

VÄITÖSKIRJAPALKINTO 1999–2009





Väitöskirjapalkinnot 1999-2009

Julkaisijat: Tekniikan Akateemisten Liitto TEK ja Tekniska Föreningen i Finland TFIF
Ratavartijankatu 2, 00520 Helsinki
Esittelytekstit: Lauri Lehtinen
Kuvat: TEK ja Antonin Halas
Taitto: Riitta Kärki
Kansi: Maisa Nissinen
Painopaikka: Helsinki
ISBN-13 978-952-5633-40-5
Ensimmäinen painos
© TEK 2009

Lukijalle

TEK ja TFiF edistävät tekniikan ja luonnontieteiden kehitystä palkitsemalla vuosittain poikkeuksellisen ansiokkaita töitä näillä aloilla. Yksittäisiä palkintoja on myönnetty järjestöjen nimissä jo useiden vuosikymmenien ajan. 1980-luvun alussa toiminta organisoitui säännölliseen vuosittaiseen toimintamalliin. Palkintokokonaisuus on nykyisellään yksi maamme kattavimmista ja arvostetuimmista tunnustusjärjestelmistä insinööriyön alalla.

Väitöskirjapalkinto lisättiin palkintojärjestelmään vuonna 1999 tarkoituksena kannustaa diploma-insinöörejä ja arkkitehteja jatko-opintoihin, kohottaa jatkotutkintojen arvostusta, ja havainnollistaa niiden merkitystä tekniikan kehitykselle. Perinteisten akateemisten ansioiden ohella valinnassa kiinnitetään huomiota myös tulosten tieteellisteknilliseen uutuusarvoon, aihealueen yleiseen merkittävyyteen, tulosten hyödynnettävyyteen, sekä työn vaikutukseen korkeakoulujen ja elinkeinoelämän yhteistyössä. Valintaprosessi toteutetaan yhteistyössä teknillisten yliopistojen ja tiedekuntien rehtorinvirastojen kanssa.

Väitöskirjapalkinnon ensimmäisen vuosikymmenen nyt täytyessä on toimittaja Lauri Lehtinen koonnut yhteenvedon tähänastisista palkinnon voittajista, heidän töistään ja niiden myöhemmistä vaiheista.

Toivomme palkinnon jatkossakin kannustavan tekniikan tekijöitä pitkäjänteiseen ja korkeatasoiseen työhön.

Pekka Pellinen
Tekniikan Akateemisten Liitto TEK ry

SISÄLTÖ

1999

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---|
| TkT Matti Latva-aho: Advanced Receivers for Wideband CDMA Systems | 6 |
| Työ, joka koskettaa lähes jokaista | 6 |

2000

| | |
|------------------------------------------------------------------------------|---|
| TkT Lauri Savioja: Modeling Techniques for Virtual Acoustics | 7 |
| Kaiut muuttuivat biteiksi | 7 |

2001

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| TkT Janne Ruokolainen: Supramolecular Concepts for Self-Organized Polymeric Nanostructures | 8 |
| Sileäksi saippuoiu nanorakenne | 8 |

2002

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|---|
| TkT Kimmo Uutela: Estimating Neural Currents from Neuromagnetic Measurements | 9 |
| Terävämpi magneettikuva..... | 9 |

2003

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| TkT Visa Vehmanen: Photoinduced Electron Transfer in Porphyrin-Fullerene and Phytyochlorin-Fullerene Dyads | 10 |
| Yhteyttämisen saloja paljastamassa..... | 10 |

2004

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------|----|
| TkT Teemu Salo: Bandpass Delta-Sigma Modulators for Radio Receivers | 11 |
| Ohjelmoitavuutta vastaanottimeen..... | 11 |

2005

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| TkT Anna Kaksonen: The Performance, Kinetics and Microbiology of Sulfidogenic Fluidized-Bed Reactors Treating Acidic Metal- and Sulfate-Containing Wastewater | 12 |
| Vesi puhtaaksi bakteereilla..... | 12 |

2006

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| TkT Hannu Eloranta: Fluid Mechanics of the Papermaking Machine Headbox - Instabilities and Disturbances in the Slice Chamber | 13 |
| Ei enää huuli pyöreänä..... | 13 |

2007

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| TkT Sami Valkama: Itsejärjestäytyneisiin kampamaisiin supramolekyyliin perustuvat funktionaaliset materiaalit | 14 |
| Väriä vaihtava polymeeri..... | 14 |

2008

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| TkT Marian Codreanu: Multidimensional Adaptive Radio Links for Broadband | 15 |
| Tilaa taivaalle..... | 15 |

2009

| | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| TkT Ari Saario: CDF-mallinnuksen ja optimoinnin käyttö teollisuuskokoluokan leijupetikattiloiden päästöjen minimoinnissa | 16 |
| Laskenta tuottaa vähäpäästöisiä teollisuuskattiloita | 16 |
| Virtauslaskenta (CFD) ja monitavoiteoptimointi. 16 | |
| Väitöskirjapalkinnon säännöt | 17 |

TYÖ, JOKA KOSKETAA LÄHES JO- KAISTA

Kun TEK ja TFiF jakoivat ensimmäisen väitöskirjapalkintonsa, se päätettiin antaa työlle, joka sittemmin tuli koskemaan suurta osaa ihmiskuntaa. Kyseessä oli Matti Latva-ahon tutkimus, joka keskittyi matkapuhelinverkon kapasiteetin kasvattamiseen.

