytettävän veden lähteinä ovat useimmiten luonnon pintavesilähteet ja käytettävissä olevia kastelumenetelmiä on useita. Käytettäessä sadetusta ja tykkikastelua vesi joutuu suoraan tekemisiin sellaisenaan syötävien kasvinosien kanssa (Horne et al.). Siksi kasteluun käytettävän veden laatu voi vaikuttaa merkittävästi kasvatettavan kasviksen laatuun.

Alkutuotantoasetuksen (Maa- ja metsätalousministeriön asetus 1368/2011 elintarvikkeiden alkutuotannon elintarvikehygieniasta) mukaan alkutuotannon toimijalla on oltava tieto alkutuotantopaikalla käytettävän veden laadusta. Asetus velvoittaa niitä viljelijöitä, joilla kasteluvesi päätyy suoraan kasvin syötävien osien pinnoille, tutkituttamaan kasteluveden laadun laboratoriossa vähintään kolmen vuoden välein. Tämä tutkimusvelvoite koskee myös niitä toimijoita, jotka käyttävät vettä tuotteiden pesuun ja jäähdytykseen. Vettä koskevia vaatimuksia sovelletaan myös lumeen, jäähän ja höyryyn. Vedestä tulee tehdä käyttöönottotutkimus sekä tutkimus kolmen vuoden välein (kuva 1). Todistus käyttöönottotutkimuksesta tulee säilyttää pysyvästi ja todistukset muista tutkimuksista vähintään viisi vuotta.



KUVA 1. Kasteluvesinäyte tulee ottaa alkutuotantoasetuksen mukaan vähintään 3 vuoden välein (kuva Hanne Soininen)

Asetuksen mukaan kasteluun saa käyttää vain sellaista vettä, josta on tutkittu vähintään *Escherichia coli* ja suolistoperäiset enterokokit sekä arvioitu väri ja haju. Käytettäessä luonnon pintavesiä on arvioitava myös syanobakteerien (sinilevän) esiintyminen. Asetus velvoittaa toimijaa tekemään myös muita tutkimuksia, mikäli on syytä epäillä vedessä esiintyvän muita tekijöitä, jotka voivat vaarantaa alkutuotannon tuotteiden ja niistä saatavien elintarvikkeiden turvallisuuden. Kasvisten jäädyttämiseen ja puhdistamiseen saa käyttää vain sellaista vettä, josta on tutkittu vähintään *Escherichia coli* ja suolistoperäiset enterokokit sekä arvioitu väri ja haju (taulukko 1). Jos vesi ei täytä laatuvaatimuksia, alkutuotannon toimijan on ryhdyttävä toimenpiteisiin veden laadun parantamiseksi.

Muiden muuttujien osalta tutkimusten tulosten arvostelussa noudatetaan pienten yksiköiden talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista annetun sosiaali- ja terveystieteiden ministeriön asetuksen (401/2001) 1 §:n 3 kohdassa tarkoitettulle vedelle asetettuja laatuvaatimuksia ja -suosituksia.

TAULUKKO I. Veden laatuvaatimukset alkutuotantoasetuksen (1368/2011) mukaan

Tutkittava muuttuja	Kasvien syötävien osien kastelu/Laatuvaatimus:	Kasvien jäädytys ja puhdistaminen/Laatuvaatimus:
E. coli	≤ 300 pmy/100 ml	0 pmy/100 ml
Suolistoperäiset enterokokit	≤ 200 pmy/100 ml	0 pmy/100 ml
Väri ja haju	ei poikkeavia muutoksia	ei poikkeavia muutoksia
Syanobakteerit (jos luonnon pintavesi)	ei massaesiintymää	-

Näytteenoton perusteet

Oikein suoritettu näytteenotto on avainasemassa analyysin onnistumiseksi. Näytteen on edustettava koko tutkittavana olevaa erää niin, että tutkimuksesta saatu analyysitulokset kuvaa hyvin koko erän laatua. Edustavan näytteen ottamisessa on huomioitava useita eri tekijöitä. Näytteet tulee ottaa oikeaan aikaan ja oikeasta paikasta. Laboratorioon toimitettavan näytteen koon on oltava sopiva suhteessa tutkittavaan tuote-erään, ja näytemäärän on oltava riittävä tulevia analysointia ajatellen. Näytteenotossa käytettävien välineiden ja tarvikkeiden on oltava tarkoitukseen sopivia. Näytteet tulee identifioida tarkasti ja niitä tulee säilyttää asianmukaisesti ennen analysointia. Näytteiden kontaminoituminen tulee estää. Mikrobiologisia näytteitä otettaessa on kiinnitettävä erityistä huomiota näytteenoton puhtauteen. Sama pätee, kun analysoidaan esim. vierasainepitoisuuksia, jolloin tutkittavan komponentin pitoisuus voi olla hyvin pieni.

Sekä vesi- että muuta näytteenottoa säädellään ja ohjeistetaan lainsäädännöllä ja standardeilla. Esimerkiksi sosiaali- ja terveystieteiden ministeriön asetuksessa pienten yksiköiden talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista todetaan, että ”Valvontatutkimuksissa on käytettävä SFS-EN-standardien tai SFS-standardien mukaisia määrittämenetelmiä tai niiden puuttuessa ISO-standardien mukaisia määrittämenetelmiä. Valvontatutkimuksissa voidaan käyttää myös sellaisia menetelmiä, jotka määrittästarkeudeltaan ja luotettavuudeltaan vastaavat vähintään SFS-EN-standardien, SFS-standardien tai ISO-standardien mukaisia menetelmiä.”

Kasvisten näytteenottoa ja analyysimenetelmiä säädelään EU-tasolla. Tässä koulutuksessa keskityttiin näytteenottoon nitraatti- ja torjunta-ainemääryiksiä varten. Näitä ohjeistetaan komission asetuksella (EY) No. 1882/2006 ja direktiivillä 2002/63/EY.

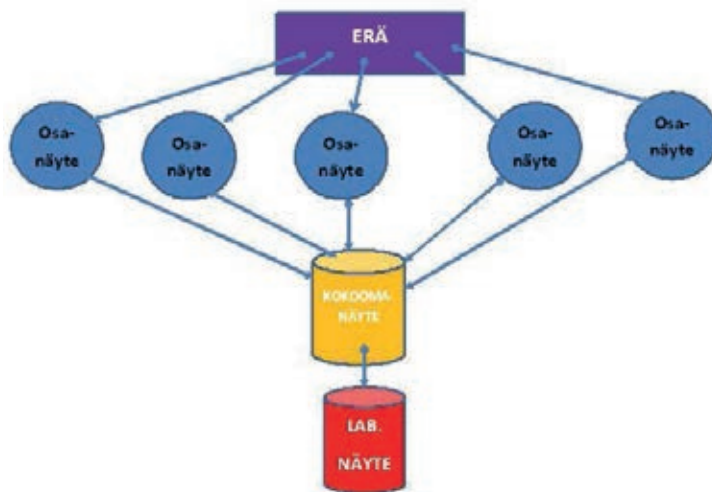
Näytteenottokoulutukset

Vesinäytteenottokoulutus toteutettiin kaksipäiväisenä toukokuussa ja kasvinäytteenottokoulutus myös kaksipäiväisenä elokuussa 2013. Kummassakin koulutustilaisuudessa käytiin läpi aiheeseen liittyvää lainsäädäntöä, standardeja ja muuta ohjeistusta, jotka täytyy ottaa näytteenotossa huomioon. Koulutuksessa kiinnitettiin huomiota asianmukaisten näyteastoiden ja näytteenottovälineiden valintaan sekä näytteiden oikeaoppiseen säilytykseen ja kuljetukseen laboratorioon. Osallistujille annettiin perustiedot tekijöistä, joita on huomioitava näytteenottoa käytännössä toteutettaessa. Tähän kuuluu mm. kohdekohtaisten riskien arviointi, eli näytteenottajan tulee näytteenottoa tehdessään huomioida ympäristöstään niitä asioita (esim. mahdollisia saastelähteitä), jotka voivat vaikuttaa kasteluun käytettävän veden ja myös kasvavien kasvien laatuun.

Kasvinäytteenotossa perehdyttiin näytteenottoon mikrobiologista tutkimusta sekä nitraatti-, torjunta-ainemääryiksiä varten. Näytteenotto voidaan tehdä suoraan pellolta, kasvihuoneesta tai esim. varastosta. Kemiallista määrittystä varten otettavien perusnäytteiden (osanäytteiden) lukumäärä määräytyy kasvieron koon perusteella. Jos erän paino on alle 50 kg, otetaan 3 perusnäytettä, jos 50–500 kg, otetaan 5 perusnäytettä ja jos erän paino on yli 500 kg, on perusnäytteiden lukumäärä vähintään 10. Osanäytteet otetaan eri puolilta erää sattumanvaraisesti. Osanäytteet voivat sisältää useita kasviyksilöitä ja ne yhdistetään kokoomänäytteeksi, mikä tai osa siitä toimitetaan laboratorioon (kuva 2).

Mikrobiologisessa elintarvikenäytteenotossa käytetään yleisesti kaksi- ja kolmeluokkaisia näytteenottojärjestelmiä. Näissä näytteenottosuunnitelmissa ei oteta huomioon tavaraerän kokoa, koska sen oletetaan olevan erittäin suuri. Suunnitelmat ovat kytköksissä osanäytteiden lukumäärään, raja-arvoihin sekä niiden tulkintaan (NMKL). Vakavaa terveydellistä haittaa aiheuttavien mikrobien (esim. *Salmonella*, *Listeria monocytogenes*) näytteenottojärjestelminä käytetään ns. kaksiluokkaista näytteenottojärjestelmää. Tässä näytteenottojärjestelmässä yksikään analyysitulokset ei saa ylittää annettua raja-arvoa (m). Indikaattoribakteereita (esim. *E.coli*) määritetään osoittamaan yleistä hygienian tasoa. Näiden esiintymistä

määrittettäessä näytteenotossa käytetään 3-luokkaista näytteenottojärjestelmää. Tässä järjestelmässä määritetään alempi raja-arvo (m) ja ylempi raja-arvo (M), joiden välissä tietty lukumäärä analysoitavien näytteiden tuloksista saa olla. Pelkistetysti voi sanoa, että mitä haitallisemmasta bakteerista on kyse, sitä useampia näytteitä tulisi kustakin kohteesta ottaa tutkimusta varten.



KUVA 2. Kasvinäytteenoton periaate

Vesinäytteenoton käytännön harjoituksissa tutustuttiin sekä kemialliseen että mikrobiologiseen pintavesinäytteenottoon järvedestä sekä näytteenottoon kasvihuoneen eri vesipisteistä. Käytännön kasvinäytteenottoa tehtiin eri kohteissa Juvalla ja Mikkeliissä (kuva 3). Näytteitä otettiin suoraan avomaan kasvupaikalta porkkanasta, kiinakaalista ja marjoista. Kasvihuoneenäytteenottoa harjoiteltiin paprikalla ja vesikrassilla ja varastonnäytteenottoa kiinankaalilla. Kumpaankin koulutukseen liittyi etätehtävä.

Vesinäytteenottokoulutukseen osallistujien tuli valita näytteenottokohde ja arvioida kohteessa paikan päällä kasteluveteen liittyviä riskejä ja ottaa vesinäyte sekä teettää siitä tarpeelliset analyysit. Tutkimustulosta tuli arvioida ja näytteenotosta kirjoittaa raportti. Kasvinäytteenottokoulutuksessa (kuva 4) kullekin osallistujalle annettiin tehtäväksi ottaa näyte tietystä kasvista ja teettää tarpeellisiksi katsomansa analyysit ja raportoida tulokset kouluttajille. Vesinäytteenottokoulutuksessa oli 8 ja kasvinäytteenottokoulutuksessa 11 Mamin ulkopuolista osallistujaa muun muassa ProAgriasta, Inex Partners Oy:stä, Ruokakesko Oy:stä, Helsingin yliopistosta, Puutarhaliitosta ja MTT:stä.



KUVA 3. Näytteenottokoulutukseen osallistujat harjoittelemassa kasvinäytteenottoa Mikkelissä (kuva Hanne Soininen)



KUVA 4. Kiinankaalinäytteen nitraattipitoisuuden määrittäminen koulutuksen aikana Juvalla (kuva Hanne Soininen)

LÄHTEET

Alkutuotantoasetus 1368/2011. Finlex – Valtion säädöstietopankki. WWW-dokumentti. <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2011/20111368>. Luettu 5.11.2013.

Horne, Maarit, Karppinen, Anita ja Pihala, Johanna. 2010. Kastelukysely 2010.

Kasteluveden lähde ja kasteluveden laadun seuranta, käytetyt kastelumenetelmät ja kastelutarpeen arviointi. Pyhäjärvi-instituutti.

NMKL (Nordic Committee on Food Analysis) Menettelyohje Nro. 12. 2003. Ohjeet elintarvikkeiden näytteenottoon.

Sosiaali- ja terveystieteiden ministeriön asetus pienten yksiköiden talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista 401/2001. Valtion säädöstietopankki. WWW-dokumentti. <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2001/20010401>. Luettu 5.11.2013.

MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU JA PIETARIN YLIOPISTOT YHTEISILLÄ VESILLÄ – OPISKELUA JA ELÄMYKSIÄ PIETARISSA

Arto Sormunen, Hannu Poutiainen ja Panu Jouhkimo

Mikkelin ammattikorkeakoulu yhteistyössä sekä pietarilaisen yliopiston että ammattikorkeakoulun kanssa järjestivät ympäristötekniikan insinööriopiskelijoiden kanssa viikon mittaisen vesiteknologian intensiivikurssin Pietarissa Venäjällä. Viikon aikana opiskelijat osallistuivat erilaisille luennoille ja harjoituksiin, jotka käsittelivät vesien tilaa, juomaveden hankintaa, talous- ja jätevesien puhdistusta sekä näihin liittyviä erityispiirteitä Venäjällä. Lisäksi opiskelijat pääsivät tutustumaan Pietarin vesihuoltoon käytännössä ekskursioilla. Vierailun koulutuksellisesta annista opittiin, että yleisesti ottaen paikallinen vesihuolto on pitkälle automatisoitua ja käytössä on modernia tekniikkaa.

Toisaalta voimakkaan yhteiskunnallisen murroksen keskellä itse vesijohtoverkoston on syntynyt valtava korjausvelka, jota käytännössä kyetään lyhentämään vain korjaamalla verkostoa sitä mukaa kuin välttämätön pakko edellyttää. Oppilaitosten välisen yhteistyön tiivistämisessä merkittävimäksi haasteeksi muodostui venäläisten partneriyliopistojen opiskelijoiden osallistumismahdollisuuksien parantaminen. Paikallisten opiskelijoiden osallistumista intensiiviviikolle suomalaisopiskelijoiden mukana vaikeuttaa heidän omien opinahjojensa tiukat vaatimukset läsnäolosta opetuksessa. Toivottavasti esteet entistäkin syvemmälle yhteistyölle tulevaisuudessa poistuvat ja pääsemme edelleen kehittämään molempia osapuolia aidosti hyödyttäviä oppimisen muotoja, sillä ainakin tahtotila siihen suuntaan selvästi on olemassa. Intensiivikurssia osarahoitti FIRST-ohjelma.

Vesiteknologian intensiivikurssi Pietarissa 22.–28.9.2013

Mikkelin ammattikorkeakoulu yhteistyössä pietarilaisten yliopistojen (St. Petersburg State Polytechnical University ja St. Petersburg National Research University of Information technologies, mechanics and optics) järjestivät 22.–28.9.2013 jo kuudennen kerran ympäristötekniikan insinööriopiskelijoille viikon mittaisen vesiteknologian intensiivikurssin Pietarissa Venäjällä. Opintomatkalta suuntasi tänä vuonna 2013 opettajien Hannu Poutiainen ja Arto Sormusen johdolla kaksitoista 4. vuoden ympäristötekniikan opiskelijaa, tarkoituksenaan tutustua itänaapurimme vesihuoltoon.

Viikon aikana opiskelijat osallistuivat erilaisille luennoille, jotka käsittelevät vesien tilaa, juomaveden hankintaa, raakavesireservien käyttöä, talous- ja jätevesien puhdistusta sekä näihin liittyviä erityispiirteitä Venäjällä. Lisäksi viikon aikana pääsimme vierailemaan sekä vedenottamolla, jätevedenkäsittelylaitoksella sekä Baltikan panimolla.

Vedenkäsittelyä Pietarissa

Talousveden valmistuksesta ja jätevedenkäsittelystä vastaava yhtiö Pietarin alueella on Vodokanal Sankt-Peterburga (kuva 1). Vedenottamoita Pietarin alueella on viisi, joista me pääsimme tutustumaan eteläisen alueen vedenottamoon. Muiden Pietarin alueen vedenottamoiden tavoin eteläinen laitos käyttää raakavesireservinään Neva-jokea. Laitoksella vesi esikäsitellään erilaisin kemikaalein, minkä jälkeen kiintoaineseostus poistetaan kahdessa eri vaiheessa painovoimaisesti laskeuttamalla. Tämän jälkeen vesi suodatetaan hiekka-aktiivihii-lisuodattimella. Kaikki laitokselta lähtevä vesi käsitellään natriumhypokloriitilla, ammoniumsulfaatilla ja UV-säteilyllä. Tarvittaessa vesi saa vielä otsonointikäsittelyn. Eteläisen vedenottamon tuotanto nykyisellä toiminta-asteella on noin 350 000 m³ juomakelpoista talousvettä vuorokaudessa. Pyysimme isänniltämme näytteen heidän lopputuotteestaan, jota sitten arvioimme aistinvaraisesti haistamalla ja maistamalla, sekä myöhemmin pienimuotoisessa laboratorioanalyysissä.



KUVA 1. Puhdistetun veden purkautumista Neva-jokeen (kuva Hannu Poutiainen)

Pietarin alueella on 14 jätevedenkäsittelylaitosta, joista kolme on kokoluokaltaan suuria. Me saimme vierailulla yhdellä näistä suurista laitoksista, pohjoisella jätevedenpuhdistamolla, jossa jätevetä käsitellään noin 750 0000 m³ vuorokaudessa. Tämä on noin kolmannes kaupungin käsitellyistä jätevesistä. Venäläisenä erikoisuutena jätevedenkäsittelyssä, ainakin verrattuna kotimaisiin järjestelmiimme, voidaan pitää puhdistamolietteen käsittelyä polttamalla. Jokaisen suuren jätevedenkäsittelylaitoksen yhteydessä toimii lietteen kuivausyksikkö ja kattilat polttoa varten. Pohjoisella laitoksella liete kuivattiin sentrifugein ja poltettiin arinatekniikalla. Saatu energia hyödynnettiin laitoksella lämpönä ja sähköinä. Syntynyt tuhka sijoitetaan kaatopaikalle, mutta suunnitelmissa on muun muassa tuhkan hyödyntämistä rakennustiilien valmistusmateriaalina.

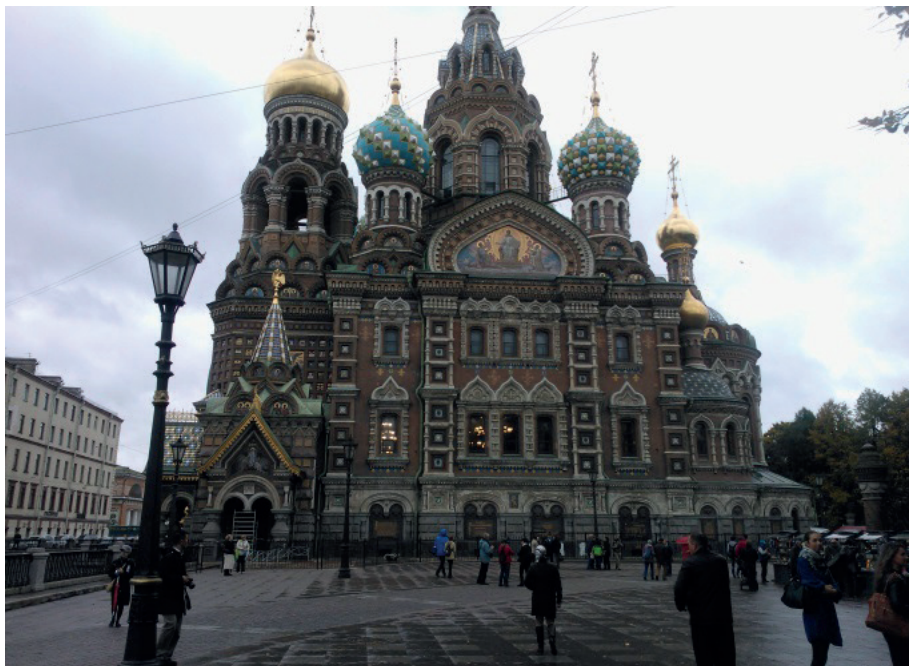
Baltikan panimo on merkittävä toimija alueella. Kyseessä on yksi Euroopan suurimmista panimoista. Panimo on myös suuri asiakas Vodokanalille. Erittäin asiantuntevalla ja laajalti oluen valmistusta, pakkausta, jakelua, markkinointia ja historiaa käsittelevällä tehdaskierroksella saimme oppia ja näkemystä siitä, miten suuri panimoalan yritys toimii, hankkii raaka-aineensa ja saattaa valmiit tuotteet kuluttajien saataville. Opiskelijamme olivat varsin kiinnostuneita yrityksen toiminnasta, sillä kierroksen pituus venyi lukemattomien esitettyjen kysymysten vuoksi niin, että paljon odotetuille maistiaisille jäi kovin niukalti aikaa.

Vesinäytteenotto ja kulttuuri

Ohjelmaan kuului myös harjoitus vesinäytteenotosta. Näytteenotto paikaksi valikoitui Venäjän tunnetuimman tiedemiehen mukaan nimetty Lomonosovin silta Fontanka-kanalissa. Harjoituksessa opiskelijat ottivat vesinäytteen sekä määrittivät veden näkösyvyyden Limnos-näytteenottimella. Otetusta näytteestä tehtiin myös pienimuotoinen laboratorioanalyysi.

Viralliseen ohjelmaan kuului myös useita kulttuurikohteita, kuten vierailu Eremitaasiin ja Kristuksen ylösnousemuksen kirkkoon eli niin kutsuttuun verikirkkoon (kuva 2). Onneksemme saimme myös kutsun Pietarin valtiollisen akateemisen sinfoniaorkesterin upeaan konserttiin. Konserttisalina toimi yliopiston oma vasta kunnostettu historiallinen ”Valkoinen sali”. Orkesterinjohtajana toimi Alexander Titov, yksi Venäjän tunnetuimmista kapellimestareista. Ensimmäisellä puoliajalla saimme kuulla Johan Sebastian Bachin poikkihuilulle ja jousille säveltämän orkesterisarja nro. 2. Toisen puoliajan ohjelmistona kuulumme

Pink Floydin musiikkia filharmoniselle orkesterille sovitettuna. Lienee turhaa mainita, että konserttielämys oli koskettava ja maailman huippuluokkaa olevan orkesterin tuottama äänimaailma valloittavaa kuultavaa. Oli myös ihastuttavaa huomata, miten konserttiyleisö koostui kaiken ikäisistä ihmisistä kaikista kansan kerroksista.



KUVA 2. Kirkko veren päällä (kuva Hannu Poutiainen)

Pietari näytti opiskelijaryhmälle monet kasvonsa. Upean arkkitehtuurin vuoksi Pohjolan Venetsiaksikin kutsuttu kaupunki tarjosi tarkkailijalleen silmäniloa palatseillaan ja lukemattomilla kauniilla historiallisilla rakennuksillaan. Kadulta sisäpihan puolelle poikennut tarkkailija saattoi myös todeta julkisivun kätkevän usein taakseen hämyisen ja rappeutuneen sisäpihan. Satunnaisen, ydinkeskustan alueella liikkuvan tarkkailijan kannatti myös muistaa, että oli itse liikkeellä valtaisassa kulississa. Ekskursiot ja metromatkat kaupungin laitamille antoivat kaikille viitteitä siitä, miten varallisuus kaupungissa on jakautunut.

Viikon aikana oppainamme toimivat opiskelijat Julia Kaschenko, Sofia Smirnova, Elena Bodrova ja Tatjana Zheleznova. Julia Kaschenko ja Sofia Smirnova toimivat oppainamme jo edellisellä vierailullamme ja Julia on myös suorittanut ns. tuplatutkinnon eli double degree -tutkinnon Mikkelin ammattikorkeakoulussa. Ns. tuplatutkinnossa ajatuksena on,

että opiskelija valmistuu sekä omasta kotiyliopistostaan että kumppaniyliopistosta yhteiseen sopimukseen pohjautuen ja saa näin kansainvälisen tutkintotodistuksen. Double degree -tutkinto on tämältyyppisen intensiiviviikon lisäksi yksi tapa tehdä yhteistyötä.

Kaupungin suuruus ja ihmisten paljous yllätti opiskelijat; asuuhan Pietarin alueella yhtä paljon ihmisiä kuin koko Suomessa. Tavalliseen opiskelijan arkeen kuuluu reilun tunnin koulumatka yliopiston asuntolalta kampukselle aamuin illoin. Vielä pitempään koulumatka kestää, jos sattuu juuttumaan jokapäiväisiin liikenneuuhkiin. Metro on kaupungissa helppo ja edullinen tapa liikkua paikasta toiseen, sillä kertalipun hinta on vain 28 ruplaa (noin 60 senttiä). Paikalliset opiskelijat saavat toki tästäkin merkittävän alennuksen. Liikenne ja metron aukioloajat rytmittävät opiskelijoiden elämää Pietarissa. Aivan kuin yöelämäkin olisi suunniteltu metroaikataulujen mukaan, kun baarit sulkeutuvat, metroasemat aukeavat. Suomeen verrattuna opiskelijakortilla saatavat etuudet olivat huomattavasti parempia, ja useisiin vierailukohteisiin opiskelijat pääsivät edullisemmin tai jopa ilmaiseksi.

Koulutuksen tuulia Venäjällä

Koulutus Venäjällä on kokenut uudistuksia, sillä nykyään myös heillä on käytössä kansainväliset termit korkeakoulututkinto (Bachelor) ja ylempikorkeakoulututkinto (Master of Science). Opiskelussa on kuitenkin useita eroja. Kieliä voi kyllä valita opiskeltavaksi, mutta on sallittua opiskella vain yhtä vierasta kieltä kerrallaan ja sen opiskelu kestää kaksi vuotta. Yleisesti ottaen Venäläisten englannin kielen opiskelun vähyys tulee esille arkipäivässä meille suomalaisille, kun yritämme viestiä venäläisten kanssa. Yliopistot jakautuvat valtiollisiin ja yksityisiin. Vain pienelle osalle opiskelijoista opiskelu on maksutonta ja saadut arvostamat määrittelevät opiskeluoikeuden – hyvä koulumenestys mahdollistaa laadukkaamman ja jopa maksuttoman koulutuksen. Kokemuksemme venäläisestä koulutuksesta olivat myönteisiä ja luennot ja harjoitukset, joille osallistuimme, korkealaatuisia (kuva 3).

Vierailumme koulutuksellisesta annista opimme, että yleisesti ottaen paikallinen vesihuolto on pitkälle automatisoitua ja käytössä on modernia tekniikkaa. Erityisesti mieleemme jäi erilaisten eliöiden käyttö vedenlaadun seurannassa. Sekä puhtasvesilinjan alkupään eli kotitalouksiin menevän käyttöveden, että jätevesilaitoksella puhdistetun veden laatua monitoroitiin rapujen ja kalojen avulla. Muun muassa rapujen sydämensykettä ja kalojen käyttäytymismuutoksia käytetään apuna osoittamaan muutoksia vedenlaadussa. Näiden

ns. biologisten mittareiden kautta vedenlaadun muutokset havaitaan välittömästi. Bioindikaattorien lisäksi mukana oli myös lukuisat Suomessakin käytössä olevat vesikemialliset analyysit. Suomalaista osaamista onkin hyödynnetty paljon Pietarin vesihuollon parantamisessa. Yhtäkaikki, vaikka vesi lähtötilanteessa vedenpuhdistamolla täyttää laadukkaan veden kriteerit, mielellään ostimme pullovetä jo hampaidenpesua varten.



KUVA 3. Pääsimme myös itse luennoimaan (kuva Hannu Poutiainen)

Toimivaan ja turvalliseen vesihuoltoon kuuluu myös toimiva vedenjakelu. Pietarin alueen, niin kuin koko Venäjän, infrastruktuurin kunnossapitoa, korjausta ja modernisointia ei voimakkaan yhteiskunnallisen murroksen keskellä ole pystytty hoitamaan yhtä systemaattisesti kuin monissa muissa länsimaissa. Niinpä myös Pietarin alueen vesijohtoverkoston on syntynyt valtava korjausvelka, jota käytännössä kyetään lyhentämään vain korjaamalla verkostoa sitä mukaa kuin välttämätön pakko edellyttää.

Yhteisten opintojaksojen mahdollisuudet ja haasteet

Suurimpana haasteena intensiiviviikkojen toteutuksessa on yhteisen aikataulun sovittaminen. Venäläisten partneriyliopistojen opiskelijoiden on hankala liittyä meidän viikon ohjelmaan, koska omat opinnot ovat pakollisia, eikä mahdollisuutta poisjäämiselle ole. Jossa-

kin vaiheessa toivottavasti nämä esteet poistuvat ja pääsemme aidosti toteuttamaan yhteisiä opintojaksoja. Tahtotila tähän on jo olemassa, ja kansainvälisyyskasvatus tunnustetaan mahdollisuutena ja osana ammatillista kasvua molemmilla puolilla rajaa.

Kokonaisuudessaan viikko Pietarissa avasi ammatillista näkemystä vesihuollosta ja venäläisistä toimitavoista sekä kulttuurillisista eroista. Ja ammatillisessa mielessä tarkasteltuna, toimiva ja tehokas vesihuolto on meidän kaikkien asia, rajoihin katsomatta, sekä oman terveytemme, että ainoan, yhteisen Itämeremmeikin vuoksi. Toisaalta opiskelijoille viikko tarjosi kokemuksia kansainvälisestä työskentelystä ja yhteistyöstä (kuva 4). Elämme nyt ja tulevaisuudessa yhä enemmän kansainvälistyvässä maailmassa ja tämäntyyppinen toiminta osaltaan tarjoaa opiskelijalle eväitä toimia kansainvälisissä työtehtävissä. Kokemusten kautta opimme asioita.



KUVA 4. Puhdistamon purkuputken vaikutuksen mallinnusta, Pietarin valtiollinen polytekninen yliopisto (kuva Hannu Poutiainen)

YMPÄRISTÖYRITTÄJYYS ON ENEMMÄN KUIN LIIKEVOITTO

Anne-Marie Tuomala

Ympäristöyrittäjyys ja yrittäjämäinen toimintatapa on toimintaa, jonka huomaamme käytännön tilanteissa. Sen sijaan pyrkimykset kehittää tarkka tieteellinen määritelmä ympäristöyrittäjyydelle on johtanut monenlaiseen semanttiseen ja filosofiseen argumentaatioon, mutta tämä ei vielä ole johtanut käytännön toteutukseen esimerkiksi korkeakouluopetuksessa. Yhtenä syynä voidaan pitää käyttökelpoisten pedagogisten mallien puuttumista. Miten ympäristöyrittäjyyden pedagogista mallia voi rakentaa arvopohjaisen yrittäjyyden perustalle? Miten Mikkelin ammattikorkeakoulun Energia- ja ympäristötekniikan laitoksen ympäristöyrittäjyyden malli on kehittymässä? Artikkelini kuvaa Mikkelin ammattikorkeakoulun Energia- ja ympäristötekniikan laitoksen Environmental Engineering -koulutusohjelman mallin peruseräitä kirjallisuuskatsauksen ja toteutuksen parhailla käytänteillä.

Johdanto

Suomi tarvitsee uusia yrittäjiä, eikä mitään toimialaa pidä sulkea yrittäjyyden kehittämisen ulkopuolelle. Julkisten resurssien vähentyessä on todennäköistä, että yhä enemmän yksityisistä kuntien ja valtion toiminnoista hoidetaan yksityisissä yrityksissä. Keskustelu on liittynyt suurimmaksi osaksi hyvinvointi- ja terveyspalveluiden tuottamiseen yksityisellä sektorilla, mutta se koskee myös ympäristöalaa, joka on Suomessa voimakkaasti sidoksissa julkiseen hallintoon ja rahoitukseen monin eri tavoin.

Innoittaja asiassa on myös ollut ulkomaisten opiskelijoiden työllistyminen opintojen jälkeen. Suomessa toimii tällä hetkellä 106 englanninkielistä AMK-perustutkintoon johtavaa koulutusohjelmaa. Vuoden 2010 tilastojen perusteella vuoden kuluttua valmistumisesta 49 % ulkomaalaista ammattikorkeakouluopiskelijoista työllistyi Suomessa, 21 % oli lähtenyt Suomesta, 7 % opiskeli Suomessa ja 18 % kuului ryhmään ”olivat muutoin Suomessa”. Parhaiten työllistyivät sosiaali- ja terveysalalle valmistuneet, muilla aloilla ei ollut suuria eroja. Yrittäjyyskin voisi olla vaihtoehto integroitua yhteiskuntaan, sillä hollantilais tutkimus osoittaa, että jos 2,5 % ulkomaalaisista opiskelijoista työllistyy, maksaa se takaisin yhteiskunnan panoksen koulutukseen. Perusteena on kansainvälisen liiketoiminnan lisäänty-

misen mukanaan tuoma hyöty yhteiskunnalle. Vastaavia tutkimuksia ei ole Suomessa vielä tehty. Voisi kuitenkin olettaa, että yrittäjyys on varteenotettava vaihtoehto monen maassa olevan tutkinnon suorittaneen ulkomaalaisopiskelijan tulevaisuuden työuraa.

Ympäristöyrittäjyyden määritelmä ja pedagogisen mallin kehittäminen

Yrittäjyys tai yrittäjämäinen toimintatapa on toimintaa, jonka tunnistaa käytännön tilanteissa, mutta sen täsmälliset määrittely-yritykset ovat johtaneet lukuisiin semanttis-filosofiisiin keskusteluihin. Onneksi akateemisen kirjallisuuden perusteella voidaan jo luonnehtia ympäristöyrittäjyyden (ecopreneurhip) ominaisuuksia.

Lähtökohtana on millaisen, yhdistelmän yrittäjyys ja ympäristö muodostavat. Ympäristöyrittäjä on yrittäjyyden kentässä toimiva henkilö, joka organisoii, luo ja toteuttaa asiakkaan aktiviteetteja saadakseen aikaan muutosta luonnonympäristöön liittyvän käyttäytymiseen samalla pyrkien suojelemaan tai kunnostamaan luonnonympäristöä. Lisäksi yrittämisen tulee aina olla liiketoiminnallisesti kannattavaa, jotta se voi lähtökohtaisesti olla järkevää yrittäjälle ja yhteiskunnalle. Ympäristöyrittäjät antavat siten merkittävää yhteiskunnallista panosta ”enemmän kuin liikevoitto” -periaatteella.

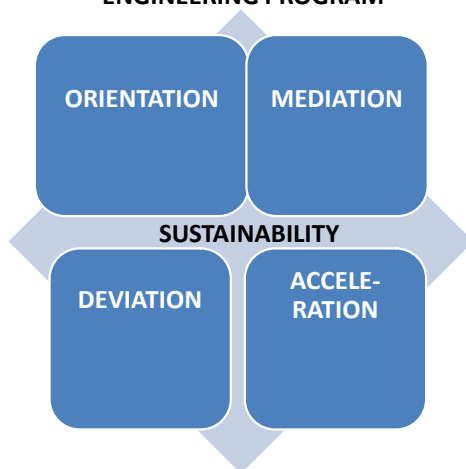
Ympäristöyrittäjyyden liiketoimintamallien luominen ja toteuttaminen on haasteellista. Alan tieteellinen kirjallisuus toteaa, että on olemassa alaan liittyviä erityishaasteita, joita ns. konventionaaliset yrittäjät eivät välttämättä kohtaa lainkaan. Haasteet voidaan jakaa kolmeen luokkaan: (1) markkinoiden luomiseen liittyvät haasteet, (2) rahoituksen saatavuus toimialalla ja (3) olemassa olemisen ja toiminnan eettinen perusta. Voidaan todeta, että luokitus koskee muutakin arvopohjaista yrittäjyyttä, kuten sosiaali- ja terveysalan yrittäjyyttä.

Opetuksen ja pedagogiikan näkökulmasta pedagogisten mallien tulee sisältää ongelmanratkaisutaitojen kehittämistä laajasti eri oppiaineissa, arvoperustaisen ajattelun kehittämistä, eettisten taitojen kehittämistä, riskinottokyvyn ja riskien sietokyvyn kehittämistä sekä luovuuden ja innovatiivisuuden kehittämistä.

Koska ei ole olemassa valmista mallia, oman mallin kehittämisen alkuvaiheessa joudutaan ottamaan käyttöön oma lähestymistapa, joka perustuu kokemuksella saavutettujen parhaiden käytäntöjen tunnistamiseen. Mallin kehittämistä tuetaan seuraamalla alan tieteellistä kirjallisuutta ja sidosryhmien toimintaa. Mikkelin ammattikorkeakoulussa ympäristöyrittäjyyden osaamisen kehittäminen on erityisen tärkeää Environmental Engineering -koulutusohjelmassa, jotta Suomeen jäädessään opiskelijoilla olisi paremmat mahdollisuudet työllistyä, sillä viranomaistehtäviin sijoittuminen on heidän kohdallaan epätodennäköistä. Näin luodaan vaihtoehtoja tulevaisuudelle yksityisen sektorin palkkatyön rinnalle. Tällä hetkellä Environmental Engineering -koulutusohjelmassa voidaan erottaa kolme elementtiä (kuva 1), joiden perusteella yritetään luoda seuraavanlainen kokonaismalli:

1. **Mediation.** Opettaja mahdollistaa oppimisen kaksisuuntaisella tiedon välityksellä, jossa aihepiiriin liittyviä keskusteluja sovelletaan oppiaineeseen, esittelee asiaan liittyvää uutta tutkimustietoa, arvoja ja muita ympäristöyrittäjyyteen liittyviä asioita oppiaineen näkökulmasta. Oppimisen tukena käytetään kannustusta itseohjautuvaan oppimiseen, coachingia ja mentorointia. **Mediation** luo yleisiä valmiuksia mahdolliseen tulevaan ympäristöyrittäjyyteen.
2. **Unexpected is not a deviation.** Yrittäjyydessä on oleellista oppia sietämään ennakoita odottamatonta. Kokeneet yrittäjät tietävät, että ennakoita odottamaton ei välttämättä ole totutusta poikkeamista. Voidaan todeta, että kyseessä on pikemminkin yrittämisen normi, yrittäjyyden kentän eläin- ja kasvikuunta, josta yrittäjä ammentaa oppimista ja kokemusta omaan polkuunsa yrittäjyyden kentässä. Yrittäjämäiseen ajatteluun kuuluu, että ei ole olemassa valmiiksi tehtyä tulevaisuutta, vaan sen muotoutumiseen voi itse ratkaisevasti vaikuttaa.
3. **Accelerators.** Kiihdyttämöt ovat ulkopuolisia sidosryhmiä, henkilöitä, jotka tukevat opiskelijaa välittämällä heille ajantasaista tietoa liiketoiminnasta ja opettaja toimii, ainakin aluksi, osapuolten välisenä välittäjänä. Kyseessä ei siis ole fyysinen kiihdyttämötoiminta, jota on luotu alueellisiin kehittämissyhtiöihin. Kiihdyttämöjen avulla opiskelijat saavat paremmin realistista tietoa alan kysynnän ja tarjonnan tilanteesta. Kiihdyttämön roolia voidaan hyvin kuvata olevan sen vahvimmassa muodossa suora tie alan kasvaan kysyntään. Jos toiminta onnistutaan kehittämään pitkäjänteiseksi ja se sisältää palautejärjestelmän, voi opiskelijoista muovautua kiihdyttämöiden kiihdyttämö (accelerator of accelerators).

**COMPONENTS OF ECOPRENEURSHIP
PEDAGOGICAL MODEL IN ENVIRONMENTAL
ENGINEERING PROGRAM**



KUVA 1. Environmental Engineering -ohjelman ympäristöyrittäjyyden pedagogiset elementit (kuva Anne-Marie Tuomala)

Alan tieteellinen kirjallisuus korostaa myös oppilaitoksen dialogia yhteiskunnan ja aluekehitystoimenpiteiden kanssa. Yhteiskunnallisena tavoitteena opetussuunnitelmassa tulisi siten näkyä (1) kestävän kulutuksen edistäminen, (2) energiatehokkuus, uudet ja tulevat ympäristöteknologiat (cleantech), (3) inhimillinen vuorovaikutus ja (4) biodiversiteetin suojelun merkitys. Jos näiden osa-alueiden tietopohja onnistutaan koostamaan mielekkääksi kokonaisuudeksi opetussuunnitelmassa, muodostavat ne hyvän perustan myös ympäristöyrittäjyydelle. Jos opetussuunnitelma perustuu pelkästään esimerkiksi cleantechin opiskeluun, se ei luo tarpeeksi vahvaa pohjaa ympäristöyrittäjyydelle – eikä myöskään tulevaisuuden palkkatyötä tekevän ympäristöinsinöörin osaamis pohjalle. Jo nykyisessä Environmental Engineering -opetusohjelmassa on hyvin esillä edellä mainitut tietopohjan osa-alueet, koska ympäristön talouden ja inhimillinen näkökulma ovat integroituneina. Parhaillaan käynnissä oleva opetussuunnitelman uudistus mahdollistaa lisävahvistuksen sekä tiedollinen, taidollisen että menetelmällisen kehittämisen.

Pedagogisen mallin toteuttaminen kestävän kehityksen viitekehityksessä

Vaikkakin pedagogisen mallin kehittäminen on vielä alkuvaiheessa, se on hyvä apu monenlaisen opetuksen kehittämisen suunnittelussa yleisestikin. Sen avulla voidaan myös arvioida, millaisiin tuloksiin on päästy ja mitkä asiat eivät ehkä ole sujuneet toivotulla tavalla. Koska koulutusohjelma on nykyiselläänkin rakennettu kestävän kehityksen ajattelun pohjalle, toimii se arvojen takia hyvänä alustana ympäristöyrittäjyyden mallin kehittämiseksi. Kestävä kehitys alkaa olla jo pikemminkin valtavirta ja siksi opiskelijoiden onkin ollut helppoa hyväksyä ja soveltaa kestävästä kehitystä oppimistehtävissä ja opiskelijaprojekteissa.

Nykyaikaisessa kestävän kehityksen opettamisessa ei enää yritetä etsiä yhtä ”kotipesää”, opintojaksoa tms. asian oppimiselle. Tärkeää on, että kestävä kehitys ei nähdä erillisenä oppiaineena. Alan kirjallisuudessa korostuu, että kestävä kehitys tulisi pystyä ottamaan huomioon samanaikaisesti opetettavan aineen sisällä ja käytännön toimintana ja konkretiana. Oppijan pitäisi siis oppia analysoimaan kestävän kehityksen elementtejä – ympäristö, talous ja sosiaalis-kulttuurinen vaikutus – periaatteessa kaikessa toiminnassa. Opetuksessa on oleellista pystyä konkretisoimaan asia esim. demonstroinneilla ja erilaisia oppimisympäristöjä hyödyntämällä. Seuraavana on listattu joitakin käytössä olevia työkaluja opetuksessa.

