

JYX



This is a self-archived version of an original article. This version may differ from the original in pagination and typographic details.

Author(s): Toivanen, Ida; Lindroos, Jari

Title: Laskennalliset tieteet Suomen yliopistoissa vuonna 2021

Year: 2021

Version: Published version

Copyright: © 2021 Pekka Neittaanmäki ja Ilkka Pölönen ja Jyväskylän yliopisto

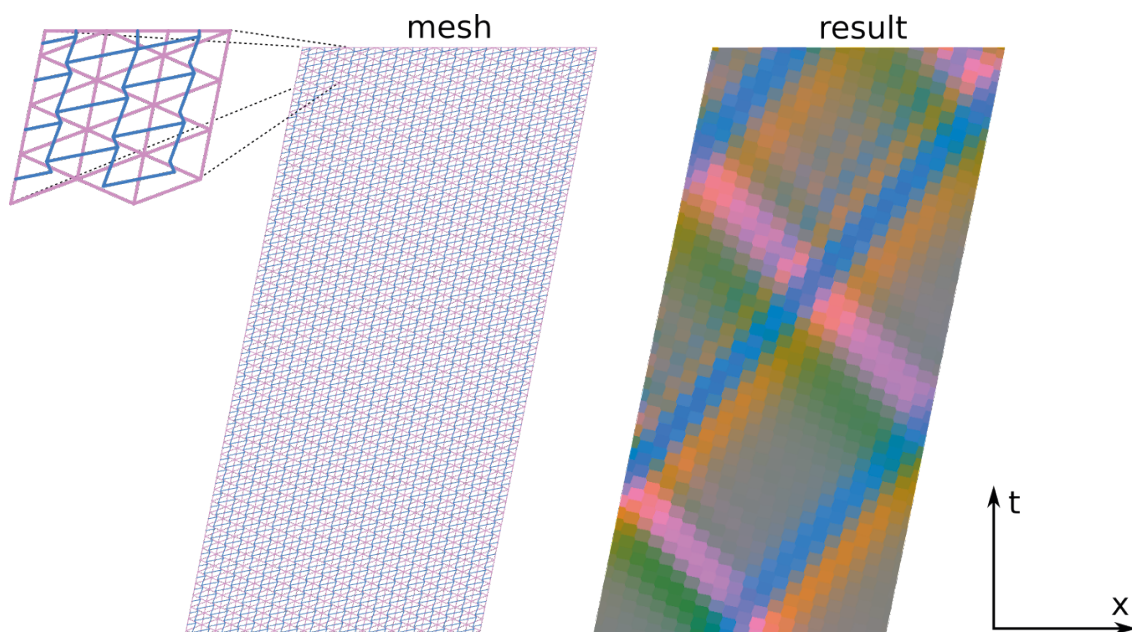
Rights: In Copyright

Rights url: <http://rightsstatements.org/page/InC/1.0/?language=en>

Please cite the original version:

Toivanen, I., & Lindroos, J. (2021). Laskennalliset tieteet Suomen yliopistoissa vuonna 2021. Jyväskylän yliopisto, Informaatioteknologian tiedekunta. Informaatioteknologian tiedekunnan julkaisuja, 92. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-39-8985-9>

Laskennalliset tieteet Suomen yliopistoissa vuonna 2021



Informaatioteknologian tiedekunnan julkaisuja
No. 92/2021

Editor: Pekka Neittaanmäki
Kansikuva: Tuomo Rossi
Covers: Yliopistopaino

Copyright © 2021

Pekka Neittaanmäki ja Ilkka Pölönen ja Jyväskylän yliopisto

ISBN 978-951-39-8984-2 (painettu)

ISBN 978-951-39-8985-9 (verkojulkaisu)

Jyväskylä 2021

1 Johdanto	3
2 Suomen yliopistot	3
2.1 Aalto-yliopisto	4
2.1.1 Koulutus	4
2.1.1.1 Maisterikoulutus	4
2.1.1.2 Tutkijakoulut	7
2.1.2 Tutkimus	8
2.1.2.1 Perustieteiden korkeakoulu	8
2.1.2.2 Kemian tekniikan korkeakoulu	11
2.1.2.3 Sähkötekniikan korkeakoulu	12
2.1.2.4 Insinööritieteiden korkeakoulu	13
2.2 Helsingin yliopisto	14
2.2.1 Koulutus	14
2.2.1.1 Maisterikoulutus	14
2.2.1.2 Tutkijakoulut	15
2.2.2 Tutkimus	16
2.3 Itä-Suomen yliopisto	18
2.3.1 Koulutus	18
2.3.1.1 Maisterikoulutus	18
2.3.1.2 Tutkijakoulut	19
2.3.2 Tutkimus	19
2.4 Jyväskylän yliopisto	20
2.4.1 Koulutus	20
2.4.1.1 Maisterikoulutus	21
2.4.1.2 Tutkijakoulut	21
2.4.2 Tutkimus	22
2.5 LUT-yliopisto	23
2.5.1 Koulutus	23
2.5.1.1 Maisterikoulutus	23
2.5.1.2 Tutkijakoulut	24
2.5.2 Tutkimus	24
2.6 Oulun yliopisto	25
2.6.1 Koulutus	25
2.6.1.1 Maisterikoulutus	25
2.6.1.2 Tutkijakoulut	26
2.6.2 Tutkimus	26
2.7 Tampereen yliopisto	27
2.7.1 Koulutus	28
2.7.1.1 Maisterikoulutus	28
2.7.1.2 Tutkijakoulut	28
2.7.2 Tutkimus	28
2.8 Turun yliopisto	29
2.8.1 Koulutus	29