Viime vuosituhaten lopussa GSM-tekniikka oli langattoman tiedonsiirron terävintä kärkeä. Oli kuitenkin selvästi nähtävissä, että tarve huomattavasti suurempaan tiedonsiirtokapasiteettiin oli olemassa.

Jotta multimediatekniikan vaatimat suuret tiedonsiirtonopeudet saatiin mahdollisiksi, piti kehittää kolmannen sukupolven matkapuhelinjärjestelmä. Sen pohjaksi valittiin CDMA-tekniikka, jonka kehitystä oli tehty voimakkaasti myös Suomessa.

Ensimmäinen matkapuhelinten sukupolvi, jonka parasta tekniikkaa edusti analoginen NMT, varasi yhden taajuusalueen koko puhelun ajaksi. Seuraavan sukupolven digitaalinen GSM käytti useammalle yhteydellä samaa taajuutta vuoronperään aikajautusti, ja siten sama taajuuskanava kykeni välittämään paljon enemmän puheluita.

CDMA-järjestelmässä kaikki radioyhteydet käyttävät samanaikaisesti samaa taajuuskaistaa yhtäaikaisesti. Lähetekoodataan siten, että vain halutun käyttäjän vastaanotin voi sen purkaa muiden päällekkäisten koodattujen viestien seasta. Kun käyttäjämäärä kasvaa riittävästi, eivät käyttäjien koodit enää kykene viestejään erottelemaan kasvaneen häiriötason vuoksi. Kaikki mahdolliset menetelmät häiriötason madaltamiseksi kasvattavat järjestelmän kapasiteettia ja parantavat yhteyden laatua.

Latva-ahon työssä kehitettiin matemaattinen analyysi, joka osoitti, että häiriötä vaimentavat vastaanottimet kasvattavat ratkaisevasti järjestelmän kapasiteettia. Väitöstyössä saadut tulokset osaltaan

johtivat myös siihen, että 3G-standardeihin lisättiin häiriötä vaimentavien vastaanottimien käyttö.

Tekniikan toimivuus osoitettiin aikoinaan tietokonesimuloinnein. Osa kehitetystä tekniikasta oli sellaista, ettei tuolloinen elektroniikka selviytynyt siitä. Mobiiliteknologioille on kuitenkin ollut ominaista, että uusia innovaatioita kehitetään luottaen siihen, että tekniikka saa kiinni teoriassa kehitetyt ideat.

Nykyisin väitöstyössä kehitettyä tekniikkaa käytetään 3G-matkapuhelinjärjestelmien lisäksi satelliittipaikannuksessa, kuten GPS-järjestelmässä. CDMA-tekniikan syrjäyttäjäksi ovat nousemassa monikantoaalto-tekniikkaan perustuvat tiedonsiirto- menetelmät siitä syystä, että alati kasvava tiedonsiirtotarve kasvattaa järjestelmäkaistan leveyksiä, jolloin CDMA-tekniikan käyttäminen tulee monimutkaiseksi. Latva-aho onkin viime vuodet tutkimusryhmänsä kera keskittynyt näiden uusien tekniikoiden tutkimukseen toimessaan professorina Oulun yliopistossa.

1999



Matti Latva-aho kuvassa vasemmalla.

KAIUT MUUTTUIVAT BITEIKSI

Toinen palkittu väitös syntyi Teknillisen korkeakoulun Tietoliikenneohjelmistojen ja multimedian sekä Akustiikan ja äänenkäsittelytekniikan laboratorioden yhteistyönä. Sen aiheena oli huoneakustiikan mallintaminen.

Lauri Saviojan tutkimus oli urauurtava virtuaalisen äänenkäsittelytekniikan ja akustiikan alueella, sillä tuolloin akustiikan virtuaalimallinnusta ei ollut tehty juuri missään. Lisäksi on muistettava, että aikakauden tietokoneiden laskentateho poikkesi huomattavasti nykyisestä.

Väitöstyössä kehitettiin simulointijärjestelmä, jonka avulla tilojen akustiikkaa voidaan kuunnella jo niiden suunnitteluvaiheessa. Se antaa mahdollisuuden myös liikkua tiloissa, joten akustiikan toteutumista voidaan tutkia rakennuksen tai salin eri osissa. Ennen väitöskirjassa kuvattuja menetelmiä tällainen äänimaiseman ennakoarviointi ei ollut mahdollista.

Savioja onnistui yhdistämään äänilähteiden, tila-akustiikan sekä ihmisen kuulon matemaattisiksi, toimiviksi malleiksi. Palkinnon perusteissa mainittiin, että hän kykeni yhdistämään huoneakustiikan monen eri laskennallisen mallinnusmenetelmän parhaat osat.

Akustisen simuloinnin mahdollisuudet eivät pääty ainoastaan arkkitehtooniseen tai rakennesuunnitteluun. Sitä on hyödynnetty esimerkiksi tietokonepeleissä, elokuvissa, teleneuvotteluissa ja muissa virtuaaliteknisissä sovelluksissa. Lisäksi tutkimuksella on ollut merkitystä matkapuhelinten tuotekehityksessä, erityisesti hand-free -sovelluksien kohdalla. Niissä on hyvin tärkeätä, että laitteen käyttäjä saa viestin mahdollisimman selkeässä akustisessa muodossa.

Osa tutkimuksen tuloksista on kaupallisessa käytössä, osaa vielä tutkitaan. On huomattavaa, että osa MPEG-4 standardista on suoraan johdettu väitös-



TkT Lauri Savioja

2000

työstä. Nokialla on asiaan liittyvä patentti, ja useat ulkomaiset, pienet yritykset hyödyntävät tutkimusta nykyisissä ja tulevaisuuden tuotteissaan.

