



Samuli Junttila

Samuli Junttilan räpmusiikkivideo
"Idän Proffa – Keilaa puita feat. Linda Ilves".

Suomen Akatemian laserkeilauksen

Maanmittauslaitoksen Paikkatietokeskuksen (FGI) professori Juha Hyypän johtama laserkeilauksen huippuyksikkö toimi vuosina 2014–2019. Huippuyksikössä olivat mukana Aalto-yliopistosta professori Hannu Hyypä, Helsingin yliopistosta professori Markus Holopainen ja Oulun yliopistosta professori Juha Kostamovaara tutkimusryhmineen. Aallosta huippuyksikköön osallistuivat MeMo- ja Foto-tutkimusyksiköt. Suomen Akatemia valitsee tutkimuksen huippuyksiköiksi uudistumiskykyisiä, tieteellisesti erittäin korkeatasoisia ja yhteiskunnallisesti vaikuttavia tutkimusyhteisöjä.

Laserkeilaustutkimuksen huippuyksikkö täytti nämä Suomen Akatemian vaatimukset.

Olemme koonneet oheen muutamia huippuyksikön lukuisista saavutuksista.

Marika Ahlavo, Hannu Hyypä, Juha Hyypä, Antero Kukko, Harri Kaartinen, Petri Rönholm, Mikko Vastaranta, Markus Holopainen, Matti T. Vaaja, Xiaowei Yu, Henrik Haggrén

PITKÄAIKAINEN YHTEISTYÖ LOI VANKAN PERUSTAN HUIPPUYKSIKÖLLE

Huippuyksikköä 1990-luvulla edeltänyt yhteistyö Geodeettinen laitoksen ja Teknillisen korkeakoulun Fotogrammetrian laboratorion välillä tehostui etenkin vuodesta 2000 **Juha Hyypän** siirryttyä Geodeettiseen laitokseen professoriksi. Taustalla oli myös Euroopan unionin rahoittama HIGH-SCAN-projekti. Tämä yhteistyö johti vuonna 2007 yhteisen insituutin perustamiseen. Fotogrammetrian professori **Henrik Haggrén** ja Geodeettisen laitoksen ylijohtaja, professori **Risto Kuittinen** kokivat MeMo-Instituutin perustamisen 2007 tärkeäksi alan tutkimustiedon vaikuttavuuden lisäämiseksi suomalaisen yhteiskunnan ja elinkeinoelämän tehtävissä. Maanmittaus- ja metsäalat olivat 2000-luvulle tultaessa käyneet läpi ennennäkemättömän murroksen siirryttäessä analogisista kartoitusmenetelmistä digitaalisiin. Yhteistyö mahdollisti tukun kansainvälisiä urauurtavia koetöitä laserkeilauksen alalta

mm. useissa EuroSDR-hankkeissa, kuten kaupunkien ja metsien 3D-mallien sekä ilmalaserkeilausaineiston ja ilmalokuvien keskinäisessä rekisteröinnissä. Metsien kaukokartoitukseen liittyvä yhteistyö Juha Hyypän ja **Markus Holopaisen** välillä juontaa juurensa aina 1990-luvulta ja on ollut erittäin aktiivista vuodesta 2007 alkaen. Ensimmäiset tohtorit laserkeilauksesta alkoivat valmistua pian sen jälkeen. Laitetekniikan puolella kehitystä vauhditti **Antero Kukon** ja **Harri Kaartisen** vuonna 2011 rakentama maailman ensimmäinen reppukeilainjärjestelmä. Toisaalta Oulussa elektroniikan professori **Juha Kostamovaara** oli kehittänyt maailman kärkeä olevia aika-digitaalimuuntimia, joita käytetään esimerkiksi laserkeilaimissa optisten pulssien kulkuajan mittaamiseen. Kostamovaaralla oli visiona sokeripalan kokoinen optinen laserkeilain kolmiuloitteseen mittaukseen ilman liikkuvia osia.

KEVÄÄLLÄ 2013 LÖYTYI YHTEINEN TARINA

Huippuyksikön tavoitteena ei ollut pelkästään muutaman valitun tutkimuskysymyksen ratkaisu vaan laajemmin uusien laiteratkaisujen ja ideoiden kautta tuoda uusia läpimurtoja sekä antaa mahdollisuus tutkijoille itsensä kehittämiseen. Suomen Akatemian sivuilla kuvataan yksikön toimintaa seuraavasti:

- "Laserkeilaustutkimuksen huippuyksikkö pitää sisällään laitetekniikan tutkimuksen ja kehityksen, paikannustekno-

"Huippuyksikkö-status on tarjonnut hyvän ja ytimekkään sateenvarjon brändityölle ja yhteistyöverkostoille."