2.8.1.1 Maisterikoulutus	29
2.8.1.2 Tutkijakoulut	30
2.8.2 Tutkimus	31
2.9 Vaasan yliopisto	32
2.9.1 Koulutus	33
2.9.1.1 Maisterikoulutus	33
2.9.1.2 Tutkijakoulut	33
2.9.2 Tutkimus	33
2.10 Åbo Akademi	34
2.10.1 Koulutus	34
2.10.1.1 Maisterikoulutus	34
2.10.1.2 Tutkijakoulut	36
2.10.2 Tutkimus	36
3 Infrastruktuurien käytettävyys	39
3.1 Kotimaiset	39
3.2 Ulkomaiset	40
3.3 Yliopistojen omat infrastruktuurit	42
3.3.1 Aalto-yliopisto	42
3.3.2 Helsingin yliopisto	43
3.3.3 Itä-Suomen yliopisto	44
3.3.4 Jyväskylän yliopisto	45
3.3.5 LUT-yliopisto	45
3.3.6 Oulun yliopisto	45
3.3.7 Tampereen yliopisto	46
3.3.8 Turun yliopisto	46
3.3.9 Vaasan yliopisto	46
3.3.10 Åbo Akademi	46
4 MOOC	46
5 Lähdeluettelo	47
6 Kurssit kotimaisissa yliopistoissa	49
6.1 Aalto-yliopisto	49
6.2 Helsingin yliopisto	56
6.3 Itä-Suomen yliopisto	64
6.4 Jyväskylän yliopisto	67
6.5 LUT-yliopisto	70
6.6 Oulun yliopisto	73
6.7 Tampereen yliopisto	76
6.8 Turun yliopisto	85
6.9 Vaasan yliopisto	89
6.10 Åbo Akademi	90
7 Kurssit ulkomaisissa yliopistoissa	92
7.1 Kungliga Tekniska högskolan	92

7.2 Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet	96
7.3 Massachusetts Institute of Technology	97
7.4 University of Kalifornia, Berkeley	105
7.5 University of Oxford	113
7.6 University of Cambridge	117
7.7 University of Stanford	121
7.8 Seoul National University	122
8 Akatemiaprofessuurit	125
9 ERC-tutkijat	126

1 Johdanto

Tämän raportin päätavoitteena on selvittää laskennallisten tieteiden tämänhetkinen tilanne Suomessa. Laskennallisilla tieteillä viitataan monitieteellistä mallintamista hyödyntävään alaan, jossa käytetään laskennallista infrastruktuuria hyväksi kompleksien ongelmien ratkaisemisessa. Laskennallisia menetelmiä ovat mallintamisen lisäksi simulointi, numeerinen analyysi, optimointi, data-analyysi ja koneoppiminen. Tässä raportissa tutkimus- ja opetustoimintaan on otettu mukaan myös tekniikan eri alat, jotta saadaan muodostettua mahdollisimman monipuolinen kartoitus laskennallisuuden eri sovellusalueista. Nykyaikana laskennallisuus on läsnä kaikkialla, sekä tieteissä että jokapäiväisessä elämässä. Esimerkiksi sään ennustaminen, lääkekehitys ja kestävä kehityksen tutkimus perustuu pitkälti laskennallisiin tieteisiin, joka on yksi Suomen keskeisimmistä tieteen ja teknologian osaamisalueista.

Raportti pohjautuu yliopistojen sekä kansallisten ja kansainvälisten instituutioiden ja järjestöjen internetsivuilla esitettyyn tietoon niiden toiminnasta.

Raportissa kuvaillaan ensin Suomen yliopistojen tekemää tieteellistä tutkimusta ja yliopistojen tarjoamaa maisteri- ja tohtoriopetusta. Sen jälkeen esitellään lyhyesti nykyistä infraskruktuuria sekä kaikille avoimia MOOC-kurssialustoja. Liitteistä löytyvät myös listat erityisesti laskennallisia tieteitä käsittelevistä kursseista Suomen ja muutamassa ulkomaisessa yliopistossa, sekä taulukoinnit tämänhetkisistä akatemiaprofessoreista ja ERC-tutkijoista.

2 Suomen yliopistot

Tässä luvussa käydään läpi suomalaisten yliopistojen opetus- ja tutkimustoimintaa laskennallisten tieteiden ja menetelmien parissa. Suomen yliopistoista on otettu mukaan Aalto-yliopisto, Helsingin yliopisto, Itä-Suomen yliopisto, Jyväskylän yliopisto, LUT-yliopisto, Oulun yliopisto, Tampereen yliopisto, Turun yliopisto, Vaasan yliopisto ja Åbo Akademi. Näistä yliopistoista kaikista paitsi Helsingin ja Itä-Suomen yliopistosta voi valmistua maisteritasolla diplomi-insinööriksi. Muuten laskennallisuutta näkyy etenkin informaatioteknologiaa tai tietojenkäsittelytieteitä ja luonnontieteitä käsittelevissä yliopiston

tiedekunnissa, mutta lisääntynyt massadatan laskenta on osaltaan vaikuttanut ilmiön laajenemiseen myös muihin tiedekuntiin. Esimerkiksi kauppatieteiden tohtoriohjelmat voivat sisältää liiketoiminta-analytiikkaa. Selkeyden vuoksi näitä tohtoriohjelmiä ei ole välttämättä erikseen mainittu, ellei yliopisto erikseen mainosta tohtoriohjelmaa juuri esimerkiksi liiketoiminta-analytiikan saralla.