Savioja työskentelee nykyisin professorina TKK:n Mediatekniikan laitoksella.

”Väitös on ollut oleellinen osa ammatillista päteväytymistäni.”

SILÄÄKSI SAIPPUOITU NANORAKENNE

Kytkeytyessään ketjuiksi eli muodostaessaan polymeerejä monet suhteellisen tavanomaiset ja yksinkertaiset aineet saavat uusia ominaisuuksia. Yksittäiset sokerimolekyylit muodostavat lujaa selluloosaa ja orgaaniset kaasut polymeroituvat yleisimmiksi muovilaaduuksi.

Polymeerit muodostuvat luonnossa melkoisen säännöllisiksi, mutta teollisissa prosesseissa niiden muoto on epäsäännöllinen. **Janne Ruokolainen** sovelsi luonnossa tavattavia prosesseja ja käytti pinta-aktiivisia aineita polymeerien ominaisuuksien muokkaamiseen. Yleisimmin tunnettuja pinta-aktiivisia aineita ovat saippuat.

Hän kykeni osoittamaan, että sopivasti valituilla pinta-aktiivisilla aineilla polymeeriketjut muodostuvat hyvin järjestäytyneiksi. Tuloksena oli nanorakenteita, jotka syntyivät itse,

ilman ulkopuolista ohjausta. Ne muistuttivat esimerkiksi eloperäisen luonnon solukalvoja, joissa on myös pinta-aktiivisia molekyylikerroksia.

Syntyneissä rakenteissa käytettiin hyväksi myös supramolekulaarista kemiaa; siinä materiaali muodostuu vahvojen kemiallisten sidosten lisäksi myös heikkojen sidosten avulla. Näitä ovat vety- ja koordinaatiosidokset sekä ioniset vuorovaikutukset.

Paitsi että Ruokolainen onnistui synnyttämään uusia polymeerirakenteita hän tutki niitä myös laajasti. Tutkimuksessa käytettiin esimerkiksi elektronimikroskopiaa. Samoin väitöstyössä osoitettiin, että uusien polymeerirakenteiden syntyä ja kehittymistä voidaan ohjata. Apuvälineinä voidaan käyttää pinta-aktiivisten aineiden valitsemista ja esimerkiksi lämpötilaa. Lisäksi on mahdollista, että materiaalien ominaisuuksia voidaan kontrolloida jännitettä, valoa tai pH:ta muuttamalla.

Ulkoisella signaalilla ohjattavilla, nanomittakaavan rakenteita sisältävillä materiaaleilla on useita mahdollisia käytännön sovelluksia. Eräs mahdollinen alue on optiikka, sillä järjestäytyneet rakenteet voivat toimia esimerkiksi täydellisesti valoa heijastavina fotokiteinä, kuten osoitettiin myöhemmin Sami Valkaman väitöskirjassa.

Lisäksi Valkaman väitöskirjassa osoitettiin, että rakenteisiin voidaan synnyttää hallittua huokoisuutta. Tällöin niitä voidaan käyttää käänteisosmoosin kaltaisissa suodatuksissa; toisaalta hallittu huokoisuus sopii hyvin vaikkapa katalyytin alustaksi. Sen avulla on myös mahdollista kehittää materiaaleja, jotka luovuttavat lääkkeitä tarkalleen halutulla tavalla.

Väitöskirjassa esitetyt oivallukset eivät ole edenneet vielä suoraan tuotteiksi saakka, mutta niiden ympärillä tehdään jatkuvasti kehitystyötä. Ruokolaisen omaan uraan väitös liittyy hyvin läheisesti – hänet on nimitetty pysyvästi Teknillisen fysiikan professorin virkaan teknilliseen korkeakouluun. Tutkimusalueena kokeellinen nanofysiikka ja materiaalitiede.

2001



TkT Janne Ruokolainen kuvassa keskellä.

TERÄVÄMPI MAGNEETTIKUVA

Pään rakennetta ja vaurioita tutkittaessa voidaan käyttää röntgensäteitä. Sen sijaan aivojen toiminnan tutkimiseen menetelmä on liian karkea ja lisäksi soluja tuhoava. Aivojen tapahtumia selvitetään mittamalla niiden hienoisten sähkövirtojen aiheuttamia magneettikenttiä – tällä tutkimuksen alalla Suomi on ollut jatkuvasti maailman kärkipäässä magneto-
enkfalografassa (MEG).

Pään sähköisten viestien seuraamisessa on kuitenkin se ongelma, että päässä tapahtuu kaiken aikaa yhtä ja toista. Tämän johdosta saatu mittaustieto sisältää yhtäaikaisten aivotoimintojen synnyttämiä magneettikenttiä, jotka sekoittavat toistensa sisältämiä tietoa.

Tekniikan tohtori **Kimmo Uutela** kehitti kaksi matemaattista menetelmää, joiden avulla magneettikuvauksessa saadusta tiedosta voidaan löytää ne alueet aivoista, jotka kulloinkin ovat aktiivisia. Mallit, minimivirtaestimaatti ja globaalia optimointia käyttävä monidipolimalli, kykenevät laskennallisesti paikantamaan yhtäaikaaisesti ja automaattisesti useita yhtäaikaisia aivoalueita.

Monidipolimalli auttaa paikantamaan muuttuvan alueen tarkasti, kun taas minimivirtaestimaatti antaa yleiskuvan koko aivokuoren alueen toiminnosta. Molemmat menetelmät ovat saaneet käytännön sovelluksia; niitä käytetään kaupallisissa MEG-mittausohjelmistoissa.