Työkalu I – “Venyttä ja laajenna”

Tietynlainen vaaran paikka kestävän kehityksen oppimiselle ja omaksumiselle on keskityminen yksinomaan ympäristönäkökulmaan. Melko yleinen uskomus on, että ympäristöosaaminen on yhtä kuin kestävän kehityksen osaaminen. Tuolloin jää puuttumaan kaksi muuta pilaria eli taloudellinen ja sosiaalinen näkökulma. Kestävässä kehityksessä on kyse kaikkien kolmen pilarin harmonisesta kehityksestä. Ympäristöinsinöörejä saatetaan myös korostetusti opettaa ympäristövahinkojen seurausten hoitajiksi eikä niiden ennalta ehkäisijöiksi. Jos asiat omaksutaan vain ympäristönäkökulmasta, ei riittävää pohjaa yrittäjyydelle tai yrittäjämäiselle toimintatavalle saavuteta.

Opiskelijoiden kestävän kehityksen ajattelua voi herätellä esimerkein. Esimerkiksi television kierrätys generoi monia ulottuvuuksia lähtien innovoinnista, muotoilusta, tuotannosta ja kierrätyksestä eli yritetään muodostaa mahdollisimman laaja kuva ja nähdä oma ammatillinen rooli tuotteen elinkaaren eri vaiheissa. Ajattelua pyritään ”venyttämään” tuotteen/

palvelun alkulähteille, innovaation, muotoiluun ja tuotekehitykseen, jossa tehdään kestävä kehityksen ja erityisesti ympäristön kannalta merkittävimmät päätökset. Miettimällä asiaan liittyviä syy-seuraussuhteita pystytään laajentamaan ymmärrystä kokonaiskuvasta.

Työkalu 2 – “Puhumme tulevaisuudesta ja muodostamme tulevaisuutemme”

Esimerkiksi Bournemouth Business School käyttää opetuksen johdannossa “What would you like society to look like in the future?” -lähestymistapaa. Tulevaisuuden tutkimuksen menetelmät ja työkalut soveltuvat kestävä kehityksen omaksumiseen, koska niillä tähdätään pitkäkestoisesti toiminnan ennakkointiin ja toimimaan aktiivisesti tulevaisuuden eteen.

Työkalu 3 – Konkretisoi ja tee näkyväksi

Taulukossa 1 on esitetty esimerkki kurssisuunnittelun työkalusta, kestävä kehityksen Pääoma ja kompetenssi -matriisista.

TAULUKKO 1. Kestävän kehityksen Pääoma ja kompetenssi –matriisi

VIISI KESTÄVÄN KEHITYKSEN PÄÄOMAA	KOMPETENSSI
LUONTOPÄÄOMA Luonnonympäristön tarjoamat resurssit.	
INHIMILLINEN PÄÄOMA Toimeliaisuus, motivaatio ja kapasiteetti luoda kontakteja, tunteily sekä hyvinvointi/terveys.	
SOSIAALINEN PÄÄOMA Ryhmytyminen tuo lisäarvoa yksilölle (sisäiset ja ulkoiset sidoryhmät).	
TUOTETTU PÄÄOMA Olemassa olevan infrastruktuurin hyödyntäminen, esim. rakennukset, rautatiet jne. Voiko niitä hyödyntää tavalla mikä vaatii vähemmän resurssia innovatiivisuutta lisäämällä?	
RAHAPÄÄOMA Raha joka mahdollistaa lisäarvon tuottamisen em. resursseihin. Onko olemassa tapoja, jotka voisivat tarkemmin määrittää em. resurssien käytön todellisia kustannuksia?	

Yhteenveto

Ympäristöyrittäjyys on arvopohjaista yrittäjyyttä, jonka toimintamallien omaksuminen ympäristöalan opiskelijalle on todennäköisesti luontaisempaa kuin perinteisten yrittäjyyskursien, jossa lähinnä teknisesti käsitellään yrityksen perustamisen vaiheita, liiketoimintasuunnitelman laatimista ja yritysmuotoja. Ympäristöala tarvitsee omia pedagogisia malleja, jotka eivät välttämättä tähtää suoraviivaisesti yrityksen perustamiseen, vaan lähinnä yrittäjämäisen asenteen luomiseen kestäväen kehityksen ja arvoperusteisen yrittäjyyden näkökulmasta.

Kestäväen kehitys on integroitu jo toteutuksessa olevaan opetussuunnitelmaan. Uuden opetussuunnitelman myötä voidaan ympäristöyrittäjyyden pedagoginen malli ottaa vahvemmin huomioon. Mikkelin ammattikorkeakoulun Energia- ja ympäristötekniikan laitos pyrkii toimimaan edelläkävijänä alan kehittämisessä Suomessa.

LÄHTEET

DeSchryver, M.; Leahy, S.; Koehler, M. and Wolf, L. (2013). "The Habits of Mind Necessary to Generate New Ways of Teaching in a Career of Constant Change". *TechTrends: Linking Research & Practice to Improve Learning*. March 2013, Vol. 57 Issue 3, p. 40-46.

Faktaa Express. Numero 2/2012. http://www.cimo.fi/instancedata/prime_product_julkaisu/cimo/embeds/cimowwwstructure/23282_faktaa_express_2_2012.pdf (viitattu 15.11.2013)

Gadotti, M. (2010). "Reorienting Education Practices towards Sustainability". *Journal of Education for Sustainable Development*, 4: 203-211.

Garam, Irma (2013). "International Degree Programmes in Finland – Present Situation, Future Challenges and Possibilities", presentatio FINNIPS-konferenssissa, Jyväskylä 2.10.2013.

Keogh, P.D. & Polonsky, M.J. (1998). "Environmental commitment: a basis for environmental entrepreneurship?", *Journal of Organizational Change Management*, Vol. 11 Iss: 1, pp.38 – 49.

Kerr, K. G. & Hart-Steffes, J.S. (2012). "Sustainability, student affairs, and students". *New Directions for Student Services*. Spring 2012, Issue 137, p.7-17.

Kitinoja, Heli (2013). "International education and degree programmes as a basis for global competency and citizenship", presentatio FINNIPS-konferenssissa, Jyväskylä 2.10.2013.

Koester, R. J. (2013). "Higher Education, Adult Learning, and Greening of the Economy". *Adult Learning*, Feb2013, Vol. 24 Issue 1, p. 37-42.

Linnanen, L. (2002): "An Insider's Experience with Environmental Entrepreneurship". GMI Theme issue. *Environmental Entrepreneurship*, GMI 38, pp. 71-80.

Malie, S. & Akir, O. (2012). "Bridging the gaps between learning and teaching through recognition of students' learning approaches: a case study." *Research in Education*. May 2012, Vol. 87 Issue 1, p. 75-94.

Marien, M. (2012). "Vital Signs 2012: The Trends That Are Shaping Our Future". *World Future Review*. Spring2012, Vol. 4 Issue 1, p. 115-122.

O'Sullivan, E. (2004). *Transformative Learning: Educational Vision for the 21st Century*. Toronto: University of Toronto.

Panina, G.V. (2012). "Sociological Education in Today's Technical University". *Russian Education & Society*. Feb 2012, Vol. 54 Issue 2, p. 3-15.

Parkin S., Johnston, A., Buckland, H., Brookes, H., White, E. (2004). *Learning and Skills for Sustainable Development. Developing a sustainability literate society*. Forum for the Future. London, the UK.

Sarasvathy, S.D. (2008). *Effectuation – Elements of Entrepreneurial Education*. University of Virginia. MPG Books Group, Great Britain.

Schaper, M. (2002). "The Essence of Ecopreneurship", GMI Theme issue. *Environmental Entrepreneurship*, GMI 38, pp. 26-31.

Stave, K. (2010). "Participatory System Dynamics Modeling for Sustainable Environmental Management: Observations from Four Cases", *Sustainability*, 2, 2762-2784.

Tomlinson, C. A. (2013). "Fairy Dust and Grit". *Educational Leadership*. Feb2013, Vol. 70 Issue 5, p85-86.

Wagner, T. (2012). "Calling All Innovators". *Educational Leadership*. April 2012, Vol. 69 Issue 7, p. 66-69.

LUGABALT - PUHTAAMMAN ITÄMEREN PUOLESTA

Tuija Ranta-Korhonen ja Sami Luste

Mikkelin ammattikorkeakoulun Energia- ja ympäristötekniikan laitoksella on käynnissä Clean Rivers to the Healthy Baltic Sea (LugaBalt) -hanke, joka toteutetaan osana Euroopan unionin naapuruusyhteistyöohjelmaa ENPI CBC 2007–2013. Hanke on käynnistynyt joulukuussa 2012 ja jatkuu vuoden 2014 loppupuolelle.

Hankkeessa on yhteensä kahdeksan hankepartneria, joista suomalaisia ovat Mamkin lisäksi Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus MTT. Hankkeen pääpartneri on Mikkelin ystävyyskaupunki Luga. Hankkeen aktiviteetit toteutetaan pääasiassa Lugan piirikunnan alueella, mutta hankkeen aikana toteutetaan myös useita venäläisten hankepartnereiden ja sidosryhmien vierailuja Suomeen.

Hankkeen päätavoitteena on Luga-alueen jokiympäristön tilan parantaminen eri keinoin. Tarkasteluun otetaan sekä maatalous että ympäristöä kuormittavat muut ympäristöongelmat. Tärkeänä osana hanketta on ympäristökasvatus. Hankkeen tähtäin onkin tulevaisuudessa ja lasten ja nuorten ympäristötietoisuuden lisäämisessä.

Hankkeen alkutaival

LugaBalt-hanke käynnistettiin tammikuun lopussa 2013 Pietarissa ja Lugassa järjestetyssä Kick-off-seminaarissa. Seminaariin osallistuivat kaikkien hankepartnerien edustajat, sekä runsaasti erilaisia sidosryhmien edustajia sekä Venäjältä että Suomesta. Seminaarin aikana osallistujat jaettiin kolmeen eri ryhmään, joille kullekin annettiin oma vastuualueensa: maatalous, ympäristö ja sosiaaliset kysymykset.

Ryhmissä käytyjen keskustelujen pohjalta kunkin ryhmän puheenjohtaja teki yhteenvedon, joka esiteltiin seminaarin muille osallistujille. Seminaarin jälkeen jokaiselle hankepartnerille annettiin ”kotiläksynä” omien keskeisten hankeaktiviteettien metodologian ja työpakettien työstäminen. Kevään aikana kukin hankepartneri toimitti oman työnsä hankekoordinaattorille, joka kokosi ehdotuksista yhteisen toimintaehdotuksen.

Venäläisten hankepartnereiden ja sidosryhmien vierailut

Olenaisena osana hanketta on venäläisten hankepartnereiden tutustuminen suomalaiseen tietotaitoon ja hyväksi havaittuihin käytäntöihin. Hankkeen aikana esitellään laajalti suomalaisia toimintatapoja ja pohditaan niiden käyttökelpoisuutta kohdealueella. Hankkeen avulla pyritään laajalti vaikuttamaan kohdealueen vesiluonnon ja ympäristön tilaan, sekä tukemaan luonnon monimuotoisuutta ja palauttamaan ympäristön tasapainotila.

Venäläisten hankepartnereiden ja sidosryhmien ensimmäinen vierailu Suomessa toteutettiin kesäkuussa 2013. Vierailun käytännön järjestelyistä huolehtivat suomalaiset hankepartnerit Maa- ja elintarviketalouden tutkimuskeskus MTT ja Mikkelin ammattikorkeakoulu. Vierailun tarkoitus oli tutustua suomalaisiin vesiensuojelukäytäntöihin eri toimialoilla sekä Saimaalla ja Kymijoella käytössä oleviin eri suojelukeinoihin.

Nelipäiväisen vierailun aikana ryhmä tutustui muun muassa Luontokeskus Oskariin Rantasalmella, vieraili Muumaa Ay:n luomumaitotilalla sekä tutustui Juvan Bioson Oy:n biokaasulaitoksen toimintaan Juvalla (kuva 1). Vieraat kävivät myös yritysvierailulla Viljavuuspalvelu Oy:ssä sekä vierailivat Mikkelin kaupungin keskusjätevedenpuhdistamolla Kenkäverossa. Lisäksi ryhmälle järjestettiin luentoja vesiensuojeluun ja maaseudun ympäristönsuojeluun liittyvistä aiheista. Vieraille kävivät lisäksi pitämässä luentoja Suomen ympäristölupakäytännöstä maataloilla ympäristöinsinööri Teemu Tuovinen ja vesiensuojelusuunnitelmien toteuttamisesta ympäristösuunnittelija Reijo Lähteenmäki ELY-keskuksesta sekä RAE-hankkeesta ympäristön- ja luonnonhoidon asiantuntija, biologi Saara Ryhänen Etelä-Savon ProAgriasta.



KUVA 1. Vierailu Juvan Bioson Oy:n biokaasulaitoksella (kuvat Hanne Soininen)

Toinen venäläisen ryhmän vierailu toteutettiin lokakuussa 2013. Tällä vierailulla hankepartnerit ja sidosryhmät tutustuivat Metsäsairila Oy:n jätekeskukseen (kuva 2) ja Openhankkeen Läsäkosken vedenlaatua mittaavan anturin toimintaan. Lisäksi ryhmä kävi yritysvierailulla biokaasuteknologiaa suunnittelevassa ja toimittavassa BioGTS Oy:ssä sekä tutustui KoneAgria-messujen tarjontaan Jyväskylässä. Myös tällä vierailulla ryhmälle järjestettiin luentoja.

Kuntien roolista maataloilla luennoi MTT:n vanhempi tutkija, tutkimuspäällikkö Harri Huhta ja maaseudun kehittämisestä puolestaan maaseutupäällikkö Kari Mikkonen Mikkelin kaupungilta. Lisäksi vanhempi tutkija Pentti Seuri MTT:ltä kertoi vieraille EU:ssa ja Suomessa käytössä olevasta maaseudun ympäristötukijärjestelmästä, ja Mikkelin ammattikorkeakoulun tutkimuspäällikkö Sami Luste luennoi biokaasun tuotannosta ja syötemateriaalien merkityksestä.



KUVA 2. Vierailu Metsäsairila Oy:n jätekeskuksella (kuvat Tatjana Minina)

Suomalaisten hankepartnereiden tutustuminen kohdealueeseen

Suomalaisten hankepartnereiden vierailu kohdealueella Lugassa toteutettiin marraskuun 2013 alussa. Matkan tarkoituksena oli tutustua kohdealueen tilanteeseen ja siten pyrkiä paremmin hahmottamaan hankkeen toimintakenttää ja hankkeen aktiviteettien toteuttamisedellytyksiä. Matkalla tavattiin hankkeen venäläisiä partnereita sekä kohdealueen hallintoa ja ympäristöpuolen viranomaisia.

Mikkelin ammattikorkeakoulun päätehtävät LugaBalt-hankkeessa ovat, kuten jo aiemmin mainittiin, Osminon kylän kunnallisen jätehuoltojärjestelmän arviointi ja kehitysehdotus-

ten tekeminen sekä lisäksi maatilamittakaavan biokaasulaitoksen teknis-taloudellinen esiselvitystyö. Molemmat osatehtävät vaativat runsaasti tiedonhankintaa muun muassa paikallisesta lainsäädännöstä ja hallintomenettelyistä.

Tällä hetkellä Osminon kunnallinen jätehuolto toimii puutteellisesti. Venäjän lainsäädännön mukaan jokaisen kotitalouden tulisi solmia sopimus paikallisen jätehuoltoyrityksen kanssa, mutta lainsäädännössä ei ole määritelty valvonta- eikä myöskään sanktiokeinoja tapauksissa, joissa kotitalous ei ole sopimusta solminut. Lisäksi ongelmana on jätehuoltojärjestelmän rahoittaminen. Kerrostaloissa asuvilta kerätään jätehuoltomaksua osana vuokraa tai vastiketta, mutta omakotiasujilta maksua ei tällä hetkellä kerätä, vaikkakin pieni osa omaisuusveron (suomalainen vastine kiinteistövero) tuotosta ohjataan jätehuollon rahoittamiseen.

Erittäin suuria ongelmia jätehuollolle aiheuttaa lisäksi runsas loma-asutus, sillä Venäjän lainsäädännön mukaan jätehuoltomaksu maksetaan henkilön vakitukselle asuinkunnalle. Venäjän lainsäädäntö antaa tosin yksittäiselle kunnalle mahdollisuuden säätää alueelleen jätehuoltomääräykset sekä kerätä jätehuoltomaksua, mutta käytännön keräysmekanismi ja sen toteuttaminen puuttuvat. Loma-asukkaiden vuoksi jätehuoltojärjestelmä ylikuormittuu säännöllisesti, sillä se on mitoitettu vakinaisten asukkaiden lukumäärän mukaan.

Kun edellä mainittuihin ongelmiin lisätään jatkuvasti kasvava kuluttaminen ja sen myötä lisääntynyt jätteiden määrä, on selvää, että jätehuoltojärjestelmä on suurissa ongelmissa. Tämä myös näkyy katukuvassa. Eri puolilla kylää ja sen ulkopuolella on runsain mitoin luvattomia tienvarsikaatopaikkoja (kuva 3). Oman lisänsä ongelmaan tuovat puuttuva tai erittäin vähäinen ympäristötietoisuus.



KUVA 3. Tienvarsikaatopaikkoja Osminon kylässä (kuvat Tatjana Minina)

Hankkeessa tehtävä maatilamittakaavan biokaasulaitoksen esiselvitystyö tehdään Osminon kylällä sijaitsevalle Partizan-nimiselle maatalousyritykselle, joka on samalla yksi hankepartnereista. Partizan on lypsykarjatila, jossa tällä hetkellä on noin 1 500 lehmää. Karjan kokoa ollaan tulevaisuudessa ilmeisesti kasvattamassa, mikä merkitsee sitä, että tällä hetkellä syntyvä vuotuinen lantamäärä 29 000 tonnia tulee entisestään lisääntymään.

Tähän esiselvitystyöhön liittyvää tiedonkeruuta varten oli suomalaisten hankepartnereiden vierailun aikana järjestetty tapaaminen maatalousyrityksen johtajan kanssa. Johtajalle esiteltiin Suomessa käytössä olevien maatilamittakaavan biokaasulaitosten investointikustannuksia sekä esimerkiksi syötemateriaalien laadun ja koostumuksen vaikutusta biokaasulaitoksen tuottamaan energiamäärään ja sen myötä myös laitoksen kannattavuuteen.

Biokaasulaitoksen kannattavuutta Venäjällä ei tällä hetkellä kannata rakentaa tuotetusta energiasta saatavan myyntihinnan varaan, sillä energian hinta Venäjällä on erittäin matala, eikä laitoksella tuotetun energian omakustannushinta ole kilpailukykyinen ostoenergian hinnan kanssa. Esimerkiksi Etelä-Venäjälle Belgorodin kaupungin lähetyville rakennetun teollisuusmittakaavan biokaasulaitoksen sähkön omakustannushinta on 8 ruplaa/kWh, kun sähköverkosta hankitun ostoenergian hinta on ainoastaan 3 ruplaa/kWh. Koska biokaasulaitoksella kyseisessä tapauksessa on kuitenkin tärkeä tehtävä paikallisen lihateollisuuden jäteongelman ratkaisijana, on Belgorodin aluehallinto tehnyt päätöksen kompensoida energian hintaeron laitokselle ja siten tukea laitoksen toimintaa.

Myöskään Osminoon Partizan-maatalousyrityksen yhteyteen kaavailun biokaasulaitoksen kannattavuutta ei kannata rakentaa myytävän energian hinnan varaan. Tätä puoltaa se, että tuotettavan sähköenergian syöttäminen valtakunnalliseen sähköverkkostoon on hankalaa sekä lainsäädännöllisesti että teknisesti. Suomessa erittäin kannattavana pidetyn liikennebiokaasun tuotantokaan ei Venäjällä, halvan polttoaineen maassa, ole taloudellisesti houkutteleva vaihtoehto.

Osminon biokaasulaitoksen rakentamista voidaankin perustella ennen kaikkea sen avulla saatavalla maatalan energiaomavaraisuudella. Toinen tärkeä näkökohta on maatalan lantaongelman ratkaiseminen. Biokaasuprosessin aikana syötteen tilavuus pienenee jonkin verran, ja ennen kaikkea lannan ominaisuudet muuttuvat ympäristöä vähemmän kuormittaviksi.

BIOKAASUNTUOTANNON MAHDOLLISUUDET PIETARIN LÄHI- ALUEEN MAATILOILLA

Sami Luste ja Tuija Ranta-Korhonen

Mikkelin ammattikorkeakoulu on mukana Itämeren ravinnepäästöjen vähenemiseen tähtäävässä LugaBalt-hankkeessa, jonka yhtenä aiheena on tarkastella niitä ympäristön vahvuuksia ja tarpeita sekä muotoutumassa olevien taloudellis-poliittisten sääntelykeinojen kynnysarvoja, joiden avulla biokaasuntuotanto maatiloilla (osana lannankäsittelyä) saavuttaisi taloudellisen kannattavuuden. Kestävä taloudellinen kannattavuus lähtee puiterakenteiden toimivuudesta. Tällaisia rakenteita ovat muun muassa rahoitus, lainsäädäntö, sen toimeenpano ja sääntelykeinot sekä yleisen tietoisuuden lisääntyminen.

Venäjän ympäristölainsäädäntö on kehittynyt viimeaikoina suuntaan, jossa muun muassa jätteiden määrää pyritään vähentämään ja vihreälle energiantuotolle on asetettu konkreettiset lähtötavoitteet (4,5 % vuoteen 2020 mennessä). Uusiutuvan energian tuotantoa on suunniteltu tuettavaksi muun muassa markkinoiden kehittämisen kautta ja vähentämällä byrokratiaa uusiutuvan energiantuoton sektorilla.

Pietarin alueen suuret maatilat tarjoavat kiinnostavan ympäristön biokaasuntuotolle, sillä useita sivutuotevirtoja on runsaasti ja tasaisesti saatavilla ja logistiikka on tiiviimpää kuin esimerkiksi Suomessa. Maatalous on hyvin energiaintensiivistä ja jyrkästi kallistuva energian ja mineraalilannoitteiden hinnat ovat saaneet suuret maatilat kiinnostumaan suuremasta omavaraisuudesta näiden tuotantopanosten suhteen. Tässä artikkelissa lähdetään liikkeelle yleiseltä tasolta ja kuvataan esimerkin kautta maatilalta syntyviä materiaalivirtoja ja niiden potentiaalia tilan energian tuotannossa.

Biokaasu ja kannattavuus

Biokaasuntuotanto biohajoavista materiaalivirroista on yksi tapa tuottaa uusiutuvana energiana hyödynnettävää biokaasua, mutta myös stabiloitua ravinnerikasta mädätettä, jota voidaan hyödyntää lannoitteena tai maanparannusaineena. Biokaasulaitoksen rakennuttaminen edellyttää tapauskohtaista suunnittelua, jossa pitää ottaa huomioon saatavilla olevista materiaalivirrat, lainsäädäntö, lopputuotteiden hyödynnys sekä näihin liittyvät laitoksen tekniikan-taloudelliset erityispiirteet.

Biokaasuntuotannon kannattavuuteen vaikuttavat muun muassa seuraavat tekijät:

- saatavilla olevat orgaaniset materiaalit, niiden soveltuvuus, biokaasu potentiaali, tuotannon ja laadun tasaisuus
- energian tuotantolaitoksen tyyppi (lämpö- ja/tai lämpö ja sähkö) ja sen tekniset ominaisuudet
- logistiikkaan ja laitoksen sijaintiin liittyvät ratkaisut
- investointi- ja käyttökustannukset
- lopputuotteiden (lämpö, sähkö, biokaasu, mädäte, hiilidioksidi) hyödyntämismahdollisuudet
- taloudellinen tuki ja muut sääntelykeinot (energiatariffit, porttimaksut).

Venäjän maatilat ja biokaasun tuotannon nykytila

Venäjän maatilat ovat pinta-aloiltaan suuria ja työvoimaresurssia on tiloilla runsaasti. Tämä antaa tiloille valmiudet pitää enemmän karjaa, esimerkiksi eurooppalaisiin tiloihin verrattuna. Keskimääräinen tilakoko Länsi- ja Keski-Venäjällä on noin 2–4 tuhatta hehtaaria ja karjaa tiloilla on keskimäärin noin 1 000 päätä.

Suuri tilakoko ja monipuolinen tuotantostrategia tekevät venäläisistä maataloista kiinnostavan kohteen maatilamittakaavan biokaasulaitokselle. Suurilla tiloilla materiaalivirtoihin liittyvä logistiikka yksinkertaistuu ja kuljetukseen ja välivarastointiin liittyvät kustannukset pienenevät, esimerkiksi verrattuna suomalaisiin keskitetyn maatilamittakaavan laitoksiin. Tällä hetkellä, venäläisten maatilojen kiinnostus biokaasuteknologiaa kohtaan lähtee pääosin sen tarjoamasta mahdollisuudesta pienentää lannan määrää ja muuntaa se ravinnerikkaaksi mädätteeksi. Tämän hetkisten määräysten mukaan lantaan pohjautuvan biokaasuprosessin mädätettä voidaan käyttää peltolannoitteena.

Käsittelyyn soveltuvia sivutuotteita syntyy tiloilla ja sen ympäristössä kuitenkin huomattavia määriä ja suuret peltoalat mahdollistavat syntyvän ravinnerikkaan mädätteen hyödyntämisen viljelyssä. Useamman biohajoavan jakeen yhteismädätys tarjoaa mahdollisuudet biokaasuprosessin energiantuoton ja mädätteen ravinnepitoisuuden huomattavalle lisäämiselle pelkän karjan lannan käsittelyyn verrattuna.

Venäjän bioenergia resurssit ovat valtavat, mutta bioenergian osuus Venäjän kokonaisenergiantuotannosta on vain noin 1 %, kun se Euroopassa on keskimäärin noin 14 % (Shkradyuk 2010). Venäjän biokaasupotentiaali jätteistä ja sivutuotevirroista on 31 225 miljoonaa m³, mikä tarkoittaa 155 000 GWh energiaa (Abercade Consulting 2013). Tämän lisäksi Venäjällä on kattava maakaasuverkosto, jota voidaan hyödyntää puhdistetun biokaasun siirtämisessä kuluttajille.

Venäjällä biokaasuteknologiaa, kuten muidenkin uusiutuvien energioiden käyttöönottoa, rajoittaa muu muassa maakaasun matala hinta. Esimerkiksi yksi kuutiometri (m³) biokaasua on Euroopassa keskimäärin noin 10 % kalliimpaa kuin Venäjällä, kun taas maakaasu on Euroopassa miltei neljä kertaa Venäjää kalliimpaa. Painetta energiantuoton muutokseen kuitenkin on, sillä myös Venäjällä mineraalilannoitteiden ja energian hinnat nousevat voimakkaasti (Finam analytics 2012; The Russian Association of Fertilizer 2010). Venäjällä on tällä hetkellä käynnissä 10 biokaasulaitosta, jotka tuottavat energiaa omiin ja yhteistyökumppaneidensa tarpeisiin. Toistaiseksi voimassa ei kuitenkaan ole tariffijärjestelmää, eikä orgaanisten sivutuotteiden käsittelyyn ole pakotetta. Lisäksi uusiutuvan energian rakentamiseen ja tukemiseen liittyvä lainsäädäntö on vielä kehitysvaiheessa.

Venäjän hallitus on asettanut kansallisen energiastrategian avulla toteutettavan 4,5 % tavoitteen uusiutuvan energian sähköntuotannolle vuoteen 2020 mennessä. Tällä hetkellä Venäjän liittovaltion lainsäädäntö tunnistaa uusiutuvat energiamuodot osana sähköenergian tuotantoa (N35 2007) ja hallitus on määritellyt ehdot niiden tukielpöisyydelle (No 426 2008). Tekeillä on asetusluonnos, jonka tavoitteena on tukea uusiutuvien energiamuotojen lisäämistä markkinavoimien avulla ja keventämällä niihin liittyvää hallinnollista sääntelyä. Käynnissä on myös ensimmäisiä kehitysohjelmia, joilla alueellista uusiutuvan energian tuotantoa, tutkimusta ja investointeja on tarkoitus tukea.

Tarve on ensisijaisesti kehittää varsinaisen teknisen infrastruktuurin puitteisiin liittyviä institutionaalisia osa-alueita, kuten lainsäädäntöä ja erityisesti sen toimeenpanoa, rahoitusta sekä yleistä tietoutta kestävän kehityksen perusteista (Ryabov et al. 2010). Kestävä taloudellinen kannattavuus lähtee näiden puitteiden toimivuudesta niin Venäjällä, kuin myös Suomessa.

Esimerkkimaatilan pohjatietoja

Seuraavaksi tarkastellaan lyhyesti esimerkkimaatilan (taulukko 1) materiaalivirtoja, niiden biokaasupotentiaaleja ja tilan mahdollisuuksia siirtyä biokaasun avulla omavaraiseen energian tuotantoon.

TAULUKKO 1. Esimerkkimaatilan tietoja liittyen materiaalivirtojen lähteisiin ja biokaasuprosessin lopputuotteiden hyödynnettävyyteen

Esimerkkitalan tiedot	Määrät
Lehmiä	1 500 kpl
Kanoja	20 000 kpl
Sikoja	300 kpl
Peltoa viljelyssä	200 ha
Perunaa viljelyssä	50 ha
Peltoa yhteensä	2000 ha
Tilan kokonaisenergiankulutus	960 MWh/vuosi
Energiaomavaraisuusaste	ostoenergia (3,47 ruplaa/kwh)

Esimerkkimaatilan biokaasutuotannon tarkastelussa lähdetään ajatuksesta, jossa maatila hyödyntää ainoastaan itse tuottamansa orgaaniset materiaalivirrat (taulukko 2) ja käyttää materiaaleista syntyneen biokaasun (lämpö ja sähkö; taulukko 3) sekä reaktoriin jäävän mädätteen. Maatilan tavoitteena on mahdollisimman suuri omavaraisuusaste sähkön, lämmön ja lannoitteiden tuotannossa.

TAULUKKO 2. Esimerkkitalalla tuotetut materiaalivirrat

Materiaalit	Määrät (t/a)	TS (%)	VS % % TS	TS (t/a)	VS (t/a)
Karjan lanta	21 000	14,0	85	2 940	2 487
Kanan lanta	4 500	25,0	72	1 125	810
Sian lanta	1 950	7,0	86	137	117
Vihannesten ja juuresten viljelyssä syntyvä jäte	1 500	3,5	89	53	47
Kokonaismäärä	28 950				

Metaanin lämpöarvo on 0,01 MWh/m³, CHP-yksikkö (Combined Heat & Power) tuottaa metaanin energiasisällöstä noin 40 % sähköksi ja noin 60 % lämmöksi. CHP-yksikön hyötysuhde on 85 %. Taulukossa 3 on esitetty esimerkkitalalla tuotettujen materiaalien biokaasupotentiaalit.

TAULUKKO 3. Esimerkkitalalla tuotettujen materiaalien biokaasupotentiaalit ja metaanin määrät 60 %-metaanipitoisuuden mukaan laskettuna (Luste et al. 2012)

Materiaali	Biokaasu potentiaali m ³ /kgVS	Biokaasun määrä (m ³ /a)	Metaanin määrä (m ³ /a)
Karjan lanta	0,30	746 172	447 703
Kanan lanta	0,55	445 500	267 300
Sian lanta	0,65	76 037	45 622
Vihannesten ja juuresten viljelyssä syntyvä jäte	0,62	28 839	17 304
Kokonaismäärät		1 296 549	777 929

Esimerkkimaatilan kannattavuustarkastelun lähtökohtia

Esimerkkimaatilan vuotuinen energiantuotto on kuvatuilla materiaalivirroilla 7 800 MWh, josta CHP-yksikön jälkeen sähköä on vuodessa käytettävissä noin 2 700 MWh ja lämpöä 3 900 MWh. Ennen kuin energian tuottoa voidaan tarkastella suhteutettuna maatilan kuluksi, tulee laitoksen oma sähkön- ja lämmön käyttö, lämpöhäviöt ja johtumiset vähentää prosessin bruttotuotosta. Biokaasulaitoksen hyötysuhde on suoraan riippuvainen valitusta tekniikasta ja sen sovelluksesta kohdespesifisiin tarpeisiin, kuten esimerkiksi materiaalien esilämmitykseen, reaktorin sekoittamiseen ja pumppujen toimintaan.

Kattaakseen esimerkkimaatilan vuosittaisen energiankulutuksen (960 MWh), biokaasulaitoksen oman energian käytön tulisi olla < 5 600 MWh. Tällöin biokaasulaitoksen teoreettisen hyötysuhteen tulisi olla > 28 %. Erilaisten sähköä ja lämpöä tuottavien biokaasulaitosten hyötysuhteet vaihtelevat kirjallisuudessa 21–63 % välillä (Winfried et al. 2006; Nordlander et al. 2011).

Esimerkkimaatila maksaa vuosittain käyttämästään energiasta noin 3 330 000 ruplaa. Olakseen kannattavaa, maatilalle tuotetun energian tulisi siis maksaa alle energian (maakaasu) ostohinnan (3,5 ruplaa/kWh). Suhteutettuna laitoksen tuottaman biokaasun energiasältöön (sisältää laitoksen omakäyttö, energiahäviöt ja maatilan käyttöön tuotettu energia) ja maatilan vuotuisen kokonaisenergian kustannuksiin, kokonaiskaasuntuoton tulisi tällöin maksaa alle 0,45 ruplaa/kWh. Täytyy kuitenkin huomioida, että sähkön ja lämmön osuutta kulutuksessa ei näissä alustavissa pohdinnoissa ole eroteltu toisistaan ja tarkempaa

kannattavuutta suhteessa ostoenergiaan on mahdollista laskea vasta, kun laitoksen logistiikkaan, tekniikkaan ja rahoitukseen liittyvät ratkaisut on selvitetty.

Pelkästään materiaalivirtoja ja energian kokonaistarvetta tarkastelemalla näyttää, että esimerkkimaatilalla on hyvä mahdollisuus kattaa oma energiankulutuksensa. Omavaraiseen energiantuotantoon pyrkivän maatilán tapauksessa tuotetulle sähkölle lopulta muodostuva hinta suhteessa ostettuun sähköön on tekijä, joka ratkaisee investoinnin kannattavuuden. Tulevaisuus tuo kuitenkin muutoksia nykyiseen tilanteeseen ja Venäjän kaasuteollisuuden mukaan kaasuntuotanto tuleekin vähentymään huomattavasti vuoteen 2030 mennessä. Jo tällä hetkellä maakaasun hinta nousee 10–15 %:n vuosivauhtia (Vaihtoehtoisen energiantuotannon keskus 2013).

Biokaasuprosessi vähentää materiaalilavuutta arviolta ainoastaan noin 10–15 %. Tämä tarkoittaa sitä, että ilman jatkoprosessointia, esimerkki tilan kokonaispeltopinta-alalle (2000 ha) riittäisi mädätettä 10–13 t/ha. Vastaavien suomalaisilta maatioilta peräisin olevien ja mädätettävien materiaalien typpi- ja fosfori-pitoisuuksiin suhteuttamalla, tämä tarkoittaisi vuosittain noin 160 t typen ja 20 t fosforin kierrättämispotentiaalia takaisin peltoviljelyyn (Luste et al. 2013). Useamman materiaalin yhteiskäsittelyllä myös mädätteen ravinnesisältöä on mahdollista nostaa. Esimerkiksi monipuolisesti maatalouden ja yhdyskunnan sivutuotevirtoja yhteiskäsittävän laitoksen mädätteen on arvioitu sisältävän 42 t typpeä ja 230 t fosforia tuotettua MWh:a kohden (Vänttinen et al. 2009). Esimerkkimaatilalle suunnitellun biokaasulaitoksen energiantuoton kohdalla tämä yleistys tarkoittaisi vuodessa suuruusluokaltaan 300 t typen ja 60 t fosforin kierrätystä.

LÄHTEET

Abercade Consulting 2013. Tutkimuslaitoksen julkaisu. WWW-sivut: <http://abercade.ru/research/industrynews/8568.html>.

Finam Analytics 2012. WWW-sivut: <http://www.finam.ru/analysis/investorquestion000012A559/>.

Nordlander, E., Holgersson J., Thorin, E., Thomassen, M., Yan, J. 2011. Energy Efficiency Evaluation of two Biogas Plants. Konferenssi julkaisu. 3. kansainvälinen soveltavan tieteen konferenssi. 16-18.5.2011. Perugia, Italia.

Ryabov, Y., Paunio, T., Kaila, J. 2010. Analysis of the current state of municipal solid waste management in St. Petersburg and Leningrad region and suggestions for future improvement plans. Konferenssi julkaisu. Legislation and Policy Trends for Waste Management in Russia.

Schäfer, W., Evers, L., Lehto, M., Sorvala, S., Teye, F., Granstedt, A. 2006. Kuivalannan kaksivaiheinen jatkuvatoiminen mädätys maatilalla: Reaktorin rakenne sekä aine-, ravinne- ja energiataaseit. Seminaari julkaisu. Maataloustieteen päivät. 11-12.1.2006 Viikki, Helsinki. WWW-sivut: www.smts.fi/pos06/0307.pdf.

Luste, S., Soininen, H., Ranta-Korhonen, T., Seppäläinen, S., Laitinen, A., Tervo, M. 2012. Biokaasulaitos osana energiaomavaraista maatilaa. Mikkelin ammattikorkeakoulun julkaisusarja A: Tutkimuksia ja raportteja, ISBN 978-951-588-352-0.

Luste, S., Soininen, H., Seppäläinen, S. 2012. ESBIO-hankkeen loppujulkaisu, Energiaomavarainen maatala. Helsingin yliopiston julkaisusarja. Etelä-savossa saatavilla olevien orgaanisten materiaalien soveltuvuus biokaasulaitoksen raaka-aineeksi – metaanintuottopotentiaalit, yhteismädätys ja hygienia, ISSN 1796-0649.

Venäjän lannoitejärjestö 2010. Lannoitemarkkinat venäjällä. WWW-sivut: pdf: <http://www.rapufertilizer.ru/Docs/doc2010021503.pdf>.

Venäjän vaihtoehtoisen energiantuotannonkeskus 2013. WWW-sivut: www.kubanbiogaz.ru.

Vänttinen, V.H., Tähti, H., Rasi, S., Rintala, J. 2009. Disquisition of the regional exploitation potential of biogas technology in Central-Finland. Bio- ja ympäristötieteiden laitoksen julkaisu. Jyväskylän yliopisto.

HAJA-ASUTUSALUEEN JÄTEVESIEN KÄSITTELY VENÄJÄLLÄ

Tuija Ranta-Korhonen ja Hanne Soininen

Mikkelin ammattikorkeakoulu osallistuu ENPI CBC-ohjelman Clean Rivers to the Healthy Baltic Sea -hankkeeseen, joka toteutetaan vuosina 2012–2014 Energia ja ympäristötekniikan laitoksella. Yksi hankkeen keskeisiä tavoitteita on vähentää Itämeren ekologista tilaa huonontavaa ravinnekuormitusta. Hankkeen kohdealue on Leningradin alueella sijaitseva Lugan piirikunta. Mamkin eräs osatehtävä hankkeessa on Lugan piirikunnassa sijaitsevan Yascheran loma-asutusalueen jätevesihuoltojärjestelmän kehittämistarkastelu.

Venäjän vesisektori on monelta osin huonossa kunnossa, ja eritoten haja-asutusalueiden jätevesihuolto kaipaa kipeästi kehittämistä. Pulaa on sekä hyvälaatuisesta talousvedestä että riittävästä jätevesienkäsittelytekniikasta. Lisäksi lainsäädäntö on monin osin valitettavan puutteellista. Jotta Venäjän vesisektori kehittyisi, pitäisi kiinnittää huomiota erityisesti jäteveden käsittelyyn. Tämä vaikuttaisi merkittävästi Itämeren tilaan.

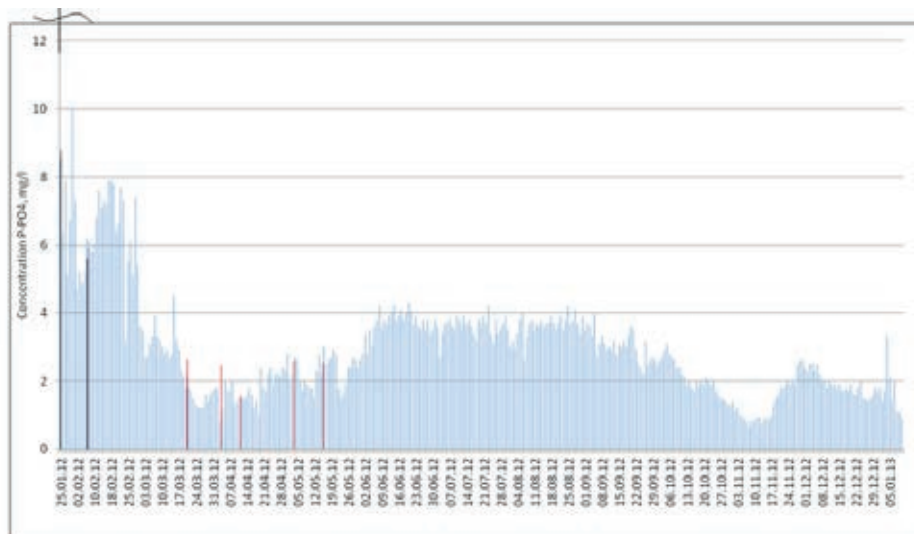
Haja-asutusalueilla talousvesi saadaan pääasiassa omista kaivoista. Jätevedet puolestaan käsitellään useimmiten erilaisilla kiinteistökohtaisilla puhdistusjärjestelmillä. Suomessa on käytössä monenlaisia puhdistamoratkaisuja, jotka soveltuvat erilaisiin käyttökohteisiin. Puhdistamojärjestelmien riittävä puhdistusteho on erittäin tärkeää pyrittäessä vähentämään ja estämään vesistöjen rehevöitymistä. Haja-asutusalueiden jätevedenkäsittely on ajankohtainen aihe, josta Suomessa on paljon kokemusta. Tätä kokemusta voidaan hyödyntää myös Venäjän kanssa tehtävässä lähialueyhteistyössä.

Jätevedet ja niiden aiheuttamat riskit

Puhdistamattomien asumisjätevesien sisältämät orgaaninen aines, fosfori, typpi sekä erilaiset ihmisen elintoiminnoista peräisin olevat mikrobit aiheuttavat haittaa sekä ympäristölle että ihmisen terveydelle (SYKE 2007). Vaikka mikrobeista tuhoutuu jätevesiä puhdistettaessa 80–99 %, riittää jäljellä oleva määrä väärään paikkaan päätyessään aiheuttamaan terveysriskin (Suomen vesiensuojelu-yhdistysten liitto). Varsinkin virukset sekä bakteerien muodostamat bakteeri-itiöt voivat säilyä ympäristössä, etenkin maaperässä tai pohjavedes-

sä, yllättävän kauan, jopa useita kuukausia, ja siten muodostaa pitkäaikaisen riskitekijän (Matikka ym. 2013, 16). Venäjällä on vuosien saatossa todettu useita vesivälitteisiä epidemioita (lavantauti, salmonella, hepatiitti yms.), jotka osaltaan ovat seurausta puutteellisesta talousveden ja jäteveden käsittelystä (Zistaja voda 2010).

Itämereen päätyy runsaasti ravinteita mereen laskevien jokien kautta, esimerkiksi Luga-Balt-hankkeen kohdejoen Lugaan kautta. Ravinteet ovat peräisin erilaisista pintavesihuuhtoumisista, maataloudesta, pistelähteistä ja haja-asutuksen asumajätevesistä. Vuosina 2006 ja 2007 paikalliset ympäristöviranomaiset tutkivat Luga-joen vedenlaatua ottamalla joesta kuukausittain vesinäytteitä. Tehtyjen tutkimusten perusteella jokiveden laatu todettiin huonoksi, näytteissä havaittiin muun muassa raja-arvot ylittäviä määriä raskasmetalleja, kuten kuparia ja kadmiumia. Tutkittujen näytteiden perusteella vesi sisältää myös runsaasti ravinteita ja veteen liunneen hapen pitoisuus oli 5,7 mg/l. Venäläisten standardien mukaan joki on saastunut. (Vodnyi fond 2007, 17.) Kuvassa 1 on esitetty fosfaattifosforin pitoisuuden vaihtelu Luga-joessa vuoden 2012 aikana.