Suomalaisissa yliopistoissa tapahtuva opetus pidetään joko suomen, ruotsin tai englannin kielellä. Maisterivaiheessa kurseista yhä useampi pidetään englanniksi, ja vaikka tutkinto on mahdollista suorittaa suomeksi tai ruotsiksi, tapahtuu opiskelu usein käytännössä valtaosin englannin kielellä. Osa maisteriohjelmista on järjestetty ulkomaisten (yleensä eurooppalaisten tai pohjoismaisten) yliopistojen kanssa yhteistyössä, nk. "double degree"-tyyliin. Tällaisissa yhteisohjelmissa tai kaksoistutkinnoissa vietetään yksi vuosi fyysisesti Suomen yliopistossa ja toinen vuosi ulkomaisessa yliopistossa. Osa yliopistoista tarjoaa myös kolmoistutkintoja, jolloin lukuvuoden sijaan tapana on opiskella suomalaisen yliopiston lisäksi kahdessa eri ulkomaisessa yliopistossa kussakin yksi lukukausi. Osa englanninkielisten tutkinto-ohjelmien nimistä on suomennettu luettavuuden edistämiseksi.

Tutkimuksessa keskitytään esittelemään etenkin IT-tieteiden ja luonnontieteiden tutkimusryhmien, huippuyksikköjen ja lippulaivojen toimintaa. Tutkimustoiminta jaetaan yleensä useisiin tutkimusryhmiin tai -yksiköihin, joita johtavat alan tutkijat ja näiden ryhmittymät. Huippuyksiköt ovat edelläkävijöitä ja ne osallistuvat kansainvälisesti merkittävän tutkimuksen tekemiseen. Tutkimuksen yhteydessä voidaan mainita myös yliopiston osallisuus lippulaivoihin, joilla on taloudellista ja yhteiskunnallista vaikuttavuutta niiden korkeatasoisen ja kansainvälisen tutkimuksen tuottavuuden vuoksi. Sekä huippuyksikköjä että lippulaivoja Suomessa koordinoi Suomen Akatemia.

2.1 Aalto-yliopisto

Aalto-yliopisto jakautuu insinööritieteiden, kemian tekniikan, perustieteiden, sähkötekniikan, taiteiden ja suunnittelun sekä kauppakorkeakouluun. Kukin korkeakoulu sisältää useita eri laitoksia.

2.1.1 Koulutus

Laskennallisiin tieteisiin liittyvää koulutusta tarjotaan Aalto-yliopiston maisteri- ja tohtoriohjelmissa. Tätä laskennallisuutta löytyy erityisesti insinööritieteiden, kemian tekniikan, perustieteiden ja sähkötekniikan korkeakoulusta.

2.1.1.1 Maisterikoulutus

Aalto-yliopistossa opiskeltavat tekniikan alat voi jakaa esimerkiksi seuraavasti: kemian tekniikka, materiaalitekniikka, sähkötekniikka, konetekniikka, biotekniikka, ilmaveikon ja avaruuden tekniikka, tietotekniikka, rakennustekniikka, energiatekniikka, ympäristötekniikka ja meritekniikka. Kotimaassa suoritettavien englanninkielisten maisteriohjelmien lisäksi monet ohjelmat ovat ns. kaksois- tai kolmoistutkinto-ohjelmia.

Kemian tekniikkaa voi opiskella kansainvälisissä yhteistutkinto-ohjelmissa Biological and Chemical Engineering for a Sustainable Bioeconomy sekä Polymer Technology. Ensimmäinen sisältää biotalouden käyttöönoton tutkimusta, joka voi painottaa biopohjaisia

tuotteita, "vihreää kemiaa", maatalouden lähteitä, materiaalien ja polymeerien tutkimusta sekä arvoketjun arviointia. Polymeeriteknologiassa on mahdollista erikoistua johonkin seuraavista viidestä painotuksesta: biomateriaalitiede, polymeeritekniikka, kehittyneet materiaalit, makromolekyylimateriaalit ja teolliset prosessit.

Materiaalitekniikkaan on mahdollista tutustua maisteriohjelmien Advanced Materials for Innovation and Sustainability ja Chemical, Biochemical and Materials Engineering kautta. Kaksoistutkintoon tähtäävässä Advanced Materials for Innovation and Sustainability -maisteriohjelmassa on tarkoitus tutkia ensisijaisesti biopohjaisten ja polymeerimateriaalien potentiaalia metallien ja raakamineraalien korvaamisessa, mutta myös muihin raaka-aineisiin pohjautuvaa tuotteiden kierrätystä. Kotimaassa opiskeltava Chemical, Biochemical and Materials Engineering -maisteriohjelman keskiössä ovat luonnonvarojen, uusien materiaalien ja niitä varten käytettävien teknisten laitteiden käsittely kestävästi. Pääainelinjauksia maisteriohjelman sisällä ovat biomassan jalostaminen, bioteknologia, kemikaalien ja prosessien tekniikka, kemia, kuitujen ja polymeerien tekniikka, funktionaaliset materiaalit sekä kestävä metallien prosessointi.

Sähkötekniikkaa käsitteleviä maisteriohjelmiä on Aallossa kaksi: Automation and Electrical Engineering ja Electronics and Nanotechnology. Ensimmäisessä, automaation ja sähkötekniikan maisteriohjelmassa, on kolme eri pääainetta: Electrical Power and Energy Engineering, Electronic and Digital Systems ja Control, Robotics and Autonomous Systems, joista ensimmäinen keskittyy sähkövoiman ja -energian tekniikkaan, toinen sähköisiin ja digitaalisiin järjestelmiin, ja viimeisin itseohjautuviin järjestelmiin ja robotiikkaan. Elektroniikan ja nanoteknologian maisteriohjelmassa voi valita neljästä eri pääaineesta: mikro- ja nanoelektronisten virtapiirien suunnittelusta, mikroaaltotekniikasta, ftoniikasta ja nanoteknologiasta tai avaruustieteestä ja -tekniikasta.