Lisäksi Uutela kehitti matemaattisen laskennan, joka korjaa pään liikkumisesta aiheutuvat virheet. Normaalisti pää pidetään kuvauksen aikana aivan paikoillaan, mutta keskittymiskyvyltään puutteelliset potilaat, kuten pienet lapset, pyrkivät liikuttamaan päätään kuvauksen aikana.

Väitöskirjassa esitettiin myös niitä tuloksia, mitä uusi laskentatapa ja tehdyt mittaukset olivat osoittaneet. Tulokset osoittivat, mitkä aivojen eri alueet osallistuivat esimerkiksi käsien ja näön yhteistoimintaan sekä eri ärsykkeiden yhdistämiseen. Samalla

kyettiin osoittamaan aivoista alue, joka toimii kirjaimen nähdyn ja kuullun viestin yhdistäjänä. Alue vastaa mahdollisesti myös kirjainten abstraktista käsittelystä.

Uutela teki väitöskirjansa TKK:n kylmälaboratoriossa. Hän siirtyi sieltä väitöksen aikoihin Instrumentariumille, nykyään GE Healthcarelle. Kehitetyt menetelmät eivät suoraan liity hänen nykyiseen päätyöhönsä, joskaan hän ei ole eksynyt kauas aiheesta. Tällä hetkellä hän kehittää leikkauspotilaan unen syvyyttä tarkkailevia EEG-mittauksia.

Kehitetty minimivirtaestimaatti on kaupallisesti käytössä. Ruotsalaisomisteinen yritys nimeltä Elekta-Neuromag valmistaa aivojen magneettikuvantamislaitteita, ja menetelmää soveltava ohjelma on yhtenä yrityksen tarjoamana ohjelmistona. Uutela tekee sivutoimisesti yhteistyötä Elekta-Neuromagin kanssa ohjelmiston tiimoilta.

2002



TkT Kimmo Uutela

YHTEYTTÄMISEN SALOJA PALJASTAMASSA

Kun väitöskirjojen palkitsemisessa oli edetty viidenteen kertaan, palkinto osui perustutkimuksen alueelle. **Visa Vehmanen** työ käsitteli nanokemiamia ja tulosten tulkitsemisen kannalta välttämätöntä spektroskopiaa.

Tutkimuksessa käytettiin synteettisiä molekyyliä ja analysoitiin niiden elektronista virittymistä. Perimmäinen tarkoitus oli selvittää sitä, miten yhteyttämisessä valo virittää elektroneja korkeampaan potentiaaliin ja kuinka tämä potentiaali edelleen purkautuu.

Ongelmana oli tapahtumien nopeus – ainakin ihmisen mittakaavasta katsotuna. Tapahtumien kestot mitataan kymmenissä tai sadoissa femtosekunneissa, eli sekunnin biljardisosissa (tai kvadriljoonasosissa, joka tapauksessa pilkun jälkeen ladotaan 14 nollaa ennen ykköstä).

Elektroninsiirto käynnistettiin 50 femtosekunnin laserpulsilla, joka nosti molekyylin virittyneeseen tilaan. Tämän jälkeen seurattiin valoenergian absorption jälkeisiä tapahtumia. Seuraamisessa käytettiin aikaerotteisia spektroskooppisia menetelmiä, eli viritystilän purkautumisessa syntyvän aallonpituuden mittaamista ajan funktiona. Aallonpituus kertoo, kuinka korkealta tilalta ja mitä reittiä elektronin viritystila purkautuu, sillä emittoituvan fotonin tai monitorointivalon aallonpituus ilmoittaa viritystilojen välisen energian ja aika kertoo vaiheiden nopeudesta.

Tutkimustyössä havaittiin, että elektronin viritystila purkautuu sellaisen välitilan kautta, jota ei ollut ai-

emmin havaittu. Se oli tosin ennustettavissa, mutta sen varmistaminen mittauksella oli hankalaa, sillä syntyvä valosäteily oli heikkoa ja sen kesto oli nopeimmillaan alle 100 femtosekunnin luokkaa. Välitilan havaitseminen auttoi reaktioiden syvällisempää ymmärtämistä ja edelleen parempien molekyylien suunnittelemista. Tutkimus avasi uusia polkuja, joita voidaan hyödyntää vaikkapa aurinkokennojen kehittämisessä ja fotosynteesin tapaisessa tekniikassa, joka muuttaa säteilyenergiaa suoraan kemialliseksi energiaksi.

Visa Vehmanen on vaihtanut kokonaan alaa, ja hän toimii nykyisin freelance-valokuvaajana ja opettajana. Se ei kuitenkaan merkitse sitä, että tutkimus olisi tyrehtynyt: valokemia on valittu TTY:n kärkitai huippututkimusalaksi, väitöskirjoja on tullut Visan jälkeen vuosittain vähintäänkin yksi, ja julkaisemme alalta noin 15 referee-artikkelia vuodessa. Laitokseltamme on tullut myös huippuväitöksiä, kertoo professori **Helge Lemmetyinen** Tampereen teknillisen yliopiston kemian laitokselta.

2003



TKT Visa Vehmanen

OHJELMOITAVUUTTA VASTAANOTTIMEEN

Langattomien sovellusten lisääntyminen asettaa suurempia vaatimuksia radioyhteyksille. Niiltä edellytetään joustavuutta ja muokattavuutta. Tämä koskee esimerkiksi radiokaistan valintoja ja modulointitapoja.