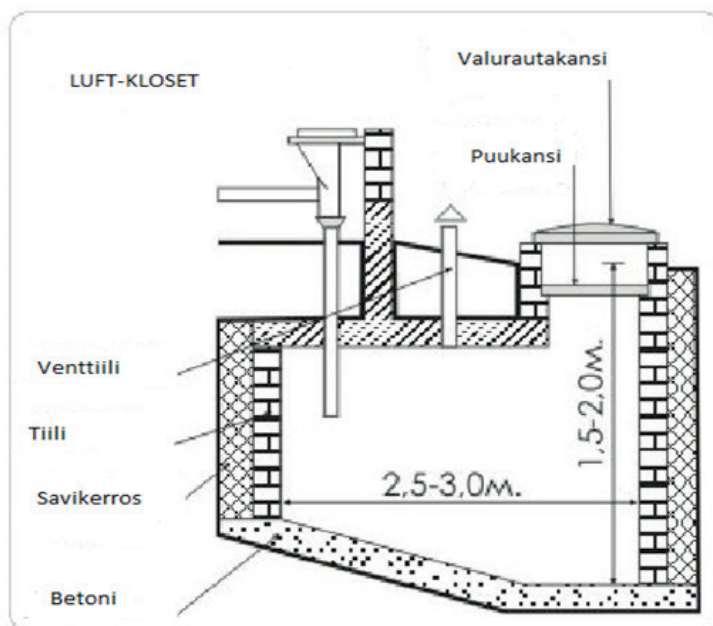
**KUVA 1. Fosfaattifosforin pitoisuuden (mg/l) vaihtelu Luga-joessa (mu-
kailten HELCOM 2012)**

Venäjän haja-asutusalueilla käytössä olevat jäteveden puhdistusjärjestelmät

Venäjällä jätevesien käsittelyä säätelee rakennusnormi ja -määräys SNiP 2.04.03-85. Sen mukaan haja-asutusalueella sijaitsevalle omakotitalolle tai kesämökille, jossa syntyvän jäteveden määrä on alle 1 m³ päivässä, riittävä jätevesien käsittelyjärjestelmä on viemärikaivanto tai kuvassa 2 esitetty ”Luft-kloset” (SNiP 2.04.03-85). Viemärikaivanto on yksinkertaisimmillaan pelkkä maahan kaivettu jonkinlaisella kannella peitetty kuoppa tai kuilu. Kaivannon pohjan ei vaatimusten mukaan tarvitse olla mitenkään tiivistetty, joten sen kautta jäteveden sisältämät erilaiset yhdisteet ja mikrobit pääsevät vapaasti maaperään ja edelleen pohjaveteen. Kaivanto tyhjenetään ajoittain siihen kertyneestä kiintoaineesta.

Hieman kehittyneempi versio viemärikaivannosta on kaivanto, jonka pohja on tiivistetty ja tiivistämisen jälkeen pohjalle on laskettu kerros suodatinsoraa. Tällöin kyseessä on eräänlainen alkeellinen versio yksiosaisesta sakokaivosta. Kuvatun kaltaisia viemärikaivannolla varustettuja vakituisesti ja tilapäisesti asuttuja kiinteistöjä on Venäjällä erittäin runsaasti, ja ilmeisesti niitä rakennetaan edelleen. Tilanteen on aiheuttanut lainsäädännön jälkeinen jääneisyys. Rakennusmääräys SNiP 2.04.03-85 on peräisin vuodelta 1985, jolloin elettiin vielä Neuvostoliiton aikaa ja jolloin paikallisten asukkaiden taloudellinen tilanne ja sitä myötä rakennetut omakotitalot ja mökit olivat varustetasoltaan nykyistä huomattavasti vaatimatompaa tasoa. Lisäksi vedenkulutustottumukset olivat aiemmin erilaiset. (Builderclub 2009.)

Kuvan 3 kaltainen kuivakäymälä on ympäristön kannalta viemärikaivantoa parempi vaihtoehto. Käymäläsäiliö tyhjenetään tarpeen mukaan imuautolla. Säiliöön ei yleensä johdeta harmaita jätevesiä, vaan niiden käsittely kiinteistöllä on järjestetty muulla tavalla. Erilaisten Internet-sivustojen mukaan haja-asutusalueilla käytetään myös umpisäiliöitä jätevesien keräämiseen. Myynnissä on lisäksi erilaisia länsimaisia kiinteistökohtaisia jätevedenkäsittelyjärjestelmiä, mutta niiden käyttömääristä ei ole saatavilla tietoa. Luonnollisesti erilaiset perinteiset kuivakäymälät, ”huussit”, ovat myös laajalti käytössä. (Kanalicaziya-expert 2012.)



KUVA 2. Kaaviokuva Luft-klosetista (Kanalicaziya-expert 2012)

Jäteveden puhdistusjärjestelmän lupamenettely Venäjän haja-asutusalueilla

Venäläinen haja-asutusalue eroaa suomalaisesta vastineestaan siten, että tontit ovat yleensä pieniä ja kiinteistöt sijaitsevat lähellä toisiaan, kun taas Suomessa haja-asutusalueiden tonttien vähimmäiskoko monessa kunnassa on tällä hetkellä 5 000 m². Käytännössä venäläinen loma-asutusalue on maaseudulla sijaitseva erillistaajama.

Venäjällä on haja-asutusalueelle rakentamisessa jo pitkään vallinnut hyvin ”villi” käytäntö. Mökkialueita on saanut rakentaa melko vapaasti esimerkiksi maatalouskäyttöön kaavoitetulle alueelle, sillä alueen käyttötarkoitusta on ollut mahdollisuus muuttaa mökkirakentamisen sallivaksi. (Baranovskaja & Vasiljevna 2010.) Loma-asutusalueiden tai loma-asuntojen rakentamiseen ei ole vaadittu rakennuslupaa. Koska rakennuslupaa ei ole vaadittu, ei rakennettuja mökkejä tai niiden jätevesijärjestelmiä ole myöskään hyväksytty tai tarkastettu millään tavoin. (Grebenjuk 2013a.)

Tällä hetkellä meneillään on kuitenkin lainvalmistelu, jonka tarkoituksena on laatia haja-asutusalueiden rakentamista suitseva laki. Mikäli valmisteilla oleva laki hyväksytään, on

mökkikyliä tai mökkejä jatkossa mahdollista rakentaa laillisesti ainoastaan mökkirakentamiseen kaavoitetuille alueille, joiden tulee sijaita taajama-alueella tai asumiskäyttöön varatulla alueella. Lisäksi rakennustoiminta tulisi olemaan luvanvaraista. Lain on määrä astua voimaan vuoden 2015 alusta. Laki antaa toteutuessaan myös mahdollisuuden parantaa jätevesien käsittelyn tilaa, sillä taajama-alueelle rakentaminen mahdollistaa kiinteistön kytkeämiseen kunnalliseen viemäriverkkoon. (Baranovskaja & Vasiljevna 2010.)

Case - Yaschera

Yaschera on yksi Luga-jokeen yhtyvistä sivuhaaroista. Joki ja sen rantamat ovat suosittua lomanviettoaluetta, ja joen rannalla sijaitsee useita loma-asutusalueita. Yascheran kylässä on 96 asuinrakennusta, joissa loma-aikoina asuu yhteensä noin 300 henkilöä. Talvisaikana kylässä asuu ainoastaan parikymmentä henkeä. Kylässä ei ole keskitettyä vesihuoltoa, joten kylän asukkaat saavat talousvetensä kaivoista. Kiinteistöjä ei ole myöskään liitetty kunnalliseen viemäriverkostoon, vaan kullakin kiinteistöllä on omat jätevedenkäsittelyjärjestelmänsä. Saatujen tietojen mukaan talot on varustettu enimmäkseen viemärikaivannoilla, joihin asumisjätevedet johdetaan. (Grebenjuk 2013.)

Koska alueelta ei ole saatavissa tietoa asutuksen aiheuttamasta todellisesta jätevesikuormituksesta, on asutuksen aiheuttama teoreettinen kuormitus laskettu Suomen jätevesiasetuksen 209/2011 mukaisten kuormituslukujen perusteella. Kuormituksen laskentaa varten on oletettu, että kylän kolmesataa asukasta ovat paikalla vuoden aikana neljä kuukautta ja että kahdeksan kuukauden aikana paikalla ovat ainoastaan vakituiset asukkaat. Laskennan tulokset on esitetty taulukossa 1.

Taulukosta 1 voidaan havaita, että asutuksen aiheuttama vuotuinen kuormitus on huomattavan suuri etenkin kiintoaineksen osalta. Lisäksi on huomattava, että ulosteen mukana ympäristöön päätyy myös erilaisia patogeenisia mikrobeja. Koska alueen tontit ovat melko pieniä ja kiinteistöt sijaitsevat lähellä toisiaan, on vaarana, että naapurikiinteistön viemärikaivannon ravinteet ja mikrobit kulkeutuvat toisen kiinteistön kaivoon. Lisäksi Yaschera-joki on melko matala ja vähävetinen, voimakkaasti meanderoiva joki. Vesimäärältään pieniin vesistöissä vähäiselläkin rehevöittäväällä kuormituksella voi olla huomattava vaikutus.

TAULUKKO I. Yascheran asutuksen aiheuttama vuotuinen ravinnekuorma

Asukkaita kesäkaudella 300 hlöä 4 kk:n ajan, eli 120 vrk Henkilövuorokausia yhteensä 120 vrk x 300 vrk= 36 000 vrk			
Asukkaita talvikaudella 20 hlöä 8 kk:n ajan, eli 240 vrk Henkilövuorokausia yhteensä 240 vrk x 20 vrk= 4 800 vrk			
Kuormitus	BOD7	Pkok	Nkok
Kuormitusluvut g/hlö/vrk	50	2,2	14
Kuormitus kesällä (kg)	1 800	79	504
Kuormitus talvella (kg)	240	11	67
Kuormitus yhteensä (kg)	2 040	90	571

Vesihuollon kehittäminen

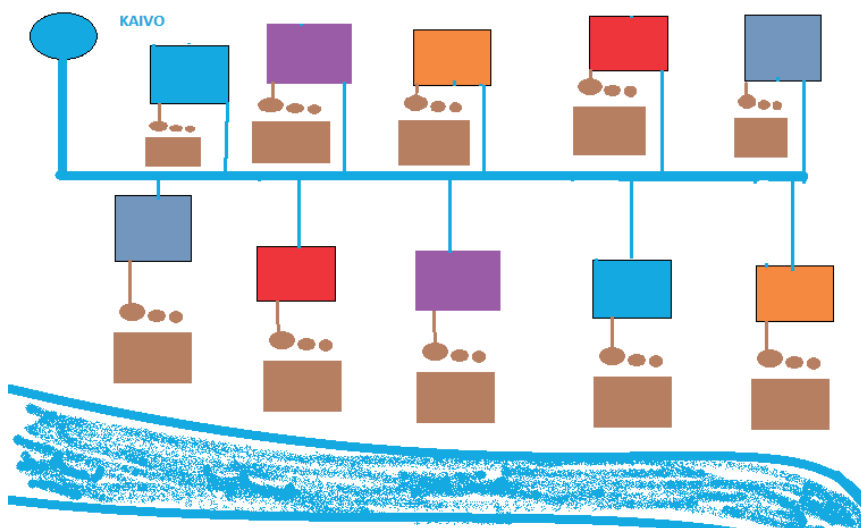
Kohdealueen vedenjakelu- ja jätevedenkäsittelyjärjestelmien kehittämistä voidaan tarkastella erilaisten skenaarioiden avulla. Skenaarioissa keskitytään tarkastelemaan ehdotetun järjestelmän taloudellisia kustannuksia ja ympäristövaikutusta. Tarkasteltuja skenaarioita on neljä.

Vedenjakelu porakaivosta ja kompostoivat käymälät

Ensimmäisessä skenaariossa vedenjakelu hoidetaan porakaivosta ja käymälänä käytetään kuivakäymälää. Mikäli kiinteistöllä on ainoastaan kantovesi, ei erityistä harmaiden vesien käsittelyä tarvita. Vedet voidaan johtaa esimerkiksi tarkoitusta varten rakennettavaan kivi-pesään. Jos asunto kuitenkin on varustettu paineellisella vedenjakelujärjestelmällä ja käytössä on esimerkiksi astian- ja pyykinpesukone, tulee harmaiden vesien käsittelyä varten rakentaa erillinen järjestelmä. Harmaavesisuodatin on valittava tarkoin päivittäisen vedenkulutuksen ja tuotettujen jätevesien laadun mukaan. Suodattimen käyttö aiheuttaa jonkin verran käyttö- ja ylläpitokustannuksia. Suodattinmateriaalia pitää huoltaa ja se on ajoittain vaihdettava.

Vedenjakelu porakaivosta ja maasuodatuskenttä

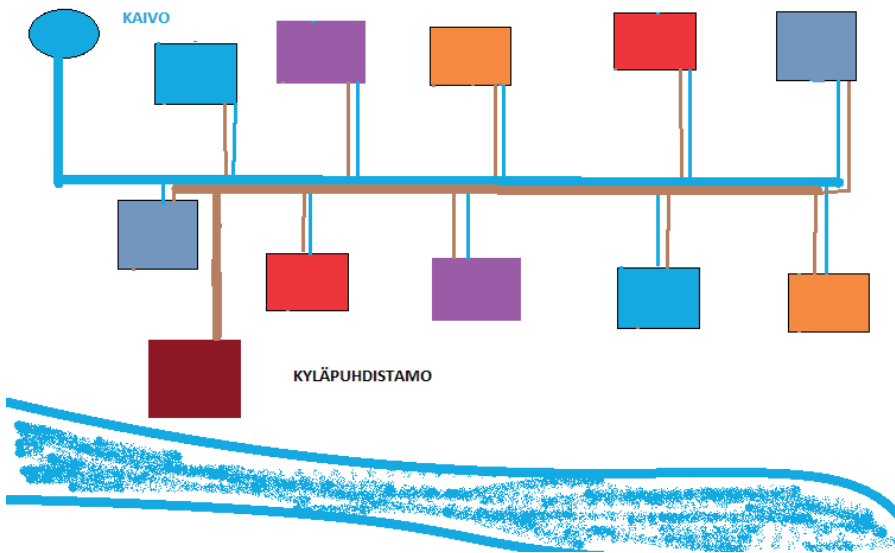
Toinen vaihtoehto vesihuollon järjestämiseksi olisi useamman talouden yhteinen porakaivo ja kunkin talouden oma maasuodatuskenttä (kuva 3). Tutkimusten mukaan maaperäsuodattimelle useimmiten saavutetaan Suomen lainsäädännön vaatima puhdistustulos, etenkin jos järjestelmässä on tehostettu fosforinpoisto. Koska Yascheran loma-asutusalue sijaitsee joen rannalla, tulisi erityistä huomiota kiinnittää ravinteiden poistoon.



KUVA 3. Porakaivo ja suodatinkentät

Vedenjakelu porakaivosta ja koko kylää palveleva pienpuhdistamo

Seuraava skenaario yhdistää vedenjakelun usean talouden yhteisestä porakaivosta ja jätevesien käsittelyn kyläpuhdistamolla (kuva 4). Pienpuhdistamoja on puhdistuskapasiteetiltaan hyvin erikokoisia. Yhden talouden jätevedet käsittelevä puhdistamoratkaaisu ei kuitenkaan Yascheran tapauksessa ole järkevä. Markkinoilla on niin sanottuja kyläpuhdistamoja, joiden avulla kyetään puhdistamaan useamman sadan henkilön jätevedet.



KUVA 4. Porakaivo ja kyläpuhdistamo

Keskittetty vesihuolto

Viimeisenä vaihtoehtona on vesihuollon järjestäminen keskitetysti. Yascheran loma-asutuksen ja piirikunnan pääkaupungin Lugan välinen etäisyys on noin 16 kilometriä. Tämä välimatka mahdollistaisi varsin hyvin vesihuollon järjestämisen keskitetysti siten, että talousvesi johdettaisiin Yascheraan Lugasta ja jätevedet puhdistettaisiin Lugan keskusjätevedenpuhdistamolla. Tässä vaihtoehdossa jätevesien aiheuttama paikallinen kuormitus Yascheran kylän osalta lakkaisi kokonaan.

Vaihtoehtojen vertailu

Tehdyn tarkastelun perusteella vaikuttaisi siltä, että sekä ympäristölle että taloudellisesti kaikkein järkevin ratkaisu olisi loma-asutusalueen vesihuollon järjestäminen ensimmäisen vaihtoehdon mukaisesti. Tässä vaihtoehdossa talousvesi hankittaisiin usean talouden yhteisestä porakaivosta ja käymälänä olisi kuivakäymälä. Tämän skenaarion mukainen ratkaisu poistaisi käytännössä täysin käymäläjätteen vesistölle ja muulle ympäristölle aiheuttaman ravinnekuormituksen.

Kompostikäymälä on oikein rakennettuna ekologinen ja edullinen vaihtoehto. Toimivan kompostikäymälän rakentaminen vaatii muutaman sadan euron taloudellisen panostuk-

sen. Lisäksi kompostoivan käymälän avulla käymäläjätteiden sisältämät ravinteet saadaan talteen. Eroteltua virtsaa voidaan käyttää laimennettuna lannoitteena, ja kiinteästä jätteestä saadaan jälkikompostoinnin avulla maanparannusainetta. Etenkin tilanteessa, jossa kiinteistöllä olisi ainoastaan kantovesi ja kompostoiva käymälä, jäisivät myös vaadittavat taloudelliset panostukset vähäisiksi. Lisää asumismukavuutta toisivat sisätiloihin asennettava käymälä ja paineellinen vedenjakelujärjestelmä yhdistettynä harmaavesisuodattimeen. Tällöin kustannukset kohoaisivat kuitenkin jonkin verran.

Ongelmaksi porakaivon ja maasuodatuskentän yhdistävän skenaarion kohdassa muodostuu se, että maaperäsuodatin vaatii noin 20–30 m² rakennusalan. Kun tontit ovat pienehköjä ja sijaitsevat lähellä toisiaan, on vaarana lisäksi se, että puhdistetut jätevedet päätyvät viereiselle tontille. Maasuodatin kenttä on tietenkin mahdollista rakentaa siten, että se palvelee usean kiinteistön jäteveden puhdistusjärjestelmänä. Tällöin yhdelle kiinteistölle kohdistuva kustannusrasitus pienenesi melkoisesti. Käytännössä kuitenkin koko kylän asujaimistoa palvelevan kentän rakentaminen vaatisi niin suuren maapinta-alan, ettei suunnitelmaa ole järkevää toteuttaa. Yksittäisen talouden ratkaisuna tämä skENARIO on muita kalliimpi. Ongelmaksi voisivat myös muodostua saostuskaivojen lietteet.

Pienpuhdistamovaihtoehto olisi taloudellisesti kilpailukykyinen ensimmäisen skenaarion kanssa. Tässä vaihtoehdossa ongelmia puhdistamon toiminnalle saattaa aiheuttaa kuitenkin kylän asukasluvun voimakas vaihtelu vuoden aikana. Tämä tarkoittaa sitä, että puhdistamoon kohdistuva kuormitus ei pysy jatkuvasti tasaisena, mikä olisi olennaista hyvän puhdistustehon ylläpitämiseksi. Pienpuhdistamon puhdistusprosessi perustuu suurelta osin mikrobitoimintaan ja mikrobit vaativat eläkkeen ja lisääntyäkseen ravintoa ja ilmaa. Puhdistamot on yleensä varustettu lietteen takaisinkierrätystoiminnolla, jonka avulla mikrobin jatkuva ravinnonsaanti pyritään turvaamaan. Nykyisillä teknisillä ratkaisuilla tämäkin ongelma kyetään siis ratkaisemaan. Pienpuhdistamovaihtoehto mahdollistaisi myös perinteisen vesikäymälän käytön. Tässäkin skenaariossa ylijäämälietteen käsittely aiheuttaisi kuitenkin luultavasti hankaluuksia.

Viimeisen laskelman heikkona kohtana voidaan pitää sitä, että Lugan keskusjätevedenpuhdistamo on rakennettu 1960-luvulla ja sen puhdistusteho on täysin riittämätön. Käytännössä ravinnekuormitus siirrettäisiin ainoastaan toiseen paikkaan; kokonaistilanteessa ei ympäristön kannalta tapahtuisi oikeastaan minkäänlaista parannusta.

LÄHTEET

Baranovskaja, Natalia & Vasiljevskaja Julia 2010. Voina Dvortsam. Rossiskaja Gazeta 14.9.2010.

Builderclub 2009. Kanalicazija. Inzhenernye sistemy. www.builderclub.com/statyi/inzhenernye-sistemy.

Grebenjuk, Jelena 2013. Lugaan kunnan jäte- ja vesiasioista vastaava virkamies. Sähköpostitiedonanto 13.2.2013.

Grebenjuk, Jelena 2013a. Lugaan kunnan jäte- ja vesiasioista vastaava virkamies. Puhelinhaastattelu 20.3.2013.

HELCOM. [www.helcom.fi/projects/Archive/Balthazar en_GB/BALTHAZAR](http://www.helcom.fi/projects/Archive/Balthazar_en_GB/BALTHAZAR).

Jätevesiasetus 209/2011.

Kanalicaziya-expert 2012. Vygrebnaja Yama. www.kanalizaciya-expert.ru/vygrebnaya-yama-172.

Matikka, Ville 2012. Haja-asutuksen jätevesien niukkaressiset käsittelykonseptit. Esitysmateriaali.

Suomen vesiensuojeluyhdistysten liitto. Opas jätevesien maailmaan. www.vesiensuojelu.fi/jatevesi/vesistovaikutukset.html#J%C3%A4teveden%20hygieeninen%20sis%C3%A4lt%C3%B6.

SNiP 2.04.03-85. Kanalisatsija - naruzhnie seti i sooruzhenija.

SYKE 2007. Yhdyskuntien jätevesien orgaanisen aineen kuormitus Etelä-Savossa. www.ymparisto.fi/default.asp?node=20486&lan=fi.

Zistaja voda 2010. Venäjän hallituksen asetus Zistaja Voda-ohjelmasta. Annettu 22.12.2010.

Vodnyi fond 2007. Vodnie resursi rek i ih katsestvo. Luonnonvaraministeriön julkaisuja.

PAHKAHOMEEN SELVIYTYMINEN BIOKAASUPROSESSISSA

Sari Seppäläinen ja Tuija Ranta-Korhonen

Biokaasuprosessissa käytetään monesti syötteenä erilaisia kasvinviljelyn sivutuotteita ja muita orgaanisia jätteitä. Tieto erilaisten kasvi- ja muiden patogeenien säilymisestä biokaasuprosessissa vaikuttaa merkittävästi biokaasuprosessin lopputuotteena syntyvän mädätteen käyttökelpoisuuteen kasvinviljelyn orgaanisena lannoitteena. Asiaa on tutkittu Mikkelin ammattikorkeakoulussa Energia- ja ympäristötekniikan laitoksen ympäristölaboratoriossa loppuvuodesta 2012 tehdyssä erillisessä tutkimuksessa, joka oli osa EU-osarahoitteista ”ES-BIO – Energiaomavarainen maatila”-hanketta. Hanke toteutettiin vuosina 2009–2012 ja toteuttajina olivat Helsingin yliopiston Ruralia-instituutti (koordinaattori), Mikkelin ammattikorkeakoulu, MTT Mikkeli ja Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Hankkeen tavoitteena oli tuottaa tietoa erilaisista hajautetuista bioenergian tuotantomahdollisuuksista Etelä-Savon alueen maatiloille ja maaseutuyrityksille. Hanke pyrki myös tutkimaan ja edistämään maatilojen materiaalisivuvirtojen käyttöä biokaasulaitosten syötemateriaalina sekä sivuvirtojen tehokasta ja elintarvikehygienian kannalta turvallista hyödyntämistä.

Taustaa

Pahkahome on vihannesviljelyssä eniten taloudellisia menetyksiä aiheuttava kasvipatogeeni (Tuomola et al. 2012, 14). Muun muassa Etelä-Savossa pahkahomeiden *Sclerotinia sclerotiorum* ja *Sclerotinia subarctica* on todettu aiheuttavan eniten avomaalla viljeltyjen jäävuorisalaattien ja muiden erikoissalaattien pilaantumista. Pahkahome voi pilata myös porkkanasatoa. (Iivonen & Väisänen 2012, 68.)

Pahkahome (kuva 1) muodostaa valkoista rihmastoa ja rihmastopahkoja, jotka toimivat sienen säilymisrakenteena. Hometta on erittäin vaikea hävittää viljeltäviltä aloilta, sillä rihmastopahkojensa avulla pahkahome kykenee säilymään maassa useita vuosia. Parhain torjuntakeino on pitkän aikavälin viljelykierto (kesto 4–5 vuotta), jolloin väli vuosina viljelysalalla kasvatetaan viljakasveja tai apilaa. (Tuomola et al. 2012, 14.)

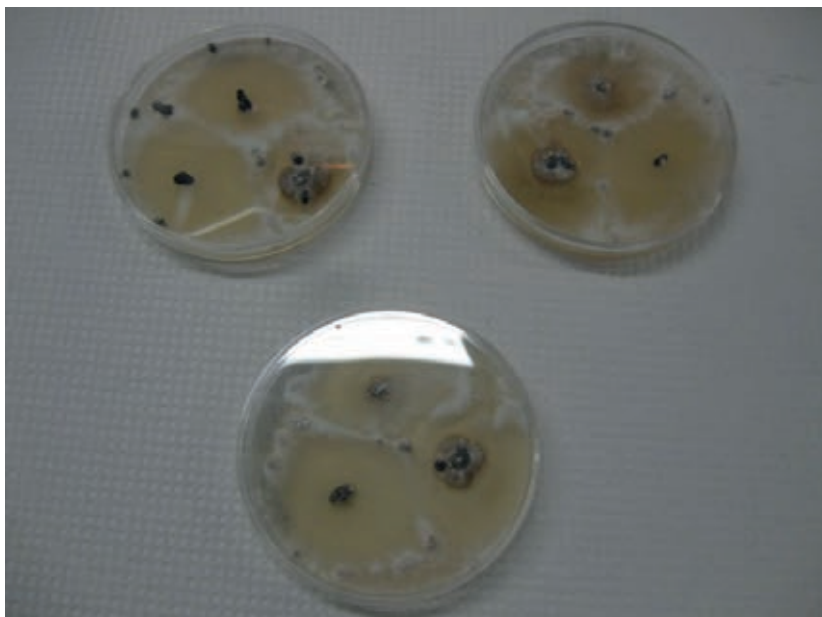


KUVA 1. Pahkahomeen pilaama salaattikerä oikealla (kuva Hanna Avikainen)

Materiaalit ja menetelmät

Kokeessa tutkittiin pahkahomeen ja sen lisääntymiskyvyn säilyvyyttä biokaasuprosessissa laboratoriomittakaavan panoskokeiden avulla. Säilyvyydellä on merkitystä biokaasuprosessin mädätysjäännöksen lannoitekäytön kannalta, sillä lannoitteessa ei tulisi olla kasvitautien aiheuttajia. Kokeisiin käytettiin sienien (*Sclerotinia Sclerotiorum*) puhtasviljelmille muodostuneita rihmastopahkoja. Pahkat saatiin Helsingin yliopiston Ruralia-instituutista. Rihmastopahkat eli sklerootit maljattiin 40 mg/l streptomysiiniä sisältäville steriileille PDA-maljoille (Potato Dextrose Agar). Kullekin maljalle siirrettiin 3 pahkaa (kuva 2). Maljoja kasvatettiin pimeässä ja huoneenlämmössä 14 vuorokauden ajan.

Kasvatusajan jälkeen panoskokeissa käytettiin sienien muodostamia rihmastopahkoja. Pahkat siirrettiin 4x4 cm kokoisiin muoviverkosta tehtyihin pusseihin, jotka sisälsivät kukin kymmenen rihmastopahkaa. Kaksi pahkahomepussia hygienisoitiin lämpökäsittelyn avulla, joka tehtiin asettamalla pussit +70 °C asteiseen veteen ja pitämällä niitä lämpökaapissa +70 °C:n lämpötilassa tunnin ajan.



KUVA 2. Pahkahomeiden kasvatusta biokaasupanoskokeita varten (kuva Sari Seppäläinen)

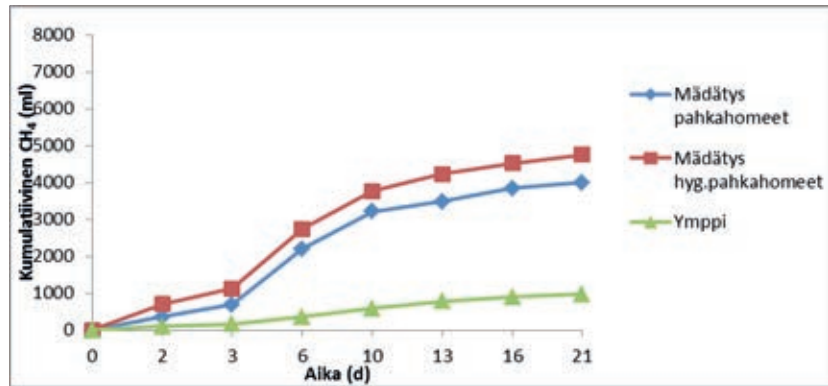
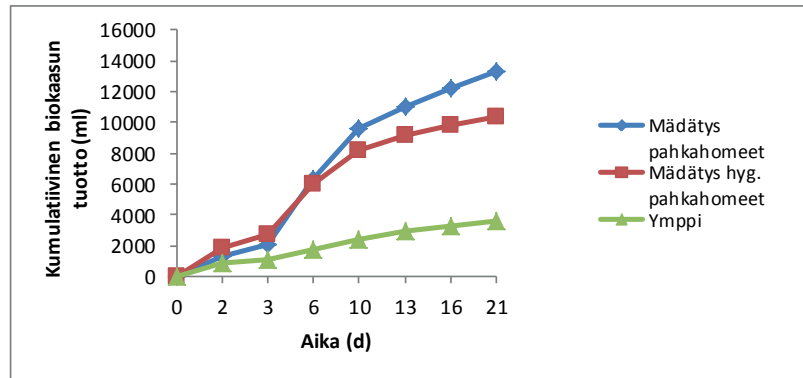
Panoskokeiden kestoksi valittiin 21 päivää, koska haluttiin nähdä, kuinka hyvin yleisesti käytetty reaktoriviipymä vähentää patogeenejä. Aiempien laboratoriomittakaavan panoskokeiden perusteella voidaan olettaa, että pitempi viipymä olisi ollut tehokkaampi biokaasun ja metaanin tuotannon stabiloitumisen kannalle. (Luste 2012.)

Biokaasupanokset tehtiin kahden litran lasipulloihin. Syötteenä käytettiin naudan lietelantaa ja biokaasulaitoksen ymppeä, joista tutkittiin TS ja VS. Ympin TS/ VS olivat 5,73 %/ 4,17 % ja lannan 9,57 %/ 8,06 % Tulosten avulla laskettiin syötteiden keskinäiset suhteet. Syötteiden lisäyksen jälkeen toiseen panokseen laitettiin hygienisoimattomat pahkahomepussit ja toiseen hygienisointikäsittelyn läpikäyneet pussit. Panoskokeet suoritettiin kahtena toistona. Panosten täyttö on tarkemmin esitetty taulukossa 1.

TAULUKKO I. Panosten täyttö

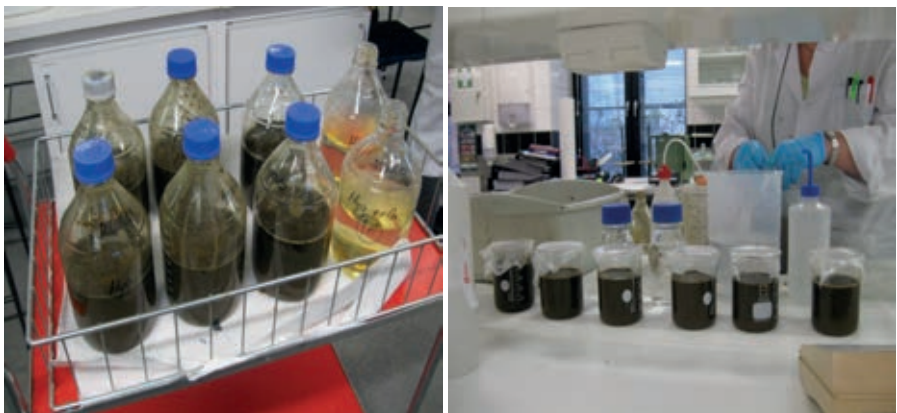
Panoksen numero	Panoksen täyttö
Hygieniareferenssipanokset (2 kpl) 1A ja 1B	2 l:n lasipulloon kaadettiin 1500 ml tislattua vettä. Lisättiin pahkahomepussi.
Biokaasureferenssipanokset (2 kpl) 2A ja 2B	2 l:n lasipulloon laitettiin 750 g ymppeä, jonka jälkeen panos täytettiin tislattulla vedellä 1500 ml:aan saakka. Panosten pH mitattiin ja säädettiin 1M HCl:n avulla noin 7,0:aan. Lisättiin pahkahomepussi. Panosta huuhdeltiin typpikaasulla noin 3 min ajan ja se suljettiin läpiviennillisellä ja letkullisella silikonikorkilla.
Mädätyspanokset (2 kpl) 3A ja 3B	2 l:n lasipulloon laitettiin 750 g ymppeä ja 388 grammaa lietelantaa, minkä jälkeen panos täytettiin 1500 ml saakka tislattulla vedellä. Panosten pH mitattiin ja säädettiin 1M HCl:n avulla noin 7,0:aan. Lisättiin pahkahomepussi. Panosta huuhdeltiin typpikaasulla noin 3 min ajan ja se suljettiin läpiviennillisellä ja letkullisella silikonikorkilla.
Hygienisoidut mädätyspanokset (2 kpl) 4A ja 4B	2 l:n lasipulloon laitettiin 750 g ymppeä ja 388 grammaa lietelantaa, minkä jälkeen panos täytettiin 1500 ml saakka tislattulla vedellä. Panosten pH mitattiin ja säädettiin 1M HCl:n avulla noin 7,0:aan. Lisättiin hygienisoitu pahkahomepussi. Panosta huuhdeltiin typpikaasulla noin 3 min ajan ja se suljettiin läpiviennillisellä ja letkullisella silikonikorkilla.

Kaikki panokset siirrettiin lämmitettyyn kaappiin noin +35 °C:n lämpötilaan. Hygienia-panokset 1A ja 1B jätettiin avoimiksi, mutta muiden panosten korkkien läpivienteihin liitettiin kaasunkeräypussit. Panosten tuottaman biokaasun määrä ja kaasun metaanisisältö mitattiin 1–4 vrk:n välein. Mittaustulokset on esitetty kuvassa 3.



KUVA 3. Kuvassa ylhäällä pahkahomepanosten ja ympin kumulatiivinen biokaasun tuotto ja alhaalla kumulatiivinen metaani (CH₄) tuotto

Panokset purettiin 21 vrk:n jälkeen (kuva 4). Purkamisen yhteydessä mädätysjäännöksestä mitattiin pH, sekä tutkittiin TS ja VS.



KUVA 4. Panosten purkaminen (kuvat Tuija Ranta-Korhonen)

Kokeiden tulokset on esitetty taulukossa 2. Näytteet otettiin analysoitavaksi heti panosten purun jälkeen.

TAULUKKO 2. TS, VS ja pH panosten purun yhteydessä

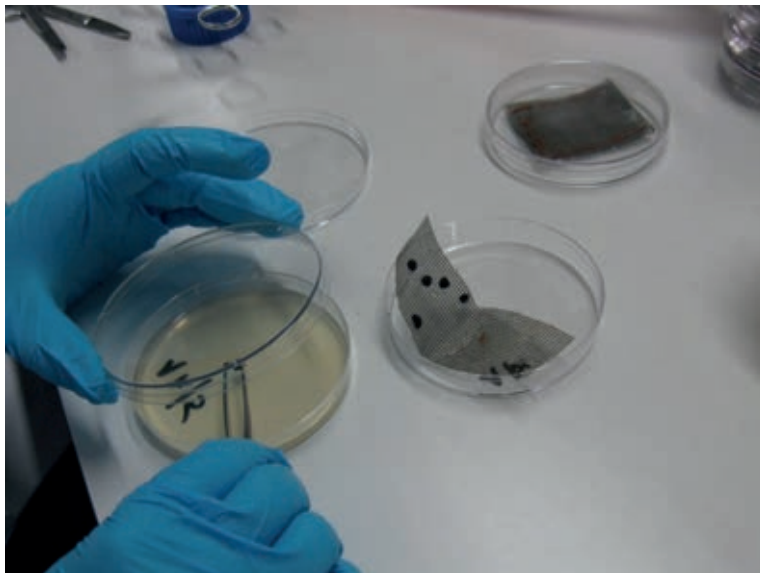
Näyte	TS % k.a.	VS % k.a.	pH
2A Ymppi+pahkat	2,43	1,67	7,26
2B Ymppi+pahkat	1,83	1,19	7,25
3A Lanta+ymppi+pahkat	4,40	3,26	7,4
3B Lanta+ymppi+pahkat	4,34	3,21	7,41
4A Lanta+ymppi+hyg.pahkat	4,44	3,27	7,36
4B Lanta+ymppi+hyg.pahkat	4,54	3,37	7,37
Ymppil	5,31	3,82	

Panosten purkamisen jälkeen rihmastopahkapussit huuhdeltiin vedellä, minkä jälkeen ne pintadesinfiointiin 70 % etanolissa 5 min ajan. Tämän jälkeen pussit huuhdeltiin kolme kertaa steriilissä vedessä (kuva 5).



KUVA 5. Kasvatuspussien pintadesinfiointi ja huuhtelu panosten purun jälkeen (kuva Tuija Ranta-Korhonen)

Desinfiointin ja huuhtelun jälkeen pussit avattiin ja kukin rihmastopahka maljattiin 40 mg/l streptomysiiniä sisältäville PDA-maljalle (kuva 6).



KUVA 6. Kasvatuspussien avaaminen ja pahkojen maljaus (kuva Tuija Ranta-Korhonen)

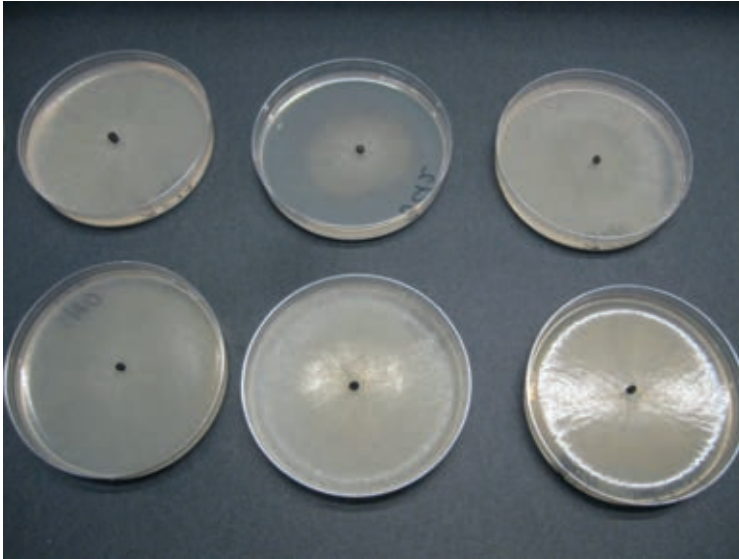
Kasvatuspusseja avattaessa havaittiin, että osa rihmastopahkoista oli hajonnut. On kuitenkin vaikea sanoa, oliko hajoaminen seurausta biokaasuprosessista vai prosessin jälkeisestä pintasteriloinnista ja pesusta. Rihmastopahkojen maljauksen jälkeen maljoja pidettiin huoneenlämmössä pimeässä ja maljoilla tapahtuvia muutoksia tarkkailtiin päivittäin.

Tulokset

Maljatut rihmastopahkat eivät alkaneet muodostaa kasvatusmaljoilla uutta kasvustoa, joten voitiin todeta rihmastopahkojen menehtyneen biokaasuprosessin tai sitä seuranneen pintadesinfiointin aikana. Lisäksi on huomioitava, että myös hygieniareferenssipanoksiin laitetut rihmastopahkat olivat tuhoutuneet. Maljoilta voitiin havaita ainoastaan heikohkoa hiivasienikasvustoa, mikä ilmeisesti liittyi pahkojen tuhoutumiseen. Jotta saataisiin selville, liittyikö rihmastopahkojen tuhoutuminen biokaasuprosessiin vai sen jälkeen tehtyyn pahkojen pintadesinfiointiin, toistettiin pintadesinfiointi tuoreilla rihmastopahkoilla. Pahkat pintadesinfiointiin kuten edeltävässä kokeessa ja kukin rihmastopahka maljattiin 40 mg/l

streptomysiiniä sisältävälle PDA-maljalle. Jo neljän päivän kuluttua maljauksesta voitiin havaita rihmastopahkan ympärille muodostuva rihmasto (kuva 7).

Aikaisemman tutkimuksen perusteella on arvioitu, että biokaasuprosessissa muodostuvat haihtuvat orgaaniset hapot (Volatile Fatty Acids) olisivat syynä kasvipatogeenien tuhoutumiseen (Termorshuizen et al. 2003). Tämän kokeen valossa voidaan kuitenkin olettaa, että osuutensa tuhoutumisessa on myös anaerobisilla olosuhteilla.



KUVA 7. Pahkat, joita ei ole käsitelty biokaasuprosessissa, alkoivat muodostaa kasvustoa 4 vrk:n kuluttua maljauksesta (kuva Tuija Ranta-Korhonen)

Ruotsissa on vuonna 2008 tutkittu sokerijuurikkaan patogeenien säilymistä biokaasuprosessin aikana. Tutkimus suoritettiin laboratoriomittakaavan panosreaktorien avulla. Tutkimuksen perusteella todettiin kasvipatogeenien tuhoutuvan biokaasuprosessissa, mutta toisaalta niiden esiintymisen syötemateriaalissa vähentävän metaanin tuottoa, patogeenien kilpaillessa metanogeenisten bakteerien kanssa syötteen sisältämästä hiilestä. Tutkimuksen perusteella ongelmallisempia biokaasuprosessissa voivat olla syötteen varastoinnin aikana siihen siirtyvät patogeenit, koska ne ovat erikoistuneet elämään hajoavassa aineksessa ja muodostamaan vaikeasti tuhottavia eloonjäämisrakenteita. (Haraldsson 2008.)

Panoskokeiden ja tehtyjen metaanintuotantomittausten perusteella vaikuttaisi siltä, että hygienisointi edesauttoi metanogeenibakteerien toimintaa ja mahdollisti huomattavasti korkeamman metaanintuoton. On mahdollista, että prosessissa muodostui kilpailutilanne pahkahomeiden ja herkimmän bakteeripopulaation (metanogeenit) välille. Myös mahdollista, että hygienisoimattomat pahkat inhiboivat metaanintuottajia jollain muulla tavalla kuin resurssikamppailun pohjalta.

LÄHTEET

Haraldsson, Lena 2008. Anaerobic digestion of sugar beet – fate of plant pathogens and gas potential. Examensarbete 2008:4, Institutionen för mikrobiologi Sveriges lantbruksuniversitet.

Iivonen, Sari & Väisänen, Hanna-Majja 2012. Mädätysjäätösten hyödyntämiseen liittyvät riskit kasvinviljelyssä. Energiaomavarainen maatila. Helsingin yliopisto, Ruralia-instituutti, julkaisuja 29.

Kasvinsuojeluseura. Pahkahome salaatti: kasvitautietokanta.