Mechanical Engineering -maisteriohjelma sisältää nimensä mukaisesti konetekniikan, kuten teknisen mekaniikan periaatteiden, opetusta, ja siinä tutustutaan kaikentasoiseen elektroniikkaan - niin pieniin komponentteihin kuin suuriin laitteisiinkin. Energiaan, kuljetukseen, lääketieteeseen, ympäristönsuojeluun ja moneen muuhun sovellusalueeseen liittyvässä tutkimuksessa korostuvat etenkin kestävyys ja turvallisuuden käsitteet.

Bio- ja geotekniikan maisteriopetus koostuu Aallon yliopistossa pääosin Geoengineering, Geoinformatics ja Life Science Technologies -maisteriohjelmissa. Ensiksi mainitussa geotekniikassa tutustutaan maaperään, kiviin tai valtateihin perustuvaan tuotteistamiseen ja niiden koko elinkaareen kattaen suunnittelun, rakentamisen ja ylläpidon sekä kierrättämisen. Painotuksesta riippuen opiskeluihin voi valita sisältönsä kolmesta pääainelinjasta: geotechnical engineering, rock engineering tai highway engineering. Geoinformatics eli geoinformatiikkaan keskittyvä maisteriohjelma sopii geospaatialisen datan visualisoinnista, analyysistä, suunnittelusta, simuloinnista ja päätöksenteosta kiinnostuneille. Opintoissa voi suuntautua geodesiaan eli maanmittausoppiin, fotogrammetriaan eli valokuvien käyttöön kartoituksessa, laserkeilaukseen, kaukokartoitukseen, paikkatietojärjestelmiin (geograafiseen tiedonkäsittelyyn) tai kartografiaan. Life Science Technologies -maisteriohjelma yhdistää biotieteitä ja tekniikkaa, jolloin maisteriohjelmaan voi ottaa esim. biolääketieteellistä tekniikkaa, biologisen datan analyysiä ja mallintamista sekä edistyneitä biomateriaalien ja bioelektronikan kursseja. Maisteriohjelmassa voi erikoistua bioinformatiikkaan ja digitaaliseen terveyteen, biolääketieteeseen, bioaistimiseen ja

bioelektroniikkaan, biosysteemeihin ja biomateriaalien tekniikkaan, komplekseihin systeemeihin tai ihmisneurotieteeseen ja teknologiaan.

Eurooppalaisten yliopistojen yhteistyössä muodostettu SpaceMaster -konsortio tarjoaa mahdollisuuden perehtyä ilmakehän ja avaruuden tekniikkaan kansainvälisen Space Science and Technology -maisteriohjelman avulla. Tutkimusaloihin kuuluvat esim. avaruustekniikka, avaruusrobotiikka, avaruus ja ilmakehän fysiikka sekä astrofysiikka ja planeettatutkimus. Pääaineiksi lukeutuvat Aallossa avaruusrobotiikan ja automaation sekä piensatelliittien ja avaruuskojeiston linjat. Aalto-yliopistossa on myös mahdollista osallistua aiheen opetukseen niin, että suorittaa tutkinnon kokonaan Suomessa. Tällöin tulee valita pääainesuuntaus Space Science and Technology maisteriohjelmasta Electronics and Nanotechnology.

Tietotekniikkaa voi opiskella Computer, Communication and Information Sciences -maisteriohjelmassa, ICT Innovation -maisteriohjelmassa, Communications and Data Science -maisteriohjelmassa tai Security and Cloud Computing -maisteriohjelmassa. Computer, Communication and Information Sciences -maisteriohjelmassa pääaineen voi valita seuraavasta yhdeksästä vaihtoehdosta: akustiikka ja ääniteknologia, viestintäteknikka, tietotekniikka (engl. computer science), pelien suunnittelu ja tuottaminen, ihmisen ja tietokoneen välinen vuorovaikutus (engl. Human-Computer Interaction eli HCI), tietoturva ja pilvilaskenta, ohjelmistojen ja järjestelmien tekniikka, signaalin-, puheen ja kielen käsittely tai koneoppiminen, datatiede ja tekoäly. Seuraavissa kolmessa maisteriohjelmassa opiskelija valmistuu maisteriohjelmasta kaksoistutkinnolla, eli opiskelu tapahtuu osaksi ulkomailla toisen yliopiston huomassa. Ensimmäinen näistä on ICT Innovation (EIT Digital School) -maisteriohjelma, jossa pääaineita ovat itseohjautuvat järjestelmät, pilvi- ja tietoliikenneinfrastruktuurit, datatiede, ihmisen ja tietokoneen välinen vuorovaikutus ja sen suunnittelu sekä visuaalinen laskenta ja viestintä. Maisteriohjelmassa Communications and Data Science pääsee opiskelemaan mm. esineiden internetiin, signaalinkäsittelyyn, langattomiin järjestelmiin, data-analytiikkaan, tekoälyyn sekä automaatioon ja kontrolliteorian (engl. control theory) liittyviä kursseja. Security and Cloud Computing (SECCLO) -maisteriohjelma tarjoaa tutkimusta tiedon turvatussa varastoinnissa, joka sisältää esim. järjestelmien turvallisen toteuttamisen, hajautetun sovelluskehityksen, tietoliikenteen ja palveluiden arkkitehtuurin sekä pilvi- ja mobiiliympäristöt.