Matkapuhelintekniikassa eräs keskeinen tavoite on ollut vastaanottimien kehittäminen siten, että signaalia voidaan muokata mahdollisimman paljon digitaalisessa muodossa. Ohjelmoitavan vastaanottimen kehitys edellyttää riittävän nopean ja tarkan analogia-digitaali muuntimen kehittämistä; sen virrankulutuksen on myös oltava alhainen.

Teemu Salo tutki analogisen signaalin muunnosta digitaaliseksi välitaajuudella, eli korkeammalla taajuudella kuin perinteisesti, useiden kymmenien megahertsien alueella. Tämä mahdollistaa signaalin digitaalisen käsittelyn aikaisemmin, ja näin yhteyttä ja sen kuljettamaa informaatiota päästään muokkaamaan joustavasti varhaisemmassa vaiheessa.

Muunnoksen tekeminen suoraan korkeammalta taajuudelta tuo siis teknisiä etuja, mutta samalla se asettaa kovat vaatimukset tarvittavalle muuntimelle. Riittävän dynamiikan saavuttaminen alhaisella virrankulutuksella on ollut suurin haaste.

Salo kehitti uudentyypisen, kytkettyjen kondensaattorien tekniikkaan perustuvan resonaattorin. Se puolestaan oli keskeinen osa suunnitellussa kaistanpäästötyypisessä delta-sigma -modulaattorissa.

Väitöstyön yhteydessä Salo analysoi teoreettisesti resonaattorin ominaisuudet. Sen lisäksi hän suunnitelti integroidun piirin, jonka avulla hän osoitti sen toimivan myös käytännössä. Mittaukset osoittivat, että uusi piiritopologia mahdollistaa aikaisempaa tehokkaampien muuntimien suunnittelun tietyille sovellusalueelle. Se on myös askel kohti entistä yksinkertaisempia ja pitemmälle integroitua vastaanottimia.

Radiotaajuudella toimivat vastaanottimet olivat tutkimuksen kannalta tärkein sovellusalue. Tämän lisäksi tekniikka soveltuu esimerkiksi resonanssiin perustuvien mikromekaanisten antureiden (MEMS) mittaamiseen. Mikromekaaniset anturit ovat eräs suomalaisen huipputeknisen osaamisen alueista.

Nykyisessä työssään Salo suunnittelee integroitua piirejä MEMS-antureiden mittaamiseen VTI Technologies Oy:n palveluksessa Vantaalla. VTI toimittaa mikromekaanisia antureita autoteollisuuteen, kuluttajasovelluksiin, työkonseisiin, instrumentteihin ja lääketieteen sovelluksiin.

2004



Tkt Teemu Salo

TkT Anne Kaksonen

THE PERFORMANCE, KINETICS AND MICROBIOLOGY OF SULFIDOGENIC FLUIDIZED-BED REACTORS TREATING ACIDIC METAL- AND SULFATE-CONTAINING WASTEWATER

VESI PUHTAAKSI BAKTEEREILLA

Kaivosten jätevedet ovat usein happamia ja sisältävät metallisulfaatteja. Perinteisesti metallit on saostettu hydrokseina, mutta syntyvä liete on ongelmallinen. Se on vaikeata kuivata ja se pitää sijoittaa jonnekin.

Tekniikan tohtori Anne Kaksonen lähestyi ongelmaa omaperäisesti. Hän tutki hapettomissa oloissa eläviä sulfaatinpelkistäjäbakteereja, jotka kykenevät käyttämään sulfaatteja hyödykseen ja vapauttamaan niistä rikkivetyä. Samalla ne neutraloivat veden happamuutta. Luonnossa näitä mikrobeja löytyy viemäreistä ja merien pohjasedimenteistä.

Rikkivety puolestaan reagoi vedessä olevien metalli-ionien kanssa muodostaen niukaliukoisia sulfideja. Ennen hienempien analysilaitteiden kehittämistä metallit todettiin liuoksesta rikkivedyllä saostamalla.

Sulfidisakka on helppoa käsitellä ja mikä paras, se voidaan ohjata malmin mukana jalostettavaksi metalliksi. Huomattava osa hyödynnettävistä malmeista on sulfideja.

Kaksonen työ edellytti poikkitieteellistä lähestymistapaa. Mikrobiyhteisön toiminta piti selvittää ja suunnitella niille sopiva reaktori. Tutkimuksessa päädyttiin leijupetireaktoriin, johon voidaan sijoittaa suuri määrä biomassaa ja näin laitoksen kuormitettavuus sen kokoon nähden on korkea.

Menetelmän käyttö ei rajoitu vain kaivosvesiin. Sitä voidaan soveltaa myös bio- ja hydrometallurgisiin prosessivesiin sekä metallien saastuttaman pohjaveden käsittelyyn. Menetelmää kehitetään edelleen Tekesin rahoittamassa projektissa, jossa pyritään löytämään ratkaisuja erilaisten metallipitoisten jätevirtojen hyötykäyttöön ja metallien talteenottoon. Mukana on myös VTT ja neljä kaivos- ja metallialan yritystä.



TkT Anne Kaksonen

2005

EI ENÄÄ HUULI PYÖREÄNÄ

Paperikoneen ensimmäinen osa on perälaatikko. Sieltä vedenlailla virtaava paperimassa siirtyy huulisuihkun kautta viiralle; syntyvän paperirainan vesi poistetaan viira-, puristin ja kuivausosissa. Syntyvän paperin tasalaatuisuuden kannalta juuri perälaatikon ja huuliosan tapahtumilla on suuri merkitys.