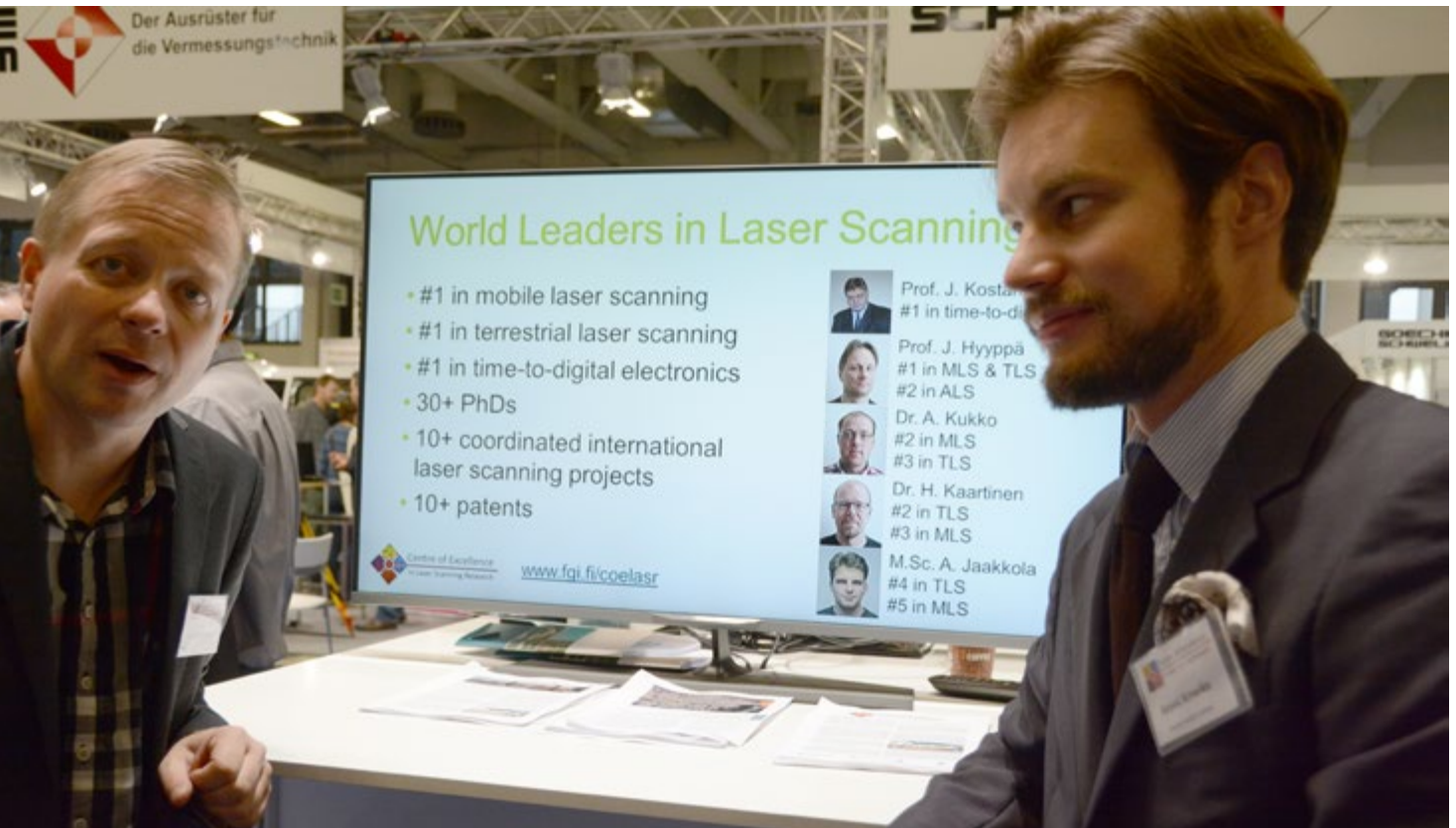
logioiden kehittämisen ja niiden avulla tehtävien uusien innovatiivisten avausten, datankäsittelymenetelmien, esitystekniikoiden ja sovellusten perinpohjaisen tutkimuksen.