Rakennustekniikkaan kuuluvat Building Technology, Manufacturing, Spatial Planning and Transportation Engineering sekä Urban Mobility -maisteriohjelmat. Rakennustekniikan maisteriohjelma sisältää kestävä kehityksen mukaista suunnittelua, rakentamista, käyttöönottoa ja ylläpitoa. Manufacturing eli valmistamisen tai tuottamisen kansainväliset maisteriopinnot sisältävät neljä eri suuntautumista, joista Aalto-yliopisto vastaa Additive Manufacturing for Full Flexibility ja Zero Defect Manufacture for a Circular Economy -suuntauksien opetuksesta. Spatial Planning and Transportation Engineering -maisteriohjelmassa opiskellaan kaupunkimaisemien suunnittelua ja rakentamista kestävästi, johon kuuluu esim. kaupungistumisen ja vihreämpien kaupunkien aihealueet. Samanlaisia opintoja löytyy myös kansainvälisestä Urban Mobility -maisteriohjelmasta, jota varten Aallossa voi opiskella Sustainable Urban Mobility Transitions -pääainelinjassa.

Energiatekniikkaa voi opiskella jossain seuraavista kolmesta maisteriohjelmasta: Advanced Energy Solutions, Innovative Sustainable Energy Engineering (ISEE) tai Environomical

Pathways for Sustainable Energy Systems (SELECT). Advanced Energy Solutions -maisteriohjelma tarjoaa neljän eri pääaineen opetusta: teolliset energiaprosessit ja ympäristön säästäminen, kestävä energia rakennuksissa ja rakennetussa ympäristössä, kestävä energia muuntamisprosessit sekä kestävä energiasysteemit ja markkinat. Pohjoismainen Innovative Sustainable Energy Engineering -yhteisohjelma tähdentää uusiutuvien energianlähteiden tärkeyttä ja tarjoaa viisi pääainelinjaa: bioenergia, energiajärjestelmät, lämpö- ja voimaenergian tekniikka, aurinkokennosysteemit ja -materiaalit sekä tuulivoimajärjestelmien integrointi. Eurooppalainen Environmental Pathways for Sustainable Energy Systems -yhteisohjelma ei juurikaan eroa edellisistä vaan tarjoaa myös kestävä kehityksen mukaista tulevaisuuden energiajärjestelmien opetusta.

Ympäristötekniikkaan kuuluvat Environmental Engineering ja European Mining, Minerals and Environmental Programme (EMMEP). Environmental Engineering eli ympäristötekniikan kansainvälisessä maisteriohjelmassa jäteveden käsittelyä ja vedenjakelua sekä laskennallista kaupunkihydrologiaa eli vesitiedettä ja hydraulikkaa käsitellään myös mallintamisen ja tilastollisten menetelmien avulla. European Mining, Minerals and Environmental Programme koostuu kolmen eri yliopiston opetuksesta. Näistä Aalto tarjoaa mm. kivien mekaniikan ja louhinnan sekä mineraalien taloustieteen ja tekniikan kursseja.

Meritekniikkaan lukeutuvat Maritime Engineering sekä Water and Environmental Engineering -maisteriohjelmat. Ensimmäisessä maisteriohjelmassa on mahdollista opiskella kansainvälisesti laivojen ja avomeren rakenteiden suunnittelua, rakentamista ja käyttöä. Tutuksi tulevia aiheita ovat tällöin esim. hydrostaattikka ja vakaus, hydrodynamiikka, aalto- ja tuulikuormitus sekä rakenteellinen analyysi. Samanlaisista ympäristöllistä meritekniikan opiskelua voi kokea myös koto-Suomesta käsin Water and Environmental Engineering -maisteriohjelmassa.

Näiden lisäksi on mahdollista opiskella kansainvälisessä maisteriohjelmassa Smart Systems Integrated Solutions (painotuksena joko sähkö-, kone-, tieto-, bio- tai kemian tekniikka), arktisen tai kylmän ilmaston tekniikkaa pohjoismaisessa Cold Climate Engineering -yhteisohjelmassa, fysiikan tekniikkaa Engineering Physics -ohjelmassa (sisältää suuntaukset: Advanced Energy Technologies ja Materials Physics and Quantum Technology) tai Mathematics and Operations Research -ohjelmassa, jossa opintopainotuksia ovat sovellettu matematiikka, systeemit ja operaatiot sekä matematiikka.

2.1.1.2 Tutkijakoulut

Aalto-yliopisto tarjoaa kuusi tohtoriohjelmaa: insinööritieteiden, kemian tekniikan, perustieteiden, sähkötekniikan, kauppatieteiden sekä taiteiden ja suunnittelun tohtoriohjelma. Näistä keskitymme neljään ensimmäiseen.

Insinööritieteiden tohtoriohjelmassa voi opiskella geoinformatiikan, energiatekniikan, kiinteistötalouden, konetekniikan, maankäytön suunnittelun ja liikennetekniikan, rakennustekniikan, teknologiakasvatuksen sekä vesi- ja ympäristötekniikan tutkimusaloja. Insinööritieteiden korkeakoulun kaikki laitokset toimivat tohtoriohjelman järjestäjänä.

Kemian tekniikan tohtoriohjelmaa koordinoi biotuotteiden ja biotekniikan laitos, kemian ja materiaalitieteen laitos sekä kemian tekniikan ja metallurgian laitos. Tutkimusalueita

tohtoriohjelman piiristä löytyy seuraavia: metsätuoteteknologia, kemian tekniikka, teollinen bioteknologia, materiaalitieteet ja nanoteknologia, metallien ja mineraalien prosessointi sekä energiatekniikka.