Paperikone on erittäin suuri ja monimutkainen kokonaisuus, josta voi paljoakaan kärjistämättä sanoa, että kaikki vaikuttaa kaikkeen. Uudet materiaalit, kuten kierrätyskuitu, vaihtuvat lisäaineet ja erityisesti jatkuvasti kohoava nopeus vaikeuttavat koko ajan suunnittelijoiden sarkaa.

Väitöskirjassaan Hannu Eloranta paljasti tiettyjä paperin ja kartongin laatuvirheiden syntymekanismia. Tutkimalla huulikanavan virtausten fysiikkaa optisilla virtaus- ja värähtelymittausmenetelmillä hän kykeni löytämään pyörteilyä ja resonointia sekä selittämään näiden synnyn.

Löydön tekivät mahdolliseksi mittaustekniikan



edistysaskeleet. Optiset mittausten menetelmät tuovat esiin laajemmalla alueella tapahtuvan ja etenevän ilmiön; aikaisemmat pistemittaukset yksittäisillä antureilla eivät tähän käytännössä kyenneet. Väitöstyössä näitä tekniikoita kehitettiin ilmiöpohjaiseen tutkimukseen; aiemmin laskenta oli tilastopohjaista.

Uudet mittausten menetelmät auttavat myös mallinnuksen kehittämisessä. Virtauksista pystytään mittaamaan nyt suureita, joiden määrittäminen kokeellisesti on ollut erittäin vaikeaa tai mahdotonta. Kokeelliset menetelmät voivat tukea uusien virtausmallien kehitystä, sillä ilmiöiden ymmärtäminen on oleellisesti entistä helpompaa.

Pyörteilyn ja siitä johtuvan virtauksen värähtelyn merkitys nähtiin heti. Osa väitöstyössä esitetyistä tuloksista siirtyi kaupallisiin tuotteisiin jo ennen väitöskirjan hyväksymistä. Myös jatkotyön yhteydessä syntyneet tulokset ovat vaikuttaneet käytössä oleviin paperikoneratkaisuihin. Väitöskirjan tuloksia on hyödyntänyt lähinnä Metso Paper.

Väitöksen aiheen kanssa työskennellään edelleen tiiviisti Tampereen teknillisellä yliopistolla. Työn jatkona on syntynyt myös toinen väitöskirja vuonna 2007.

Eloranta itse perusti vuonna 2006 yrityksen kaupallistamaan tutkimustyössä syntynyttä osaamista, esimerkiksi väitöskirjan yhteydessä kehitettyä mittaustekniikkaa ja virtaustekniikan osaamista. Mittaus- ja tutkimuspalveluita tarjoava Pixact Oy työllistää tällä hetkellä hänen lisäksi kolme muuta ihmistä.

2006

VÄRIÄ VAIHTAVA POLYMEERI

Materiaalitekniikassa 2000-luvun alkupuolen suuri kiinnostus on kohdistunut älykkäisiin materiaaleihin. Nämä reagoivat ympäristön muutoksiin, eli lämpötilan tai sähkövirran tapainen ulkoinen muuttaja saa aineen käyttäytymään halutulla tavalla.

Vuoden 2007 palkittu väitös käsitteli itsejärjestyneitä, kampamaisiin supramolekyyleihin perustuvia funktionaalisia materiaaleja, ja sen tekijänä oli TkT Sami Valkama. Työssä oli yhtymäkohtia 2001 palkittuun Janne Ruokolaisen väitökseen, ja professori Ruokolainen ohjasi väitöstyötä.

Valkama tutki polymeerien ja pinta-aktiivisten aineiden seoksia. Nämä tuottavat suuria, itsejärjestäytyneitä molekyyliä. Yleensä molekyylin koon kasvaessa sen järjestäytyneisyys heikkenee. Kohteena olivat sekä materiaalien optiset ominaisuudet että niiden hallittu huokoisuus.

Materiaalien valmistus nojasi niin sanottuun supramolekulaariseen kemiaan. Siinä hyödynnetään tavanomaisten, vahvojen kemiallisten sidosten lisäksi heikompia vety- ja koordinaattiosidoksia sekä ionisidoksia.

Päämääränä oli tuottaa materiaaleja, joiden optisia ominaisuuksia voidaan muuttaa ulkoisia tekijöitä säätämällä. Tulokseksi saatiinkin fotonikide, jonka valon läpäisyä ja heijastusta ohjataan lämpötilalla. Saavutus huomioitiin arvostetussa Nature Materials-lehdessä saakka.

Nämä materiaalit avaavat mahdollisuuksia uusille sovelluksille esimerkiksi anturitekniikassa, optiikassa sekä aktiivisissa pinnoitteissa. Tähän saakka tämän tyyppiset laitteet on valmistettu litografisesti eli valottamalla kuvio herkälle maskille ja sitten syövyttämällä haluttu rakenne esiin. Jos tämä työ voidaan ulkoistaa molekyyleille siten, että ne urakoivat 100 – 200 nanometrinen rakenteen ihan itse, valmistus muuttuu yksinkertaisemmaksi.



TkT Sami Valkama

Väitöstyön toinen osa käsitteli materiaaleja, joissa on tarkasti säädelyjä, alle 100 nm huokosia. Näillä on käyttöä ultrasuodatuksen, käänteisosmoosin ja biologisen eristämisen alueilla.