Luste Sami 2012. Henkilökohtainen tiedonanto 26.11.2012.

Termorshuizen ,A.J., Volker, D., Blok, W.J. , ten Brummeter, E., Hartog, B.J., Janse, J.D., Knol, W., Wenneker, M. 2003. Survival of human and plant pathogens during anaerobic mesophilic digestion of vegetable, fruit, and garden waste. *European Journal of Soil Biology* 39, sivut 165-171.

Tuomola, Juha, Avikainen, Hanna, Iivonen, Sari, Kivijärvi, Pirjo, Li, Hao-Xu, Piirainen, Anne, Pirhonen, Minna 2012. Vihannesviljelyn taloudellisen kannattavuuden kehittäminen tautien ja lannoituksen hallinnalla.

Wu, B. M., Subbarao, K. V., and Liu, Y.-B. 2008. Comparative Survival of Sclerotia of *Sclerotinia minor* and *S. sclerotiorum*. *Ecology and Epidemiology* Vol. 98, No. 6, 2008.

YMPÄRISTÖSTÄ AIHEUTUVIEN TERVEYSHAITTOJEN ARVIOINNIN OTTAMINEN OSAKSI KAIKKEA SUUNNITTELUA JA PÄÄTÖKSENTEKOA

Maritta Valtonen, Leena Haikarainen ja Jaana Seila

Ympäristöstä aiheutuvien terveyshaittojen arvioinnin avuksi sosiaali- ja terveysministeriö on käynnistänyt Tekaisu-hankkeen, jonka tavoitteena on laatia työkaluja ja parantaa arvioinnin ottamista osaksi kaikkea suunnittelua ja päätöksentekoa. Tässä artikkelissa kerrotaan Tekaisu-hankkeen tavoitteista ja kuvataan terveysvaikutusten arvioinnin merkitystä terveydensuojeluviranomaisen näkökulmasta ja esimerkkinä kaavoitus.

Ympäristöterveydenhuolto ja lainsäädäntö

Yksilön ja elinympäristön terveydensuojelua kutsutaan ympäristöterveydenhuolloksi. Tavoitteena on ihmisten ja eläinten suojeleminen elinympäristössä vaikuttavilta haitallisilta tekijöiltä. Ympäristöterveydenhuolto sisältää useamman eri lainsäädännön mukaisia osa-alueita, joiden valvonnasta kunnissa vastaavat yhteistoiminta-alueet tai yksittäiset kunnat. Kuntien vastuulla olevat ympäristöterveydenhuollon tehtävät ovat terveydensuojelu-, kuluttajaturvallisuus- ja elintarvikevalvonta, tupakkalain mukainen valvonta sekä yleinen ympäristöterveyshaittojen arviointi ja ympäristöterveyden erityistilanteisiin varautuminen. Myös eläinlääkintähuolto kuuluu kuntien tehtäviin. Ympäristöterveydenhuollon yhteistoiminnan valvontayksikön koko on määritelty laissa ympäristöterveydenhuollon yhteistoiminta-alueesta (410/2009). Ympäristöterveydenhuollon tehtävistä vastaavat ministeriöt ovat sosiaali- ja terveysministeriö STM, maa- ja metsätalousministeriö MMM sekä työ- ja elinkeinoministeriö TEM.

Sosiaali- ja terveyspolitiikan strategian ja pääministeri Jyrki Kataisen hallitusohjelman ympäristöterveydenhuoltoon liittyviä painopisteitä ovat:

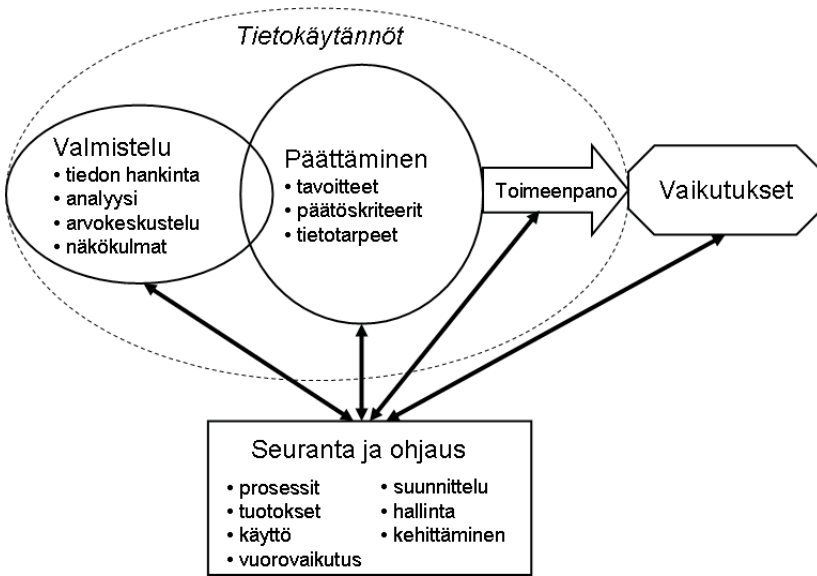
- Ympäristöstä aiheutuvien terveyshaittojen arviointi otetaan osaksi kaikkea suunnittelua ja päätöksentekoa.
- Varmistetaan kuluttajille turvallisen talousveden saanti kaikissa tilanteissa.
- Parannetaan viranomaisten toimintakykyä elintarvike- ja vesivälitteisten epidemioiden selvittämisessä.

- Arvioidaan lisätoiminen tarve nanomateriaalien, hormoni-toimintaa häiritsevien aineiden ja kemikaalien yhteisvaikutusten mahdollisesti aiheuttamien terveyshaittojen osalta.
- Kuntien välistä yhteistyötä ympäristöterveydenhuollossa tiivistetään edelleen.
- Varmistetaan markkinoilla olevien kemikaalien turvallisuus.
- Osallistutaan kosteus- ja homealkoiden toimeenpanoon yhdessä ympäristöministeriön kanssa.
- Yhteiskunnan toimivuus varmistetaan ympäristöterveyteen liittyvissä erityistilanteissa.
- Geeni- ja biotekniikan ympäristöterveysriskien tutkimuksella ja säätelyllä sekä ohjeistuksella varmistetaan uusien teknologioiden soveltaminen turvallisesti. (Sosiaali- ja terveysministeriö 2013.)

Tekaisu-hanke

Yksi merkittävimmistä painopisteistä on ympäristöstä aiheutuvien terveyshaittojen arvioinnin ottaminen osaksi kaikkea suunnittelua ja päätöksentekoa. Tämän tavoitteen saavuttamiseksi ja edistämiseksi STM on käynnistänyt Terveiden ja hyvinvoinnin laitoksen (THL) koordinoiman Tekaisu-hankkeen (ympäristöstä aiheutuvien terveyshaittojen arviointi kaikkeen suunnitteluun ja päätöksentekoon). Tavoitteena hankkeella on saada hallitusohjelman mukaisesti ympäristön terveysvaikutusten arviointi osaksi kaikkea suunnittelua ja päätöksentekoa. Hanke tuottaa tietoaaineistoja ja kehittää vaikutusarvioinnin keinoja, mutta ennen kaikkea se pyrkii edistämään tiedon hyödyntämistä kunnallisessa päätöksenteossa. Lisäksi hanke tukee ministeriöiden yhteistyötä lainsäädännön ja sen toimeenpanon kehittämisessä.

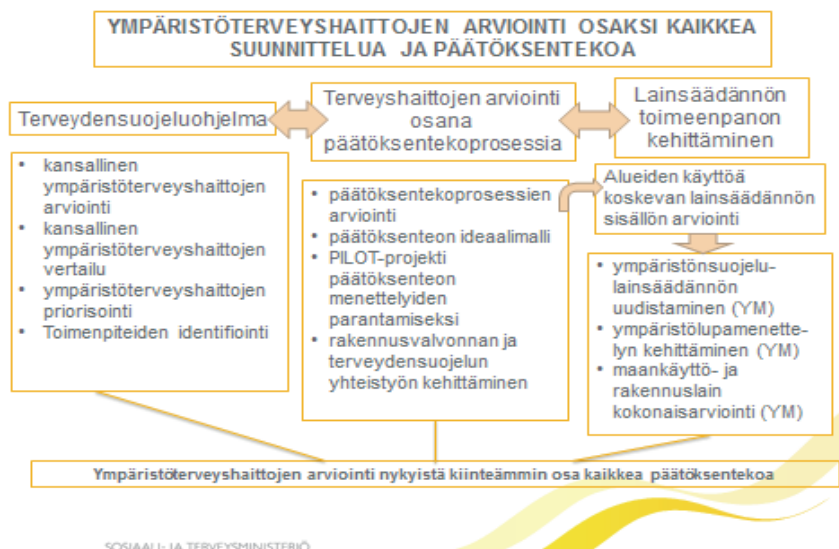
Ympäristö- ja terveysvaikutuksia koskevaa tietoa kunnallisessa päätöksenteossa ovat käsitelleet opasnet.org-sivuilla kirjoituksessaan Mikko Pohjola, Pasi Pohjola ja Jouni Tuomisto. Heidän mukaansa lisääntynyt avoimuus on luonut paineita ja mahdollisuuksia kehittää tiedon käyttöä kunnallisessa päätöksenteossa. Ympäristön aiheuttamien terveysvaikutusten osalta voitaisiin arvioinnin tietoaaineistoja, työkaluja ja menetelmiä sekä päätöksentekokäytäntöjä parantaa, kehittää ja hyödyntää nykyistä enemmän.



KUVA 1. Tietoa hyödyntävää päätöksentekoa tarkastellaan päätösvalmistelusta päätösten seurauksiin (mukaellen Opasnet.org)

Tekaisu-menetelmän pyrkimyksenä on kunnallisen päätöksenteon toimintatapojen kehittäminen sellaisiksi, että päätökset ottavat paremmin huomioon olemassa ja saatavilla olevan tiedon sekä mielipiteet. Saatu tieto on myös jäsenettyä ja mielipiteitä saadaan koostetuksi nopeasti ja tehokkaasti päätöksenteon tarpeiden mukaisesti. Tavoitteena on, että päätökset tulevat paremmin toteutetuiksi käytännössä ja johtavat toivottuihin vaikutuksiin ja toteutuminen ja vaikutukset ovat paremmin seurattavissa ja todennettavissa.

Hankkeen ensimmäisessä vaiheessa vuosina 2012–13 on selvitetty kunnallisen päätöksenteon toimintatapoja, arvioitu ympäristöaltisteiden tautitaakkaa ja toimenpiteiden kustannustehokkuutta sekä kehitetty avoimia verkkopohjaisia arviointityökaluja ja menetelmiä kunnallisen päätöksenteon evaluointiin ja hallintaan. Hankkeen toisessa vaiheessa (2014) testataan kehitettyjä aineistoja, välineitä ja menetelmiä kunnallisen päätöksenteon tapaus-tutkimuksissa yhdessä kuntien kanssa (kuva 2).



KUVA 2. Tekaisu-hankeen eteneminen (mukaellen Keinänen)

Menetelmiä ja aineistoja on kehitetty erityisesti ympäristöterveysvaikutuksia koskevan tiedon hyödyntämisen parantamiseen kunnallisessa ja alueellisessa päätöksenteossa, esim. alueiden käytön suunnittelussa ja ympäristö-, vesi-, rakennus- ym. luvituksessa. (Opasnet.org 2013)

Terveyden ja hyvinvoinnin laitos (THL) tuottaa päättäjille ja kunnille tietoa ympäristöterveyden riskeistä ja niiden torjuntavaihtoehtojen arvioinnista. Terveysvaikutusten arvioinnilla (TVA) tarkoitetaan menetelmää, jonka avulla selvitetään jonkin toimenpiteen, päätöksen tai tilanteen aiheuttamia terveyden muutoksia, esimerkiksi ympäristöaltisteen – kuten ilmansaasteiden –muutoksia ja näiden muutosten terveysvaikutuksia. Terveysvaikutusten arviointi voidaan ajatella osaksi ihmisvaikutusten arviointia (IVA), johon kuuluu myös sosiaalisten vaikutusten arviointi (SVA). Toisaalta YVA-lainsäädännössä terveysvaikutusten arviointi on osa ympäristövaikutusten arviointia. (Terveyden ja hyvinvoinninlaitos THL 2013.)

Terveysvaikutusten arviointi yhdyskuntasuunnittelussa ja kaavoituksessa

Yhdyskuntasuunnittelun osana kaavoitus on monitasoinen ja -vaiheinen prosessi, johon kuuluu myös asianosaisten ja viranomaisten kuuleminen. Kaavoituksessa terveysvaikutusten arviointi on osa päätöksentekoa ja vaikutusten seuraaminen ja todentaminen osa toteutusta. Viranomaislausunnoilla ja -neuvotteluilla prosessiin otetaan mukaan kaikki mahdolliset osapuolet, joilla voi olla lainsäädännön nojalla tarpeen ottaa kantaa kaavoitukseen. Terveydensuojeluviranomainen tarkastelee kaavaa terveyshaittojen näkökulmasta, mutta osittain myös kuluttajaturvallisuuteen liittyvät seikat huomioiden.

Ympäristöterveydenhuolto ja terveydensuojeluviranomainen yhdistetään usein vielä osaksi ympäristönsuojelua tai terveydenhuoltoa, eikä lain tarkoitusta elinympäristön terveellisyydestä ole sisäistetty. Ympäristöterveydenhuollon yhteistoiminta-alueiden perustaminen on muuttanut toimintatapoja lausuntojen antamisessakin. Aikaisemmin terveydensuojelu ja koko ympäristöterveydenhuolto kuului lähes poikkeuksetta ainakin pienemmissä kunnissa terveydenhuollon kanssa samaan osastoon ja oli saman lautakunnan alainen. Kaava- ja muut lausunnot annettiin joko viranhaltijalausuntoina tai lautakunnan lausuntoina. Suurien yksiköiden tehtävänä on nyt saada toimiva käytäntö hyvinkin monen jäsenkunnan ja yhteistoiminta-alueen välille kaavoitusprosessiin. Ympäristöterveydenhuollon vaikuttavuus kaavoitukseen on merkittävä, mutta elinympäristön tilaa käsitellään usein vain ympäristönsuojelun näkökulmasta.

Terveydensuojelulain (763/1994) 1 § ja myös ympäristönsuojelulain 86/2000 3 § määrittelevät terveyshaitan samansisältöisesti ”Terveyshaitalla tarkoitetaan ihmisessä todettavaa sairautta, muuta terveydenhäiriötä tai sellaisen tekijän tai olosuhteen esiintymistä, joka voi vähentää väestön tai yksilön elinympäristön terveellisyyttä.” Terveydensuojelusta on lisäksi voimassa, mitä siitä säädetään esimerkiksi vesihuoltolaissa (119/2001), kemikaalilaissa (744/1989), säteilylaissa (592/1991), työturvallisuuslaissa (738/2002), vesilaissa (264/1961), jätelaissa (1072/1993), maankäyttö- ja rakennuslaissa (132/1999), elintarvikelaissa (23/2006), kuluttajaturvallisuuslaissa (920/2011) sekä eläinlääkintähuoltolaissa (765/2009).

Sama terveyshaittakäsite on perusteltua, kun esimerkiksi sekä terveys- että ympäristönsuojeluviranomaisten toimialaan kuuluu samoja terveyshaittaa aiheuttavia tekijöitä. Näistä

esimerkkinä ovat meluasiat, jotka jakaantuvat toimivallan mukaan ulkomeluun ja sisämeluun tai ilmanlaatu asiat ulko- tai sisäilman laatuun. Molemmilla on yhteinen tavoite meluttomasta ja ilman laadultaan hyvästä elinympäristöstä, jolloin yhteistoiminta yhdyskuntasuunnittelun ja kaavoituksen suuntaan auttaa molempien tavoitteiden saavuttamisessa. Terveydensuojelulain 2 §:n mukaan terveydensuojeluviranomaisen toimialaan kuuluvan terveydensuojelun tarkoituksena on väestön ja yksilön terveyden ylläpitäminen ja edistäminen sekä ennalta ehkäistä, vähentää ja poistaa sellaisia elinympäristössä esiintyviä tekijöitä, jotka voivat aiheuttaa terveyshaittaa.

Ympäristöterveydenhuollon lainsäädännössä on toimintoja, tekijöitä ja kohteita, joihin yhdyskuntasuunnitteluun osallistumisella ja lausuntojen kautta terveydensuojeluviranomainen voi vaikuttaa:

- Terveyshaitta, jolla tarkoitetaan todettua sairautta, muuta terveyden häiriötä, elinympäristön terveellisyyttä vähentävää tekijää tai olosuhdetta.
- Terveyden ylläpitäminen ja edistäminen sekä ennalta ehkäiseminen, vähentää ja poistaa sellaisia elinympäristössä esiintyviä tekijöitä, jotka voivat aiheuttaa terveyshaittaa.
- Edistää terveydensuojelua siten, että asukkaille turvataan terveellinen elinympäristö.
- Työtila, jonka käytöstä voi aiheutua terveyshaittaa, tai terveydellisiltä vaikutuksiltaan siihen rinnastettavan toiminnan sijoittaminen asuinrakennukseen tai alueelle, jossa on asuinhuoneistoja.
- Muu sellaisen huoneisto tai laitos, jonka hygieenisille olosuhteille on sen käyttäjämäärä tai toiminnan luonne huomioon ottaen asetettava erityisiä veloitteita (koulu, päiväkotit, vanhusten hoitolaitos yms.).

Maailman terveysjärjestön, WHO:n määritelmä on ”Ympäristöterveyteen sisältyvät ne ihmisen terveyden ja sairauden näkökulmat, joihin ympäristötekijät vaikuttavat. Sillä tarkoitetaan myös sitä teoriaa ja niitä käytännön toimenpiteitä joilla arvioidaan ja hallitaan ympäristössä olevia terveyteen vaikuttavia tekijöitä.” Edellä mainittu määrittelee ”ympäristöterveyden” siten, että siihen sisältyvät paitsi kemikaalien, säteilyn ja tiettyjen biologisten aineiden välittömät patologiset vaikutukset, mutta myös fyysisen, psykologisen, sosiaalisen ja esteettisen ympäristön – joka käsittää asumisen, kaupunkikehityksen, maankäytön ja liikenteen – (usein välilliset) vaikutukset terveyteen ja hyvinvointiin. (Ympäristöministeriö 2006a, 7.)

EU:n komissio on vuonna 2003 julkaissut tiedonannon Euroopan ympäristöterveysstrategiaksi. Suomessa on toimeenpantu kansallinen ympäristöterveysstrategia. Ympäristöterveys kuuluu selkeänä osana Terveys 2015 -kansanterveysohjelmaan. Samalla terveysvaikutusten arviointia on kehitetty paitsi osana ympäristövaikutusten arviointia myös itsenäisenä toimintona. Ympäristöministeriön Komission tiedonantoa: Euroopan ympäristö- ja terveysstrategia, koskevassa EU-perusmuistiossa 3.9.2003 Suomi hyväksyy, että strategian ensimmäisessä jaksossa (2004–2010) keskitytään sellaisiin ympäristön epäpuhtauksiin, joiden epäillään olevan yhteydessä lapsuusajan hengityselimistöön sairauksiin, astmaan, allergiaan, neurologisiin kehityshäiriöihin, lapsuusajan syöpään ja hormonaalisiin haittavaikutuksiin. Lisäksi ehdotetaan, että painopisteisiin otetaan mukaan myös tapaturmat ja tupakansavun vähentämisen tärkeyttä painotetaan. (Ympäristöministeriö 2003a, 2.)

Kansallisessa ympäristöterveysohjelmassa esitetään arviot elinympäristön haittatekijöiden vaikutuksista kansanterveyteen Suomessa (Sosiaali- ja terveysministeriö, Ympäristöministeriö 1997). Paikallisten ympäristöterveysohjelmien lähtökohta on paikalliset tarpeet ja tavoitteet hyvän ympäristöterveydenhuollon tason turvaamiseksi. Näitä ohjelmia tulisi päivittää ja käyttää tukena uusien muodostuneiden yhteistoiminta-alueiden yhdyskuntasuunnittelussa.

Hänninen ym. (2010, 12–35) mukaan ympäristöaltisteiden tautikuormaa arvioitiin osana Sosiaali- ja terveysministeriön SETURI-hanketta. Riskinarviointiryhmä arvioi ja kokosi yhteen elin- ja työympäristön pääosin kemiallisia ja fysikaalisia riskejä Suomessa. Tulokset antavat taustatietoa muun muassa riskien hallinnan suhteuttamisen tarpeisiin. Suuren kansanterveyshaitan aiheuttaviksi ympäristöaltisteiksi nousivat ulkoilman pienhiukkaset, passiivinen tupakointi, sisäilman radon, auringon UV-säteily, ympäristömelu sekä kotien kosteusvauriot. Riskien hallinnan suhteuttamisesta esimerkkinä ulkoilman pienhiukkaset: Vaikka Suomen väestöpainotettu keskiarvo $8,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ alittaa EU:n raja-arvon $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ sekä WHO:n ohjearvon $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, muun muassa puun pienpoltosta, hajautetusta lämmityksestä ja liikenteestä peräisin olevat pienhiukkaset pysyvät Suomen merkittävimpänä ympäristötekijänä, jossa ennenaikaisten kuolemantapausten määrä on 1800 tapausta ja sairastapausten 1200 tapausta vuosittain.

Terveyden- ja hyvinvoinnin laitokselta Juha Pekkanen ja Juhani Eskola (2009, 44–47) pitävät ilmastonmuutosta globaalisti ehdottomasti tärkeimpänä ympäristöterveysuhkana, joka

on kansanterveyden kannalta paitsi uhka, myös mahdollisuus. He viittaavat politiikkoihin, edistävät myös kansanterveyttä, kun liikutaan pyöräillen tai kävellen autoilun sijaan. Toisaalta puun pienpolttoa kodeissa edistävät politiikat, saattavat johtaa huonontuneeseen kansanterveyteen ja vauhdittaa ilmastonmuutosta hiilihiukkasten lisääntyneiden päästöjen takia. Lisäksi ilmastonmuutos tuo merkittäviä haasteita muun muassa rakentamiseen sekä vesihuoltoon rankkasateiden ja tulvien vuoksi.

Jouko Tuomiston (2007) mukaan yhdyskuntasuunnittelu on keskeinen lapsen kehitykseen, terveyteen ja viihtymiseen vaikuttava tekijä, etenkin koulujen, päiväkotien ja asuntojen sijoittaminen yhdyskuntaan liikenteen keskelle. Lasten liikennet riskit riippuvat olennaisesti siitä, onko lapsen liikkuminen liikenteessä otettu huomioon. Kevyen liikenteen sujuvuus ratkaisee sen, paljonko lapset voivat saada hyötyliikuntaa koulumatkoilla ja matkoilla harrastuksiin. Riittävät laajat liikkumismahdollisuudet koulujen pihoissa ja asuntojen ympäristöissä edistävät sekä ruumiillista että henkistä kehitystä. Ilmansaasteet on osoitettu nyky-yhteiskunnan merkittävimmäksi ympäristön kemialliseksi terveysriskiksi. Kouluja ja päiväkoteja ei tulisi sijoittaa teiden ja ympäristön pistelähteiden suhteen haitallisille alueille, eikä uusia teitä ja saastuttavia pistelähteitä tule sallia niiden läheisyyteen. Tietty määrä viheralueita on tärkeä paitsi viihtyisyyden myös ilman laadun takia, siksi näille pitäisi asettaa minimimäärä kaavoitettavaa neliökilometriä kohti.

Koettu terveys käsittää bio-lääketieteelliset, subjektiiviset ja sosiaaliset tekijät (Ympäristöministeriö 2006). Hyvä terveys kuvataan tasapainotilaksi kaikkien inhimillistä toimintaa ja käyttäytymistä koskevien voimien välillä ja sairaus häiriö näiden välisissä suhteissa. Ympäristöterveyden tarkasteleminen edellyttää ihmisen ja ympäristön välisen vuorovaikutuksen ja mekanismien ymmärtämistä. Pohdittaessa kuinka, ympäristö vaikuttaa ihmiseen, ei ole yhtä oikeaa tulkintaa. Suhde rakentuu monista välityksistä ja osatekijöistä, joita ei voi yksioikaisesti selittää yhdellä tekijällä. Ympäristöterveyttä tulisikin tarkastella todennäköisten tai mahdollisten vaikutusten näkökulmasta ja käytännön ratkaisuissa toimia parhaan mahdollisen tiedon varassa sekä noudattaa suunnittelussa ja päätöksen teossa varovaisuusperiaatetta.

Rajatulle ympäristöterveyden käsitteelle on ominaista kiinnostus ympäristön fyysisiin ja kemiallisiin piirteisiin eli toimintaa ohjaavat ohje- ja raja-arvot sekä terveyshaittojen vähentämiseen tähtäävä suunnittelu. Huomio kohdistuu välittömiin terveyshaittoihin ja ris-

keihin sekä niiden minimointiin ja hallintaan. **Laaja ympäristöterveyden käsite** kattaa terveellisten elämäntapojen mahdollistamisen ja huomioi terveyteen vaikuttavat välilliset tekijät. Toimintaa ohjaavat laatutekijät sekä ihmisen toimintojen ja kokemusten terveyttä edistävät välilliset tekijät ja suunnittelun tavoitteet ovat terveyttä edistäviä.

Ympäristöministeriö on julkaissut vuonna 2007 ohjeen osallistumisesta, jonka mukaan: ”hyvän elinympäristön ja kestävästi rakentuvien yhdyskuntien kehittäminen edellyttää avoimeen tiedottamiseen, vuorovaikutukseen ja yhteistyöhön sekä monipuoliseen asiantuntemukseen perustuvaa toimintatapaa suunnittelussa (Maankäyttö- ja rakennuslaki 1. §). Tämä on myös maankäyttö- ja rakennuslain *yleisenä tavoitteena*.” Osallistumisen ja vuorovaikutuksen tarkoituksena on tuottaa suunnittelijoille ja päättäjille tietoa asukkaiden ja muiden ympäristönkäyttäjien arvostuksista sen lisäksi, että ihmisten arkikokemukset ja paikallistuntemus täydentää asiantuntijatietoa. (Ympäristöministeriö 2007.)

Terveydensuojelun näkökulmasta katsottuna tärkeimpiä tavoitteita, jotka valtakunnallisilla alueiden käytön tavoitteissa (VAT) on mainittu, ovat hyvä elinympäristö ja kestävä kehitys. VAT:n mukaisessa kaavoitusprosessin valmisteluvaiheessa laaditaan erilaisia maankäyttö- vaihtoehtoja tai kaavaluonnoksia, joissa pyritään löytämään kaavan periaateratkaisut. Ympäristöministeriön raportin 23/2009 mukaan valtakunnalliset alueidenkäytön tavoitteet ovat merkityksellisiä kaikilla kaavatasoilla; maakuntakaavoituksessa aina, yleiskaavoituksessa useimmiten ja asemakaavoituksessa monessa tapauksessa.

Tavoitteilla on merkitystä eri kaavatasoilla kunkin kaavatason luonteen mukaisesti. 1) Maakuntakaavoituksessa tuleva huomioon otettaviksi lähes kaikki tavoitteet. Erityisesti korostuvat alue- ja yhdyskuntarakenteelliset ja valtakunnallisia verkostoja koskevat kysymykset, mutta myös virkistysalueiden riittävyys, erityisesti seudulliset virkistysalueet ja -yhteydet. 2) Yleiskaavoituksessa korostuvat erityisesti yhdyskuntarakenteen kehittymisen periaatteet ja elinympäristökysymykset sekä luonnon maisemaan liittyvät tavoitteet. 3) Asemakaavoituksessa korostuvat erityisesti suojeluratkaisut ja rakentamistavan ohjaaminen. 3) Asemakaavoituksessa korostuvat erityisesti suojeluratkaisut ja rakentamistavan ohjaaminen. (Ympäristöministeriö 2009, 36.)

Kaavalausuntojen kannata terveydensuojelulain yleiset periaatteet antavat veloitteen yhdyskuntasuunnitteluun ja kaavoitukseen, koska lain 2. §:n mukaan tulee elinympäristöön

vaikuttava toiminta suunnitella ja järjestää siten, että ylläpidetään ja edistetään väestön ja yksilön terveyttä sekä elinympäristöön vaikuttavaa toimintaa on harjoitettava niin, että terveyshaittojen syntyminen mahdollisuuksien mukaan estyy. Lisäksi 6 §:n mukaan kunnan tulee edistää ja valvoa terveydensuojelua alueellaan niin, että asukkaille turvataan terveellinen elinympäristö.

Siitä huolimatta, että terveydensuojeluviranomainen ei voi perustella lausuntoaan kuin omaan toimivaltaansa kuuluvalla säännöksellä, voi oman lausuntonsa tueksi kuitenkin selvittää muiden asiaa tukevien säännösten määräyksiä. Muun muassa ympäristönsuojelulain yhtenä tavoitteena on taata terveellinen ympäristö samoin kuin maankäyttö- ja rakennuslain 5. §:n mukaan alueiden käytön suunnittelun tavoitteena muiden tavoitteiden ohella on edistää turvallisen, terveellisen, viihtyisän, sosiaalisesti toimivan ja eri väestöryhmien, kuten lasten, vanhusten ja vammaisten, tarpeet tyydyttävän elin- ja toimintaympäristön luomista. Nämä tukevat terveydensuojeluviranomaisen lausuntoa.

Terveydensuojeluviranomainen voi arvioida myös kaavoituksen sosiaalisia vaikutuksia (SVA), joilla vaikutetaan ihmisten arkipäiväiseen elämään kuten, palvelujen saatavuuteen, viihtyvyyteen, turvallisuuteen, terveyteen, toimintamahdollisuuksiin ja sosiaalisiin oloihin. Kokonaisuutena sosiaalisten vaikutusten arviointi voidaan nähdä ihmistä korostavana näkökulmana elinympäristöjen suunnittelussa ja siten tärkeänä osana kaavoitusta ja kaupunkisuunnittelua (Mäkäräinen 2002).

Tekaisu-hankkeen tavoitteet ja terveydensuojeluviranomaisen rooli yhdyskuntasuunnittelun valmistelussa ja päätöksenteossa

Tekaisu-hankkeen ensimmäisen vaiheen tärkein tulos on kuvaus avoimesta päätöksentekokäytännöstä siitä, miten terveysvaikutusarviointia pitäisi kunnissa lähteä toteuttamaan. Tärkeimpänä havaintona hankkeessa mukana olleiden tärkeimpiä havaintoja oli, että muutospaineita on erityisesti päätösvalmistelussa: avoimuus, mukaan otettavien asiantuntijoiden ja sidosryhmien osallistuminen ja jatkuva seuranta. Päätösvalmistelun kehittäminen vaatii rohkeutta muuttaa käytäntöjä ja toimintaperiaatteita. Päätöksentekokäytäntöjen toimintaperiaatteeksi on listattu tavoitteellisuus, kohteellisuus, syysuhteiden kuvaus, kritiikki, avoimuus ja tiedon uusiokäyttö. Hankkeen toimintaperiaatteen mukaisia pilotteja on käynnistetty ja uusia pilotteja hankkeelle toivotaan.

Miten sitten ympäristöterveydenhuollon toimintaperiaatteet asettuvat Tekaisu-hankeen toimintaperiaatteisiin? Työtä viranomaisyhteistyön ja tavoitteen saavuttamiseksi joudutaan vielä tekemään paljon, mutta terveysvaikutusten arvioinnissa ollaan menossa oikeaan suuntaan. Ympäristön käyttämisen näkökulmasta kaavoitus on pohjana ympäristöterveydenhuollon vaikuttavuudelle. Ennakoivalla suunnittelulla, mm. maankäytön suunnittelulla, liikenne- ja energiapolitiikalla sekä ympäristöterveysohjelmilla ohjataan toimintoja, ja vasta tämän jälkeen lupa- ja ilmoitusmenettelyillä, elinympäristön tilan seurannalla ja rutiinivalvonnalla sekä kielloilla ja määräyksillä turvataan elinympäristön laatua.

Tavoitteena on, että kuntalaisten asiat tulisivat hoidetuiksi systemaattisesti ja kuntalaisilla olisi myös mahdollisuus kertoa omat mielipiteensä suunnittelusta. Antaessaan kaavoituksesta lausuntoja terveydensuojeluviranomaisen tulisi tarkastella ympäristöterveyttä **laajan ympäristöterveyskäsitteen** kautta. Kaavoituksella luodaan edellytyksiä hyvälle elinympäristölle. Muun muassa kaavoitukseen oleellisesti liittyvissä viranomaisneuvotteluissa tulisi ympäristöterveydenhuollon edustus olla mukana. Lainsäädännössä terveydensuojeluviranomaisella on myös neuvonta ja ohjausvelvoite ja silloin myös uusimman, ajankohtaisen tutkimustiedon ja entistä laajemman ympäristönäkökohtien tarkastelun asiantuntemus voidaan ottaa mukaan valmisteluun.

Yhdyskuntasuunnittelun ratkaisut heijastuvat pitkälle tulevaisuuteen, joten tiedossa olevat kansanterveyshaittaa aiheuttavat altisteet tulisi ottaa kaavoituksessa huomioon jo nyt, koska niiden lisäksi myös uusien ympäristöaltisteiden uhka on aina olemassa. Näistä on esimerkiksi ilmastonmuutoksen aiheuttamat vaikutukset pitkällä aikavälillä sekä pienhiukasten vaikutukset ihmisen terveyteen.

LÄHTEET

Elintarvikelaki 23/2006. WWW-dokumentti. <http://www.finlex.fi>. Ei päivitystietoa. Luettu 11.11.2013.

Hänninen, Otto & Leino, Olli & Kuusisto, Erkki & Komulainen, Hannu & Meriläinen, Päivi & Haverinen-Shaugnessy, Ulla & Miettinen, Ilkka & Pekkanen, Juha 2010. Elinympäristön altisteiden terveysvaikutukset Suomessa. Ympäristö ja Terveys 3, 12-35.

Laki kulutustavaroiden ja kuluttajapalveluiden turvallisuudesta 75/2004. WWW-dokumentti. <http://www.finlex.fi>. Ei päivitystietoa.. Luettu 11.11.2013.

Maankäyttö- ja rakennuslaki (MRL 132/1999).

Mikko Pohjola, Pasi Pohjola, Jouni Tuomisto: Ympäristö- ja terveysvaikutuksia koskeva tieto kunnallisessa päätöksenteossa. Opasnet 2012. Viite: Ympäristö ja terveys 10/2012. Viitattu 17.11.2013.

Mäkäräinen, Jouni 2002. Jyväskylän kaupunki. YVA-päivät 16.-17.4.2002. Luento.

Opasnet.org. WWW-dokumentti. <http://fi.opasnet.org/fi/Tekaisu>. Päivitetty 13.11.2013. Luettu 17.11.2013.

Pekkanen, Juha & Eskola, Juhani 2009. THL auttaa vastaamaan paikallisiin ja globaaleihin ympäristöterveyden haasteisiin. Ympäristö ja Terveys 6, 44 – 47.

Sosiaali- ja terveysministeriö, Ympäristöministeriö 1997. Suomen kansallinen ympäristöterveysohjelma. Komiteamietintö 1997:8. Helsinki: Oy Edita Ab.

Säteilyturvakeskus. WWW-dokumentti. <http://www.stuk.fi>. Päivitetty 2010. Luettu 16.11.2013.

Terveyden ja hyvinvoinninlaitos. WWW-dokumentti. <http://www.thl.fi>. Päivitetty 2010. Luettu 16.11.2013.

Terveydensuojelulaki 763/1994. WWW-dokumentti. <http://www.finlex.fi>. Päivitetty 24.2.2010. Luettu 5.11.2013.

Terveydensuojeluasetus 1280/1995. WWW-dokumentti. <http://www.finlex.fi>. Ei päivitystietoa. Luettu 5.11.2013.

Tuomisto, Jouko 2007. Yhdyskuntasuunnittelua lapsille ja lapsenlapsille. Kansanterveys 4.

Ympäristöministeriö 2000. Maankäyttö- ja rakennuslaki 2000-sarjan julkaisu. Opas 3. Asemakaava-vaselostus. WWW-dokumentti. <http://www.ymparisto.fi> . Luettu 10.11.2013.

Ympäristöministeriö 2002a. Maankäyttö- ja rakennuslaki 2000-sarjan julkaisu. Opas 6. Maakuntakaavan sisältö ja esitystapa. WWW-dokumentti. <http://www.ymparisto.fi> . Luettu 10.11.2013.

Ympäristöministeriö 2002b. Maankäyttö- ja rakennuslaki 2000-sarjan julkaisu. Opas 8. Osallistuminen ja vaikutusten arviointi maakuntakaavoituksessa. WWW-dokumentti. <http://www.ymparisto.fi> . Luettu 11.11.2013.

Ympäristöministeriö 2002c. Maankäyttö- ja rakennuslaki 2000-sarjan julkaisu. Opas 11. Yleiskaava merkinnät ja määräykset. WWW-dokumentti. <http://www.ymparisto.fi> . Luettu 10.11.2013.

Ympäristöministeriö 2003a. Komission tiedonanto neuvostolle ja Euroopan parlamentille: Euroopan ympäristöstrategia, 11.6.2003 KOM (2003) 338 lopullinen Eutori-nro:EU/3003/0784.

Ympäristöministeriö 2003b. Maankäyttö- ja rakennuslaki 2000-sarjan julkaisu. Opas 12. Asemakaavamerkinnät ja määräykset. WWW-dokumentti. <http://www.ymparisto.fi> . Luettu 10.11.2013.

Ympäristöministeriö 2006a. Suomen ympäristö 13/2006. Ympäristöterveys yhdyskuntasuunnittelussa. Helsinki: Edita Prima Oy.

Ympäristöministeriö 2006b. Maankäyttö- ja rakennuslaki 2000-sarjan julkaisu. Opas 13. Yleiskaavan sisältö ja esitystavat. WWW-dokumentti. <http://www.ymparisto.fi> . Luettu 10.11.2013.

Ympäristöministeriö 2007. Ympäristöhallinnon ohjeita 1/2007. Osallistuminen yleis- ja asemakaavoituksessa. Helsinki. Edita Prima Oy.

Ympäristöministeriö 2009. Ympäristöministeriön raportteja 23/2009. Valtakunnallisten alueidenkäytön tavoitteet kaavoitusprosessin osana. WWW-dokumentti. <http://www.ymparisto.fi>. Ei päivitystietoa. Luettu 10.11.2013.

Ympäristönsuojelulaki 86/2000. WWW-dokumentti. <http://www.finlex.fi>. Ei päivitystietoa. Luettu 10.11.2013.

MÄDÄTYKSEN PROSESSIVAIHTOEHDOT JA MALLIEN KÄYTTÖ OPTIMOINNISSA

Hannu Poutiainen

Energian hinnan noustessa myös jätevedenpuhdistuksessa pyritään optimoituihin jopa nol-laenergiaratkaisuihin, joissa liete ja mahdolliset lisättävät biojakeet mädätetään energiaksi prosessiin. Näin myös vähennetään fossiilisten polttoaineiden käyttöä. Malleja on käytetty pitkään puhdistamon aktiivilieteprosessin suunnittelussa. Ensimmäiset mädätysprosessin mallit kehitettiin 2000-luvun alussa. Vasta aivan viime vuosina (2008) on löydetty tapa yhdistää aktiivilieteprosessin ja mädätysprosessin mallit järkevällä ja tieteellisesti perustellulla tavalla. Tämä on avannut uusia näköaloja kokonaisprosessin optimointiin. Seuraavassa artikkelissa käydään läpi erilaisia biokaasuprosesseja ja kuinka mallien soveltamista on tutkittu niissä viime aikoina. Tutkimus on keskittynyt julkaisutoiminnan perusteella CSTR- ja UASB-prosesseihin sekä ADM1 mallin edelleen kehittämiseen. Edelleen on tutkittu erilaisten orgaanisten raaka-aineiden, reaktoriyhdistelmien ja sekoituksen vaikutuksia.

Johdanto

Tyypillisessä jätevedenpuhdistamossa lietteen käsittelyn kustannukset voivat kokonaisuudessaan muodostaa hyvin suuren osan puhdistamon toiminnan kokonaiskulusta. Siksi Suomessa on jo pitkään pyritty ottamaan lietteen sisältämä energia talteen osana sen prosessointia tuottamalla siitä biokaasua. Näin tehdään myös erityisesti Saksassa ja Hollannissa, joissa on suurin määrä toimivia biokaasulaitoksia EU:ssa. Biokaasutuotannon hyötyinä ovat parhaassa tapauksessa puhdistamon energiaomavaraisuuden lisäksi hajuhaittojen väheneminen ja käsittelyn lietteen tilavuuden pieneneminen. Markkinoilla on paljon erilaisia biokaasureaktoriratkaisuja, joita kehitetään edelleen. Tyypillisimpiä ovat CSTR-, UASB- sekä EGSB-konseptit, ja hieman harvinaisempia tyyppisiä ASB-, ABR- ja ACP-prosessit (tarkemmat kuvaukset jäljempänä).

Kun puhdistamoprosesseissa on entistä useammin biokaasuyksikkö, on myös 1980-luvulta kehitettyihin puhdistamomalleihin pyritty löytämään tapa kuvata biokaasureaktori ja siinä tapahtuvat reaktiot. Vaikka keskeinen ADM1-biokaasumalli kuvattiin jo 2001 (van Lier ym. 2001), onnistui sen yhdistäminen tyydyttävästi puhdistamomallinnuksessa käy-

tettävään ASM-malliperheeseen ”tieteellisesti” hyväksyttävästi vasta 2006 (Nopens ym.). Tämän jälkeen sama tehtiin eri puhdistamojen optimointitapojen vertailussa käytettävälle BSM1:lle päivittämällä se BSM2:ksi, jossa ADM1 on mukana (Jeppson ym. 2007).

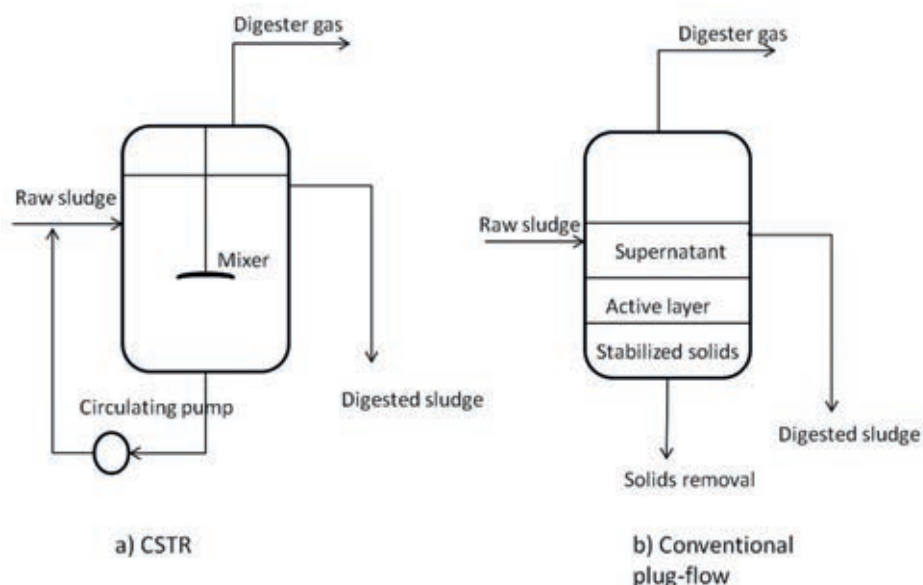
Seuraavaksi käydään läpi yleisesti biokaasuprosessin eri variaatioita ja miten niitä on menestyksellisesti mallinnettu viime vuosina.