Fysiikassa, matematiikassa, lääketieteellisessä tekniikassa, tietotekniikassa tai tuotantotaloudessa jatkokouluttautumiseen pyrkivien kannattaa hakea perustieteiden tohtoriohjelman. Laitoksista matematiikan ja systeemianalyysin, tietotekniikan, teknillisen fysiikan, tuotantotalouden sekä neurotieteen ja lääketieteellisen tekniikan laitokset ovat yhteistyössä mukana tohtoriohjelman ylläpidossa.

Sähkötekniikan tohtoriohjelmassa on mahdollista tutustua tieteenaloista esim. energia-alaan, hyvinvointiteknoologiaan, nanotieteisiin, radiotekniikkaan, robotiikkaan, sähkötekniikkaan tai tietoliikennetekniikkaan. Monitieteisestä tohtoriohjelmasta vastaavat elektroniikan ja nanotekniikan, sähkötekniikan ja automaation, signaalinkäsittelyn ja akustiikan sekä tietoliikenne- ja tietoverkkotekniikan laitokset.

2.1.2 Tutkimus

Aalto-yliopiston tutkimusta käsitellään korkeakouluittain.

2.1.2.1 Perustieteiden korkeakoulu

Aallon perustieteiden korkeakoulu sisältää teknillisen fysiikan, neurotieteen ja lääketieteellisen, matematiikan ja systeemianalyysin, tietotekniikan sekä tuotantotalouden tekniikan laitokset, joista keskitymme neljään ensimmäiseen.

Teknillisen fysiikan laitokselta löytyy useampi akatemiaprofessori sekä yksi huippututkimusyksikkö. Kvanttitekniikan huippuyksikkö on toiminnassa vuosina 2018–2025, jonka lisäksi kvanttitekniikan tutkimuskentällä toimii olennaisesti myös Centre for Quantum Engineering -niminen tutkimuskeskus. CQE sisältää yhteensä 16 tutkimusryhmää: mesoskooppista fysiikkaa ja sen anturisovellutuksia tutkiva Pico, hiilinanoputkissa tapahtuvan sähkökuljetuksen ja matalan lämpötilan avulla tapahtuvaa nanorakenteiden tutkimusta johtava NANO, liikkuvien kappaleiden kvanttiperustason lähellä tapahtuvaan mikro- ja nanomekaniikan resonaattorien tutkimukseen keskittynyt NEMS, suprajohtavia kubitteja ja virtapiirejä tutkiva KVANTTI, kokeellista matalan lämpötilan fysiikkaa sekä laskennallista ja teoreettista kvanttimekaniikkaa tutkiva QCD, kvanttikoherenssin dynamiikka ja suunnitelluissa nanosysteemeissä esiintyviä monen kappaleen kvanttiteorian ilmiöitä tutkiva QD, professorin Harri Lipsanen johtama nanotieteen ja kehittyneiden materiaalien yksikkö, professorin Zhipei Sun vetämä fotonikan tutkimusryhmä, nanomagnetiikkaa sekä nanotason magneto-optiikkaa ja spintroniikkaa tutkiva NanoSpin, kokeellista nanorakenteiden tutkimusta tekevä Atomic Scale Physics, professorin Ilkka Tittonen johtama mikro- ja kvanttisysteemien tutkimusryhmä, kvanttikuljetuksen teoreettisia ongelmia tutkiva QT, aineen teoretiikkaa tutkiva TQM, monimittakaavaisia ja karkearakeisia menetelmiä käyttävä tiiviin aineen systeemejä tutkiva MSP, atomisia ja kvanttimekaanisia simulaatiomenetelmiä käyttävä pintojen ja rajapintojen tutkimukseen keskittyvä SIN, sekä sähkörakenteita ja koneoppimismenetelmiä soveltava laskennallisia materiaalitieteitä tutkiva CEST.

Neurotieteen ja lääketieteellisen tekniikan laitos pyrkii tutkimaan lääketieteellisen tekniikan, biofysiikan sekä kognitiivisen ja systeemisen neurotieteen avulla poikkitieteellisesti ihmisen hyvinvointia ja terveyttä. Painotukset vaihtelevat molekyyli- ja solutason toimenpiteistä ei-invasiiviseen neurokuvantamiseen ja käyttöön niin, että tutkimus kattaa tieteellisistä menetelmistä sekä kokeellisia että laskennallisia menetelmiä. Laitos sisältää seuraavat laboratoriot ja tutkimusryhmät: solu- ja synapsitasolla verkkokalvon hermoverkkoa tutkiva uusia signaalinkäsittelymekanismeja hyödyntävä Ala-Laurila -laboratorio, kaikenikäisten terveiden ja kehityksellisillä hermostohäiriöillä diagnosoitujen lasten tarkkaavaisuuden, muistin ja etenkin toiminnanohjauksen taustalla olevia hermostollisia mekanismeja tutkiva tutkimusryhmä Attention and Memory, aivoaktiivisuuden tallettamiseen fMRI ja MEG/EEG -laitteita käyttävä koehenkilöissä affektiivisia prosesseja ja sosiaalista kognitiota tutkiva Brain and Mind -laboratorio, Cellular Biophysics, Engineered Nanosystems, iDenta, kielen kuvantaminen, Medical Ultrasonics Laboratory (MEDUSA), MEG-MRI Brain Imaging Group, Molecular Nanoengineering, Near-infrared spectroscopy and imaging group (NIRS), Neuroimaging methods group (NIMEG), ihmisen liikejärjestelmän neurotieteen (MOTOR) tutkimusryhmä, Systems and Clinical Neuroscience sekä Transcranial Magnetic Stimulation (TMS).