Työ tutki myös järjestäytyneiden rakenteiden hallittua pyrolysointia. Polymeerien hiiltäminen on kiinnostava menetelmä, ja esimerkiksi hiilikuitua valmistetaan aramidikuitua autoklaavissa kuumentamalla.

Valkaman väitös syvenyi myös hierarkisiin rakenteisiin liittyvään perustutkimukseen. Siinä löydettiin ja selitettiin uusia nanorakenteita ja niiden välisiä siirtymiä.

Tutkimuksia aiheen ympärillä jatketaan, ja kaupallisia sovelluksia voisi olla saatavilla 2010-luvun puolivälin tienoilla. Väitöksen jälkeen Valkama aloitti työskentelyn IMCD Finland Oy:ssä, joka on maailmanlaajuinen kemikaalijakelija. Lokakuusta 2007 asti hän on toiminut Saksassa IMCD:n pinnoituspuolen Euroopan teknisenä johtajana. Vaikka väitöskirjatyö ei suoranaisesti liity hänen nykyiseen työnkuvaansa, hän sanoo siitä olleen paljon apua nykyisten ja tulevien tehtävien hoitamisessa.

2007

TILAA TAIVAALLE

Erilaiset langattomat tiedonsiirtomenetelmät ovat kasvattaneet kapasiteettiaan huomasti. Pari vuosikymmentä sitten ei nykyisiä, yhtäaikaisten tiedonsiirtoyhteyksien nopeuksia pidetty mahdollisina. Kuitenkin radiotaajuuksien rajallisuus on koko ajan tekninen rajoitus, joka pakottaa koodaamaan päällekkäiset viestit yhä hienommin, jotta kasvavat datamäärät siirtyvät hallitusti, häiritsemättä toisiaan.

Siirtokapasiteettia tarvitaan jatkuvasti lisää, ja haasteeseen voidaan vastata yhdistelemällä useita lupaavia teknisiä ratkaisuja. Näistä tärkeimpiä ovat monen lähetin-vastaanotinantennin MIMO (multiple input – multiple output) -tekniikat. TkT **Marian Codreanu** sai vuoden 2008 palkinnon tietoliikennetekniikan alaan kuuluvasta väitöskirjasta ”Moniulotteiset adaptiiviset radiolinkit laajakaistaisissa tietoliikennejärjestelmissä”.

MIMO-tekniikoiden avulla bittejä voidaan siirtää enemmän samassa ajassa annetulla tiedonsiirto-kaistalla. Niitä voidaan hyödyntää monin eri tavoin, mikään yksittäinen menetelmä ei tuota parasta lopputulosta kaikissa käyttöympäristöissä. Siksi niiden pitää mukautua kuhunkin käyttöympäristöönsä automaattisesti. Nykyiset järjestelmät, esimerkiksi 3G, eivät vielä osaa toimia näin.

Codreanun väitöstyön yhteydessä kehitettiin myös menetelmä monikantoaalto-tekniikkaa hyödyntävien MIMO-järjestelmien lähetysparametrien optimointiin; siinä otetaan huomioon radiokanavan ominaisuuksia kuvaavat ominaisarvot. Työssä on kehitetty laskennallisesti tehokkaita numeerisia menetelmiä radiokanavan teoreettisen kapasiteetin arvioimiseksi eri tilanteissa. Lisäksi ratkaisuihin voidaan hyödyntää uusia verkkotopologioita sekä verkon ja radiolinkin omaa dynaamista mukautumista radiokanavan ja häiriötilanteen mukaan.

Työn tulokset osoittavat, että kanavan tilatieto antaa mahdollisuuden hyödyntää radiotaajuuksia

tehokkaammin ja käyttää olemassa olevaa yhteyttä tehokkaimmalla kulloinkin mahdollisella tavalla. Työn tuloksena on kehitetty käytännön algoritmeja sekä lisäksi opittu ymmärtämään paremmin perusteorioita. Samalla on luotu näitä tukevia laskentamenetelmiä tulevaisuuden matkaviestinjärjestelmien kehitystyön tueksi.

Romanialainen Marian Codreanu teki väitöstyönsä Oulun yliopiston sähkö- ja tietotekniikan osastolla toimivassa Centre for Wireless Communications (CWC) tutkimusyksikössä. Hän on ensimmäinen ulkomaalainen, joka on palkittu vuoden parhaasta väitöksestä. Työn ohjasi professori **Matti Latva-aho**, joka palkittiin samalla palkinnolla vuonna 1999.

2008



TkT Marian Codreanu

TkT Ari Saario

CFD-MALLINNUKSEN JA OPTIMOINNIN KÄYTTÖ TEOLLISUUSKOKOLUOKAN LEIJUPETIKATTILOIDEN PÄÄSTÖJEN MINIMOINNISSA

LASKENTA TUOTTA VÄHÄPÄÄSTÖISIÄ TEOLLISUUSKATTILOITA

Suurin osa maailman ja Suomen tarvitsemasta energiasta tuotetaan nyt ja lähitulevaisuudessa polttoprosessien avulla. Kasvava energiantarve, päästö- ja jäteongelmat, sekä fossiilisten polttoaineiden väheneminen johtavat vaihtoehtoisten polttoaineiden kuten biomassan lisääntymään käyttöön. Sen polton voidaan ajatella olevan CO₂-neutraalia eli se ei edistä ilmastoa lämpenemistä.

Polttoprosessien päästöjen, kuten esimerkiksi typen oksidien (NO_x) ja pienhiukkasten, rajoitukset tiukkenevat nopeasti.