Mädätysprosessityypit

Tyypillinen biokaasuprosessi Euroopassa on jatkuva- tai panostoiminen mesofiilinen reaktori, joka käyttää raaka-aineena jätevedenpuhdistamon lietettä sekä lisänä teollisuudesta ja maataloudesta saatavia orgaanisia jätteitä. Saksassa, joka on Euroopan johtava biokaasun hyödyntäjä, on noin 4 000 biokaasureaktoria. Euroopan Biokaasuyhdistys listaa 5 900 eurooppalaista biokaasulaitosta ja ennustaa määrän kasvavan 2,4-kertaiseksi vuoteen 2018 mennessä.

CSTR-prosessissa (kuva 1a) metanogeneesi tapahtuu 35–38 °C lämpötilassa jatkuvasti (Continuously Stirred Tank Reactor) sekoitetussa tankissa. Prosessi on tehokkaampi kuin yksinkertaisemmat järjestelmät ilman sekoitusta (kuva 1b), jotka johtavat hitaampaan, kerrosittaiseen prosessiin. Tätä käytetään kuitenkin hyvin paljon esim. maataloilla energian tuottamiseksi lietelannasta.

CSTR-prosessia voidaan ajaa myös korkeammassa, termofiilisessä lämpötilassa (50–57 °C), jolloin mesofiilisen prosessin tyypillinen viipymäaika 20–25 päivää lyhenee 12–15 päivään. Korkeamman lämpötilan etuina on suurempi biokaasuntuotanto ja kiintoaineen hajoaminen ja sitä kautta pienempi tarve reaktoritilavuudelle sekä parempi lietteen hygienisoituminen ja mahdollisten myrkyllisten aineiden hajoaminen. Aiemmin teknologian vaatima korkeampi investointikustannus ja prosessin hallinnan vaativuus estivät termofiilisen mädätyksen käytön leviämisen. Viime vuosina on kuitenkin saatu hyviä tuloksia (Martin-Gonzalez ym. 2011). Termofiilistä prosessia voidaan ajaa yksittäisessä reaktorissa, mutta se voidaan yhdistää myös kaksivaiheiseen prosessiin, jossa molemmat reaktorit voivat olla termofiilisiä, tai jälkimmäinen reaktori kahdesta mesofiilinen. Tästä järjestelystä käytetään usein nimitystä TPAD-prosessi (temperature phased anaerobic digestion).

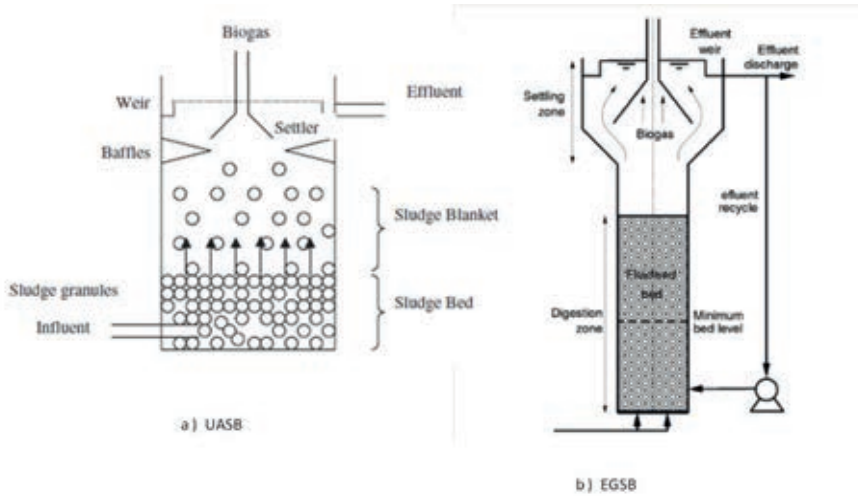


KUVA 1. CSTR-reaktori (a) ja perinteinen matalatuottoinen reaktori (b)

UASBR- ja EGSBR-reaktorit

UASBR-reaktorin (upflow anaerobic sludge bed) kehittivät, Lettinga ym. (1980) ja sitä hyödynnetään erityisesti Latinalaisessa Amerikassa ja muilla lämpimillä alueilla paljon. Kyseessä on ensimmäinen ns. high-rate (korkean hyötysuhteen) teknologia, jossa hydraulinen viipymäaika ja lietteen viipymäaika reaktorissa ovat erisuuruiset. Tällöin voidaan käyttää suuria orgaanisen aineen syöttömääriä. Periaatteena on, että mikrobimassa immobilisoituu reaktorissa syntyviksi granuuleiksi. Nämä muodostavan lietepedin, joka pysyy reaktorissa ja jossa metanogeneesi tapahtuu vakionopeudella riippumatta syötettävän lietteen hydraulisesta virtauksesta (kuva 2a).

EGSB-reaktori on edellisen jatkokehitelmä, joka syntyi pari vuotta myöhemmin. Tässä reaktori on rakennettu kapeammaksi ja käytetään suurempaa virtausnopeutta, jolloin liete-patsas ”leijuu”. Reaktorityypissä eri aineiden pitoisuudet jakautuvat tasaisemmin kolonnissa, jolloin metanogeneesi tehostuu (Rebac ym. 1999, kuva 2b).

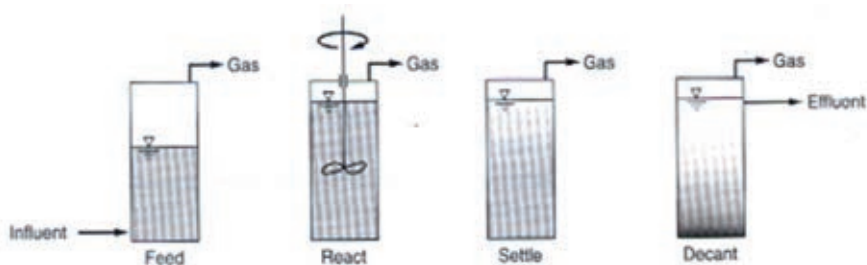


KUVA 2. UASB (a) ja EGSB (b) reaktorit (Saravanan ja Sreekrishnan 2006; van Haandel ym. 2006)

Yksi edellä mainittujen reaktorien (ja myös CSBR-reaktorin) jatkokehitelmä on anaerobinen kontaktiprosessi (ACB), joka on myös ns. high-rate reaktori. Tässä hydraulinen ja lietteen viipymäaika erotetaan käyttämällä varsinaisen biokaasureaktorin jälkeen laskeutusallasta, josta laskeutunut liete kierrätetään takaisin reaktoriin. Järjestelmässä orgaanisen aineen syöttönopeus voi olla jopa 8 kg COD/m^3 ja COD:n reduktio 85–95 % (Sentürk ym. 2012).

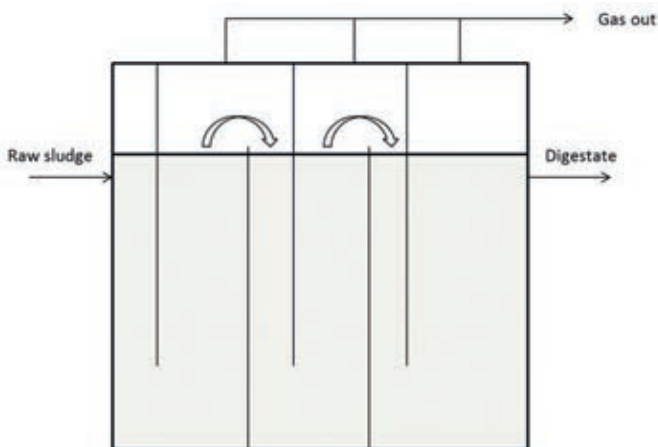
ASBR- ja ABR-reaktorit

ASBR-reaktorissa (anaerobic sequencing batch, Dague ym. 1992) yhtä reaktoriastiaa käytetään jaksoittain vaihtelemalla sen olosuhteita jolloin substraatin pitoisuus mikrobeilla vaihtelee hyvin korkeasta matalaan. Korkea orgaanisen aineen pitoisuus prosessin alkuvaiheissa johtaa tehokkaaseen metanogeneesiin. Toisaalta matala substraatin pitoisuus edesauttaa flokkien muodostumista ja kiintoaineen erottumista prosessin lopussa. Prosessissa on neljä perättäistä vaihetta: lietteen syöttö, anaerobiset biologiset reaktiot, biomassan laskeutus sekä effluentin poisto (kuva 3).



KUVA 3. ASBR-prosessin neljä eri vaihetta (mukaillen Hamilton ym. 2010)

McCarthy (1981) kehitti ABR-reaktorin (anaerobic baffled) (kuva 4). Reaktori on pitkitäinen ja siinä on vaihteleva määrä pystysuuntaisia väliseiniä, jotka ohjaavat lietevirtaa vuorotellen ylös ja alas. Liette ja syntyvä biokaasu virtaavat reaktorissa poikittain. Alkuvaiheessa tapahtuvat hydrolyysi-reaktiot ja lopun metanogeneesi erottuvat näin siis fyysisesti luonnostaan. Lietteen kierto väliseinien yli ja ali edesauttaa lietteen pysymistä järjestelmässä, ja näin se sallii ison orgaanisen aineen syötön ilman mitään kiinteää kantajaa. ABR:llä on parhaassa tapauksessa etunaan halpa hinta, yksinkertainen konstruktiio, stabiilisuus syötön vaihteluille ja tehokas COD-reduktio ja biokaasun tuotto.



KUVA 4. ABR-reaktorin kaaviokuva

Mallinnus biokaasututkimuksessa

Julkaistut artikkelit laskettiin Sciencedirect-tietokannasta vuosina 2002–2012, jotta saatiin kuva biokaasututkimuksen painotuksista sekä siitä, kuinka paljon mallinnusta on hyödynnetty optimoinnin apuna. Tämä tapahtui tekemällä kunkin reaktorityypin kohdalla haku sekä ilman modelling-sanaa että sen kanssa. Tulokset on esitetty taulukossa 1.

TAULUKKO 1. Artikkelilukumäärät anaerobisen mädätyksen tutkimukseen liittyen 2002–2012 (Poutiainen ym. 2013)

	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Biogas modelling	89	185	146	191	266	279	367	473	522	773	906
ADM1 modelling	1	2	6	8	9	20	33	42	38	48	54
CSTR	22	29	40	49	58	58	121	130	140	170	159
CSTR*	10	12	20	25	25	28	43	66	65	67	82
TPAD	0	3	2	3	1	8	7	7	13	17	18
TPAD*	0	1	1	1	1	2	4	3	6	8	7
UASB reactor	76	102	122	167	200	238	341	347	340	408	404
UASB reactor*	27	44	23	58	59	73	115	123	122	166	165
EGSB reactor	11	15	16	28	36	31	33	55	55	77	90
EGSB reactor*	5	7	4	11	12	13	9	24	21	42	41
ASBR	4	13	12	11	15	16	40	40	38	34	39
ASBR*	2	4	6	5	6	7	13	15	15	12	13
ABR	12	17	16	23	38	31	49	37	58	59	63
ABR*	5	8	6	5	10	8	16	12	29	23	27
ACP	2	4	4	2	8	3	5	2	6	1	4
ACP*	1	2	0	2	3	1	1	2	4	1	3
Yhteensä	267	448	424	589	747	816	1197	1378	1472	1906	2071

* modelling lisähakuterminä

Lyhenteiden selitykset: ADM anaerobic digestion model, CSTR continuously stirred tank reactor, TPAD Temperature phased anaerobic digestion, UASB upflow anaerobic sludge bed, EGSB extended granular sludge bed, ASBR anaerobic sequencing batch reactor, ABR anaerobic baffled reactor, ACP anaerobic contact process. TPAD, ABR and ACP-prosesseille käytettiin kokonaisia sanoja että voitiin erottaa pois artikkelit jotka koskivat näiden lyhenteiden akronymejä toisilla tieteen alueilla. CSTR:lle “digestion” sanaa käytettiin lisähakuterminä.

Tulosten mukaan biokaasujulkaisut ovat kymmenkertaistuneet tutkitulla aikavälillä. Mallinnusta käsittelevien artikkelien osuus ei ole kuitenkaan kasvanut. Tutkimusta tehdään siis

edelleen myös perinteisesti ja siitä raportoidaan. Eniten tutkittuja olivat CSTR- ja UASB-teknologiat – myös TPAD-prosesseja tutkittiin paljon viime aikoina. Taulukon jaotteluhan ei ota huomioon sitä, tapahtuvatko prosessit yhdessä vai useammassa lämpötilassa tai reaktorissa. Tehokkuuden nimissä on trendi tällä hetkellä pyrkiä erottamaan termofiliset ja happoa tuottavat vaiheet (hydrolyysi ja rasvahappojen muodostuminen) metanogeenisistä, ja tämä voi tapahtua useilla eri reaktorikonstruktioilla ja prosessiratkaisuilla.

Esimerkkejä mallien soveltamisesta

Taulukon 1 906 biokaasujulkaisusta, joissa hyödynnettiin mallinnusta, käytiin tarkasti läpi vain mielenkiintoisimmat ja parhaiten omaan tutkimusalueeseen sopivat. Saimme kuitenkin hyvän kuvan mallien hyödyntämisestä tällä hetkellä, ja eräitä käyttötapoja on kerätty esimerkin omaisesti taulukkoon 2. Tarkempi kuvaus eri tapauksista on löydettävissä yhteenvetoartikkelista Poutiainen ym. 2013.

Malleja on siis hyödynnetty tutkimuksessa paljon ja käytetty myös täyden mittakaavan laitosten optimoinnissa. Toisaalta pyritään löytämään optimiratkaisuja käytännön biokaasutuotantoon, kuten orgaanisen kuorman vaihtelujen hallinta ja vaikutusten minimointi prosessissa, toisaalta ADM1-mallia on pyritty jatkokehittämään niin, että simuloinnissa huomioidaan erilaiset raaka-aineet (erilliskerätty biojäte, maatalouden ja hedelmien ja vihannesten jatkojalostuksen jätteet ja elintarviketeollisuuden jätteet). Edelleen tutkitaan virtausdynamiikan – ts. sen. että pitoisuuden voivat vaihdella reaktorin eri osissa – vaikutusta. Hienoa on, että nyt viimeaikaisen kehityksen tuloksena biokaasumalli voidaan yhdistää tutkimuksissa aktiivilieteprosessiin ja jopa sitä edeltävän viemäriverkon malleihin – näin pystytään tutkimaan suurempien kokonaisuuksien hallintaa ja muutosten vaikutusta koko ketjun läpi.

TAULUKKO 2. Esimerkkejä mallinnuksen soveltamisesta biokaasuprosessiin

Mallinnuksen käyttö/ tavoite	Influentin tyyppi	prosessi	mittakaavavuosi	
Reaktiokinetiikka sulfaatin pekkistyessä UASB-reaktorissa	paljon sulfaattia sisältävä jätevesi	CSTR	laboratorio	2002
Neuroverkon käyttö lietteen syötön säätöön	jätevedenpuhdistamon liete	CSTR	laboratorio	2002
Biokaasusaannon ennustus influenttiin VSn perusteella	orgaaninen perunoiden prosessoinnin jäte		laboratorio	2006
ADM1 ja biofilimalli	-	UASB, ESGB	laboratorio	2002
ADM1 jossa huomioitu lisäksi lignoselluloosan hajoamisreaktiot	säilörehu	CSTR	pilotti	2009
Prosessin simulointi kokeellisella mallilla	synteettinen	pakattu peti	laboratorio	2007
Kahden reaktorin toiminnan ennustaminen ADM1 mallilla	jätevedenpuhdistamon liete	CSTR	tuotanto	2005
Reaktorin toiminnan ennustaminen ADM1 mallilla	jätevedenpuhdistamon liete	CSTR	tuotanto	2011
Maatalousjätteille modifioitu ADM1 biokaasureaktorin simuloinnissa	orgaaniset maatalousjätteet	CSTR	laboratorio	2008
Simulointi ADM1:llä jota muutettu huomioimaan useiden mikrobien reaktiot	viinitilaamon jätevesi	UASB	pilotti	2009
Simulointi ADM1:llä jota muutettu huomioimaan erilliskerätyn biojätteen partikkelikoko	erilliskerätty biojäte + jätevedenpuhdistamon liete	staattinen	laboratorio	2011
Termofiilisten ja mesofiilisen mädätyksen koeajojen vartailu ADM1:llä.	jätevedenpuhdistamon liete	TPAD	laboratorio	2011
ADM1 + biofilimalli	hedelmienprosessointi- ja mallastamon org. jäte	UASB	tuotanto	2004
Kineettinen + hydrodynaaminen malli	teollinen jätevesi	UASB, ESGB	-	2006
Tuotannon optimointi ADM1 mallilla + mallilla pitoisuuksien sivuttaisesta jakautumisesta	-	UASB	laboratorio	2008
Kineettinen malli jolla ennustetaan liiallisen orgaanisen aineen syötön vaikutuksia	synteettien	ABR	laboratorio	2003

LÄHTEET

Dague, R.R., Habben, C.E. ja Pidaparti, S.R. 1992 Initial studies on the anaerobic sequencing batch reactor. *Water Science and Technology* 26(9–11), 2429–2432.

Hamilton, D.W. 2010. Anaerobic digestion of animal manure: types of digesters, BAE-1750. Stillwater, OK: Oklahoma Cooperative Extension Service.

Jeppsson, U., Pons, M.-N., Nopens, I., Alex, J., Copp, J.B., Gernaey, K.V., Rosen, C., Steyer, J.-P. ja Vanrolleghem, P.A. 2007 Benchmark simulation model no 2: general protocol and exploratory case studies. *Water Science and Technology* 56(8), 67–78.

Lettinga, G., van Velseo, A.F.M., Hobma, S.W. ja de Zeeuw, W. 1980 Use of the upflow sludge blanket (USB) reactor concept for biological wastewater treatment, especially for anaerobic treatment. *Biotechnology and Bioengineering* 22, 699–734.

Martin-González, L., Castro, R., Pereira, M. A., Alves, M.M., Font, X. ja Vicent, T. 2011 Thermophilic co-digestion of organic fraction of municipal solid wastes with FOG wastes from a sewage treatment plant: Reactor performance and microbial community monitoring. *Bioresource Technology* 102, 4734 - 4741.

McCarty, P.L. One hundred years of anaerobic treatment, Teoksessa: *Anaerobic Digestion*, 1981. D.E. Hughes, D.A. Stafford, B.I. Wheatley, W. Baader, G. Lettinga, E.J. Nyns, W. Verstraete, and R.L. Wentworth (Eds.), Elsevier Biomedical Press B.V., Amsterdam, s.3-21.

Poutiainen, H., Van Hulle, S., Heinonen-Tanski, H., Kolehmainen, M. ja Nopens, I. (2013). Digestion process variations and their model-based optimisation at wastewater treatment plants: a review. HSM2013, Vesterås, Ruotsi, 6.-8.5.2013

Rebac, S., vanLier, J.B., Lens, P.N.L., Stams, A.J.M., Dekkers, F., Swinkels, K.T.M. ja Lettinga, G. 1999 Psychrophilic anaerobic treatment of low strength wastewaters, *Water Science and Technology* 39(5), 203-210.

Saravanan, V. ja Sreekrishnan, T.R. 2006 Modelling anaerobic biofilm reactors—A review. *Journal of Environmental Management* 81(1), 1-18.

Şentürk, E., İnce, M. ja Engin, G.O. 2010 Kinetic evaluation and performance of a mesophilic anaerobic contact reactor treating medium-strength food-processing wastewater. *Bioresource Technology* 101, 3970–3977.

van Haandel, A., Kato, M.T., Cavalcanti, P.F.F. ja Florencio, L. 2006 Anaerobic reactor design concepts for the treatment of domestic wastewater. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology* 5, 21-38.

van Lier, J.B., Tilche, A., Ahring, B.K., Macarie, H., Moletta, R., Dohanyos, M, Hulshoff Pol, L.W., Lens, P. ja Verstraete, W. 2001 New perspectives in aerobic digestion. *Water, Science and Technology* 43(1), 1-18.

TILUKSET TUOTTAMAAN -KIERTUE

Kati Kontinen

Biosaimaa-klusteri – yhteistyössä Mikkelin ammattikorkeakoulu, Metsänomistajien liitto Järvi-Suomi, Suomen metsäkeskus Etelä-Savon aluetoimisto ja Miktech Oy – järjestivät vuoden 2013 aikana Tilukset tuottamaan -roadshown. Roadshown aikana järjestettiin viisi tapahtumaa, jotka olivat suunnattu metsänomistajille. Etelä-Savon alueella toimivilla metsäalan organisaatioilla on useita hankkeita meneillään ja tämän roadshown tarkoituksena oli yhdistää hanketoimijoiden voimat ja jakaa eri tilaisuuksien työnjakoa. Jokaisella toimijalla oli vuorotellen vetovastuu tilaisuuksien järjestämisestä ja vastavuoroisesti jokainen toimija käytti omasta hankkeestaan puheenvuoron eri tilaisuuksissa. Tällä tavalla tiedonvälitys nelinkertaistettiin.

Etelä-Savossa Suomen runsaimmat metsävarat

Etelä-Savossa on Suomen runsaimmat metsävarat. Puulle on kysyntää, ja erityisesti energia-puun käytön kasvu alueella jatkuu. Alueen suurimmat energiantuottajat ovat investoineet rajusti viimeisimmän kahden vuoden aikana uusiin kattiloihin ja laajennuksiin. Metsäsektorin merkitys työllistäjänä ja aluetaloudellisen hyvinvoinnin tuojana on erityisen merkittävää Etelä-Savossa. Etelä-Savon maakuntaohjelman linjauksissa tavoitellaan menestyvää yritystoimintaa sekä metsäelinkeinojen menestymistä. Tällöin strategisina päämäärinä pidetään menestyviä ja ekotehokkaasti toimivia teknologia- ja puutuoteteollisuutta sekä metsä- ja maatalouselinkeinoja. Lisäksi strategiassa tahtotilan kärkeen on nostettu yritysten kilpailukyvyyn parantaminen. (Uusiutuva Etelä-Savo -maakuntastrategia 2010.)

Ohjelmakaudella 2006–2010 kantorahatuloja Itä-Suomeen on tullut noin 3,3 miljardia euroa. Hakkuiden ja kuljetuksen arvo on lisäksi arviolta yli miljardi euroa. Vaikka osa tulovirrasta ohjautuukin maakuntien ulkopuolelle, ovat alue- ja paikallistalouden vaikutukset erittäin suuret. Metsäsektori työllistää n. 3 % Suomen työvoimasta, mutta Itä-Suomessa osuus on 6–7 % luokkaa. Puunhankinnassa ja metsänhoidossa oli 2010 eniten työvoimaa Pohjois- ja Etelä-Savossa. (Etelä-Savon metsäohjelma.)

Tilukset tuottamaan – roadshow:ssa toimineet hankkeet

Biolannoite – tuhkasta kasvuun metsissä

Hankkeen tavoitteena on tiedonvälityksen keinoin lisätä puu- ja turvetuhkan käyttöä turvemaiden metsänlannoituksiin aktivoimalla eteläsavolaisia metsänomistajia, metsätöimihenkilöitä sekä maa- ja metsätalousyrittäjiä. Tavoitteena on ohjata lannoitustoimintaa metsänhoidollisesti ja ympäristön kannalta oikeisiin kohteisiin ja parantaa toiminnan suunnitelmallisuutta ja kannattavuutta. Hanke kasvattaa maaseutuyritysten työmahdollisuuksia muun muassa tuhkalannoitteiden levityksessä. Hankkeen avulla saavutetaan tuhka- ja turvetuhkan ekologisesti ja ympäristön kannalta nykyistä paremmat käyttökohteet ja parannetaan lannoitustoiminnan kautta turvemaametsien ravinnetaloutta ja lisätään puuston kasvua ja elinvoimaisuutta. Hankkeella järjestetään tuhkalannoitusnäytöksiä ja seminaareja sekä tehdään tuhkalannoitustarpeesta selvitys. Hanke on Mikkelin ammattikorkeakoulu Oy:n ja Suomen metsäkeskuksen Etelä-Savon alueyksikön yhteishanke.

Metsänomistajan tietoharppaus

Järvi-Suomen metsänomistajaliiton hallinnoima tiedonvälityshanke, Metsänomistajan tietoharppaus, edistää metsätalouden kannattavuutta Etelä-Savossa ja kannustaa metsänomistajia tehokkaaseen metsätalouden harjoittamiseen välittämällä tietoa metsätalouden uudistuvista ympäristövaatimuksista, metsänhoidon uusista menetelmistä ja muuttuvan toimintaympäristön mukanaan tuomista muutoksista. Hankkeen tavoitteena on myös lisätä metsänomistajien tietämystä energiapuun hyödyntämisestä ja saada energiapuuta merkittävästi markkinoille.

Metsänomistajien tietoharppaus -hanke järjestää kolmen vuoden aikana (2010–2013) yhteensä 80 tilaisuutta ajankohtaisista metsäasioista. Teemailtoja, työnäytöksiä ja tapahtumia järjestetään kaikissa Etelä-Savon kuntakeskuksissa ja suurimmissa taajamissa sekä pääkaupunkiseudulla.

Laatupuuta läheltä

Suomen Metsäkeskuksen Etelä-Savon alueen hankkeella aktivoidaan koivikoiden harvennuksia laatupuun järeytymisen nopeuttamiseksi ja kootaan hajallaan oleva tieto pysty-karsintakohteista paikkatietojärjestelmään. Etelä-Savon mekaaninen puunjalostus tarvitsee

hyvälaatuista raaka-ainetta maakunnan metsistä. Hankkeella aktivoidaan koivikoiden harvennuksia laatuun järeytymisen nopeuttamiseksi ja kootaan hajallaan oleva tieto pystykarsintakohteista paikkatietojärjestelmään. Hanke on tiedotushanke, jolla tavoitetaan 1 000 metsänomistajaa tiedotteilla, tiedotustilaisuuksilla ja retkeilyillä.

Hankkeen tuloksena lisätään metsänomistajien tietoisuutta metsänhoitotoimenpiteiden merkityksestä laatuun kasvatuksen eri vaiheissa ja helpotetaan laatukasvatukseen soveltuvien kohteiden löytymistä. Koivikoiden harvennushakkuut lisääntyvät, ja karsintakohteiden käsittelyssä huomioidaan laatuun kasvatusta.

Nuoret metsät tuottamaan

Suomen Metsäkeskuksen Etelä-Savon hallinnoiman hankkeen tavoitteena on parantaa metsänomistajien tavoitettavuutta, tuottaa tietoa energiapuukohteista metsänomistajien ja metsätoimijoiden käyttöön. Tavoitteena on edistää metsäenergian saatavuutta ja tarjontaa Etelä-Savon metsätiloilta, tukea metsähakkeen käytön lisäämistä energiatuotantoon ja edistää maaseudun energiayrittäjyyttä.

Hankkeen toimenpiteinä hyödynnetään metsävaratietoja ja verkkopalveluita energiapuukohteiden tunnistamiseen ja tiedottamiseen metsänomistajille. Hankkeella järjestetään myös energiapuutapahtumia ja tiedotustilaisuuksia. Hankkeen tuloksena syntyy toimintamalli nuorten metsien hoitotarpeista ja energiapuukohteista tiedottamiseen ja metsänomistajien tavoittamiseen käyttäen apuna verkkopalveluita. Metsänomistajien luvalla tietoa metsien hoitotarpeista ja energiapuukohteista saadaan puunhankkijoiden ja metsäpalveluyrittäjien käyttöön.

Roadshown tapahtumat

Ensimmäinen tapahtuma – Savonrannalla 11.6.2013 järjestetty energiapuunkorjuunäytös – keräsi noin 60 kiinnostunutta metsänomistajaa (kuva 1). Tilaisuuden järjestäjänä olivat Metsänhoitoyhdistys Itä-Savo ja Metsäkeskus. Paikalla olivat kaikki toimijat Tilukset tuottamaan -roadshow:sta käyttäen puheenvuoron. Tilaisuudessa tutustuttiin energiapuunkorjuukohteeseen, korjuukalustoon ja puunkauppatalanteeseen.



KUVA 1. Energiapuun korjuunäytös, Savonranta (Mhy Itä-Savo)

Seuraavana tapahtuman olivat Metsäkulttuuripäivät Lustossa 14.–16.6.2013, jolloin toimijoista koko viikonlopun paikalla olivat metsänhoitoyhdistykset ja metsäkeskus. Metkussa näytteilleasettajia oli noin 50 ja kävijöitä useampi tuhat. Roadshown puitteissa paikalla olleet jakoivat esitteitä hankkeista.

Kolmantena tapahtumana järjestettiin tuhkalannoitusnäytös (kuva 2). Järjestäjinä olivat Mikkelin ammattikorkeakoulu ja Metsä-Savon Mhy. Tilaisuudessa oli noin 40 aktiivista metsänomistajaa ja paljon median edustajia. Tuhkalannoitusnäytöksen aikana tehtiin noin 100 hehtaarin suuruinen lannoitusalue, jolle levitettiin boorilla terästettyä tuhkaa. Näytöksessä päästiin tutustumaan tuhkalannoitukseen yleensä sekä käytettävään levityskalustoon ja itse lannoitteisiin.



KUVA 2. Tuhkalannoitusnäytös, Juva (kuva Kati Kontinen)

Neljäntenä tapahtumana Järvi-Savon Mhy järjesti energiapuunkorjuunäytöksen Hirvensalmella 5.9.2013. Tapahtumassa esiteltiin energiapuukorjuukohdetta, korjuuteknologiaa, mahdollisia tukia ja puukauppatilannetta. Jokainen roadshown osallistuva organisaatio piti lyhyen katsauksen omista hankkeistaan. Tilaisuus oli yleisömagneetti; paikalla oli arviolta yli 200 kiinnostunutta metsänomistajaa.



KUVA 3. Energiapuunkorjuunäytös, Hirvensalmi (kuva Hannu Ripatti)

Viimeisenä tilaisuutena oli 5.10.2013 järjestetty Enemmän metsästä -tilaisuus. Tilaisuuden järjestelyistä vastasi Suomen Metsäkeskus, ja se järjestettiin Mikkelin ammattikorkeakoulun kampusalueella. Tilaisuudessa oli noin 20 näytteille asettelijaa ja päivän aikana oli mahdollisuus kuunnella eri alustuksia metsäisistä aiheista. Paikalle saapui useita satoja kiinnostuneita metsänomistajia. Mikkelin ammattikorkeakoulun metsätalouden laitoksen opiskelijat olivat näkyvästi mukana tilaisuuden järjestelyissä.

Lopuksi

Tilukset tuottamaan -roadshowsta saadut kokemukset ovat myönteisiä. Hanketoimijoiden yhteistoiminta on monesta näkökulmasta pohdittuna järkevää. Osallistumalla eri toimijoiden järjestämiin tapahtumiin ei vaadi suurta vaivaa, materiaalien valmistaminen ja läsnäolo riittävät. Tällä tavoin saavutetaan kuitenkin moninkertainen määrä kohderyhmän jäseniä, tässä tapauksessa metsänomistajia. Lisäksi toimijoiden keskinäinen yhteistyö tiivistyy, monenlainen tieto välittyy entistä helpommin organisaatioiden välillä ja vältetään päällekkäisiltä toiminnoilta. Kaikkien hankkeiden rahoittajana toimii Etelä-Savon Ely-keskus, Euroopan Maaseudun kehittämisen maatalousrahasto.

LÄHTEET

Etelä-Savon alueellinen metsäohjelma 2012–2016.

Metsäneuvosto 14.9.2010. Metsäala tarjoaa monipuolisia ja kestäviä ratkaisuja tulevaisuuden haasteisiin. Tarkistettu Kansallinen metsäohjelma 2015.

Uusiutuva Etelä-Savo -maakuntastrategia 9.4.2010

DIGIMETSÄ – METSÄÄ VIRTUAALISESTI

Kati Kontinen ja Pasi Pakkala

Metsäala on suurten muutosten keskellä. Ammattikorkeakoulujen toimipisteitä keskiteään, ja koulutusohjelmia karsitaan. Hankkeen tavoitteena on kehittää eteläsavolaisen metsäopetuksen oppimisympäristöä ja työelämän palveluja niin, että metsäopetus voisi nykyistä paremmin vastata juuri nyt kentällä olevien lukuisten muutosten aiheuttamiin koulutus-tarpeisiin. Tavoitteena on rakentaa hankkeen avulla nykyaikainen, työelämän vaatimuk-sia vastaava oppimisympäristö niin kampusalueelle kuin maastoonkin (opetusmetsät Esedu ja Samiedu) sekä luoda vahva, vuorovaikutteinen yhteistyöverkosto Etelä-Savon metsäalan toisen asteen oppilaitoksiin sekä muihin metsäalan toimijoihin.

Johdanto

Uusiutuva Etelä-Savo -strategiassa maakunnan toimeentulon peruspilareita ovat metsä, metalli ja matkailu. Koko Suomen metsämaan pinta-alasta Etelä-Savossa on 6,0 %. Puus-ton kasvu Etelä-Savossa on 8,6 milj. m³ ja hakkuut 6,25 milj. m³. Etelä-Savossa metsämaan osuus maa-alasta on suhteellisesti korkein koko maassa. Metsätalouden merkitys aluetalou- dessa on Etelä-Savossa suuri. Metsäsektorin osuus alueen kokonaisbruttokansantuotes- ta on yli 10 %. Maakunnan kaikista työllisistä lähes joka kymmenes on saanut elantonsa metsäsektorilta. Kantorahatutot ovat Etelä-Savossa Suomen suurimmat. Keskimäärin niitä on saatu lähes 217 milj. euroa vuodessa. Puun korjuun ja kuljetuksen tuomat tulot ovat Etelä-Savossa vuosittain arviolta noin puolet kantorahatuloista. Kantorahatulojen ja puun- korjuun ja -kuljetuksen tulojen lisäksi tuloja saadaan myös energiapuun korjuusta ja jalos- tuksesta. Maakunnassa käytetyn metsähakkeen arvo käyttöpaikalla yli 4 miljoonaa euroa ja kaupallisen myyntipolttopuun arvo lähentelee miljoonaa euroa. (Etelä-Savon metsäohjel- ma 2012–2016.)

Metsähakkeen käyttömääriä on tavoitteena kasvattaa edelleen Etelä-Savossa. Tuoreessa Met- säohjelmassa määrä on asetettu 480 000 m³, kun vuonna 2009 energiapienpuun käyttö alu- een lämpö- ja voimalaitoksissa oli 171 000 m³. Metsähakkeen kokonaiskäyttö oli 368 000 m³. Vuonna 2011 energiapienpuun käyttö alueen lämpö- ja voimalaitoksissa oli noussut j- 253 000 m³:iin ja metsähakkeen kokonaiskäyttömäärä 461 000 m³:iin. (LUT 2010.)

Kaiken tämän ylläpitämiseksi Etelä-Savo tarvitsee metsäosaajia puunhankintaan, puunkorjuuseen sekä erilaisiin metsänhoidollisiin toimiin. Ammattikorkeakoulujen toimipisteitä keskitetään ja koulutusohjelmia karsitaan. Kymenlaakson ammattikorkeakoulussa metsätalouden koulutusohjelmat on lakkautettu. Näin Mamkin metsätalouden koulutusohjelmalla on vastuuta koko Kaakkois-Suomesta.

Metsäala on suurten muutosten keskellä. Koulutuksen näkökulmasta haastavimpia muutoksia ovat:

- Yhteiskunnan tavoitteet julkisen hallinnon keventämiseksi ja supistuvan rahoituksen vaikutukset metsäsektorin organisaatioihin. Kilpailu tulee vapautumaan ja lisääntymään.
- Yksityismetsätalouden organisaatiomuutokset ja pakollisen metsänhoitomaksun poistuminen.
- Metsänomistajien rakennemuutoksen jatkuminen. Metsään liittyvä osaaminen ja riippuvuus metsätalouden tuloista vähenevät. Mitkä ovat vaikutukset raaka-aineen saavuuteen jatkossa?
- Muutos puuntuotantokeskeisestä toimintamallista kohti asiakaslähtöisiä ja entistä kustannustehokkaampia toimintatapoja. Metsätalous moniarvoistuu, ympäristöasioiden merkitys kasvaa edelleen. Tätä osaltaan tukee valmistelussa oleva metsälain muutos.
- Nopea tekninen kehitys mm. paikkatiedossa, karttajärjestelmissä, mittauksissa sekä teknologiassa.

Etelä-Savolle on erittäin tärkeää, että Pieksämäeltä Mikkeliin siirtyneen metsäalan ammattikorkeakouluopetuksen resurssit ja toimintaedellytykset turvataan, todetaan Etelä-Savon metsäohjelmassa. Näin pitkä ja tuloksekas työ Etelä-Savon ja koko valtakunnan metsä- ja kansantalouden hyväksi voi jatkua muuttuvassa toimintaympäristössä. Toisen asteen metsäkoulutusta tarjoavat Etelä-Savon ammattiopisto Mikkeliissä ja Pieksämäellä sekä Savonlinnan Ammatti-instituutti. Toisen asteen koulutus painottuu metsäkoneenkuljettajien koulutukseen. Kuljettajakoulutuksen organisointi ja oppilashankinnan kehittäminen ovat tällä hetkellä keskeisiä teemoja kaikilla oppilaitoksilla (Etelä-Savon metsäohjelma 2012–2016).

Yllä olevasta seuraa vaatimus entistä asiakaslähtöisemmistä palveluista, jotka on pystyttävä tuottamaan mahdollisimman kustannustehokkaasti. Tämä edellyttää metsiin liittyvien pal-

veluketjujen ja toimintojen/prosessien kokonaisuuden nykyistä parempaan hahmottamista sekä nykYTEKNIKAN tehokasta ja monipuolista hyödyntämistä. Tämä on tärkeää metsätalouden kannattavuuden ja koko alan elinkelpoisuuden säilyttämiseksi. Myös maakunnallisesta näkökulmasta on tärkeää, että metsävaratietoja hyödynnetään ja alalle saadaan koulutettuja ihmisiä.

Digimetsä-hanke

Hanke on Mikkelin ammattikorkeakoulu Oy:n metsätalouden laitoksen hanke. Hankkeeseen osallistuvat myös Etelä-Savon ammattiopisto (Esedu) ja Itä-Savon koulutuskuntayhtymä, Savonlinnan ammatti- ja aikuisopisto (Samiedu). Hanketyö alkaa 1.6.2013 ja päättyy 31.12.2014.

Syksyyn 2013 mennessä metsäopetuksessa on keskitytty pääosin käytännön työtapoihin, mutta organisaatioiden kasvaessa huomioita on kiinnitettävä kokonaisuuksien hallintaan, organisaatioiden sisäiseen tehokkuuteen, palveluprosessien hallintaan ja tietojärjestelmien entistä parempaan hyödyntämiseen. Palvelukeskeisen toimintalogiikan tuominen opetuksen sisällöiksi on haastavaa. Opetuksessa on kyettävä havainnollistamaan ja käytännössä harjoittelemaan palvelutuotannon prosesseja ja toimintatapoja. Opetuksessa paikkatietoon perustuva opetus on hajaantunut useaan eri osaamiskokonaisuuteen. Jatkossa on tärkeää kyetä muodostamaan sekä todellisia, oikeita hankkeita sisältäviä (usein maastossa), että virtuaalisia ja integroituja, tietojärjestelmätason, oppimisympäristöjä.

Metsäpalveluja tuottavien organisaatioiden (metsäteollisuusyritykset, metsänhoitoyhdistykset, Suomen metsäkeskus/metsäpalvelut sekä metsäpalveluyritykset) koko on kasvanut nopeasti. Suurissa, jopa satojen metsäasiantuntijoiden, organisaatioissa tietojärjestelmät ja niiden hyödyntäminen on tärkeitä kehitettäessä palvelujen tehokkuutta. Integroidut tietojärjestelmät sisältävät paikkatietojärjestelmän asiakastietokannat sekä metsäpalvelujen tuotannossa tarvittavat osat. Tällaisia palvelutuotannossa tarvittavia osia ovat mm. puunkorjuun ja kuljetusten suunnittelun ja ohjauksen paikkatieto- ja tiedonsiirtosovellukset, tila-arvioissa sekä tie- ja ojahankkeiden suunnittelussa tarvittavat ohjelmistot. Näiden ohjelmistojen käytössä on käytännön kentällä vielä paljon puutteita sekä kehittämistä – samoin metsätalousinsinööriopiskelijoiden on välttämätöntä hallita palvelutuotannossa tarvittavat järjestelmät. Tällöin määritetään palvelukeskeisen toimintalogiikan ja toimintaympäristön

muutoksen vaatimat uudet toimintatavat, palveluprosessien kuvaukset, toimenkuvausten rajaukset, asiakas- ja toimihenkilörajoitusten varmistaminen, sisäinen tiedonkulku, mm. yhteydenpito asiakkaisiin, metsureihin ja urakoitsijoihin.

Hankkeen tavoitteena on luoda virtuaalinen metsäpalvelujen ja puunhankinnan toimintaympäristö. Metsäpalvelujen toimintaympäristössä voidaan kehittää ja opiskella palvelutuotannon vaiheita markkinoinnista ja yhteydenotosta hankkeen toteutukseen sekä luoda erilaisia palvelutilanteita ja hanke-esimerkkejä palvelutuotannon opetukseen. Opetuksessa tietojärjestelmät ovat hajaantuneet laajaksi, tähän mennessä melko heikosti integroituneeksi, tietojärjestelmien kokoelmaksi. Puunhankinnan toimintaympäristön mallintaminen edellyttää laitteiden ja ohjelmistojen hankintaa.

Toisena tavoitteena on kehittää eteläsavolaisen metsäopetuksen oppimisympäristöä ja työelämän palveluja niin, että Mamkin metsäopetus voisi nykyistä paremmin vastata juuri nyt kentällä olevien lukuisten muutosten aiheuttamiin koulutustarpeisiin. Tavoitteena on rakentaa hankkeen avulla nykyaikainen, työelämän vaatimuksia vastaava oppimisympäristö niin kampusalueelle kuin maastoonkin (opetusmetsät Esedu ja Samiedu) sekä luoda vahva, vuorovaikutteinen yhteistyöverkosto Etelä-Savon metsäalan toisen asteen oppilaitoksiin sekä muihin metsäalan toimijoihin.

Virtuaalisen toimintaympäristön luonti

Hankkeessa luodaan metsäpalveluyrityksen virtuaalinen toimintaympäristö metsänomistajineen ja metsineen sekä palveluorganisaatioineen, toimihenkilöineen ja yrittäjäineen. Toimintaympäristössä voidaan tehdä kaikki metsäpalvelujen tuottamiseen vaadittavat tehtävät aivan kuten todellisuudessaakin.

Toimintaympäristön luominen aloitetaan rakentamalla noin 2 500 hehtaarin ja noin 50 metsänomistajan toiminta-alue, joka koostuu todellisista, inventoiduista metsävaratiedoista. Hankkeessa syntyy valmius laajentaa toiminta-aluetta jopa nelinkertaiseksi, luomalla virtuaalista metsävaratietoa. Toiminta-alueeseen kuuluisi todelliseen metsävaratietoon perustuvia ja virtuaaliseen metsävaratietoon perustuvia osia. Tällaisella toiminta-alueella voidaan kehittää ja opiskella palvelutuotannon eri osa-alueita todellisuutta vastaavassa tilanteessa, koota mm. ojitushanke, tehdä tarvittavat kartat ja asiakirjat sekä viedä hanke

päätökseen tai vaikkapa suunnitella leimikko tarvittavine tietoineen sekä siirtää leimikko yrittäjälle ja lopuksi päivittää tiedot metsäsuunnitelmaan. Hankkeessa rakennetaan myös puunhankintayrityksen virtuaalinen toimintaympäristö. Virtuaalinen puunhankintayritys käyttää virtuaalisen metsäpalveluyrityksen toiminta-alueita (metsänomistaja ja metsät) ja paikkatietotyökaluja.

Virtuaalisen toimintaympäristön ja erilaisten hankkeiden ja palvelutuotannon tilanteiden luomiseksi tarvitaan laaja asiantuntijoiden työryhmä. Työryhmässä on oltava mukana sekä eri palvelutuotteiden opetuksen ja pedagogiikan että työelämän asiantuntijoita. Virtuaalinen toimintaympäristö vaatii hyvät palvelutuotannon esimerkit, jotta virtuaalisesta toimintaympäristöstä saadaan parhaat mahdolliset toiminnalliset hyödyt.