- Laserkeilauksen sovellukset ovat keskeisiä esimerkiksi metsätaloudessa puuston arvioinnissa ja rakennetun ympäristön 3D-mallinnuksessa.
- Laserkeilaimen perusidea on yksinkertainen: kohteen ja laserin välinen etäisyys mitataan esimerkiksi laserpulssin kulkuajan perusteella. Kun laserkeilaimen asento ja paikka tiedetään tarkasti, mitattu etäisyys voidaan muuttaa sijainniksi. Laserkeilain tuottaa kohteesta pistepilven, jota voidaan käyttää äärimmäisen tarkkaan kolmiulotteiseen kartoitukseen.
- Huippuyksikön tapa tehdä tutkimusta on hyvin poikkitieteellinen ja yksikössä on paljon eturivin tutkijoita, joista suuri osa on harvinaisen nuoria. Laserkeilaus on myös tutkimusalana

huippuyksikön vaikuttavuus

Autonominen ajoneuvo toimii tutkimusalustana, jonka tarkoituksena on tuottaa tietoa, menetelmiä ja ratkaisuja autonomisten autojen mahdollisuuksista.





Mariika Ahlqvist

nuori, noin 15 vuotta vanha. Yksikössä uskotaan laserkeilauksen kokonaisvaltaiseen ja positiiviseen merkitykseen jokaisen kansalaisen elämässä 2020-luvun informaatioyhteiskunnassa.”

HUIPPUYKSIKKÖ UUDISTI AKATEEMISUUTTA, INFROJA JA VANKKOJA VERKOSTOJA

Huippuyksikkö johti peräti 30 professuuriin 12 huippuyliopistossa tai tutkimuslaitoksessa. Tuloksena saatiin yli 50 tutkintoa, joista noin puolet tohtoreita. Hyvänä tuloksena voidaan pitää myös 400 tieteellistä artikkelia, joista monet ovat palkittuja ja alansa viitatuimpia. Spin-off-yrityksiä aloitti yli 10 ja ne työllistävät nykyään lähes 100 henkilöä. Tutkijavierailujen määrä on kunnioitusta herättävä, yli 500 kuukautta. Huippuyksikkö on myös kouluttanut laserkeilauksen ja metsäarvioinnin asiantuntijoita Japanissa Shinshun yliopistossa vuodesta 2015 lähtien. Tämä on ollut ainoa koulutus Japanissa tällä alalla. Tätä kautta vierailevina professoreina ovat kannuksiaan ansainneet myös tohtorimme **Xiaowei Yu, Mikko Vastaranta, Matti Vaaja, Xinlian Liang, Yunsheng Wang, Eetu Puttonen** ja **Samuli Junttila**.

”Vuorovaikutus yhteiskuntaan on koettu tärkeäksi alusta lähtien.”

Huippuyksikkö paalutti myös suomalaista laserkeilausosaamista tiukemmin maailman kärkeen.

LAAJAA PIONEERITYÖTÄ AVOIMUUTEEN JA LAATUUN LIITTYEN

Akatemia on edellyttänyt huippuyksiköiltä myös tutkimusympäristön ja ryhmän kehittämistä. Huippuyksikön siivittämänä Paikkatietokeskus valittiin 2018 Suomen tieteen tila ja -taso -analyysissä toiseksi laadukkaimmaksi tutkimusympäristöksi. Opetus- ja kulttuuriministeriön tutkimuksen mukaan Paikkatietokeskus FGI oli Suomen tutkimuslaitoksista edistynein avoimessa tieteesä vuonna 2020 ilmestyneessä selvityksessä. **Hannu Hyypän** vetämä Aalto-yliopiston ja Paikkatietokeskuksen yhteinen MeMo-tutkimusryhmä sai ensimmäisen kansallisen avoimen tieteen palkinnon vuonna 2019. Palkinnon yhtenä jakoperusteena oli se, että ryhmä on luonut uusia toimintamalleja tutkimustulosten avoimen saatavuuden lisäämiseksi esimerkiksi yleisölle suunnattujen näyttelyiden ja tapahtumien kautta etsien uusia yhteistyökumppaneita ja mahdollisuuksia sieltä, missä tiedettä ei olla usein nähty. *Remote Sensing* -lehden vuosikymmenanalyysi arvioi Paikkatietokeskus FGI:n ja Helsingin yliopiston julkaisut lehdessään laadukkaimmiksi eli ne ovat saaneet eniten viittauksia julkaisua kohti.