Väitöskirjaan liittyvä pitkäjänteinen tutkimusyhteistyö Tampereen teknillisen yliopiston energia- ja prosessiteknikan laitoksen sekä leijupetikattiloita valmistavan tamperelaisen Metso

2009

Power Oy:n kanssa käynnistyi vuosituhat alussa. Tutkimuksen tuloksena syntyi tieteellinen ja tehokas suunnittelu- ja tuotekehitysmenetelmä polttolaitteiden päästöjen pienentämiseksi. Tämä menetelmä voidaan ottaa välittömästi hyötykäyttöön alan teollisuudessa.

Leijupetikattilat soveltuvat erinomaisesti erilaisen biomassaperäisten polttoaineiden polttamiseen ympäristöystävällisellä tavalla. Leijupetikattiloita käytetään muiden muassa sellu- ja paperiteollisuudessa, ja Suomi on maailman johtava maa niiden valmistajana. Nykyaikaiset kerrosleijupetikattilat ovat valtavan kokoisia laitteita ja niiden tyypillinen tehoalue on 40–300 MW_{th}. Palamisilman syöttö voi tapahtua kolmessa tasossa ja kattiloiden pohjan pinta-ala sekä korkeus voivat olla jopa 140 m² ja 40 m.

Virtauslaskenta (CFD) ja monivoiteoptimointi

Väitöstyössä hyödynnettiin virtauslaskentaa (CFD eli Computational Fluid Dynamics) ja systemaattisia optimointimenetelmiä kattilan savukaasujen NO_x- ja ammoniakkipäästöjen minimoimiseksi.

CFD:ssä ratkaistaan numeerisesti virtausta hallitsevat Navier-Stokes yhtälöt, joiden lisäksi polttotekniikkaan liittyvissä tapauksissa huomioidaan turbulenssin, kemiallisten reaktioiden ja säteilylämmönsiirron tapaisten muuttuvien tekijöiden vaikutus.

CFD-laskenta tarvitsee tuekseen kokeellista mittaustietoa, jonka saaminen teollisen kokoluokan kattiloista on hankalaa niiden suuren koon ja vaikeiden olosuhteiden (mm. korkeat lämpötilat) vuoksi. CFD:n avulla hankalien ja kalliiden mittausten tarvetta voidaan pienentää, vaikkakaan ei kokonaan poistaa.

Optimointitehtävä sisälsi kaksi keskenään ristiriitaista tavoitetta: minimoida sekä NO_x- että NH₃-päästöt. Ratkaisussa käytettiin mm. geneettistä algoritmia. Sitä voitaisiin yksinkertaistaen kuvailla siten, että edellisen kattilasukupolven vanhemmat tuottavat jälkeläisiä, joista parhaimmat eli vähäpäästöisimmät pääsevät vuorostaan tuottamaan omia jälkeläisiä.

Nopeasti kasvava tietokoneiden kapasiteetti mahdollistaa yhdistetyn CFD-laskennan ja systemaattisen optimoinnin laajan käytön lähitulevaisuudessa. Tätä menetelmää voidaan hyödyntää useissa kattila- ja polttotekniikkaan liittyvissä tehtävissä: minimoitavia suureita voivat olla muiden muassa erilaiset päästöt, likaantuminen, korrosio, koko ja kustannukset, sekä maksimoitavia suureita vaikkapa lämmönsiirto ja hyötysuhde.



TkT Ari Saario

VÄITÖSKIRJAPALKINNON SÄÄNNÖT

Hyväksytty TEKin hallituksen kokouksessa
7.10.1998

1 §

Tekniikan Akateemisten Liitto ry ja Tekniska Föreningen i Finland rf jakavat palkinnon vuosittain tunnustuksena ansiokkaasta väitöskirjatyöstä.

2 §

Palkinto myönnetään kansainvälisen mittapuun mukaan korkeatasoisesta työstä, joka on merkittävästi edistänyt, tai oletetaan edistävän tekniikan alan osaamista Suomessa. Muita arvioinnissa huomioitavia tekijöitä ovat tulosten tieteellisteknillinen uutuusarvo, aihealueen yleinen merkittävyys sekä tulosten hyödynnettävyys. Näiden lisäksi kiinnitetään huomiota työhön sisältyvään teoreettiseen ja kokeelliseen osuuden yhdistämiseen sekä työn vaikutukseen korkeakoulujen ja elinkeinoelämän yhteistyössä.

3 §

Palkinto pyritään eri vuosina kohdentamaan huomioiden eri tekniikan aloilla tehdyt, kriteerit täyttävät työt.

4 §

Palkintoprosessin hallinnoinnista vastaa TEKin Teknologiavaliokunta. Lopullisen valinnan suorittavat TEKin ja TFIF:n hallitukset.

5 §

Palkintoon liittyvän rahasumman suuruuden järjestäjät päättävät vuosittain erikseen.

6 §

Palkinto jaetaan vuosittain TEKin toimintaan liittyvässä juhlallisessa luovutustilaisuudessa, mikäli ansiokkaita, kriteerit täyttäviä töitä löytyy.

Väitöskirjapalkinto jaetaan vuosittain tunnustuksena ansiokkaasta tekniikan alan väitöskirjatyöstä. Palkinto myönnetään kansainvälisen mittapuun mukaan korkeatasoisesta väitöskirjasta, joka on merkittävästi edistänyt tai jonka oletetaan edistävän tekniikan alan osaamista Suomessa. Muita arvioinnissa huomioitavia tekijöitä ovat muun muassa tulosten tieteellis-tekninen uutuusarvo ja hyödynnettävyys.