Ammattikorkeakoulun ja toisen asteen yhteistyö

Hankkeella tehdään ammattikorkeakoulun ja toiseen asteen koulutuskeskittämisen (Esedu ja Samiedu) kanssa kartoitus, jolla pyritään selvittämään entistä kiinteämmän yhteistyön mahdollisuudet, kuten yhteisten opintojen mahdollisuus, polkuopinnot ja opiskelijoitten sujuvat siirtymismahdollisuudet toiselta asteelta ammattikorkeakouluun. Lisäksi tiivistetään yhteistyötä Esedun ja Samiedun opetusmetsien käytössä ylläpitämällä metsävaratietoja Mamkin toimesta ja käyttämällä samoja tietojärjestelmiä opetuksessa, tällöin muodostuu toimintamalli opetusmetsien käytön osalta. Tällä toiminnan organisoinnilla saavutetaan mahdollisimman suuri hyöty metsäalan koulutuksen näkökulmasta sekä metsätalousinsinöörien että metsätalouden perustutkinnon ja koneenkuljettajien tutkinnon näkökulmasta. Lisäksi tehostetaan metsäalan koulutuksen yhteismarkkinointia ja koulutuksen näkyvyyttä alueella.

LÄHTEET

Etelä-Savon alueellinen metsäohjelma 2012–2016.

Karttunen, K., Föhr, J. ja Ranta, T. 2010. Energiapuuta Etelä-Savosta. Lappeenrannan teknillinen yliopisto, Teknillinen tiedekunta, LUT Energia- Tutkimusraportti 7.

WOOD PROCUREMENT ENTREPRENEURSHIP – WOPE

Kirsi Itkonen

The programme of South-East Finland – Russia ENPI CBC 2007–2013 involves a project called Wood procurement entrepreneurship (WOPE). The aim of the project is to develop the entrepreneurship in wood procurement in Leningrad region and Finland. The main activities include tailor-made training programs for the personnel of wood harvesting companies and the teachers of the vocational forestry education in Leningrad region, as well as for wood procurement companies in Finland. Three educational organizations from Finland and two from Russia are implementing the project. The project is co-funded by the European Union, The Russian Federation and the Republic of Finland.

Background and partners of the project

The programme called South-East Finland – Russia ENPI CBC 2007-2013 aims to promote cross border cooperation across the Finnish-Russian border between South Savo, St. Petersburg and the Leningrad region. It is funded by the European Union, the Russian Federation and the Republic of Finland. One of the main priorities of the program is to increase the activity of small and medium sized enterprises (SMEs). Another objective is to improve the opportunities of the SMEs to advance their competitiveness through networking, corporate cooperation, production development, and technological expertise. (Brochure of funded projects 2013.)

The programme of South-East Finland – Russia ENPI CBC 2007-2013 also involves a project called Wood procurement entrepreneurship (WOPE) that develops entrepreneurship in wood procurement in North-West Russia and Finland. The project started in the beginning of December 2012 with the duration of 24 months. The partners of the project are educational institutions operating in South-Savo, Finland and St. Petersburg and Leningrad region, Russia. The partners are Mikkeli University of Applied Sciences (Mamk), Aalto University of Business, Small Business Center (Aalto Biz SBC), South Savo Education (ESEDU), St. Petersburg State Forest Technical University under S. M. Kirov (FTU) and the Autonomous Public Institution of Secondary Vocational Education of Leningrad oblast (VYBORG).

Cooperation and joint implementation of the project between these partners is natural. All the partners are educational organizations, and entrepreneurship and forestry and their promotion play an important strategic role in these organizations. This article presents the WOPE project as a tool to develop entrepreneurship in the field of wood procurement in Leningrad region and South Savo.

Aims and objectives of the project

The aims and objectives of the project are classified into two different levels, the overall and the specific. The overall objective of the project is to develop entrepreneurship in wood procurement in North-West Russia. The specific objectives of the project are a) to improve, increase and to strengthen the know-how in wood harvesting, transportation, entrepreneurship and business operations among the Finnish and Russian enterprises operating in the Leningrad region, b) to increase the competences of the vocational forestry schools and logging companies in wood harvesting, entrepreneurship and business operations in the Leningrad region, c) to improve and increase the skills and the motivation of the Finnish wood procurement enterprises to work in Russian business environment and d) to strengthen and improve the risk management and business security of the Finnish companies working in wood procurement in North-West Russia.

There are more than 100 harvesting companies operating in the Leningrad region and annually more than 200 agreements are made for renting a harvesting area. In the year 2012 about 5 million cubic meters of about 7 million harvested cubic meters were processed into the products of forest industry in Leningrad region. The landing with spruce logs in Podporozhe, Russia is presented in the picture 1.

The development of the entrepreneurship and wood procurement is an important tool to improve the finances of the harvesting companies and to help them to adjust themselves to the current demands in the planning of harvesting, investment planning and environmental aspects, for example. Recently, the investments made by the Russian and international forest companies in the North-West Russia have been increasing significantly. It will mean greater amounts of timber needed in forest industry, which will set demands on wood procurement activities accordingly. (Karvinen et al. 2011, 138.)



PICTURE 1. Landing in Podporoze, Russia (picture Kirsi Itkonen)

The study titled *Wood Harvesting and Logistics in Russia* (Goltsev et al. 2011) provided know how of the possibilities for further development of technology for harvesting industrial and energy wood, transportation and logistics. The studies also show the lack of skills, experience and motivation among the forest machine operators in Russia (Gerasimov et al. 2012). In addition, the operating companies lack knowledge of strategic, tactical and operational planning in the changing operating environment. The knowledge, skills and competences need to be improved in order to ensure effective and high-quality wood procurement and improved profitability of the companies. In the picture 2 is presented a map of harvesting area.

On the other hand, there is a structural change going on within the field of wood procurement in Finland. There are several companies interested in enlarging their businesses and looking for opportunities for growth, and as a result, improved profitability. One way of doing this is extending the operational area and going international, especially to Russia. The situation is now changing as together with the membership of WTO Russia has declared to decrease the customs duties for round wood. As a result, harvesting in Russia might be considered by many Finnish companies of wood procurement, again. Anyway,

too often Finnish operations have faced severe difficulties causing withdrawals from the area. One of the main reasons has been poor knowledge of the Russian business environment among the Finnish companies, which have been too often inadequately prepared to work in wood procurement in Russia.



PICTURE 2. Map of harvesting area in Podporoze, Russia (picture Kirsi Itkonen)

Activities and outcomes of WOPE-project

The project activities are the tools to reach the overall and the specific objectives of the project. The WOPE-project is implemented through ten activities that are (1) managing the project, (2) planning the training programs, (3) implementing the training programs, (4) arranging a training course in North-West Russia, (5) establishing the environment and the contents of an online service, (6) designing a model for management of risks and improvement of safety, (7) publishing a manual for wood procurement and the study manuals for harvesting techniques and machinery, (8) establishing a training network in wood procurement and entrepreneurship, (9) distributing the project results and (10) exploiting the results.

The main activities of the project are planning and implementing the training programs and the training course in North-West Russia. The target groups, the program and place for the training as well as the partners responsible for the implementation are presented in table 1.

TABLE 1. Target groups, program and partners responsible for the training

Target group	Program and place	Responsible
Owners and personnel of wood harvesting companies in the Leningrad Region	Three 3-days modules: the 1 st and 3 rd in Podporoze, Russia, the 2 nd in Mikkeli, Finland	Mamk, FTU
Teachers of vocational forestry education, workers of logging companies in Leningrad Region	Two 5-days module in Mikkeli, Finland	ESEDU, VYBORG
Entrepreneurs operating in wood procurement in Finland interested in starting up business in Russia.	Three 2-days module in Mikkeli, Finland 3-days training course in North-West Russia	Aalto Biz SBC

The main outcomes of the project include the implemented training programs for the target groups, the provided aids, tools and materials for the wood procurement in Russia and the network of continuous training in the wood procurement in Leningrad region and South Savo. The training programs will respond to the needs of the target groups in Finland and Russia.

The aids, tools and materials provided by the project will include an online service of entrepreneurship and business management for the enterprises of forest procurement in Finnish and Russian languages, a model for the management of risks and the improvement of business for the enterprises in wood procurement and a manual for wood procurement in the Russian language.

The network of the partners will distribute and exploit the project results and guarantee the sustainability of the activities after the project has ended. The network will have the competence to arrange training in wood procurement at entrepreneurial, managerial and educational levels. Also training in entrepreneurship and business management as well as training for workers, in this case superiors and forest machine operators, is provided. The more detailed information about the main outcomes of the project is presented in table 2. Also the contents of the outcome are presented in cases where it is possible and reasonable.

TABLE 2. Main outcomes and contents of the project WOPE

Outcomes	Contents
Three 3-days training modules for wood harvesting companies in Leningrad region	Forest harvesting planning and methods Risk management in wood harvesting Forest road construction Investment planning in harvesting companies, Leadership Environmental responsibilities.
Two 5-days training modules for teachers of vocational schools and workers of logging companies	Logging techniques Maintenance of machines Environmental issues in wood harvesting
Three 2-days training modules for the Finnish wood procurement entrepreneurs interested in starting up a business in Russia.	Operational environment in Russia: management and business culture Planning and establishing businesses in Russia, financing and taxation Contracts and customs clearance Risks and insurances Harvesting, transportation and forest improvement in Russia.
Training course of 3 days in the North-West Russia for the Finnish wood procurement entrepreneurs	Harvesting of energy wood and industrial wood, Transportation of wood Forest road construction
Online service on the internet	Entrepreneurship, Business management and operational efficiency Profitability of wood harvesting
Model for the management of risks and the improvement of safety	
Manual for wood procurement	Wood procurement planning, Timber procurement processes, Wood procurement operations, the timber species Measuring and planning of harvesting Logging and organization of harvesting

Conclusions

The objectives of the WOPE-project will be obtained through the activities and the outcomes of the project. The increased competences in entrepreneurship, business operations and wood procurement will help in running the businesses in new business environment, managing the enterprises, operating the machines on the forest sites and training the students in vocational education. Through training it will be easier for the entrepreneurs, managers, superiors and forest machine operators to apply the new know-how and research results.

There are a lot of challenges in the operating environment of wood harvesting in North-West Russia. Just to mention the soil structure, lack of forest road network, the customs and state regulations. The picture 3 shows the structure of the forest roads.



PICTURE 3. Forest road under construction in Podporoze (picture Kirsi Itkonen)

The project has defined its target groups. They will participate in the training and be the direct beneficiaries of the project's activities and outcomes. In addition, there are more extensive effects, even though their impact cannot be measured at once, when the project has ended. The final beneficiaries of the project could also be local and regional economies in South Savo and the Leningrad Region, the professionals in the field of wood procurement and even the local and regional forest fire protection. More profitable enterprises can increase business operations, which can also result in the increase of employment possibilities at the local and regional level.

It is important matter to also think about the future while implementing a project. What will happen afterwards? What is the sustainability of the project? How will the outcomes be utilized? In this project a lot of emphasis and expectations will be put on strengthening and developing the training network. It is expected that the network will operate in South-East Finland and North-West Russia offering joint training courses. The training programs and modules used during the project can be extended and offered to the various target groups and areas. The network will enable the partners to offer e.g. joint training for the different levels of the customer organizations and the training for them will be planned with the emphasis on customer orientation. Valuable information will be received from the participants' feedback on the implemented training programs and modules. This feedback will be used in the planning of the new training courses.

REFERENCES

- Brochure of funded projects 2013. South-East Finland – Russia ENPI CBC 2007-2013. Read 15.11.2013 in address <http://www.southeastfinrusnpi.fi/>
- Gerasimov, Y., Senkin, V. & Väätäinen, K. 2012. Productivity of single-grip harvesters in clear-cutting operations in the northern European part of Russia. *European Journal of Forest Research* 131(3): 647-654
- Goltsev V., Tolonen T., Syuneev V., Dahlin B. and Gerasimov Y. (eds.) 2011. Wood Harvesting and Logistics in Russia - focus on research and business opportunities. Working Papers of the Finnish Forest Research Institute 210. <http://www.metla.fi/julkaisut/workingpapers/2011/mwp210.htm>
- Karvinen, S., Vällkky, E., Gerasimov, Y. & Dobrovolsky, A. 2011. Northwest Russian Forest Sector in a Nutshell. Finnish Forest Research Institute, Joensuu Unit. Vammalan kirjapaino. 138 p.

METSÄPALVELUYRITYSTEN KEHITTÄMISVALMENNUS

Kati Kontinen ja Merja Hämes

Metsäpalveluyritykseksi määritellään yritys, joka tarjoaa palvelujaan pääsääntöisesti metsätaloudelle. Tyypillisiä yritysten tarjoamia palveluja ovat esim. metsänhoito-, perusparannus-, suunnittelu- ja puunkorjuutyöt. Yksinkertaisimmillaan metsäpalveluyritys muodostuu metsässä suorittavaa työtä, kuten istutusta tai taimikonhoitoa tekevästä metsurista. Viime vuosina tapahtunut metsäpalveluyrittäjien tekemän työmäärän kasvu on suurelta osin seurausta metsäteollisuusyritysten töiden ulkoistamisista. Yrittäjien määrän kasvu jatkuu edelleen, mutta suurin kasvuvaihe lienee hiljalleen taittumassa. Kasvumahdollisuuksia on kuitenkin edelleen tarjolla, sillä metsäpalveluyritysten palveluiden käyttöön on kasvavaa kiinnostusta kaikissa merkittävässä metsänomistajaryhmissä. Meke-hankkeen tavoitteena on koulutuksen keinoin vahvistaa ja kehittää metsäpalveluyritysten liiketoimintaa sekä luoda uutta yritystoimintaa ja lisätä yritysten syntyä.

Johdanto

Metsäalan yrittäjyyttä korostetaan erilaisissa valtakunnallisissa ja alueellisissa strategia- ja ohjelmapapereissa. TEM:n koordinoiman metsäalan strategisen ohjelman (MSO) yksi painopistealue on metsäalan yritystoiminnan edellytysten ja liiketoimintaosaamisen kehittäminen. MMM:n laatiman kansallinen metsäohjelma (KMO) painottaa elinkeinojen, kuten metsäpalveluyrittäjyyden edistämistä yhtenä keinona metsätalouden kannattavuuden parantamisessa. Ko. ohjelman tavoiteasettelun mukaan markkinaehtoisuus ja yrittäjyys metsäpalveluissa lisääntyvät siten, että v. 2015 metsätalouden työvoimasta yrittäjiä ja heidän perheenjäseniään on 40 %.

Metsäpalveluyritykseksi määritellään yritys, joka tarjoaa palvelujaan pääsääntöisesti metsätaloudelle. Tyypillisiä yritysten tarjoamia palveluja ovat esim. metsänhoito-, perusparannus-, suunnittelu- ja puunkorjuutyöt. Yksinkertaisimmillaan metsäpalveluyritys muodostuu metsässä suorittavaa työtä, kuten istutusta tai taimikonhoitoa tekevästä metsurista (tällöin voidaan puhua metsuriyrittäjästä). Lisäksi on olemassa edellisen kaltaisia suorittavaan työhön keskittyneitä, mutta useamman metsurin työllistäviä, joko omistajansa johtamia tai osuuskuntaperiaatteella toimivia yrityksiä, suorittavan työn lisäksi laajempia toi-

mihenkilö/asiantuntijapalveluita, kuten puukaupan ja metsänhoidon neuvontaa tarjoavia yrityksiä ja pelkästään toimihenkilö-/asiantuntijapalveluita tarjoavia yrityksiä.

Suomessa arvioidaan toimivan 600–700 metsäpalveluyritystä ja ne työllistävät yhteensä noin 1 000 henkilöä. Etelä-Savossa on arviolta noin 30 metsäpalveluyritystä. Tyypillisimmillään yritykset ovat siis pieniä yhden hengen yrityksiä ja suurempia työnantajayrityksiä on harvakseltaan.

Itä-Suomen metsävarat ja metsäohjelma

Itä-Suomessa on mittavat metsävarat. Metsämaan pinta-ala on yhteensä reilut 4,8 miljoonaa hehtaaria; metsätaloudella on suuri merkitys alueiden hyvinvoinnille ja metsäteollisuuden muodostaa erityisesti Kaakkois-Suomessa edelleen teollisuuden perustan. Neljän metsäkeskusalueen metsillä on lähes 100 000 yksityistä omistajaa, perhettä, kuolinpesää tai yhtymää. Metsien markkinahakkuut vuonna 2010 olivat yhteensä reilut 19 miljoonaa kuutiometriä ja bruttokantorahatulot noin 650 miljoonaa euroa. Tiukasti suojeltuja metsiä on noin 100 000 hehtaaria. (Etelä-Savon metsäohjelma.)

Kansallinen metsäohjelma ja Etelä-Savon maakuntaohjelma painottavat puunkäyttöä ja sitä tukevien toimintamallien kehittämistä. Kansallisen metsäohjelman tarkistuksessa korostetaan toimivien puumarkkinoiden merkitystä kotimaisen puun käytön ja hakkuiden lisäämiseksi. Tavoitteena on nostaa hakkuut 65–70 miljoonaan kuutiometriin (v. 2008 52,6 milj. kuutiometriä) (Metsäneuvosto 14.9.2010). Etelä-Savon maakuntaohjelman linjauksissa tavoitellaan menestyvää yritystoimintaa sekä metsäelinkeinojen menestymistä. Tällöin strategisina päämäärinä pidetään menestyviä ja ekotehokkaasti toimivia teknologia- ja puutuoteteollisuutta sekä metsä- ja maatalouselinkeinoja. Lisäksi strategiassa tahtotilan kärkeen on nostettu yritysten kilpailukyvyn parantaminen. (Uusiutuva Etelä-Savo -maakuntastrategia 9.4.2010). Ohjelmakaudella 2006–2010 kantorahatuloja Itä-Suomeen on tullut noin 3,3 miljardia euroa. Hakkuiden ja kuljetuksen arvo on lisäksi arviolta yli miljardi euroa. Vaikka osa tulovirrasta ohjautuukin maakuntien ulkopuolelle, ovat alue- ja paikallistalouden vaikutukset erittäin suuret.

Kansallisen metsäohjelman yhtenä tavoitteena on metsäalan henkilöstön, yrittäjien ja metsänomistajien liiketoimintaosaamisen kasvattaminen. ”Metsiin perustuva liiketoimin-

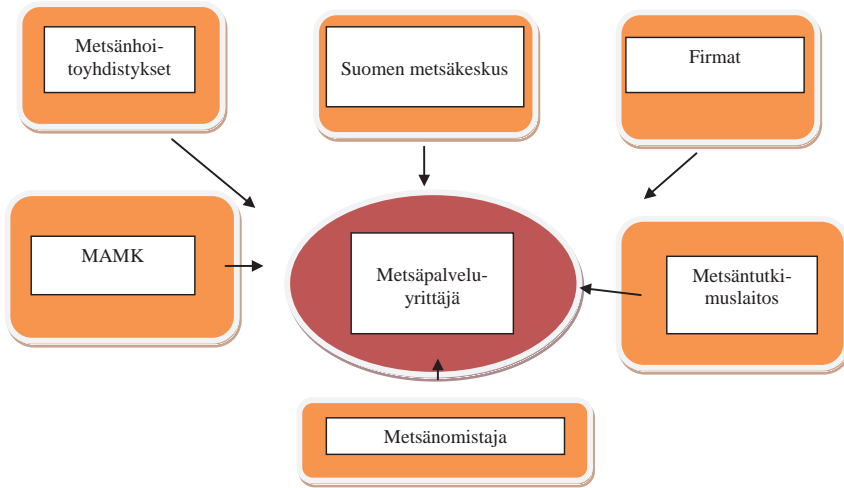
ta vahvistuu ja tuotannon arvo kasvaa. Metsänomistajien neuvontaa kehitetään, otetaan käyttöön uusi metsävaratietojärjestelmä ja aloitetaan seuraavan uudistusvaiheen valmistelu, kehitetään metsänhoitotöiden koneellistamista ja edistetään metsäpalveluyrittäjyyttä.” (Kansallinen metsäohjelma 2015.) Metsäteollisuuden työpaikkojen väheneminen on koskettanut erityisesti Kaakkois-Suomea. Tuoreimmat sulkemispäätökset synkentävät tilannetta entisestään. Muissa maakunnissa metsäteollisuuden rakenne on monipuolisempi kuin Etelä-Savossa, ja mekaanisen metsäteollisuuden suotuisa työllisyyskehitys on korvannut kemiallisen metsäteollisuuden menetyksiä. Metsäsektori työllistää n. 3 % Suomen työvoimasta, mutta Itä-Suomessa osuus on 6–7 % luokkaa. Puunhankinnassa ja metsänhoidossa oli 2010 eniten työvoimaa Pohjois- ja Etelä-Savossa, vähiten työvoimaa oli Pohjois-Karjalassa. (Etelä-Savon metsäohjelma.)

Metsäpalveluyrityksen toimintaympäristö

Viime vuosina tapahtunut metsäpalveluyrittäjien tekemän työmäärän kasvu on suurelta osin seurausta metsäteollisuusyritysten töiden ulkoistamisista. Yrittäjien määrän kasvu jatkuu edelleen, mutta suurin kasvuvaihe lienee hiljalleen taittumassa. Kasvumahdollisuuksia on kuitenkin edelleen tarjolla, sillä metsäpalveluyritysten palveluiden käyttöön on kasvava kiinnostusta kaikissa merkittävässä metsänomistajaryhmissä. Sekä yksityismetsissä että yhteisöjen (kunnat, seurakunnat ja yhteismetsät) ja valtion omistamissa metsissä omatoimista työtä korvataan jatkossa ostopalveluin. Merkittävä osa tästä metsäpalveluyritysten työmäärän kasvusta syntyy siitä, että metsänhoitoyhdistysten tuottamista työpalveluista yhä suuremman osan tuottavat metsäpalveluyritykset. Myös metsäpalveluyritysten ja metsänomistajien suorat sopimukset lisääntyvät. Metsätalouden ulkopuoliset asiakkaat, kuten sähköverkkaja ylläpitävät yhtiöt, lämmön- ja energiantuottajat sekä piha- ja puistometsien omistajat, käyttävät yhä enemmän metsäpalveluyrittäjien tarjoamia palveluita (kuva 1).

Yksityismetsissä metsäpalveluyrittäjien tekemien töiden lisääntymistä selittää ennen kaikkea metsänomistajakunnassa tapahtuva rakennemuutos ja sitä seuraava metsissä tehtävän omatoimisen työn väheneminen. Metsää omistava ikääntynyt ja eläköitynyt väestönosa, ei pysty tekemään itse metsätöitä siinä määrin kuin aikaisemmin. Uusi metsänomistaja on yhä useammin syntyperäinen kaupunkilainen, etämetsänomistaja, hyvin koulutettu ja hyvätuoloinen palkansaaja, joka saa elantonsa muualta kuin metsästä. Käytännössä mahdollisuuksia omatoimisuuteen rajoittavat ajan ja kaluston puute, heikot tiedot ja taidot metsäasioissa

sekä metsätilan ja asuinpaikan välinen pitkä etäisyys. Metsäpalveluyrittäjän kannalta uudet metsänomistajat ovat otollinen kohderyhmä myös siinä mielessä, että he ovat tottuneet ostamaan palveluita.



KUVA 1. Metsäpalvelujen toimintaympäristö

Metsäpalveluyrittäjyys Mamkissa

Mikkelin ammattikorkeakoulu on ollut mukana hankkeessa ”Metsäpalvelun osaamiskeskittymän ja tutkimus- ja kehittämisverkon luominen Itä-Suomeen”. Hanketta hallinnoi Metsäntutkimuslaitos Suonenjoen piste. Hankkeen aikana Mamkin metsätalouden laitoksen toimesta on haastateltu Itä-Suomen alueella metsäpalveluyrityksiä heidän koulutus- ja osaamistarpeistaan. Hankkeen puitteissa on järjestetty metsäpalvelun tarjoajille koulutusta tarvekartoituksen perustella palvelujen tuotteistamiseen ja laadun hallintaan, asiakaspalveluun ja johtamiseen.

Metsäpalveluyrittäjien osallistuvat tarjottuihin koulutuksiin heikosti. Syynä tähän pidettiin sitä, että koulutustarpeet ovat yritysکوhtaisia ja vaihtelevat suuresti yrityksen koon, sijainnin ja kehitysvaiheen mukaan. Laaja massakoulutus ei tuota yritykselle sellaista lisäarvoa, joka suoraan siirtyisi kehittämistoimenpiteeksi yrityksen käytännön liiketoimintaan. Yrittäjän panostaman ajan koulutukseen on tuotettava hyötyä sekä yrittäjälle että yritykselle. Yrittäjähaastatteluissa yrityksestä lähtevä koulutustarve ja sen pohjalta räätälöity koulutus yritysکوhtaisesti tai pienelle yritysryppäälle järjestettynä on herättänyt kiinnostusta.

Metsäntutkimuslaitoksen Metsänhoidon kustannustehokkuus ja laatu – tutkimus- ja kehittämishojelman (2007–2011) tuottamaa tutkimustietoa mm. metsänhoidon kustannusten ja laadun hallinnasta sekä metsäpalvelujen hinnoittelusta voitaisiin siirtää käytännön toimiksi yrityksiin. Myös ”Metsäpalvelun osaamiskeskittymän ja tutkimus- ja kehittämisverkoston luominen Itä-Suomeen” -hankkeen tuottamaa tutkimustietoa voitaisiin räättelöidä käytäntöön yritysکوhtaisesti. Yrityksen tarpeista lähtevä koulutus näiden kokemusten perusteella on perusteltua.

Meke-hankkeen hyödynsaajat

Hankkeen toiminta-alueena on Etelä-Savon maakunta. Hanke hyödyttää jo toimivia metsäpalveluyrityksiä henkilöstön liiketoiminta- ja ammattiosaamista kehittämällä, helpottamalla ammattitaitoisen työvoiman saatavuutta sekä verkostoitumalla muiden metsäpalveluyrittäjien kanssa. Metsäpalveluyritystoiminnan aloittamista suunnittelevat saavat tukea yrityksen aloittamiseen liittyvissä kysymyksissä ja maatilatalouttaan monialaistaville aukeeneen mahdollisuuksia parantaa tilan toimintaa. Viime kädessä hyödyn saavat metsänomistajat; ammattitaitoiset ja kannattavat metsäpalveluyritykset tukevat taloudellisesti, sosiaalisesti, ekologisesti ja kulttuurillisesti kestävää metsätalouden harjoittamista. Tällä edesautetaan metsäteollisuusyritysten pysymistä ja niiden toiminnan jatkumista maakunnassa.

Meke-hankkeen tavoitteet ja toimenpiteet

Hankkeen tavoitteena on koulutuksen keinoin vahvistaa ja kehittää metsäpalveluyritysten liiketoimintaa sekä luoda uutta yritystoimintaa ja lisätä yritysten syntyä. Tällä tarkoitetaan, että syntyy uusia yrityksiä, yritys menestyy taloudellisesti entistä paremmin, yrityksen työllistämismahdollisuudet paranevat, yrittäjän osaaminen liiketoiminnan kehittämiseen ja johtamiseen lisääntyy ja yrittäjän työssä jaksaminen ja työtyytyväisyys lisääntyvät. Tavoitteena on myös siirtää uudet sähköiset palvelut osaksi metsäpalveluyritysten käytännön toimintaa sekä ylläpitää ja tehostaa alueellista metsätalouden elinkeinotoimintaa. Hanke on kaksivuotinen koulutus- ja valmennushanke Etelä-Savon alueella. Koulutuksien aiheet liittyvät yritysten liiketoimintaosaamisen kehittämiseen ja lisäämiseen. Lisäksi aktivoidaan uusia yrittäjiä metsäpalvelutoimintaan. Koulutusaiheina yrittäjille tarjotaan mm: Metsäpalveluyrittäjän yritysosaamisen peruspakettia, yrityksen asiakaspalveluyrityksen palvelujen tuotteistaminen, henkilöstöjohtaminen, lakiasiat, Metsäpalveluyrityksen liiketoiminnan strateginen johtaminen ja apuvälineet, uusi metsälaki ja metsänhoitosuosituksen.

LÄHTEET

Etelä-Savon alueellinen metsäohjelma 2012–2016.

Metsäneuvosto 14.9.2010. Metsäala tarjoaa monipuolisia ja kestäviä ratkaisuja tulevaisuuden haasteisiin. Tarkistettu Kansallinen metsäohjelma 2015.

Uusiutuva Etelä-Savo -maakuntastrategia 9.4.2010

Manner-Suomen Maaseudun kehittämisohjelma 2007-2013

www.metsatoimistot.fi

PUUTAVARAN KAUKOKULJETUS SIIRTOAUTOLLA

Petri Vitikainen, Kati Kontinen ja Timo Antero Leinonen

Suoran autokuljetuksen osuus puutavarakuljetuksista on pysynyt suunnilleen samana viivmeuosina. Noin 80 % käyttöpaikoilla vastaanotetusta puutavarasta saapuu puutavara-autolla. Puutavaran keskikuljetusmatka on tällä hetkellä 111 km. Keskikuljetusmatka on kasvanut vuosittain noin 3 %. Tuotantolaitosten keskittyminen pitänee yllä kuljetusmatkojen kasvua edelleen. Kasvaneet kuljetuskustannukset pakottavat metsäteollisuuden ja yrittäjät etsimään tehokkaampia keinoja kuljettaa puutavaraa.

Case-tutkimuksessa selvitettiin metsäautojen ja siirtoauton käyttöön perustuvan kaksivaiheisen kuljetusketjun suhteellista kannattavuutta perinteiseen suoraan autokuljetukseen verrattuna. Maantieliikenteessä sallittujen kokonaispainojen suureneminen on mahdollista hyödyntää täysimääräisesti vain investoimalla uuteen kalustoon. Puutavara-autoyrittäminen on pääomavaltaista yritystoimintaa ja mahdollisuus uusiin investointeihin rajallinen. Onko siirtoauto menestysstrategia uudessa tilanteessa?

Käsitteet

Tässä artikkelissa *metsäauto* (kuva 1) tarkoittaa tavallisesti käytössä olevaa puutavara-autoa, joka on suunniteltu liikkumaan myös metsätieverkolla. Autossa on aina kuormain.



KUVA 1. Metsäauto ja siirtoauto (kuva Timo Antero Leinonen)

Siirtoauto (kuva 2) on rakenteeltaan kevyt puutavara-auto, jota ei ole suunniteltu liikku-
maan metsätieverkolla. Autossa ei koskaan ole kuormainta. Siirtoauto on noin 6 tonnia ke-
vyempi kuin metsäauto.



KUVA 2. Kevyt siirtoauto (vanhoilla kokonaispainoilla) (kuva Jokela 2011)

Tässä artikkelissa kaikki perävaunut (kuva 3) soveltuvat käytettäväksi myös metsätieverkolla.



KUVA 3. Kevyt siirto-käyttöön tarkoitettu puutavaraperävaunu (kuva Jyky Oy)

Kuorman siirrosta (kuva 4) siirtoauton tyhjä perävaunu vaihdetaan metsäauton kuormattuun perävaunuun. Metsäauton kuormaimella täytetään siirtoauton kuormatila.



KUVA 4. Metsäauto kuormaa siirtoauton välivarastolla, Kaitaisten kuljetus ja Harvestia, Naarajärvi 23.4.2013 (kuva Timo Antero Leinonen)

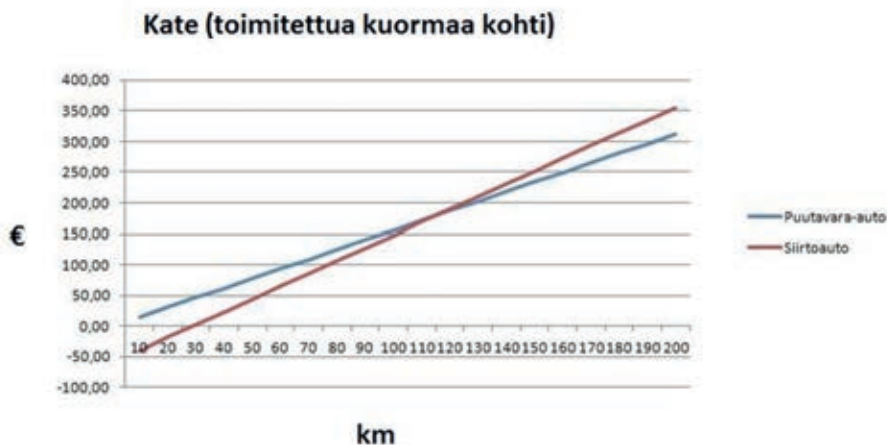
Tilanne ennen kokonaispainojen korotusta

Vitikaisen case-tutkimuksessa simuloitiin kolmen metsäauton ja yhden siirtoauton muodostaman ryhmän toimintaa. Toiminnan kannattavuutta tarkasteltiin tehtaalle toimitetun kuorman tuottaman katteen avulla. Siirtoauton ja kolmen metsäauton ryhmää verrattiin saman puumäärän siirtämiseen metsäautoilla.

Kuvasta 5 voidaan nähdä, että 110–120 km kuljetusmatkoilla siirtoautomallin ja metsäautomallin katteet ovat suunnilleen samat. Lyhyemmillä matkoilla metsäautomalli on kannattavampi, pidemmillä matkoilla siirtoautomalli. 170–180 km kuljetusmatkoilla siirtoautomalli tekee noin 10 % parempaa katetta. (Vitikainen 2013.)

Keskimääräinen kuljetusmatka (autokuljetus tehtaalle) oli 109 km vuonna 2012 (Strandström 2013). Pitkällä aikavälillä kuljetusmatkat ovat pidentyneet, sillä metsäteollisuuslaitosten lukumäärä pienentynyt ja yksittäisen laitoksen puunkäyttö on kasvanut. Siirto-

automalli siis vaikuttaa kannattavalta keskimääräistä pidemmillä kuljetusmatkoilla. Jos kuljetusmatkojen piteneminen edelleen jatkuu, paranee siirtoautomallin kilpailukyky.



KUVA 5. Siirtoautomallin ja metsäautomallin vertailu kuljetusmatkan suhteen

Tilanne kokonaispainojen korotuksen jälkeen

Raskaiden ajoneuvoyhdistelmien kokonaispanoja koskevat määräykset muuttuivat 1.10.2013 alkaen. Samalla muuttuu ajoneuvon suurin sallittu korkeus. Entisestä 420 cm:stä 440 cm:iin. Ajoneuvoyhdistelmän pituus tai leveys ei muutu. (Valtioneuvoston asetus 407/2013.) Entisten 60-tonnin yhdistelmien suurin sallittu kokonaispaino on nyt 64 tonnia. Ajoneuvoyhdistelmässä on seitsemän akselia, tavallisesti 3-akselinen vetoauto ja 4-akselinen perävaunu.

Uudistuksessa siirtoauton ja metsäauton ero säilyi ennallaan. Oletettavasti kustannukset ja tuotot nousevat molemmissa vaihtoehdoissa saman verran. Kustannusnousua aiheuttaa kasvaneen massan aiheuttama lisääntynyt polttoaineen kulutus. Tuottoja lisää suurempi perille viety kuorma. (Korpilahti & Koskinen 2013.)

Kahdeksan akselisen yhdistelmän suurin sallittu kokonaispaino on 68 tonnia. Yhdistelmä voi muodostua 3-akselisesta vetoautosta ja 5-akselisesta perävaunusta. Eli hankitaan uusi perävaunu tai muutetaan uudehkoa perävaunua. Yhdistelmä voi muodostua myös 4-akse-

lisesta vetoautosta ja 4-akselisesta perävaunusta. Tässä tapauksessa hankitaan uusi auto tai muutetaan nykyistä autoa. (Korpilahti & Koskinen 2013.)

Yhdeksän akselisen yhdistelmän suurin sallittu kokonaispaino on 76 tonnia. Yhdistelmä muodostuu 4-akselisesta vetoautosta ja 5-akselisesta perävaunusta. Siis sekä vetoauto että perävaunu on uusittava. (Korpilahti & Koskinen 2013.)

Uusi ajattelutapa

Puutavaran autokuljetuksissa on totuttu kiinnittämään huomiota kokonaispainoihin, nettopainoihin ja tuoretiheyksiin (kg/m^3). Ajoneuvoyhdistelmien ulkomitat, kuorman pituus, korkeus ja leveys, ovat mahdollistaneet lähes aina suurimman sallitun kokonaispainon saavuttamisen. Siis käytännön kuormantekotilanteessa kuljettajan on pitänyt tehdä kuorma painon mukaan, ei ”pankkojen tasalle”. (Metsäntutkimuslaitos 2013.)

Uusien kokonaispainojen myötä tilanne muuttuu. Tuoretiheydestä ja pituudesta riippuen joko kokonaispaino tai kuormatila rajoittaa kuorman kokoa. Kuormatila on rajoittava tekijä lähes kaikilla kuitupuutavaraalajeilla (Korpilahti & Koskinen 2013). Kuitupuun kuljetusmatkat ovat keskimäärin pitempiä kuin tukkipuun. Toisaalta kuitupuun pituus ei ole samalla tavoin lopputuotteesta johdettava vaatimus, kuin tukin pituus. Kuitupuun pituus vaikuttaa myös korjuukustannuksiin. Usein vaikutus on puunkorjuuun ja kaukokuljetuksessa ristikkäinen. Pitkä kuitupuun on edullista korjata ja kallista kuljettaa. Lähivuosina tullaan etsimään kokonaiskustannuksiltaan edullisimpia kuitupuun mittoja. (Malmstedt 2013.)

Hyödyt pienimmällä investoinnilla

Keskimääräistä pidemmillä kuljetusmatkoilla kokonaispainojen korotuksesta saadaan suurin hyöty. Kevyttä 3-akselista siirtoautoa (kuva 2) ei voimassa olevien siirtymäsäännösten puitteissa kannata muuttaa 4-akseliseksi. Siirtoautossa kuormankoko ei kasva, koska kuormatila rajoittaa kuorman kokoa, ei paino. Huomattavaa on, ettei akselien lisääminen mahdollista ajoneuvon pidentämistä.

Uudet puutavara-autot hankitaan 4-akselisina. Jos hankitaan uusi siirtoauto, päästään heti hyödyntämään 68 tonnin kokonaispainoa pääosa kuljetusmatkasta. Perävaunuja voidaan

sitten uusia yksi kerrallaan. Perävaunujen uusimisen myötä ”siirtoyhdistelmälle” saadaan 76 tonnin kokonaispaino. Sitä ei kuitenkaan pystytä hyödyntämään kaikissa tapauksissa.

Päätelmiä

Vetoauton uusiminen mahdollistaa kuorman koon kasvattamisen noin 5 %. Perävaunun uusiminen mahdollistaa kuorman koon kasvattamisen noin 7 %. Vaihtamalla vanha metsä-auto uuteen siirtoautoon voidaan kuorman kokoa kasvattaa noin 12 %. Koko yhdistelmän uusiminen mahdollistaa kuorman koon kasvattamisen tukkitavaralajeilla noin 21 %, mutta kuitutavaralajeilla hyöty jää pienemmäksi.

LÄHTEET

Korpilahti, A. ja Koskinen O. 2013. Uusien mittojen ja massojen puutavara-autot <http://www.metsateho.fi/tuloskalvosarja/2/2013>

Malmstedt, Kari. Kuljetusyrittäjä. Haastattelu 12.11.2013.

Metsäntutkimuslaitoksen määräys puutavaran mittaukseen liittyvistä yleisistä muuntoluvuista Nro 1/2013 <http://www.finlex.fi/fi/viranomaiset/normi/404001/41201>

Strandström, M. 2013. Puunkorjuu ja kaukokuljetus vuonna 2012 <http://www.metsateho.fi/tuloskalvosarja/3a/2013>

Valtioneuvoston asetus 407/2013 ajoneuvojen käytöstä tiellä annetun asetuksen muuttamisesta.

Vitikainen, P. 2013. Puutavaran kaukokuljetus siirtoautolla. Opinnäytetyö, Mikkelin ammattikorkeakoulu.

SÄHKÖNJAKELUVERKON MALLINTAMINEN

Juha Korpijärvi

Sähkönjakeluverkkoon on sitoutunut suuri taloudellinen pääoma. Sen oikeanlainen huolto ja uusinta ovat keskeisiä kysymyksiä, kun mietitään investoidun pääoman tuottoastetta. Tuottoasteeseen vaikuttaa myös verkoston luotettavuus. Keskeytyksestä koituvan haitan taloudellinen arvo (KAH) voidaankin määritellä. Mikkelin ammattikorkeakoulussa on tehty pitkään tutkimusta huollon ja investointien ajoittamisen ympärillä. Investointien ajoittamiseen onkin määritelty dynaamiseen optimointiin perustuva algoritmi ja jakeluverkon investointien priorisointiin kehitetty ohjelmisto.

Johdanto

Sähkösiiro- ja jakelutoiminta on voimakkaasti pääomavaltaista liiketoimintaa, jossa pääosa toiminnan kustannuksista koostuu siiro- ja jakeluverkkoon investoitujen laitteistojen pääomakustannuksista. Sähkösiiro- ja jakelutoiminta on myös monopolitoimintaa ja siirotuluvan haltija vastaa toimialueellaan kaikesta sähkön siirtämisestä. Koska kilpailua siirototoiminnassa ei ole, on yhteiskunnallisesti tarkoituksenmukaista, että siirotyhtiöiden liiketoiminta on hyvin säädeltyä ja siiro- ja jakeluverkkoon sijoitetut pääomat ovat tehokkaassa käytössä. On myös oleellista, että sähkön siiro- ja jakeluverkkoon ei investoida enempää kuin teknistaloudellisesti on välttämätöntä.

Verkon taloudellisen käytön kannalta on tärkeää, että verkostoon kytkettyjä laitteistoja kunnossapidetään riittävästi ja oikea aikaisesti. Kun laitteiston elinkaari on päätepisteessään, laitteistoja ei tule käyttää pidempään kuin on tarkoituksenmukaista ja verkostossa tulee suorittaa oikeaan aikaan uusintainvestoinnit.

Mikkelin ammattikorkeakoulun SKUTMA- ja SLIMO-hankkeissa on keskitytty näihin ongelmiin. Tarkoituksena on kehittää malli, joka toisaalta löytää verkosta luotettavuuden kannalta kriittiset kohdat ja toisaalta pystyy laskemaan kriittisten kohtien kunnossapidon ja uusintainvestointien ajoituksen. Tutkimustoiminta on tällä alueella aloitettu Mamkissa vuonna 2007 ja jatkuu edelleen.

Sähkönjakeluverkko

Sähkönjakeluverkko koostuu sähköasemalta alkavista 20 kV:n johtolähdöistä, jotka yleensä muodostavat yhden suojausalueen. Tämä tarkoittaa, että missä tahansa ko. suojausalueella tapahtuva johdon tai muun komponentin vikaantuminen aiheuttaa sähkökatkon koko suojausalueella. Vian jälkeisen keskeytyksen suuruuteen ja kestoon vaikuttaa tämän jälkeen varasyöttöyhteyksien, kaukokäytettävien erotinasemien ja erottimien sekä johtimien sijoittelu. Itse vian syntymiseen vaikuttaa taas verkon ympäristö hyvin voimakkaasti, mutta myös verkon kunto ja tekninen taso.

Paitsi verkon luotettavuus, verkoston kehittämiseen vaikuttaa myös kuormitusten kehitys, viranomaistoiminta, ympäristö, verkon ikä ja kunto sekä teknologian kehittyminen. Nämä kaikki ovat ajureita, joita vastaan verkko-operaattorin kannattaa laskea verkostoon sijoittamansa varallisuuden suuruutta. Toisaalta nämä ovat myös tekijöitä, joihin vertaamalla voidaan laskea verkostoon sijoitetun pääoman tuottavuutta.