Matematiikan ja systeemianalyysin laitoksen päättämiskäsitteitä ovat algebra ja diskreetti matematiikka, analyysi, sovellettu matematiikka ja mekaniikka, stokastiikka ja tilastotiede sekä systeemi- ja operaatioanalyysi, joiden alla toimii useita eri tutkimusryhmiä. Algebran ja diskreetin matematiikan tutkimusryhmän aihealueet keskittyvät kryptografiaan, algebralliseen ja topologiseen kombinatoriikkaan, lukuteoriaan, sovellettuun algebralliseen geometriaan ja algebralliseen tilastotieteeseen, kombinatoriikkaan ja koodusteoriaan sekä matemaattiseen fysiikkaan ja esitysteoriaan. Analyysin tutkimusryhmässä kompleksianalyysin ryhmä työskentelee pääasiassa klassisen teorian erilaisten yleistysten ja kompleksisten muuttujien funktioiden parissa. Lisäksi analyysin tutkimusryhmässä toimii differentiaaligeometrian ryhmä, epälineaarisen osittaisdifferentiaaliyhtälöiden ryhmä sekä aika-taajuusanalyysin ryhmä. Sovelletun matematiikan ja mekaniikan tutkimusryhmässä keskitytään mekaniikkaan, inversio-ongelmiin sekä puheeseen ja matematiikkaan. Mekaniikan tutkimus keskittyy äärellisten elementtien menetelmiin, niiden kehittämiseen ja analysointiin. Puhe ja matematiikka -tutkimusryhmän kiinnostuksen kohteisiin kuuluu ihmisen puheen matemaattinen mallintaminen, jolloin ryhmän tutkimus ulottuu mm. puhetieteisiin ja numeeriseen analyysiin. Stokastiikan ja tilastotieteen ryhmä kehittää ja soveltaa todennäköisyysteorian, matemaattisen tilastotieteen ja algebran menetelmiä, jotka liittyvät tietoverkkojen, datatieteen ja luonnontieteiden sovelluksiin. Tärkeimmät tutkimusaiheet ovat satunnaisgrafiikkadynamiikka, asympotoottinen tilastotiede ja matemaattinen fysiikka. Systeemianalyysin ryhmän tutkimusintressit kattavat systeemitehteen alueen optimoinnista, ohjauksen ja päätöksenteon matemaattisista teorioista ja algoritmeista käytännön vuorovaikutteiseen tietokonehallinnukseen ja päätöksenteon tukijärjestelmiin sekä riskien ja teknologian arviointiin. Sovellusten painopiste on ollut monimutkaisissa energia-, tuotanto- ja ympäristöjärjestelmissä.

Tietotekniikan laitoksella tutkimusalueita on yhteensä 12. Niitä ovat algoritmit ja teoreettinen tietotekniikka, koneen ja ihmisen välinen vuorovaikutus (HCI) ja sen suunnittelu, koulutustutkimuksen laskenta ja koulutusteknologia, laskennalliset biotieteet, laskennalliset järjestelmät, monimutkaiset järjestelmät, laajamittainen laskenta ja data-analyysi, tekoäly ja koneoppiminen, tietoturva ja yksityisyys, tietokoneohjelmisto ja järjestelmätekniikka,