HUIPPUYKSIKKÖ-STATUS TOIMI SATEENVARJONA BRÄNDITYÖLLE JA YHTEISTYÖVERKOSTOILLE

Huippuyksikön aikana rakennettiin merkittäviä tutkimusinfrastruktuureja ja kumppanuusverkostoja, joissa testattiin teknologiamahdollisuuksia sekä niihin liittyvien tutkimustulosten ja aineistojen jakamista. Merkittävimmät infrastruktuurit muodostuivat dronitutkimuksen, liikkuvan keilauksen, autonomisen

auton paikannuksen ja niiden lisäarvopalveluiden tutkimukseen. Metsän muutosten ja pistepilviaikasarjojen tutkimukset täydensivät näitä Evolla ja Hyytiälässä. Samoin Aallossa 3D-studio sekä Geospaatialisen 3D-sensoritekniiikan osaamiskeskus ovat hyödyntäneet huippuyksikön aikana kerättyä osaamista ja verkostoja. Tutkimus jatkuu edelleen näihin asioihin painottuen.

METSÄNTUTKIMUKSEEN UUSIA NÄKÖKULMIA JA LÄHTÖKOHTIA

Metsävarojen hallinnan ja geoinfomatiikan (FRM-GIS) -tutkimusryhmä Helsingin yliopistosta vastasi huippuyksikön metsiin liittyvistä tutkimuksista ja sovelluksista. Tutkimuksessa tuotettiin uutta tietoa esimerkiksi puunkorjuun tehostamiseen, puiden laadun mittaamiseen sekä puiden ja metsien terveydentilan ja biomassamuutosten seurantaan kaikilla mittakaavatasoilla yksittäisistä puista globaaleihin sovelluksiin. Tutkimukset antavat myös uusia näkökulmia ja lähtökohtia entistä tarkempaan metsävarojen hallintaan, metsäluonnon monimuotoisuuden seurantaan sekä ilmastokestävän metsätalouden harjoittamiseen. Yksi FRM-GIS-tutkimusryhmästä väitelleistä tohtoreista on **Joanne White**, jonka ISI Web of Science totesi helmikuussa 2020 yhdeksi maailman vaikuttavimmista tutkijoista viimeisen kymmenen vuoden aikana. Huippuyksikkö on merkittävästi edistänyt metsäteollisuuden Tehokas puuhuolto 2025 -visiota, jossa tavoitellaan 30 prosenttia tehokkaampaa puun arvoketjua.

TAHATTOMIA VAIKUTUKSIA URHEILUUN JA KULTTUURIIN

Aallon ja FGI:n työryhmä on muun muassa luonut Ylen urheilutoimitukselle 3D-mallit Lahden perinteisiltä hiihtoreiteiltä, tehnyt Svenska Ylen kanssa Helsingin Juhlaviikoille Lapinlahden sairaalaan sijoittuvan maailman ensimmäisen virtuaalikuunnelman, rikastuttanut näyttelyitä ja teatteria lisätyllä todellisuudella ja ollut erilaisissa lasten taidefestivaaleissa, kirjapäivillä ja näyttelyissä sekä helpottanut taideinstallaatioiden rakentamista 3D-mallinnuksilla.

TEKNOLOGISET LÄPIMURROT MOBIILISSA LASERKEILAUKSESSA JA TYÖKONEIDEN KYVYSSÄ TUNNISTAA YMPÄRISTÖNSÄ

Paikkatietokeskus on jatkuvasti kehittänyt eturintamassa maailmassa sellaista liikkuvan laserkeilauksen teknologiaa, kuten autonomisia ajoneuvoja, uuden sukupolven rep-pukeilaimia ja Mini-UAV-pohjaista

Droonitutkimus ja sen algoritmit sekä metsäntutkimuksessa että rakennetussa ympäristössä mahdollistavat nopeita kartoituksia.

”Laajaa pioneerityötä tieteen avoimuuden ja laadukkuuden edistämisessä.”

LiDAR-teknikkaa, jolla voidaan edullisesti ja tehokkaasti tuottaa kolmiulotteisia malleja. Oulun yliopistossa tehtävä perustutkimus on vaikuttanut lisäksi myös teollisuuteen. Juha Kostamovaaran tiimissä Oulussa on kehitetty paremmin robotin silmiksi sopivaa solid-state-teknikkaa. Se perustuu laserkeilaimiin, joista lähtee laserpulseja useampaan suuntaan yhtä aikaa. Laitetason miniaturisointi ja kustannusten laskeminen onkin ollut yksi Oulun tutkimusryhmän keskeisistä tutkimustavoitteista.