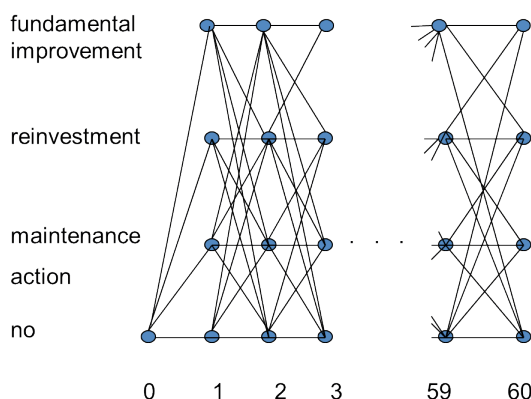
Keskeisenä tekijänä Mikkelin ammattikorkeakoululla tehdyssä tutkimuksessa on ollut verkon ikä ja kunto tai toisaalta verkostossa iän mukana tapahtuva rappeutuminen. Aiheesta on tehty hyvin vähän tutkimusta, mutta sekä muuntajista, kaapeleista että pylväslinjoista on saatavilla keskeytystilastoja, jotka riippuvat verkkokomponentin iästä. Näistä vikajakaumista on johdettavissa lausekkeet verkkokomponentin iästä riippuvalle vikaantumistaajuudelle. Vikaantumistaajuuteen vaikuttaa johtolinjojen osalta voimakkaasti myös ympäristö. Itse asiassa vain 20 % vioista voidaan katsoa johtuvan muusta kuin ympäristöstä aiheutuviksi. Toisaalta, jos verkon annetaan rappeutua liiaksi, myös tämä prosenttiosuus kasvaa.

Optimointiongelma

Mikäli verkkokomponenttien hinnat, viasta aiheutuvan haitan suuruus sekä vikataajuudet ovat tiedossa, voidaan verkoston optimaaliset uusinta-ajankohdat laskea. Koska päätös investoinnista voidaan tehdä vuosittain, palautuu ongelma tosituvaksi päätösongelmaksi (sequential decision problem), jollaisen ratkaisuun erittäin tehokkaan algoritmin antaa dynaaminen optimointi (dynamic programming) myöhemmin DP.

Optimointiongelmassa tehdään vuosittain päätös neljän eri vaihtoehdon välillä (kuva 1). Ensimmäinen vaihtoehto on olla tekemättä mitään. Toinen vaihtoehto on tehdä verkkokom-

ponentille huoltotoimenpide. Kolmas vaihtoehto on tehdä verkkokomponentille uusintainvestointi (vaihtaa komponentti uuteen) ja neljäs vaihtoehto on tehdä komponentille tai komponenttiryhmälle perusparannustoimenpide. Esim. sijoitetaan uusi johto-osuus uuteen paikkaan, jossa vikataajuus on alhaisempi kuin vanhassa paikassa. Esim. johtolinjan sijoittaminen metsän keskeltä tien viereen tai pellolle. Vaihtoehto voi olla myös verkkokomponentin korvaaminen kokonaan uudella ratkaisulla. Esim. ilmajohdon korvaaminen maakaapelilla.



KUVA 1. Optimointiongelman siirtymät

DP on algoritmi, jolla sitten suunnitteluperiodilla (esim. 60 vuotta) haetaan edullisin ratkaisupolku.

Ohjelmisto

Mikkelin ammattikorkeakoulun kehitysprojekteissa on luotu kaksi eri ohjelmistoa. Ensimmäinen kehitysversio oli SKUTMA-ohjelmisto. Tämä ohjelmisto kykenee laskemaan DP-algoritmeilla verkoston optimaalisia investointi- ja huoltoajankohtia sekä toimimaan suunnittelijan apuvälineenä verkkoinvestointipäätöksiä tehtäessä. Ohjelmisto on toteutettu VBA-kielellä ja sen käyttöliittymänä toimii Excel-taulukkolaskentaympäristö. Ohjelmiston puutteena on sen käyttöliittymä. Kaikkien verkostokomponenttien tiedot tulee syöttää ohjelmistoon käsin. Tämä on liikaa vaadittu verkostosuunnittelijalta. Näiden puutteiden takia ohjelmisto jäi varsin harvalukuisen käyttäjäjoukon piiriin ja sitä käytettiin lähinnä esitettyjen teorioiden testaamiseen ja akateemisten julkaisujen tuottamiseen.

Toinen ohjelmisto, jossa pyrittiin ratkaisemaan ensimmäisen kehitysversion puutteet, on SLIMO-ohjelmisto (SLIMO powergrid analyzer). Tämä ohjelmisto on luotu Java-alustalle

ja se sisältää automaattisen tiedonsiirron verkko-operaattoreiden verkkotietojärjestelmästä. SLIMO-ohjelmistoa on alun perin pyritty luomaan verkko-operaattoreiden mielenkiinnonkohteista käsin akateemisten ambitioiden jäädessä sivurooliin. Tuloksena onkin yksittäisen verkostosuunnittelijan näkökulmasta mielenkiintoinen ja käyttökelpoinen työkalu, jolla pystytään helposti simuloimaan johtolähtöjen luotettavuuskustannuksia ja erilaisten investointivaihtoehtojen tehoa.

Yhteenveto

Mikkelin ammattikorkeakoulun toimesta Tekesin ja kymmenen verkko-operaattorin rahoituksella syntyneet SKUTMA- ja SLIMO-projektit ovat synnyttäneet uutta tutkimuskulttuuria eteläsavolaiseen sähköalan tutkimukseen. Projekteihin osallistuneiden työntekijöiden tietotaito on kasvanut ja tuloksena on luotu uudenlaisia työkaluja sähköverkkosuunnittelijoiden käyttöön. Tulevaisuus osoittaa saadaanko kehitetyt työkalut ja teorit käyttöön. Tutkimuksen hyödyllisyyden ratkaiseekin yksittäinen verkkosuunnittelija ja se näkyy loppukäyttäjällä edullisempänä ja häiriöttömämpänä sähköinä.

LÄHTEET

Korpijärvi, 2009. ”Economical model for maintenance of electric distribution system” Записки Горного института, 2009 - elibrary.ru

Korpijärvi, 2009 “Maintenance policy in Eastern-Finnish electric distribution companies” Paper presented in Topical Issues of Subsoil Usage conference, Saint-Petersburg State Mining University, 2009, Saint-Petersburg.

Korpijärvi, Kortelainen, 2009, “Maintenance and investment scheduling of electric distribution network”, Proceedings of the fifth international scientific symposium Elektroenergetika 2009, September 23–25, 2009 Stara Lesna, Slovakia, pp 49–52.

Korpijärvi, Kortelainen, 2010, “A Dynamic Programming Model for Maintenance of Electric Distribution System” International Journal of Electrical and Computer Engineering, Vol. 5, Number 4, Spring 2010, pp. 212–215.

Korpijärvi, 2012 “Aging based maintenance and reinvestment scheduling of electric distribution network”, Dissertation. Lappeenranta University of technology. Acta Universitatis Lappeenrantaensis 481, Lappeenranta.

ILMASTOINNIN SÄÄTÖSTRATEGIAN VAIKUTUS OPETUSTILOJEN SISÄILMASTO-OLOSUHTEISIIN JA OPETUSRAKENNUKSEN ENERGIAN KULUTUKSEEN

Johanna Arola ja Martti Veuro

Rakennuksissa kulutetaan energiaa rakennuksen lämmitykseen, lämpimän käyttöveden tuottamiseen, valaistukseen, laitteisiin ja ilmanvaihtoon. Ilmanvaihdon tehtävä on halutun sisäilmaston tuottaminen. Säästettäessä ilmanvaihdon kuluttamaa energiaa on sisäilman olosuhteet otettava aina huomioon. Energiaa ei siis kannata säästää sisäilman laadusta tinkimällä. (Säteri 2013.)

Opinnäytetyön tavoite oli vertailla erilaisten ilmastoinnin säätöstrategioiden vaikutuksia luokkatilan sisäilmasto-olosuhteisiin ja opetusrakennuksen energiankulutukseen. Tarkastelun kohteena oli todellinen luokkatila, jossa käytettiin todellisia kuormituksia ja ilmanvaihdon käyttöaikoja. Luokkahuoneen sisäilmaolosuhteiden simuloinnit tehtiin IDA ICE -simulointiohjelmalla. Työn tulosten perusteella voidaan todeta, että johtamalla oikea määrä ilmaa oikeaan paikkaan ja aikaan, voidaan säästää huomattavia määriä energiaa.

Ilmanvaihdon monet mahdollisuudet

Ihmiset viettävät suurimman osan ajastaan sisätiloissa, joten sisäympäristöllä on merkittävä vaikutus ihmisten hyvinvointiin. Hyvä ja tarpeen mukainen sisäympäristö edistää omalta osaltaan tilan käyttäjien hyvinvointia ja sitä kautta myös tuottavuutta. Sisäympäristö koostuu monista eri osatekijöistä, kuten ilmanlaadusta ja lämpöolosuhteista sekä valaistus- ja ääniolosuhteista. Sisäympäristö on kokonaisuus, jota voidaan pitää hyvänä silloin, kun edellä mainitut sisäympäristötekijät ovat kunnossa ja tilan käyttäjät kokevat sisäympäristön hyväksi. Ilmanvaihtojärjestelmän tehtävä on luoda sisätiloihin puhdas ja lämpöolosuhteiltaan hyväksi koettu sisäilma (Seppänen 2004).

Vakioilmavirtailmanvaihto (Constant Air Volume Ventilation, CAV) on järjestelmä, jossa ilmavirrat pysyvät vakiona käyttöaikana (Seppänen 2004). Järjestelmä toimii on/off- tai min/max-periaatteella eli toiminta on yksi- tai kaksiportainen. Järjestelmän käyttö voi ta-

pahtua esimerkiksi manuaalisesti (on/off) tai ajastetusti. (Fahlén 2010.) Käytettäessä vaki-ilmavirtailmanvaihtoa järjestelmä mitoitetaan huonetilojen käyttötarkoituksen mukaan, esimerkiksi henkilömäärän perusteella. CAV-järjestelmä on perusjärjestelmä, joka on edullinen ja moneen käyttökohteeseen soveltuva. Se soveltuu hyvin tiloihin, joiden käyttötarkoitus pysyy samana ja kuormitus on tasaista. Järjestelmän haittapuoliksi voidaan katsoa se, että järjestelmä ei reagoi tiloissa tapahtuviin kuormitusten muutoksiin ja siten ilmanvaihto voi ajoittain olla joko liian pientä tai suurta. Tarpeettomasta ilmanvaihdosta seuraa tarpeeton energian kulutus. (Seppänen 2004.)

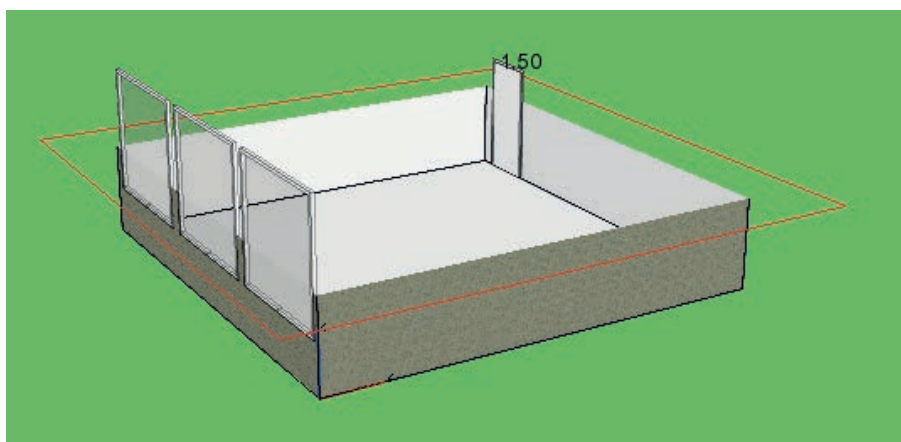
Haluttaessa ilmanvaihdolta mahdollisuutta huonekohtaiseen, kuormitukseen mukautuvaan säätöön voidaan käyttää ilmanvaihtoa, jossa ilmavirtaa voidaan muuttaa (Seppänen 2004). Järjestelmä voi olla muuttuvailmavirtajärjestelmä (Variable Air Volume Ventilation, VAV), jossa ilmavirran säätö on vähintään kolmiportainen tai säätö on jatkuva. Jos muuttuvailmavirtajärjestelmään lisätään automaattinen säätö tarpeen mukaan, on kyse tarpeenmukaisesta ilmanvaihtojärjestelmästä (Demand Controlled Ventilation, DCV). (Fahlén 2010.) Kuten ilmanvaihdolla yleensä, myös tarpeenmukaisen ilmanvaihdon tavoitteena on tuottaa hyvä sisäilmasto, jossa ilmanlaatu, lämpötilaolosuhteet ja akustinen ympäristö on otettu huomioon. Edellä mainitut asiat tulisi saavuttaa kustannustehokkaasti ja energiankulutuksen tulisi olla vähäistä. (Maripuu 2011.)

Tarpeenmukaista ilmanvaihtoa voidaan ohjata eri tavoilla ja sen vuoksi se sopii hyvin tiloihin, joiden kuormitus vaihtelee suuresti eri käyttötilanteissa. Säätöä ohjaavana parametrina voi olla esimerkiksi lämpötila, hiilidioksidipitoisuus, kosteuspitoisuus, henkilömäärä eli läsnäolo tai jokin edellä mainittujen yhdistelmä. (Seppänen 2004.)

Rakennusten energiankulutuksesta suuri osa kuluu halutun sisäilmaston tuottamiseen. Tämän vuoksi sisäilmaston tavoitetasot tulee asettaa oikein ja ilmanvaihto tulee toteuttaa energiatehokkaasti, eli johdetaan oikea määrä oikean lämpöistä ilmaa oikeaan aikaan ja paikkaan. Toisaalta energiaa ei kannata säästää tinkimällä sisäilmastosta, sillä huonon sisäilman kustannukset ovat vuosittain lähes 3 miljardia euroa eli enemmän kuin rakennusten lämmityskustannukset. Suomessa epätydyttävä ilmanvaihto aiheuttaa käyttäjille terveysongelmia yli miljoonassa asunnossa. Energiatehokkaita ilmanvaihtoratkaisuja saadaan aikaan hyödyntämällä tarpeenmukaista ilmanvaihtoa. (Säteri 2013.)

Simulointi apuna sisäilmasto-olosuhteiden ja energiankulutuksen selvittämisessä

IDA ICE on dynaaminen simulointiohjelma, jolla voidaan simuloida rakennuksen termisiä olosuhteita, sisäilman laatua ja energiankulutusta. Tässä opinnäytetyössä simuloinnin kohteena on ollut luokkahuone (55 m² ja 183,15 m³), joka on suunniteltu 25 henkilölle. Luokkahuoneen kuva simulointiohjelmassa on esitetty kuvassa 1. Luokkahuoneen kuormituksen arvoja, jotka on saatu seuraamalla neljän viikon ajan Mikkelin ammattikorkeakoulun kolmen luokkahuoneen käyttöastetta. Luokkahuoneista kaksi oli teoriaopetukseen tarkoitettuja ja yksi atk-luokka. Luokkahuoneissa pidetyt tunnit on selvitetty tilavarausjärjestelmästä ja henkilömäärät opettajien pitämistä läsnäololistoista. Saaduista tuloksista on laskettu keskimääräiset kuormitusasteet. Simuloinneissa on käytetty lämmöntalteenotolla varustettua ilmanvaihtokonetta. Simuloinnit on tehty teoreettiselle 1.9.–30.4. väliselle ajalle eli ajalle, jolloin opetusrakennuksessa on tekniikan alan opetusta.



KUVA 1. IDA ICE -simulointiohjelman luotu luokkahuone

Simuloinnit tehtiin käyttäen viittä erilaista ilmanvaihdon säätöstrategiaa. Kahdessa ensimmäisessä simuloinnissa käytettiin vakioilmavirtailmanvaihtoa ilman jäähdystystä ja jäähdystyksellä. Tarpeenmukaisessa ilmanvaihdossa ohjaustapana käytettiin läsnäoloa sekä lämpötilan ja CO₂-pitoisuuden yhdistelmää. Jälkimmäisestä tehtiin simuloinnit käyttäen kahta erikokoista minimi-ilmamäärää. Simuloinnit ja niissä käytetyt ilmanvaihdon tiedot on esitetty taulukossa 1.

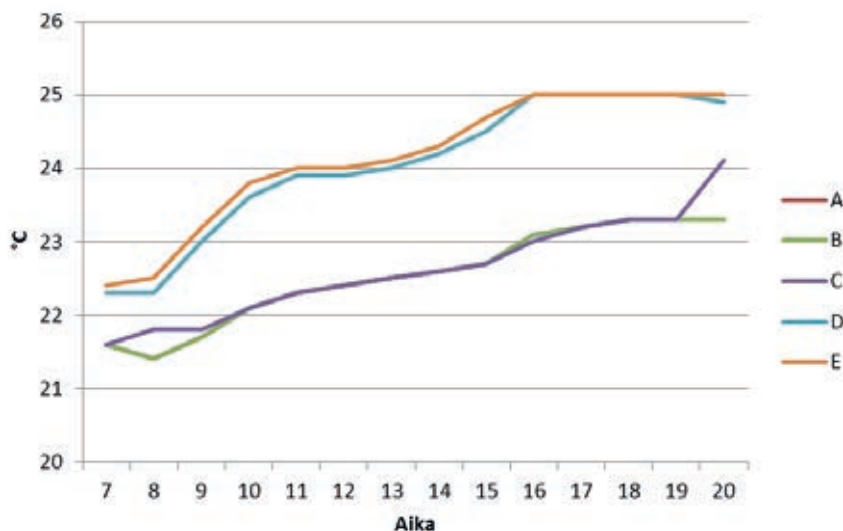
TAULUKKO I. Simuloidut tapaukset ja ilmanvaihdon tiedot eri säätöstrategioissa

Tapaus	Ohjaustapa	Tuloilmavirta q_v , (l/s/m ²)	Poistoilmavirta, q_v , (l/s/m ²)	IV-koneen käyntiaika
A	CAV ilman jäädytystä	0,462–2,727 (25,4–150 l/s)	0,462–2,727 (25,4–150 l/s)	7–19.30
B	CAV jäähdytyksellä	0,462–2,727	0,462–2,727	7–19.30
C	VAV läsnäolo-ohjauksella	0,462–2,727	0,462–2,727	8–19.30
D	VAV CO ₂ - ja lämpötilaohjauksella	0,462–2,727	0,462–2,727	7–19.30
E	VAV CO ₂ - ja lämpötilaohjauksella, vaatimus 0,35 (dm ³ /s)/m ²	0,35–2,727 (19,3–150 l/s)	0,35–2,727 (19,3–150 l/s)	7–19.30

Ilmanvaihdon ilmamäärät ovat määräytyneet Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D2:n antamien määräyksien ja ohjeiden mukaisesti. D2:n sanotaan, että opetustiloissa ulkoilmavirran ohjearvo käyttöaikana on 6 dm³/s/hlö. D2:ssa todetaan myös, että ulkoilmavirran tulee olla vähintään 0,35 (dm³/s)/m², joka simuloitavassa luokkahuoneessa vastaa ilmamäärää 19,3 l/s. Yleisesti on kuitenkin käytössä käytäntö, jonka mukaan ilmanvaihdon miniminä käytetään arvoa, joka vaihtaa tilan ilmamäärän kerran kahdessa tunnissa. Tässä kyseisessä tilassa tämä tarkoittaa, että ulkoilmavirran tulee olla vähintään 25,4 l/s.

Simuloinneista saadut tulokset

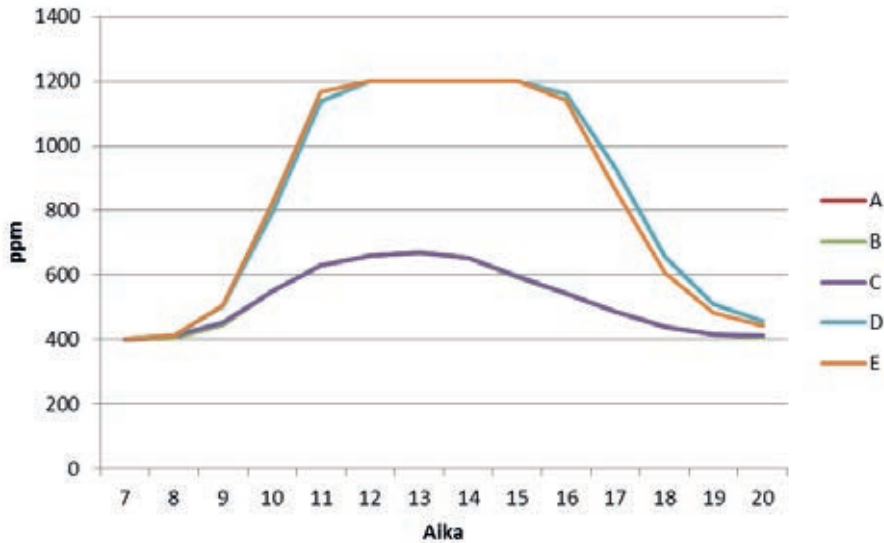
Simulointien tuloksista tarkasteltiin luokkahuoneen lämpöolosuhteita ja sisäilman laatua CO₂-pitoisuuden osalta. Lisäksi tarkasteltiin opetustilojen energiankulutusta. Lämpötilan raja-arvoina käytettiin D2:n mukaisia +21/+25 °C arvoja. Simulointien tulokset luokkahuoneen lämpötilan osalta on esitetty kuvassa 2.



KUVA 2. Luokkahuoneen lämpötila ilmastoinnin eri säätöstrategioilla esimerkkipäivänä 2.9.

Tapauksissa A ja B selvitettiin tarvitaanko, luokkahuoneissa jäähdytystä. Tulosten perusteella voidaan todeta, että luokkahuoneiden ilmanvaihto voitaisiin toteuttaa ilman jäähdytystä tilanteissa, joissa luokkien todellinen kuormitus jää selvästi mitoituskuormitusta alhaisemmaksi, sillä tapauksissa A ja B luokkahuoneen lämpötila oli koko ajan alle $+23,5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Käytettäessä tarpeenmukaista ilmanvaihtoa lämpötila- ja CO_2 -ohjauksella (tapaukset D ja E) jäähdytykseen kului hieman energiaa. Näissä tapauksissa lämpötila pääsi nousemaan $25\text{ }^{\circ}\text{C}$:een ja joitakin kertoja muutaman kymmenyksen yli, jolloin tuloilma alkoi jäähtyä. Raja-arvolämpötilan pienet ylitykset johtuivat simulointiohjelmasta. Kokonaisuutena voidaan todeta, että luokkahuoneen lämpötila säilyi alle $25\text{ }^{\circ}\text{C}$:ssa eli luokkahuoneen lämpötila täytti määräyskokoelmassa esitetyn raja-arvon. Tuloksia tarkasteltaessa täytyy ottaa huomioon, että simuloinnit eivät kattaneet kesäaikaa. Käytettäessä luokkahuoneita kesäaikana on tilanne aivan toinen ja jäähdytystä tarvitaan varmasti.

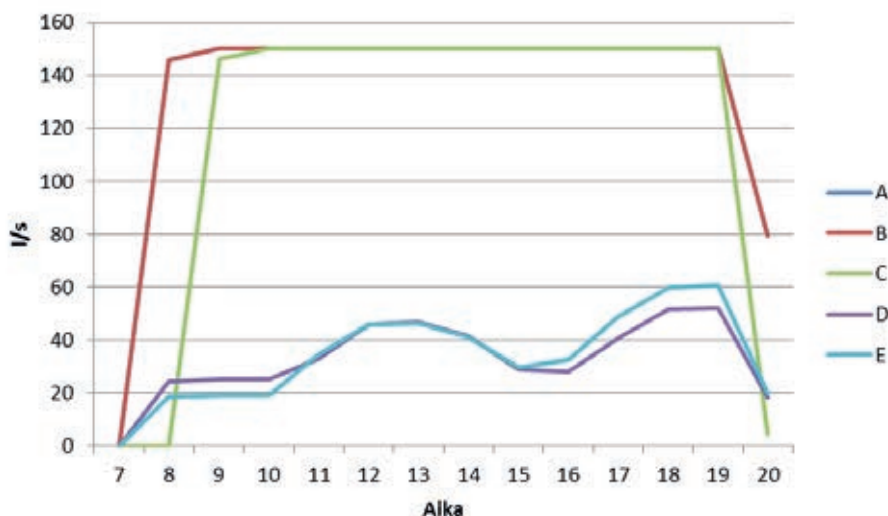
Simulointien tulokset CO_2 -pitoisuuden osalta on esitetty kuvassa 3. Hiilidioksidipitoisuuden osalta simuloinneissa käytettiin raja-arvoja $400/1\ 200\text{ ppm}$. Minimiraja-arvo määräytyi ulkoilman CO_2 -pitoisuuden mukaan ja maksimiraja-arvo D2:n mukaan.



KUVA 3. Luokkahuoneen hiilidioksidipitoisuus ilmastoinnin eri säätöstrategioilla

Käytettäessä säätöstrategiana vakioilmavirtailmanvaihtoa (A ja B käyrät yhteneviä käyrän C kanssa) tai tarpeen mukaista ilmanvaihtoa läsnäolo-ohjauksella (C) hiilidioksidipitoisuus säilyi koko käyttöajan alle 700 ppm:ssa, sillä ilmanvaihto oli käyttöaikana näissä tilanteissa aina täydellä teholla. Käytettäessä säätöstrategiana tarpeen mukaista ilmanvaihtoa CO₂- ja lämpötilaohjauksella CO₂-pitoisuus nousi 1200 ppm:aan noin kolmen tunnin käytön jälkeen ja pysyi sillä tasolla laskien vasta viimeisten käyttötuntien aikana, jolloin luokan kuormitus laski. Hiilidioksidipitoisuuden nousu näillä säätöstrategioilla johtui siitä, että tuloilmavirran oli mahdollista vaihdella minimi- ja maksimiarvojen välillä portaattomasti ja hiilidioksidipitoisuutta käytettiin ohjaustapana.

Tarkasteltaessa ilmanvaihdon vaikutuksia rakennuksen energiankulutukseen täytyy ensin tarkastella käytettyjä ilmamääriä. Ilmanvaihtoon kuluu sekä sähkö- että lämmitysenergiaa. Sähköenergia kuluu puhaltimien toimintaan ja lämpöenergia tuloilman lämmittämiseen. Energiaa kuluu sitä enemmän, mitä enemmän ilma täytyy siirtää, eli se määräytyy käytettyjen ilmamäärien mukaan. Kuvassa 4 on esitetty eri simuloinneissa käytetyt ilmamäärät.

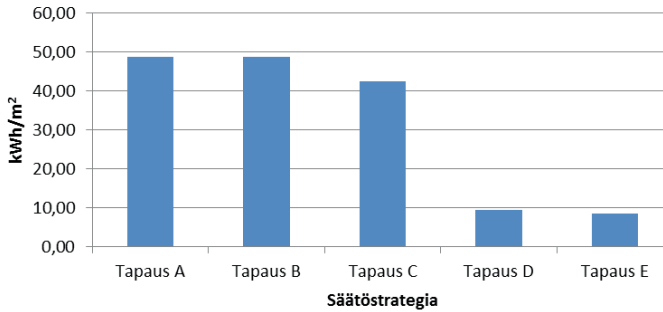


KUVA 4. Luokkahuoneen tuloilmavirta eri ilmastoinnin säätöstrategioilla 2.9.

Tapauksissa, joissa käytettiin vakioilmavirtailmanvaihtoa (A ja B, käyrät yhteneviä) sekä tarpeenmukaista ilmanvaihtoa läsnäolo-ohjauksella (C), tulo- ja poistoilmavirratt olivat lähes koko käyttöajan maksimissa eli 150 l/s. Käytettäessä läsnäolo-ohjausta ilmanvaihto ei ehdi oppituntien välissä laskemaan pienemmälle teholle johtuen käytetystä viiveajasta (30 minuuttia). Käytettäessä tarpeenmukaista ilmanvaihtoa CO₂- ja lämpötilaohjauksella (tapaukset D ja E) ilmavirratt pystyivät vaihtelevaan portaattomasti välillä 25,4–150 l/s (D) tai välillä 19,3–150 l/s (E). Johtuen luokkien alhaisesta kuormitusasteesta ja sitä kautta alhaisesta lämpötilasta ja hiilidioksidipitoisuudesta ilmavirratt vaihtelivat näissä tapauksissa luokan käyttöaikana noin 20–60 l/s välillä, eli olivat huomattavasti alhaisempia kuin muilla ohjaustavoilla toteutettuina.

Tarkasteltaessa rakennuksen energiankulutusta on tulokset järkevää esittää muodossa kWh/m², koska tällä tavoin eri simuloinneilla saatuja tuloksia on helppo verrata toisiinsa. Kuvassa 5 on esitetty eri simuloinneilla saadut energiankulutukset. Energiankulutuksessa on huomioitu sekä puhaltimien käyttämä sähköenergia että tuloilman lämmittämiseen käytetty lämpöenergia. Tuloksissa ei ole mukana lämmöntalteenotolla siirrettyä energiaa, vaan on tarkasteltu vain sitä energiaa, joka joudutaan tuomaan prosessiin ulkopuolelta (ns. ostoenergia).

Rakennuksen energiankulutus eri ilmastoinnin säätöstrategioilla



KUVA 5. Ilmanvaihdon energiankulutus eri säätöstrategioilla

Energiankulutuksessa vertailukohteena käytettiin tapaus B eli vakioilmavirtailmanvaihtoa jäähdytyksellä, sillä se on koulurakennuksissa yleisesti käytössä oleva ohjaustapa. Tässä tapauksessa ilmanvaihdon energiankulutus oli vuodessa 48,8 kWh/m². Energiankulutus oli sama myös tapauksessa A, joka oli muuten vastaava, mutta jäähdytys ei ollut käytössä. Koska jäähdytystä ei tarvittu, olivat nämä tapaukset energiankulutukseltaan identtisiä. Tapauksessa C käytettiin tarpeenmukaista ilmanvaihtoa läsnäolo-ohjauksella, joten ilmanvaihto oli päällä tunnin lyhyemmän ajan verrattuna tapauksiin A ja B. Ilmamäärä oli kuitenkin edellä mainittuja tapauksia vastaava. Yhden tunnin muutos ilmanvaihdon käyntiaikaan säästi hieman energiaa energiankulutuksen ollessa vuodessa 44,5 kWh/m² eli noin 91 % vertailukohteesta.

Tapauksissa D ja E eli tarpeenmukaisissa ilmanvaihtoratkaisuissa CO₂- ja lämpötilaohjauksella saatiin selviä vaikutuksia energiankulutuksiin. Tapauksessa D, jossa minimi-ilmavirta määräytyi sen mukaan, että luokahuoneen ilma vaihtui kerran kahdessa tunnissa, energiankulutus oli 9,5 kWh/m², vuosi eli 21 % vertailukohteesta, ja tapauksessa E, jossa minimi-ilmavirta määräytyi D2:n asettaman alarajan mukaisesti, energiankulutus oli vuodessa 8,5 kWh/m² eli 17 % vertailukohteesta.

Energian säästö tulee tehdä sisäilmasto-olosuhteista tinkimättä

Tulokset osoittavat, että tarpeenmukaista ilmanvaihtoa käyttämällä voidaan päästä todella merkittäviin energian säästöihin. Suurimmillaan energian säästö oli 83 % tarpeenmukaisen

ja vakioilmavirtailmanvaihdon välillä. Taloudellisesti tarkasteltuna energiansäästöt tarkoittavat tuhansien eurojen vuotuisia säästöjä jo pienissäkin koulurakennuksissa valittaessa ilmanvaihdoksi järjestelmä, jossa ilmaa tuodaan vain tarvittava määrä oikeaan paikkaan ja aikaan. Toisaalta järjestelmien investointikustannukset ovat korkeita. Törnblomin (2013) tutkimuksessa selvitettiin tarpeenmukaisen ilmanvaihdon lisäämisellä saavutettavissa olevia säästöjä luokkahuoneiden energian kulutuksissa. Tutkimuksen kohteena oli koulurakennus, jossa osa vakioilmavirtajärjestelmästä muutettiin tarpeenmukaiseksi. Tutkimuksessa laskettiin investointikustannukset koulurakennuksen pilottiluokkien toteutuneiden kustannusten perusteella ja verrattiin sitä energian kulutuksen vähenemisestä saavutettuihin säästöihin. Tulosten perusteella investoinnin takaisinmaksuaika oli 21 vuotta.

Tarkasteltaessa ilmanvaihdon vaikutuksia sisäilmasto-olosuhteisiin voidaan todeta, että ilmamääriä voitiin tässä tapauksessa laskea ja siitä huolimatta saavuttaa määräysten mukainen sisäilman laatu. Se, että ilmamääriä voidaan merkittävästi laskea mitoitusarvoihin nähden, johtuu siitä, että luokkien kuormitusasteet ovat alhaisia. Varsinkaan korkeakouluissa on tutkimusten mukaan harvoin tilanne, jossa luokkien kuormitus olisi mitoitusarvoja vastaava. Tiloissa, joissa kuormitus vaihtelee runsaastikin, on todella perusteltua käyttää tarpeenmukaista ilmanvaihtoa. Tällöin käytetään kulloisenkin tilanteen vaatimia ilmamääriä ja saavutetaan tavoitellut sisäilmasto-olosuhteet energia- ja kustannustehokkaasti.

Tarpeenmukainen ilmanvaihtojärjestelmä on vaativa sen vuoksi, että ilmamäärät vaihtelevat suuresti. Nyt saaduissa tuloksissa ilmamäärien suurin vaihtelevuus oli välillä 19,3–150 l/s. Tämä asettaa vaatimuksia sekä päätelaitteille että ilmanvaihdon muille osille, kuten säätöpelleille. Päätelaitteiden toiminta-alueen tulisi olla laaja, jotta ilmanvaihdon ilma tulisi myös pienillä ilmamäärillä oleskeluvyöhykkeelle ja toisaalta suurilla ilmamäärillä oleskeluvyöhykkeelle ei saisi aiheutua vetoa.

Kokonaisuutena voidaan todeta, että tarpeenmukainen ilmanvaihto on toimiva ratkaisu silloin, kun kuormitukset vaihtelevat paljon ja tavoitellut sisäilmasto-olosuhteet halutaan silti saavuttaa energia- ja kustannustehokkaasti. Hyvän kokonaisuuden luominen vaatii huolellista ilmanvaihtojärjestelmän suunnittelua, toteutusta, käyttöä ja huoltoa sekä oikeanlaisia sisäilmastotavoitteiden asettamista. Tärkeää on muistaa, että energiaa ei kannata säästää tinkimällä hyvästä sisäilmastosta, sillä säästetyt eurot kuluvat nopeasti heikon sisäilmaston aiheuttamiin lukuisiin ongelmiin.

LÄHTEET

Fahlén, Per. 2010. Demand-controlled ventilation dvc – limitations and definitions. CLIMA 2010. Antalya. 9.-12.5.2010.

Maripuu, Mari-Liis. 2011. Demand controlled ventilation for better IAQ and energy efficiency. Rehva journal march 2011.

Seppänen, Olli. 2004. Ilmastoinnin suunnittelu. Forssa: Forssan Kirjapaino Oy/Suomen LVI-liitto.

Suomen rakentamismääräyskokoelma D2. Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. Määräykset ja ohjeet 2012. 2011. Helsinki: Ympäristöministeriö, rakennetun ympäristön osasto.

Säteri, Jorma 2013. Energiatohokkaat sisäilmakorjaukset. Korjausrakentaminen 13 –tapahtuma. Helsinki 5.2.2013.

Törnblom, Kristian. 2013. Tarpeenmukainen ilmanvaihto luokkatiloissa. Metropolia ammattikorkeakoulu. Talotekniikan koulutusohjelma. Insinööri työ.

LASIKUITULAMINAATIN OFF-AXIS-VÄSYMISTUTKIMUS

Mikko Haverinen

Tutkimus käsitteli lasikuitulujitettuja komposiitteja. Päätaavoitteena oli tutkia laminaatin off-axis-kulman vaikutusta staattisiin ominaisuuksiin ja väsymisominaisuuksiin. Tavoitteena oli myös kehittää nopea ja kustannustehokas menetelmä eri roving-harts-yhdistelmien väsymisominaisuuksien vertailuun.

Tutkimukseen kuului kattava kirjallisuuskatsaus. Tutkimus jaettiin useaan eri osa-aluetta käsittelevään osaan. Lasikuidun ja lasikuitulaminaatin valmistusta ja ominaisuuksia käsiteltiin. Väsymisilmiö selvitettiin. Myös väsytestaukseen liittyviä muuttujia ja testausparametreja sekä koekappalegeometrian vaikutusta käsiteltiin. Kirjallisuuskartoituksen pohjalta valittiin testattavaksi neljä off-axis-kulmaa. Koekappaleet valmistettiin kolmesta eri laminaatista. Staattisten testien perusteella määritettiin laminaattien mekaaniset perusominaisuudet, ja ne toimivat pohjana väsytestauksen parametrien valinnassa.

Staattisten off-axis-ominaisuuksien ja väsymiseliniän välille löytyi korrelaatiota, mutta jatkotutkimuksille on todennäköisesti tarvetta. Alustava suunnitelma off-axis-väsymisominaisuuksien tutkimis- ja vertailumenetelmälle kehitettiin.

Johdanto

Tutkimus käsittelee ortotrooppisen lasikuitulaminaatin väsymisominaisuuksia. Tutkimuksessa selvitettiin sitä, löytyykö staattisten testien ja väsytestien tulosten välille korrelaatiota. Testit suoritettiin kolmelle eri kuitutyypille. Työ on jaettu teorialueeseen ja käytännön osuuteen.

Teorialueeseen selvitettiin kirjallisuuslähteiden avulla komposiitin yleisiä ominaisuuksia sekä lasikuitulaminaatin ominaisuuksia, valmistusta ja virhetekijöitä. Myös väsymisilmiötä ja väsytestauksen parametrien vaikutusta tutkittiin. Käytännön osuudessa koekappaleet valmistettiin ja niille suoritettiin sekä staattisia testejä että väsytestejä, ja lopuksi tulokset analysoitiin.

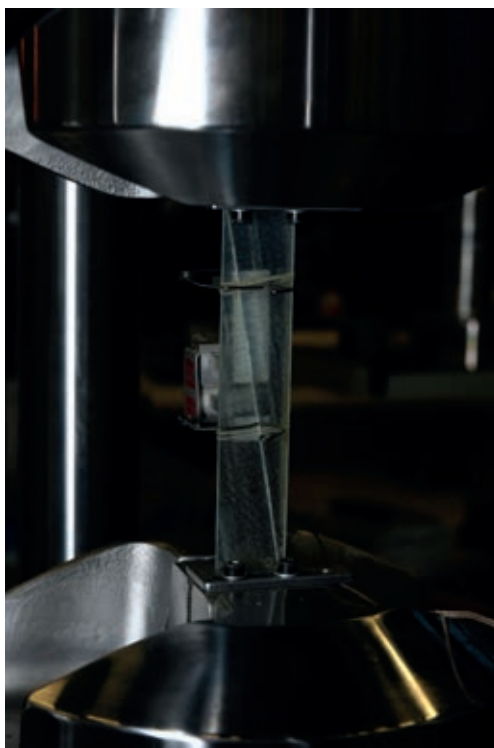
Tutkimuksen toimeksiantaja oli Ahlstrom Oyj:n Mikkelin yksikkö. Ahlstrom valmistaa korkealaatuisia lasikuitulujitteita ja kuitumateriaaleja eri tuotteisiin, kuten suodattimiin, tapetteihin ja etiketteihin. Ahlstromin liiketoiminta on jakaantunut ympäri maailmaa Euroopan ollessa keskeinen markkina-alue 52 prosentin osuudella kokonaisliikevaihdosta. Ahlstromilla on yli 5000 työntekijää 20 maassa. Tutkimuksen tekivät opinnäytetyönä materiaalitekniikan insinöörit Jyri Tiusanen ja Mikko Haverinen Mikkelin ammattikorkeakoulusta yhteistyössä Mikropolis Oy:n henkilökunnan kanssa.

Testausmenetelmät

Koekappaleet valmistettiin Puupolin tiloissa. Lasikuitulaminaateista leikattiin koekappaleita eri off-axis-kulmiin siten, että kulmat olivat 0°, 10°, 30°, 60° ja 90°. Koekappaleille suoritettiin sekä staattiset testit eli vetokokeet että dynaamiset testit eli väsytestaukset. Staattisten testien tarkoituksena on määrittää materiaalin ominaisuuksia eri kuitukulmilla. Staattisten testien perusteella haluttiin määrittää erityisesti materiaalin murtolujuus, murtovenymä sekä kimmokerroin. Murtolujuuden määrittämisen avulla pystyttiin myös arvioimaan laskennallisesti väsytesteissä käytettäviä testausparametreja. Staattisia testejä tehtiin kullekin kuitukulmalle kolme kappaletta. Tulokset analysoitiin taulukkolaskentaohjelman avulla laskemalla edellä mainituille ominaisuuksille keskiarvot.

Väsytesteille tehtiin oma väsytysohjelma, jota pieniä muutoksia tekemällä pystyttiin helposti muokkaamaan kullekin koekappaleelle sopivaksi. Myös joissakin väsytestauskappaleissa käytettiin venymäliuskoja. Liuskojen avulla pyrittiin määrittämään esimerkiksi testin aikana tapahtuvaa hystereesiä (kuva 1).

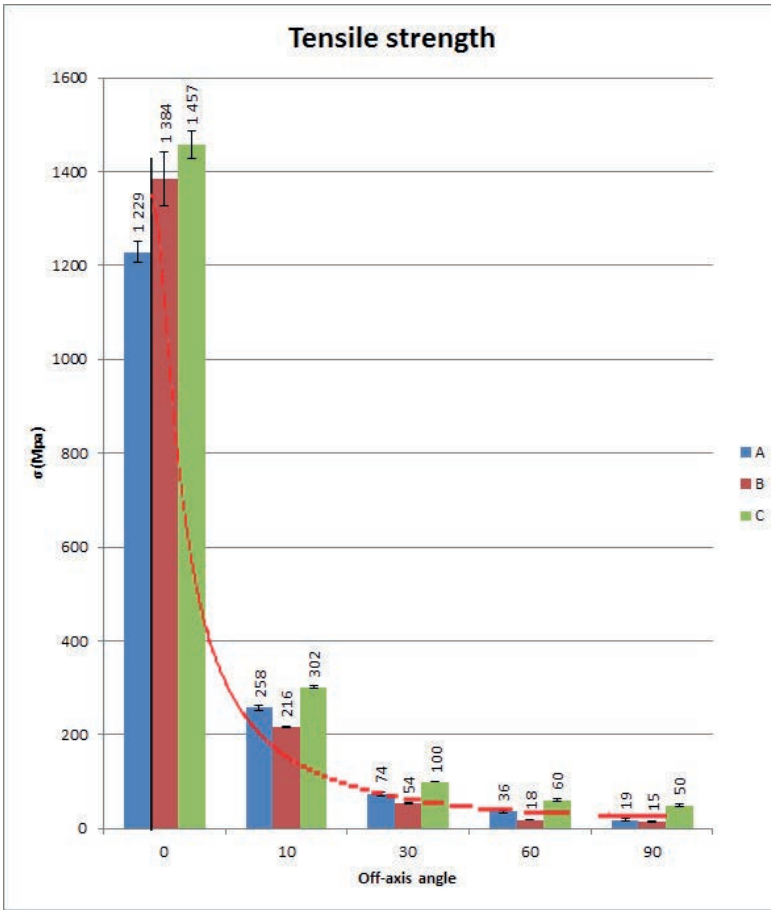
Väsytestejä suoritettiin jokaiselle eri kuitutyypille sekä kuitukulmalle. Testeissä käytettiin R-arvona, eli minimi- ja maksimijännityksen suhteena, arvoa 0.1. Testaustaajuutena käytettiin arvoa 10 Hz, eli kuormituskehä suoritti kymmenen kuormanvaihtoa sekunnissa.