UUDENLAISTA VUOROVAIKUTUSTA YHTEISKUNTAAN

MeMon koordinaattorina ja tiedetuottajana **Marika Ahlavuon** roolina on ollut huippuyksikössä siirtää tutkimuksessa tuotettua viimeisintä tietoa entistä joustavammin yhteistyökumppanien hyödynnettäväksi. Tiedetuottajan roolille on nykyistä laajempaa tarvetta, koska tutkimuksessa syntyy runsaasti ajantasaista eri toimialoja palvelevaa uudenlaista osaamista sekä visuaalisesti näyttävää tietoa. Huippuyksikön tutkimustyöllä oli merkittävä rooli, kun professori **Harri Kaartinen** sai johtaakseen Suomen Akatemian Strategisen tutkimuksen neuvoston rahoittaman murrosteknologiaihin liittyvän hankkeen, joka osaltaan kehitti uudenlaista vuorovaikutusta. *Science*-tiedelehden luovalla tavalla tieteestä viestinyt Dance your Ph.D. -kilpailun fysiikan sarjan voittoa juhli metsätieteiden tohtori Samuli Junntila ilmastomuutostutkimuksestaan räpmusiikkivideolla ”Idän Proffa – Keilaa puita feat. Linda Ilves”.



MeMo

TUTKIMUSTULOKSIA ON ESILLÄ OPETUKSESSA

Uudet tutkimustulokset ja menetelmät ovat tarjonneet hyvän pohjan myös yliopisto-opetuksen kehittämiseen. Uusien sovel-lusalueiden luominen ja tutkimus sekä uraauurtava tekninen ja laskennallisten menetelmien kehitys mahdollistavat laaja-alaisen opetuksen ja sitomisen yritysälämän tarpeisiin. Opetuksessa la-serkeilaus- ja fotogrammetriabuumi on näkynyt opinnäytetöiden aiheissa ja tuonut alalle runsaasti lisää näkyvyyttä. Pistepilvistä puhutaan opetuksessakin aiempaa enemmän ja samalla tuoreet tutkimusesimerkit ovat lisänneet opiskelijoiden tietoisuutta menetelmien mahdollisuuksista. Useat huippuyksikön professo-reista ovat hyödyntäneet huippuyksikön tuloksia opetustyössä poikkitieteellisesti Aalto-yliopiston geoinformatiikan, Helsingin yliopiston metsänhoidon ja Turun yliopiston maantieteen kurs-seilla. Erityisen tiivistä opetusyhteistyö on ollut Aalto-yliopiston geoinformatiikan maisteriohjelman kanssa, koska paitsi huippu-yksikön henkilöstö myös 3D-studioon ja huippuyksikön laitteisto on palvellut korkeatasoista opetusta. Vuoteen 2018 asti geoin-formatiikan maisteriohjelman ohjelmajohtajana toimi professori Henrik Haggrén, jonka jälkeen ohjelmajohtajana on jatkanut vanhempi yliopistonlehtori **Petri Rönnholm**.

FOTOGRAMMETRIA JA LASERKEILAUS RAKENNETUSSA YMPÄRISTÖSSÄ

Mittauksen ja mallinnuksen automatisoinnissa on edelleen paljon kehitettävää ja siihen tullaan keskittymään tulevissa tutkimus-hankkeissa. Aalto-yliopiston ja FGI:n yhteinen Suomen Akate-mian Quality4Roads-projekti jatkaa huippuyksikön jalanjäljissä professori Matti T. Vaajan luotsaamana, samoin Suomen Akate-mian profiloitintihanke Profi5 mahdollistaa Aallossa eri tieteen-alojen tutkimusta älykkäiden liikennejärjestelmien, tehtaiden ja infrastruktuurien kehittämiseksi. Muutenkin lasermittaukset ja fotogrammetria ovat kehittyneet toisiaan tukeviksi mene-telmiksi. Helsingin älykäs tietomalli 2025- ja Kaupunkimallien osaamispääoman kehittämishanke mahdollistavat jatkossakin maailmanluokan 3D-kaupunkimallitutkimusta.