KUVA 1. Off-axis-kulmaltaan 10-asteinen murtunut koekappale MTS:n kuormituskehässä (kuva Jyri Tiusanen)

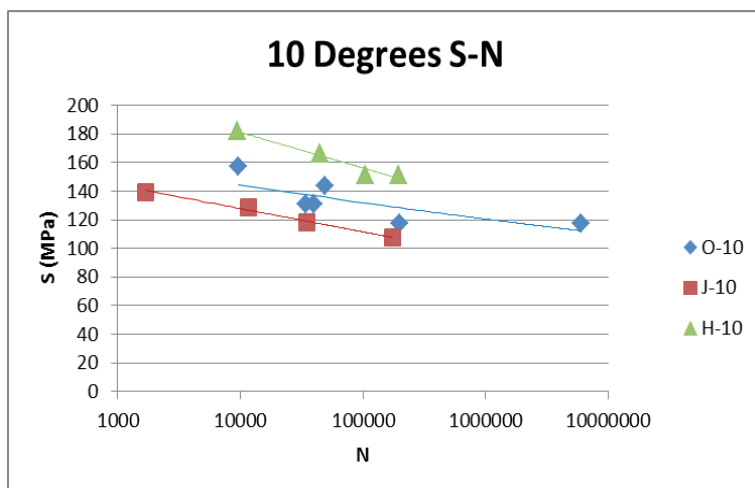
Tulokset

Vetomurtolujuudet laskettiin Excelin avulla jokaiselle off-axis-kulmalle. Tuloksia verrattiin yleisesti tiedettyyn laminaatin off-axis-käyttäytymiseen sekä Tsai-Hill-vauriokriteeriin. Testien tulokset käyttäytyivät melko tarkalleen Tsai-Hill-kriteerin mukaisesti. 0-asteisten sauvojen vetomurtolujuus on noin viisinkertainen 10-asteisiin sauvoihin verrattuna. Ero 60-asteisten ja 90-asteisten sauvojen vetomurtolujuuksissa on taas melko pieni. Tarkastelun perusteella staattisten testien tuloksia voidaan pitää luotettavina (kuva 2).



KUVA 2. Staattisten testien murtolujuuden vertailu Tsai-Hill-kriteeriin (punainen viiva). Eri kuitutyypit on nimetty kirjaimin A, B ja C

Suoritettujen väsytestien tulosten pohjalta saatiin tehtyä S-N-käyrät jokaiselle off-axis-kulmalle. Kuitutyyppejä vertailtiin keskenään sekä kunkin kuitutyypin off-axis-kulmat asetettiin samaan taulukkoon. S-N-käyrät tehtiin sekä suhteellisilla arvoilla (maksimijännityksen %-osuus murtolujuudesta) että absoluuttisilla arvoilla. Väsytestien laskeminen kullekin kuitukulmalle jännityksen perusteella säilyttää tulosten keskinäisen vertailukelpoisuuden. S-N-käyrien perusteella staattisten testien tulosten ja väsytestien tulosten välille löytyi korrelaatiota. Kuvan 3 käyristä voi päätellä, että parhaat väsymisominaisuudet ovat H-kuidulla (vihreä väri). H-kuidulla oli myös paras vetomurtolujuus.



KUVA 3. 10-asteisten koekappaleiden väsytestien perusteella tehty S-N-käyrä

Yhteenveto

Tutkimuksessa päästiin kohtalaisen hyvin ennalta asetettuihin tavoitteisiin. Sekä staattiset testit että väsytestit saatiin suoritettua suunnitelman mukaisesti. Työn tärkeimpään tutkimusongelmaan, eli staattisten testien tulosten ja väsytestitulosten vertailuun, saatiin tarvittava määrä tuloksia. Staattisen käyttäytymisen ja väsymiskäyttäytymisen välille löydettiin korrelaatiota. Teoriatutkimus oli myös onnistunut, koska sen pohjalta saatiin tärkeää tietoa käytännön osuuden suorittamiseksi.

Käytetty menetelmä vaikuttaa sopivan hyvin laminaatin off-axis-väsymisominaisuuksien tutkimiseen. Väsytestit vaatisivat kuitenkin useampia toistoja, jotta S-N-käyriä saataisiin edelleen tarkennettua. Lisäksi testausmenetelmä täytyisi pyrkiä pitämään alusta loppuun mahdollisimman samanlaisena.

LÄHTEET

Haverinen, Mikko ja Tiusanen, Jyri. 2013. Ortotrooppisen lasikuitulaminaatin off-axis- väsyminen. Opinnäytetyö. <https://publications.theseus.fi>.

LUIJITEMUOVIJÄTTEEN MATERIAALIN JA ENERGIAN KIERRÄTYS SEMENTTIUUNISSA

Dick Blom, Markus Bruun ja Martti Kemppinen

Nykyaikainen, kestäväan kehitykseen pyrkivä yhteiskunta pyrkii kierrättämään jätteensä ja energian uusiksi raaka-aineiksi mahdollisimman tehokkaasti. Muovista ja komposiiteista käydyissä keskusteluissa on kiinnitetty huomiota muovituotteiden kierrätykseen raaka-aineiksi pelkän energian talteenoton sijaan. Kestomuovinen prosessijäte kiertääkin usein takaisin valmistusprosessiin rouhinnan jälkeen. Lujitemuoveissa tilanne on toisenlainen: tavanomaisesti kertamuovista valmistettua hartsimatriisia ei voi kierrättää kestomuovin tavoin. Lisäksi kierrättämisen vaikeusastetta lisäävät lujitemuovin sisältämät lujitekuidut.

Lujitemuovijäte Suomessa

Suomessa lujitemuovijätettä syntyy sekä teollisuuden prosessijätteenä että käytöstä poistettavina tuotteina vuosittain yhteensä noin 4 000 tonnia. Tätä jätettä ei kierrätetä, vaan jäteyritykset kuljettavat jätteen kaatopaikoille ja osittain energiahyötykäyttöön polttolaitoksissa. Jäte on valtaosaltaan lasikuidulla lujitettua kertamuovia, tavanomaisimmin polyesterihartsia.

Nykykäytäntö ei voi jatkua enää montaa vuotta, koska kiristyviä lainsäädännöllisiä vaatimuksia on tulossa sekä EU:n taholta että kotimaasta. EU:n romuautodirektiivi The End-of-life Vehicles Directive 2000/53/EC määrää, että uuden ajoneuvon materiaalista on pystyttävä kierrättämään 95 % 1.1.2015 alkaen. Jätepuitedirektiivi Directive 2008/98/EC kieltää palavan käsittelemättömän jätteen viennin kaatopaikalle. Saksassa tämä kieltö astui voimaan jo heinäkuussa 2005 ja Suomessa uuden 5/2013 valmistuvaksi kaavaillun jätelain mukaan kaatopaikan käyttömahdollisuus kielletään vuonna 2015. Edelleen jätepuitedirektiivi Directive 2008/98/EC määrää, että myös kaikesta lujitemuovijätteestä on pystyttävä kierrättämään vähintään 50 % vuoteen 2020 mennessä. Kuvassa 1 on jätteen käsittely nykytilassaan.



KUVA 1. Nykymuodossaan lujitemuovijäte toimitetaan sekajätteen mukana kaatopaikalle (kuva Dick Blom)

Lumi-hanke hakee ratkaisumallia lujitemuovijätteen kierrättämiseen Suomessa

Saksassa on 2005 voimaan astuneen jätepuitedirektiivin johdosta jo toimiva lujitemuovijätteen kierrätysjärjestelmä. Toiminta-ajatuksena järjestelmässä on murskata lujitemuovijäte riittävän pieniin partikkeleihin, jotta se voidaan syöttää sementtiuunin raaka-aineeksi, jolloin hartsimatriisi ja palamiskelpoiset kuidut palavat energiaksi. Energiaa sementtiuuni tarvitsee kiviainesten kuumentamiseksi. Hartsin palaessa lasikuitujen lasi sulaa ja sekoittuu muihin kiviaineisiin, ollen tarpeellinen mineraalilisa itse lopputuotteessa. Lopputuloksena saadaan korkealaatuista sementtiä, mutta säästään neitseellisiä raaka-aineita. Vuonna 2015 voimaan astuvien kiristyvien vaatimusten johdosta Mamk ja Ketek ovat lähteneet Teke-sin ja yritysten rahoittamassa Lumi-hankkeessa tutkimaan ja toteuttamaan Saksan mallin kaltaista, Suomeen soveltuvaa lujitemuovijätteen kierrätysjärjestelmää. Kun lasketaan yhteen kaikki Suomessa vuosittain teollisuusjätteinä syntyvä lujitemuovijäte 4 000 tonnia, on määrä riittävä kotimaisen sementinvalmistajan kierrätyskäyttöön ja maamme lukuisten lujitemuovialan yritysten on mahdollista saada jätepuitedirektiivin täyttävä kierrätyskäsittely tuotantojätteilleen.

Lujitemuoviyritysten sijainti kaukana toisistaan pinta-alaltaan suuressa maassa, kotimaisen sementinvalmistajan erittäin tiukat lopputuotevaatimukset, sopivan, tasalaatuisen polttoaineseokituksen kehittäminen, sekä lujitemuovijätteen keräämisestä, murskaamisesta ja energiarikastamisesta kiinnostuneen yrityksen synnyttäminen vaativat logistiikan, polttokemian, prosessitekniiikan ja liiketoiminnan soveltavaa tutkimusta ja toimia, jotta lujitemuovien kierrätysjärjestelmä voisi olla toimintakykyinen 2015. Lumi-hankkeen tarkoituksena on tutkijaosapuolten ja yritysten yhteistyönä suorittaa kaikki tarpeellinen tutkimus ja toimenpiteet toimivan lujitemuovien kierrätysjärjestelmä luomiseksi Suomeen vuoteen 2015 mennessä.

Lumi-hanke on kahden sisarhankkeen muodostama yhteistyöhanke. Hankkeita hallinnoivat Mikkelin ammattikorkeakoulu ja Teknologiakeskus Ketek Oy.

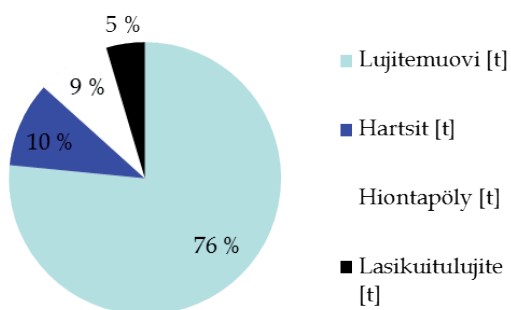
Mikkelin ammattikorkeakoulun hankkeen osatavoitteet ovat:

- 1 Lujitemuovijätevirtojen sijainnin, määrän, laadun ja vaihtelevuuden tutkiminen
- 2 Etsiä toimijat ja luoda verkosto, jonka avulla jäte kerätään, käsitellään ja käytetään
- 3 Määrittää REF-kierrätyspolttoaineseoksen sementtiuunissa polttokelpoisuuden raja-arvot
- 4 Optimoida käytettävistä jätevirroista valmistettava REF-seos sementtiuuniin sopivaksi
- 5 Varmistaa tuotantomittakaavan koepolttoin REF-seoksen sopivuus sementinpolttoon
- 6 Valtakunnallisen kierrätystoiminnan kustannuslaskenta ja kustannusvertailut
- 7 Valtakunnallisen kierrätystoiminnan jatkuvuuden turvaaminen esim. perustettavan yrityksen avulla.
- 8 Tulosten julkistaminen ja kansainvälinen levittäminen.

Lujitemuovijätevirrat

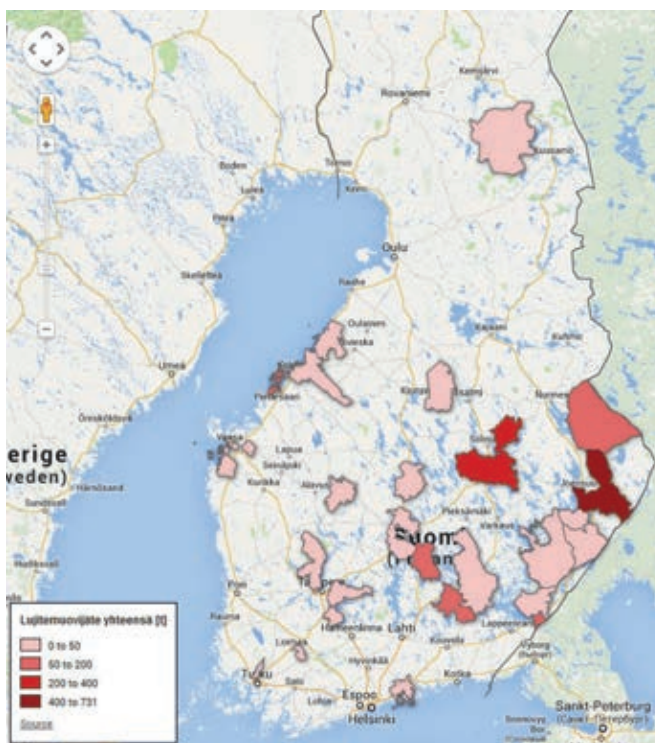
Hankkeessa tehdyn selvityksen perusteella syntyy Suomessa lujitemuoviteollisuuden tuotantojätettä noin 2 000 tonnia vuodessa. Lisäksi lasikuituteollisuus tuottaa noin 2 000 tonnia lasikuituluujitejätettä, jossa siis ei ole hartsia tai muuta orgaanista ainesta mukana. Tuotantojätteen lisäksi jätettä syntyy käytöstä poistettuina tuotteita, mutta nämä jäte-erät eivät kuulu tämän teollisuuden sivuvirtajätehankkeen pääfokukseen.

Lujitemuovijätteet



KUVA 2. Lujitemuoviteollisuuden lujitemuovijätteen jakauma

Kuvassa 2 on esitetty Suomen lujitemuoviteollisuuden lujitemuovijätteen koostumus. Tiedot on selvitetty yrityskselyin. Kuva 3 osoittaa jätteiden määrät ja syntypaikat. Lujitemuovijätettä syntyy lähinnä Itä-Suomessa sekä Pohjanmaan rannikkoseuduilla.



KUVA 3. Lujitemuovijätteen määrät syntypaikan mukaan (muokattu Google maps karttapohjasta)

Lujitemuovijätteen keräys ja koemurskaus

Kierrätyspolttoaineen valmistusta ja testaamista varten kerättiin yrityksiltä 150 tonnia jätteraaka-aineita, pääasiassa lujitemuovijätettä eri muodoissaan sekä 40 tonnia pakkausmuovijätettä murskatun kierrätyspolttoaineseoksen polttoarvo nostamiseksi. Kuvassa 4 on lujitemuovijätteen koe-erä odottamassa murskausta.



KUVA 4. Lujitemuovijätteen koe-erä odottamassa murskausta (kuva Markus Bruun)

Koekeräyksen suurimpia haasteita oli puhtaan raaka-ainepohjan saaminen sekä esimurskaimen kokovaatimusten huomioiminen murskattaville kappaleille. Lopullisen kierrätysjärjestelmän toimiessa on yritysten panostettava jätteiden esikäsittelyyn ja lajitteluun syn-typaikalla, jotta mukaan ei tulisi peltitynnyreitä, hengityssuojaimia, PVC-käsineitä ym. sementintekoa vaikeuttavia vieraita esineitä.

Lujitemuovin murskaus on haasteellinen tehtävä. Materiaalien lujuus ja lujitemateriaalien kovuus kuluttaa murskaimen teriä ja seulaa. Paksujen kappaleiden murskaus vaatii suuria voimia, ja niiden syöttö murskaimeen on hankalaa. Osa materiaaleista pölyää voimakkaasti, mikä on huomioitava työturvallisuusriskinä. Toinen riski on styreeni, jota vapautuu murskauslaitoksen ilmaan.



KUVA 5. Lujitemuovijätettä esimurskaimessa (kuva Markus Bruun)

Koemurskaus suoritettiin Hyötypaperi Oy:n Valkealan laitoksella, joka oli ainoa koemurskauksesta tarjouksen tehnyt yritys. Kaksivaiheinen murskainlinjasto koostui esi- ja jälkimurskaimesta sekä hihnakuljettimista, jotka siirtävät murskeen automaattisesti esimurskauksesta jälkimurskaukseen ja edelleen varastopaikalle. Murskausprosessiin kuuluu murskauksen lisäksi myös pölyn ja raskaiden kappaleiden erottaminen murskeesta tuuliseulalla sekä metallisten kappaleiden magneettierotus.



KUVA 6. Murskauksessa käytetty jälkimurskain (kuva Markus Bruun)

Seuraavassa vaiheessa sementinvalmistaja analysoi lujitemuovimurskeen ja hyväksytystä murskeesta sekoitetaan polttoarvoiltaan ja kemialliselta puhtaudeltaan sementtiuuniin soveltuva polttoaineseos. Koe-erä poltetaan Finn sementti Oy:n Lappeenrannan sementti-uunissa tammikuussa 2014. Kuvissa 5 ja 6 näkyvät esi- ja jälkimurskaimet. Kuvassa 7 on murskattua lujitemuovijätettä.



KUVA 7. Murskattua lujitemuovijätettä REF-polttoaineen valmistusta varten (kuva Markus Bruun)

Selvitettäviä kysymyksiä

Lappeenrannan sementtiuunissa ei voida hyödyntää lujitemuovipölyä sellaisenaan. Samoin hartsiteollisuus tuottaa nestemäisiä jätehartseja, joille on kehitettävä kierrätyskäyttöä. Lumi- hankkeessa on testattu pölyn rakeistusta ja hartsin sekoitusta rakeisiin sideaineeksi. Laboratoriomittakaavassa tämä näyttäisi onnistuvan. Teollisen mittakaavan rakeistuskoe ei välttämättä ehdi tämän hankkeen piiriin, mutta tuotteen teollista kehittämistä tullaan viemään eteenpäin.

Lujitevalmistuksessa syntyy runsaasti lasijätettä. Lasilla ei ole lämpösisältöä polttoainekäyttöön eikä sementin kiviainekseen tarvita koko tarjolla olevaa määrää. Olemassa olevana kierrätyskäyttönä Metsäsairila Oy käyttää lasikuitulujitetta maanrakennuksessa korvaamaan sepeliä.

Liiketoimintamallin kehittäminen on meneillään. Toiminnalle on saatava kannattava arvoketju ja sitoutuneet toimijat. Murskainteknologiaan haetaan parhaita ratkaisuja eri laitevalmistajilta, pääasiassa Saksasta.

Lumi-hankkeessa tutkitaan teollisuustuotannossa syntyvän lujitemuovijätteen kierrätyskäyttöä. Vanhat, käytöstä poistuvat tuotteet tarvitsevat myös talteenotto- ja käsittelyjärjestelmän, joka poikennee Lumi-hankkeen järjestelmästä johtuen mm. tuotteiden kontaminoitumisesta, mahdollisesti suurista mitoista (veneet) sekä niiden sisältämistä materiaalikomponenteista, jotka saattavat vaatia purkumenetelmiä ja murskeen lajittelun kehittämistä.

Yhteenveto

Lujitemuovijätteen kierrätys sementtiuunissa energiaksi ja materiaaliksi on varteenotettava menetelmä lujitemuovijätteen kierrättämiseksi. Menetelmä vaatii puhdasta ja tasalaatuista raaka-ainepohjaa ympäristö-, työturvallisuus- ja tuotelaaturiskien hallitsemiseksi. Puhdas raaka-aine saadaan ohjaamalla ja tehostamalla syntypaikkalajittelua. Murskausteknologiaan ja murskeen käsittelyn jatkokehitykseen panostamalla on mahdollista saavuttaa käytötarkoitukseen soveltuva teknologia, joka varmistaa kierrätyspolttoaineen hyvän laadun. Kierrätystoiminnan teollinen käynnistäminen edellyttää kustannustehokasta ja kannattavaa liiketoimintaa ja toimijaverkkoa.

LUONNONKUITUKOMPOSIITTIIEN KÄYTTÖ JA MAHDOLLISUUDET KOMPOSIITTITEOLLISUUDESSA

Kirsti Iilomäki ja Kari Dufva

Tarve luonnonkuitujen hyödyntämiselle ja niistä valmistetuille tuotteille on lisääntynyt merkittävästi. Uusiutuvien luonnonvarojen käyttö ja rakenteiden energiatehokkuus vaativat uusien materiaalien kehittämistä sekä olemassa olevien materiaalien tehokkaampaa hyödyntämistä. Luonnonkuidut ovat ympäristöystävällisiä, uusiutuvia ja niistä voidaan valmistaa keveitä rakenteita. Komposiittiteollisuus on merkittävästi kehittyvä teollisuudenala niin massatuotannossa kuin piensarjoissa, ja uusien materiaalien ja teknologioiden tarve kasvava. Ekologisuus, kierrätettävyys ja uusiokäyttö ovat tärkeitä painotuksia myös komposiittiteollisuudessa.

Mikkelin ammattikorkeakoulussa on käynnissä Biolujite-hanke, jonka tavoitteena on kehittää biopohjaisia komposiittimateriaaleja ja niiden tuotantoteknologiaa. Hankkeessa pyritään synnyttämään yhteistyötä kotimaassa tutkimuslaitosten ja komposiittialan yritysten välille. Tavoitteena on luoda tutkimuspohjaa ja vetovoimaa uusille kansallisille ja kansainvälisille tutkimushankkeille luonnonkuitukomposiitteihin liittyen. Hankkeen puitteissa tehdään yhteistyötä Jyväskylän VTT:n yksikön kanssa, jossa yhdistyvät vahvasti Etelä-Savon alueen materiaali- ja ympäristöosaaminen ja Keski-Suomen puu- ja selluteknologian osaaminen. Tavoitteena on löytää tuote- ja materiaaliratkaisuja hyödyntäen ympäristöystävällisempää alan teknologiaa, jolla voidaan tuottaa energiatehokkaampia rakenneratkaisuja sovellettavaksi eri teollisuuden toimialoilla, esim. kuljetusvälineiteollisuudessa. Hanketta rahoittaa Etelä-Savon maakuntaliitto (EU-osarahoitteinen).

Luonnonkuitukomposiitit

Luonnonkuitukomposiitteja pidetään tulevaisuuden materiaaleina komposiittiteollisuudessa. Luonnonkuitukomposiitti eli biokomposiitti voi olla biohartsipohjainen, luonnonkuitulujitettu tai näitä molempia. Biopohjaisilla raaka-aineilla komposiitista saadaan osittain biohajoava. Luonnonkuituja voidaan käyttää lasikuitujen tai muiden perinteisten lujitekuitujen korvikkeena komposiittimateriaaleissa. Luonnonkuidut koostuvat sellulosesta, ligniinistä ja matriisin polysakkarideista (kuten pektiini ja hemiselluloosa).

Lisäksi luonnonkuidut sisältävät vahoja, epäorgaanisia suoloja ja typpipitoisia aineita. Luonnonkuiduilla on monia ominaisuuksia, jotka tekevät niistä houkuttelevia vaihtoehtoja perinteisille materiaaleille. Esimerkkeinä voidaan mainita jäykkyys, iskunkestävyys, taipuisuus ja hyvä värinänvaimennus- ja ääneneristyskyky. Riippuen kuitutyypistä ja jalostusasteesta kuituja on saatavilla suuria määriä; ne ovat uusiutuvia ja biohajoavia. Luonnonkuidut eivät kuitenkaan usein sovi suoraan korvaamaan lasi- ja hiilikutumateriaaleja. Hydrofiilisen luonteensa vuoksi luonnonkuidut imevät runsaasti kosteutta ja niiden tartunta hydrofobisiin matriiseihin on heikko. Luonnonkuitujen kemikaalikäsittelyllä pystytään saamaan ominaisuudet lähelle lasikuidun mekaanisia ominaisuuksia ja parantamaan adheesiota kuidun ja matriisin välillä. Luonnonkuidut hajoavat suhteellisen alhaisissa lämpötiloissa (~200 °C), mikä tekee niistä yhteen sopimattomia korkeaa kovetuslämpöä vaativien kertamuovien kanssa. Se myös rajoittaa luonnonkuitukomposiittien käyttöä korkean lämpötilan käyttökohteissa. Muita luonnonkuituihin liittyviä haasteita ovat suuri vaihtelu mekaanisissa ominaisuuksissa, alhainen murtolujuus ja – venymä, huono säänkesto ja ilmapuut tuotteissa. (Lehtiniemi 2011.)

Komposiittiteollisuudessa eniten käytettäviä luonnonkuituja ovat pellava, kenaf, hamppu ja juutti. Komposiittimateriaalit voivat olla partikkelilujitettuja, kuitulujitettuja, laminaatteja tai kerrosrakenteisia komposiitteja. Luonnonkuituja eri muodoissa voidaan käyttää näissä kaikissa komposiittityypeissä. Kuituja hyödynnetään erilaisten lujitekankaiden muodossa, katkokuituina, jatkuvakuituina ja prepreginä.

Luonnonkuitukomposiitteja ja niiden mahdollisuuksia on tutkittu ja kehitetty intensiivisesti viimeisen kymmenen vuoden ajan. Materiaalilla, jolla on alhainen hiilijalanjälki, pystyttäisiin paremmin vastaamaan kestävä kehityksen mukaisiin vaatimuksiin ja kiirstyneeseen lainsäädäntöön ekologisuuteen liittyen. Perinteisiä komposiitteja on hankala kierrättää, koska ne sisältävät pysyviä raaka-aineita. Lisää tutkimusta ja tarkempia elinkaarivaihtoehtoja tarvitaan luonnonkuitukomposiiteille, jotta saadaan selvyys ovatko luonnonkuitukomposiitit todella ”vihreämpiä” kuin perinteiset komposiitit. (Monthany 2006.)

Biolujite-hanke

Ekologisuus, kierrätettävyys ja uusiokäyttö ovat tärkeitä painotuksia tulevaisuuden komposiittiteollisuudessa. Biolujite-hankkeen tärkein teknologinen tavoite on uusien ja innovatiiv-

visten luonnonkuitupohjaisten materiaalien kehityksessä ja tuotteistamisessa. Tästä syystä hankkeella haetaan uutta ja toisiaan täydentävää yhteistyötä Keski-Suomen ja Etelä-Savon alueiden kesken. Yhdistämällä paperi- ja komposiittialan tutkimusta saadaan vahvempi kokonaisuus, jolla on mahdollista pärjätä kansainvälisen tutkimusrahan haussa ja saada aikaan lisää liiketoimintaa ja osaamista alueellisesti. Hankkeessa pyritään saavuttamaan kuitujen, lujitteiden ja matriisimateriaalien tutkimuksen kautta riittävät tekniset ja mekaaniset ominaisuudet omaavia komposiittituotteita ympäristö näkökulma huomioiden. Lisäksi opetellaan hallitsemaan luonnonkuitujen muotoutuvuus vaativissa geometrisissa sovelluksissa. Hankkeen myötä saadaan tietoa ja osaamista luonnonkuitukomposiiteista, jonka turvin monipuolistetaan materiaalitekniikan koulutusohjelman opintokokonaisuutta.

Hankkeen alkuvaiheessa tehtiin selvitystä materiaalintoimittajista, eli mistä on mahdollista saada biopohjaisia raaka-aineita komposiittiteollisuuteen. Luonnonkuitujen toimittajia on koottuna taulukkoon 1, ja biopohjaisten hartsien tietoja toimittajista on saatavilla taulukosta 2.

TAULUKKO 1. Luonnonkuitutoimittajia

Composites Evolution	Pellavalujitteet: Biotex Jute, Biotex Flax, Biotex Flax/PLA, Biotex Flax/PP, Biotex Flax +/-45 biaxial, Biotex Flax yarn 250tex, Biotex 4*4 Hopsack
Safilin	Pellava katkokuitu, lujitteet ja langat
Ecofibre Industries	Hamppu lujitekankaat ja hamppu katkokuitu
Groupe Depestele	Pellavalujitteet: LINCORE® FF is a 100% flax, LINCORE® PLA FF, LINCORE® PP FF
Flax Technic	Pellavalujitteet, FLAX TECHNIC®
Eco Technilin	Luonnonkuitupohjaiset lujitematot, huovat, prepregit, PP - pelletit
Lineo	pellava lujiteteippi, pellava prepregit, pellava lujitematot
Core Cork	Korkki ja balsa komposiittiteollisuuteen

Lisäksi selvitettiin millaisia tuotteita luonnonkuitukomposiiteista valmistetaan tällä hetkellä, luonnonkuitukomposiiteille soveltuvia valmistusmenetelmiä, prosessiparametreja ja potentiaalisia yrityksiä luonnonkuitupohjaisten tuotteiden valmistamiseen kotimaassa. Täysin biohajoavaa komposiittia ei ole olemassakaan. Parhaiten biohajoava komposiitti saadaan, kun käytetään biopohjaista hartsia ja luonnonkuitua lujitteena. Komposiittiteollisuudessa käytettäviä biopohjaisia kertamuoveja ovat polyesterit, epoksit ja PLA-hartsit.

TAULUKKO 2. Biopohjaisten hartsien toimittajia

Ashland Finland	Envirez G 8600 INF-60 13% biopohjainen
UPM Kymmene Oyj	UPM Profi
Entropy Resin	SuperSap: biopohjainen epoksihartsi, 17 %
Nature Works	Ingeo™, PLA-hartsi
DuPont	Biomax® PTT, 37 % biopohjainen PLA-hartsi
TransFurans Chemicals	BioRezTM, biopohjainen polyesterei

Luonnonkuitujen käyttöön ja toimittajiin liittyvän selvitystyön ja verkostoitumisen puitteissa osallistuimme mm. Pariisissa järjestettyyn komposiittialan JEC-tapahtumaan maaliskuussa, BIOMATERIALS Towards Industrial Applications -seminaaripäivään toukokuussa Aalto yliopistolla, Composites Week @ Leuven -tapahtumaan syyskuussa Belgiassa sekä Kokkolan lujitemuovipäiville 2013. Näissä komposiittialan tapahtumissa oli selvästi nähtävillä lisääntynyt kiinnostus biokomposiittien tutkimukseen, tuotekehitykseen ja uusien sovelluskohteiden kaupallistamiseen.

Lujitemuovipäivien perusteella Suomessa tehdään tutkimustyötä luonnonkuituihin liittyen, mutta kaupallisia sovelluksia on olemassa vielä vähän. Lisää tietoa ja ymmärrystä luonnonkuitujen käyttäytymisestä prosesseissa tarvitaan, jotta tuotteistaminen ja uusien kaupallisten sovellusten tuleminen markkinoille olisi mahdollista. Tällä hetkellä erityisen kiinnostuksen kohteena kotimaassa kuin kansainvälisestikin ovat olleet biopohjaiset katkokuitukomposiitit, biopohjaiset matriisimateriaalit, luonnonkuitujen ominaisuudet ja pintakäsittely, kosteuden vaikutus luonnonkuituun, luonnonkuitukomposiittien valmistusmenetelmät sekä luonnonkuitukomposiittien tekniset ominaisuudet. Riittävän hyvä adheesio luonnonkuidun ja polymeerihartsin välille on edellytyksenä, kun halutaan saavuttaa luja komposiittimateriaali. Alkalikäsittelyllä voidaan parantaa adheesiota, ja saavuttaa näin entistä paremmat mekaaniset ominaisuudet. Alkalikäsittelyn vaikutus perustuu siihen, että se rikkoo luonnonkuitua pienemmiksi säikeiksi, ja näin ollen vaikuttava kosketus pinta-ala hartsiin kasvaa. Tästä syystä luonnonkuidut impegroituvat hitaammin kuin esimerkiksi perinteinen lasikuitulujite. (Sgriccia 2008.)

Luonnonkuitukomposiittien käyttö on lisääntynyt vene- ja urheiluväline teollisuudessa. Hankkeessa on valmistettu sählymaila käyttäen aurinkoveneen runko ja sählymaila käyttäen

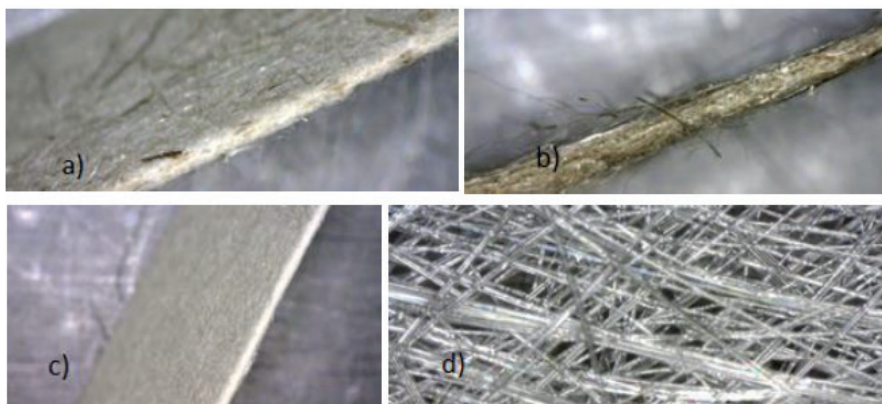
pellavaa lujitteena. JEC-show:ssa luonnonkuitupohjaisia komposiitteja oli käytetty maastopyörien rungoissa, autojen sisäpaneelissa, kanooteissa, surffausta laudassa ja hiihtovälineissä (kuva 1). Rakennusteollisuudessa olisi mahdollista käyttää luonnonkuitukomposiitteja eristyslevyissä, kuitulevyissä, lastulevyissä, katoissa ja seinissä puurakenteiden tavoin.



KUVA 1. Pariisi JEC 2013 esillä oli luonnonkuidusta valmistettu polkupyörä ja avoauto (kuvat Kirsti Iilomäki)

Testimenetelmät

Biolujite-hankkeessa tehdään yhteistyötä VTT:n Jyväskylän yksikön kanssa. Tutkimuksen tavoitteena on selvittää luonnonkuitupohjaisten laminaattien mekaanisia ominaisuuksia, lujitteen imegroitumista hartsilla ja muotoutuvuutta. Lisäksi selvitetään, miten luonnonkuidut sopivat alipaineinjektiolla valmistamiseen, ja kuinka prosessia voidaan entisestään kehittää. Työssä selvitettiin käsittelemättömien pellavakuitujen soveltuvuutta vaahtorainausmekaniikkaan, saavutettavia laminaattien ominaisuuksia sekä mahdollisia sovelluskohteita, joissa tämän tyyppistä laminaattimateriaalia voitaisiin hyödyntää. VTT:llä valmistettiin vaahtorainausmenetelmällä lujitemattoja pellavakatkokuidusta, mäntysellusta ja näistä molemmista. Vaahtorainausmekaniikalla voidaan tuottaa ominaisuuksiltaan erilaisia lujitemateriaaleja edullisesti massatuotantona. Kudottuihin lujitemateriaaleihin verrattuna rai-nauksella päästään huomattavasti nykyistä nopeampiin tuotantonopeuksiin. Apuaineina käytettiin lateksia ja tärkkiä, joilla pyrittiin parantamaan lujitteen ominaisuuksia. Vertailunäytteenä käytettiin lasikuitulujitemattoa. Kaikkia laminaattien neliöpaino oli n. 225 g/m². Kuvassa 2 on esitettyä lujitemateriaaleja ennen laminaatin valmistamista.



KUVA 2. Lujitteiden rakennetta ja poikkileikkaus kuvaa a) pellava + mänty b) pellava c) mänty d) lasikuitu (kuvat Kirsti Ilomäki)

Katkokuitulujitettujen muovikomposiittien käyttö kuormaa kantavana konstruktio materiaalina on huomattavasti vähäisempää kuin jatkuvakuitulujitetuilla kertamuovikomposiiteilla. Tämän vuoksi niiden muut kuin kuormaa kantavat ominaisuudet ovat tärkeässä asemassa. Toisaalta ne eivät myöskään saa heikentää matriisiaineiden hyviä ominaisuuksia. Jotta, esimerkiksi pellavasta, valmistetut luonnonkuitulujitteet olisivat käyttökelpoisia, tulee niiden ainakin joiltain osin parantaa matriisiaineen ja siitä valmistetun tuotteen ominaisuuksia. Tutkimuskohteena tässä tutkimuksessa on valmiin laminaatin mekaaniset ominaisuudet, jotka komposiitin tulee ensisijaisesti täyttää. VTT:n Jyväskylän yksikössä valmistettiin katkokuitupellavasta ja mäntyselystä vaahtorainausmenetelmällä arkkeja kuitulujitteeksi. Lisäksi valmistettiin arkkeja, joissa on katkokuitupellavaa ja mäntyselystä sekoitettuna sekä näihin kuitumateriaaleihin lisättyinä tärkkiä ja lateksia eri pitoisuuksia. VTT:llä valmistetuille kuitulujitearkeille käytettiin vertailunäytteenä lasikuitumattoa ja kaupallista pellavasta valmistettua lujitetta vastaavalla neliöpainolla.

Arkit valmistettiin vaahtorainausmenetelmällä käyttäen puoliautomaattista arkkimuottia. Vaahtorainauksessa käytettiin noin 0,8 %:n sakeutta. Vaahtotettujen kuitumateriaalien valmistus aloitettiin valmistamalla vesivahto vedestä ja surfaktantista (0,2 g/l). Tasaisen vesivaahdon muodostuttua lisättiin joukkoon kuitumateriaali ja jatkettiin sekoittamista, kunnes kuidut olivat jakautuneet vaahtoon tasaisesti. Valmistettujen kuituvaahtoarkkien neliömassa oli noin 225 g/m². Kuituvahto kaadettiin arkkimuottiin, jossa se imettiin alipaineen -50 kPa avulla tiiviiksi rakenteeksi, märät arkit puristettiin 3,5 bar 5 min ja kuivattiin levyillä vakioituissa olosuhteissa (Smith 1975).

Vaahoarkkien valmistaminen puoliautomaattisella arkkimuotilla onnistui hyvin. Vaahoarkkimuotteja käyttämällä voidaan päästä tasaiseen profiiliin kuitulujitteissa. Kuitulujitteiden lujuutta on mahdollista parantaa jatkossa lujuutta parantavilla kemikaaleilla.

Lujitteista valmistettiin alipaineinfuusiomenetelmällä valmiita laminaatteja, joiden yhteydessä tutkittiin eri lujitteiden infuusioaika ja valmiin laminaatin kuitupitoisuus. Mekaaniset ominaisuudet tutkittiin vetokoetestillä. Polymeerihartsina käytettiin 13 %:ta biopohjaista polyesteriä. Lasikuitulaminaatin mekaaniset ominaisuudet olivat paremmat kuin luonnonkuitupohjaisten laminaattien. Lasikuidulla saavutettiin selvästi nopeampi infuusioaika ja suurempi kuitupitoisuus. Jatkotoimenpiteenä pyritään parantamaan edelleen luonnonkuitulaminaattien ominaisuuksia mm. nostamalla laminaattien kuitupitoisuutta ja kemikaalikäsittelyillä.

Luonnonkuitujen mahdollisuudet ja kaupallinen potentiaali

Biopohjaisten materiaalien käytön on arvioitu nousevan nykyisestä noin 5 % -> 18 % vuoteen 2020 mennessä. Esimerkiksi biopohjaisten polymeerihartsien myynti on noussut 20–30 % vuodessa. Luonnonkuitupohjaiset komposiitit ovat tulevaisuudessa realistinen vaihtoehto korvaamaan etenkin lasikuitulujitettuja komposiitteja hyvien ominaisuuksiensa ansiosta. Samalla pystytään ratkaisemaan monia ympäristön kuormittamiseen liittyviä ongelmakohtia. Luonnonkuitujen lujuus on heikompi kuin lasikuitujen. Lasikuitujen tiheys on suurempi kuin komposiitteollisuudessa käytettyjen luonnonkuitujen, jolloin luonnonkuitujen lujuusominaisuudet painoon suhteutettuna ovat paremmat kuin lasikuidulla. Tästä syystä luonnonkuitujen käyttöä keveyttä ja kohtalaisia mekaanisia ominaisuuksia vaativissa käyttösovellutuksissa on mahdollista lisätä. Esimerkiksi autoteollisuudessa kevyemmillä osilla säästetään polttoainekuluissa. Luonnonkuituja käytettäessä saadaan suurempi kuitupitoisuus komposiittiin kuin lasikuidulla, ja tällöin ympäristöä kuormittavaa matriisimuovia on vähemmän (Monthany 2006). Euroopassa on alkanut toimia yrityksiä, jotka valmistavat luonnonkuitukomposiiteista melunsuojia moottoriteiden ja rautateiden varteen, koska luonnonkuidulla on hyvät ääneneristysominaisuudet.

Useita eri luonnonkuitulujitteita on markkinoilla saatavilla teollisena tuotantona ja niitä käytetään massatuotannossa kuten autoteollisuudessa. Autoteollisuudessa käytetään paljon kestomuovimatriisiin pohjautuvia komposiittirakenteita, joissa matriisimateriaali on kiin-

teässä muodossa, esimerkiksi lankana, yhdistetty lujitekuituihin. Materiaali valmistetaan tuotteeksi puristamalla tuote lämmön avulla lopulliseen muotoonsa. Tällaista materiaalia valmistaa esimerkiksi saksalainen Isowood. Nyt tutkittavaa lujitetyyppiä voidaan jalostaa samantyyppisen tuotteen aikaansaamiseksi, mutta monipuolisemmin ominaisuuksin. Valmistusmenetelmä antaa mahdollisuuksia monipuolisen lujitetyypin valmistamiseksi ja lisää näin teollista hyödynnettävyyttä. Mattomuotoista lujitetta voidaan sisustuspaneelien ja -elementtien lisäksi hyödyntää monenlaisissa tuotteissa. Huonekalu-, rakennus- ja urheiluvälineteollisuus käyttävät suuria määriä komposiittimateriaaleja, ja niiden sovellukset sopivat hyvin luonnonkuitulujitteille.

Tässä tutkimuksessa valmistettuja lujitemateriaaleja voidaan jalostettuina soveltaa sellaisenaan, mutta lujitteen jatkojalostus on tarpeen todellisen markkinapotentiaalin hyödyntämiseksi. Lujitteen tasalaatuisuus, materiaalit sekä kerrostuminen vaativat jatkokehitystä sekä entistä parempia materiaaleja, jotta uusia ominaisuuksia tarjoava lujite saadaan teollisesti valmistettavaan muotoon. Alipaineinjektiolla saavutettu hyvä pinnanlaatu ja laminaatin ominaisuudet mahdollistavat lujitteen käytön korkealuokkaisissa tuotteissa ja menetelmällä on mahdollista saavuttaa hyvä kuitupitoisuus, joka parantaa laminaatin suorituskkyä.

LÄHTEET

Lehtiniemi P., Dufva K., Berg T, et al. , 2011, Natural fiber-based reinforcements in epoxy composites processed by filament winding, *J. Reinf. Plast. Compos.*, vol. 30, nro. 23.

Monthany A., Misra M., Drzal L., Selke S., Harte B., Hinrichsen G., 2006, *Natural Fibers, Biopolymers, and Biocomposites, An Introduction*, CRC Press Taylor & Francis Group, LLC, s.1-32.

Sgriccia N., Hawley M.C., Misra M., 2008, *Composites: Part A, Characterization of natural fiber surfaces and natural fiber composites*, vol. 39, nro 10, 1632-1637.

Smith M.K. and Punton V.W., 1975, Foam can improve formation, *Pulp & Paper Canada*, Vol. 76, No 1. 55-58.



MAMK

University of Applied Sciences

Mikkelin ammattikorkeakoulu
Patteristonkatu 2, 50100 Mikkelä