YHTEISTYÖ POHJANA UUSIIN LIPPULAIVA- JA HUIPPUYKSIKÖHAKUIHIN

Huippuyksikön Suomen Akatemian rahoittama osuus on pääty-nyt, mutta toiminta jatkuu edelleen lukuisissa verkostoissa ja tut-kimusprojekteissa. Lisäksi uudet lippulaiva- ja huippuyksikköhaut automaatiotekniikan ja metsäsektorin kanssa osaltaan jalostavat laserkeilaustutkimuksen huippuyksikön perintöä.

Itä-Suomen yliopistossa professori Mikko Vastaranta rakentaa myös mm. FGI:n kanssa tutkimukselle jatkoa. Visiona tutkimuk-sessa on, että vihreässä yhteiskunnassa ihmiset ja koneet hoitavat planeettaamme yhdessä mahdollistaen rikkaan ja merkityk-sellisen elämän tuleville sukupolville. Vision saavuttamiseksi on kehitettävä 1) mullistavia teknologioita, 2) ketteriä tiedon jalostusmenetelmiä kerätylle datalle, 3) viisaita päätöstukime-netelmiä vaihteleville ajan ja tilan resoluutioille ja 4) pelillisiä vuorovaikutuksen muotoja luonnon, ihmisen ja koneiden välille reaali maailmaan ja virtuaalisiin ympäristöihin.

Edistämme edelleen kehityspolkua kohti 3D-Suomea. Kehityskulku kohti maamme helpompaa ja käyttäjäystävälli-sempää mittaamista ja mallintamista on käynnissä. Vuodesta 2020 lähtien Maanmittauslaitos alkaa skannata koko Suomea

viiden vuoden välein. Tiedot ovat periaatteessa avointa dataa ja tarjoavat yhteiskuntaamme arvioilta noin 200 miljoonan euron vuosittaisen lisäarvopotentialin. Huippuyksikkö on toiminut alustana, joka mahdollisti tutustumisen monitieteiseen tutkija- ja yritys yhteisöön ja sitä kautta laserkeilaussovellusten erilaisten mahdollisuuksien tunnistamisen osana ympäröivää yhteiskun-taa. Huippututkimuksessa on tärkeää, että yhteistyötä tehdään alan parhaiden kanssa. Voimme ylpeinä todeta, että yhteistyö on luonut parhaimmillaan uusia menestystarinoita, mutta myös uusia ystävyys-suhteita.

LISÄTIETOA

- <https://www.aka.fi/fi/tiedepoliittinen-toiminta/huippuyksikot/2014-2019/huippuyksi3/>
- <https://www.maanmittauslaitos.fi/ajankohtaista/laserkeilaus-huippuyksikon-tuloksilla-merkittava-vaikutus-yhteiskuntaan>
- <https://www.helsinki.fi/fi/uutiset/elamantieteet/laserkeilaus-huippuyksikko-2014-2019-tieteellisilla-tuloksilla-merkittavaa-vaikutusta-yhteiskuntaan>
- <https://tulanet.fi/2019/02/05/laserkeilaus-mullistaa-ihmisten-arkea/>
- <https://www.youtube.com/watch?v=fn4Woyq2mMc>

KIITÄMME SEURAAVIA PROJEKTEJA:

- Suomen Akatemia: Laserkeilaustutkimuksen huippuyksikkö, Quality4Roads, Profi5 Strategisen tutkimuksen neuvosto: Combat
- OKM: Avoin TKI, oppiminen ja ekosysteemi
- ESR: Kaupunkimallien osaamispääoman kehittäminen – KAOS Helsingin kaupungin innovaatorahasto: Helsingin älykäs tietomalli 2025.

KIRJOITTAJAT:

- **Marika Ahlqvist** – tiedetuottaja Aalto-yliopisto
- **Hannu Hyyppä** – professori Aalto-yliopisto
- **Juha Hyyppä** – professori Paikkatietokeskus/MML
- **Antero Kukko** – professori Paikkatietokeskus/MML
- **Harri Kaartinen** – professori Paikkatietokeskus/MML
- **Petri Rönnholm** – vanhempi yliopistonlehtori Aalto-yliopisto
- **Mikko Vastaranta** – professori Itä-Suomen yliopisto
- **Markus Holopainen** – professori Helsingin yliopisto
- **Matti T. Vaaja** – professori Aalto-yliopisto
- **Xiaowei Yu** – erikoistutkija Paikkatietokeskus/MML
- **Henrik Haggrén** – emeritusprofessori Aalto-yliopisto