visuaalinen laskenta sekä digitaalinen etiikka, yhteiskunta ja politiikka. Algoritmien ja teoreettisen tietotekniikan aihealueeseen liittyy kaksi tutkimusryhmää: hajautettuun laskentaan ja lokaalisuuden ja globaalisuuden rajanvetoon tietokoneverkoissa keskittyvä Distributed Algorithms -ryhmä ja luonnollisia itsejärjestäytyviä prosesseja, etenkin DNA:n ja RNA:n itsejärjestäytymistä mutta myös esim. parvirobotiikkaa ja hajautettujen sensoriverkkojen kontrollointia, tutkiva Natural Computation -ryhmä. Koulutustutkimuksen laskennan ja koulutusteknologian piirissä toimiva tutkimusryhmä LeTech tutkii oppimisen ja teknologian yhdistämistä, jolloin saadaan tutkittua esim. oppimista tukevia ohjelmistoja. Laskennallisia biotieteitä käsitellään yhteensä kahden tutkimusryhmän toimesta: Computational Systems Biology ja Kernel Methods, Pattern Analysis and Computational Metabolomics. Ensimmäinen tutkii laskennallista systeemibiologiaa koneoppimisen avulla seuraavin painoituksin: syväoppiminen, biolääketieteen data-analyysi pitkittäistutkimuksella, bioinformatiikka ja molekyylibiologian sovellutukset. Viimeiseksi mainittu tutkii etenkin laskennallista metabolomiikkaa, kuten metaboliittien eli aineenvaihduntatuotteiden tunnistamista, metaboliittiverkkojen uudelleenrakentamista ja polkujen analysointia sekä kemogenomiikkaa ja biomerkkiaineiden löytämistä - mutta myös koneoppimismallintamista. Laskennallisia järjestelmiä käsittelevä tutkimusryhmä Distributed and Mobile Computing tuottaa liikkuvien ja hajautettujen systeemien ja 5G-verkon yli tapahtuvan tiedonsiirron tutkimusta. Tähän liittyvät läheisesti mobiiliverkot, reuna- ja pilvilaskenta sekä laskennallisesti raskaat multimedian ja laajennetun todellisuuden palvelut. Kompleksiset verkostot kattavat niin solu- kuin aivotason sekä sosiaalisen kanssakäymisen ja näitä kuvaavia tieteenaloja ovat esim. laskennalliset yhteiskuntatieteet, verkostoneurotiede, biolääketiede ja humanistiset tieteet. Asiaan perehtyneet tutkimusryhmät tutkivat ihmisen sisäistä kelloa henkilökohtaisista sensoreista saatavilla sekä automaattisesti tallettavalla datalla, yhteisöjen (eli solmujoukkojen) tunnistamista kompleksisissa verkostoissa sekä julkisen liikenteen verkostoja aikatauludataa käyttämällä. Laajamittaisen laskennan ja data-analyysin aihealueeseen kuuluvat mallintaminen, simulointi, kvanttilaskenta, massadata-alustat ja data-analyysi etenkin astrofysiikan, biofysiikan, dynaamisten järjestelmien, avaruusplasman, fuusioplasman ja geotieteiden yhteydessä. Aiheeseen liittyvä astroinformatiikan tutkimusryhmä tutkii komplekseja astrofyysisiä systeemejä, kuten aurinkoa, galaksien tähtienvälistä materiaa ja turbulenttien virtausta. Tekoälyn ja koneoppimisen aihealueella tutkimusryhmiä on 4 kpl: ohjelmistojärjestelmiin implementoituja tekoälysovellutuksia tutkiva AISS, koneoppimismenetelmiä massadatan käytössä tutkiva Machine Learning for Big Data, stokastisen mallintamisen lisäksi Bayesiläistä tilastotiedettä ja koneoppimista yhdistävä Probabilistic Machine Learning Group ja semanttista laskentaa, kuten semanttista webiä ja muita vastaavia teknologioita, tutkiva SeCo. Tietoturvaan ja yksityisyyteen liittyen Aalto-yliopistossa tutkitaan turvallisia ja yksityisiä laskenta- ja viestintäjärjestelmiä, johon on myös erikoistunut tutkimusryhmä Secure Systems Research Group. Tutkimusryhmän painopisteitä ovat turvallisuus, käytettävyys ja levitettävyys. Tietokoneohjelmistoja ja järjestelmätekniikkaa käsitellään tutkimusryhmän PREAGO toimesta, joka keskittyy korkean laadun tutkimukseen niin vaatimusmäärittelyn, ohjelmistoarkkitehtuurien, käyttäjätutkimuksen, data-analyysin, eHealth kuin ohjelmistoekosysteemien osa-alueilla. Visuaalisessa laskennassa tutkitaan kuvia, muotoja ja kolmiulotteisia tiloja esim. tietokonegrafiikan ja animoinnin, konenäön, generoivien koneoppimismallien ja virtuaaliakustiikan avulla. Näitä yhdistäen tutkimusryhmä Game Research Group on kehittänyt etenkin liikunnallisia pelejä ja tutkinut hahmojen liikettä simuloituissa hahmoissa tekoälymenetelmin. Varsinaisia tutkimusryhmiä seuraavilla aihealueilla ei näytä olevan:

digitaalinen etiikka, yhteiskunta ja politiikka sekä koneen ja ihmisen välinen vuorovaikutus ja sen suunnittelu.

2.1.2.2 Kemian tekniikan korkeakoulu

Kemian tekniikan korkeakoulu koostuu kolmesta laitoksesta: biotuotteiden ja biotekniikan laitos, kemian ja materiaalitieteiden laitos sekä kemian tekniikan ja metallurgian laitos.

Biotuotteiden ja biotekniikan laitos keskittyy puunjalostusteknologiaan ja bioteknologiaan. Laitos luo tuotteita ja ratkaisuja erilaisiin sovelluksiin, biolääketieteeseen, energiaan sekä niin rakennusmateriaaleihin ja tekstiileihin kuin biomateriaaleihinkin. Biotuotteiden ja biotekniikan laitoksella tutkimus keskittyy vihreän kemian ja bioteknologian avulla luonnosta johdettuihin tuotteisiin. Ydinosaaminen painottuu synteettisen biologian, biokemiallisen ja bioteknisen prosessoinnin ja puunjalostustekniikan täyteen kirjoon raaka-aineiden valinnasta lignoselluloosan esikäsittelyn kautta jatkojalostukseen. Laitos käyttää uudenlaisia lähestymistapoja lignoselluloosan pilkkomiseksi kuiduiksi, mikro- ja nanopartikkeleiksi, komposiiteiksi ja funktionaaliksi materiaaleiksi. Laitoksen tutkimusta vauhdittaa professori Markus Linderin johtama vuosina 2022-2029 toimeen tuleva huippututkimusyksikkö nimeltä Elävien toimintojen innoittamat hybridimateriaalit. Tutkimusryhmiin laitoksella lukeutuvat seuraavat kaksikymmentäneljä: biohybridimateriaalit, biojalostamot, biokemia, biomolekyyli-materiaalit, biopohjaiset kolloidit ja materiaalit (BiCMat), biopohjaisen materiaalin rakenne, biopohjaisten materiaalien teknologia, biopolymeerikemia, bioprosessitekniikka, biotuotetekniikka, biotuotetekniikka, ligniini-kemia, molekyylibioteknologia, painatustekniikka, paperinjalostus- ja pakkaustekniikka, pehmeän aineen mallintaminen, proteiinitekniikka, puhtaat teknologiat, puukemia, puumateriaalitiede ja -tekniikka, puun materiaalitekniikka, selluloosan materiaalikemia, tekstiilikemia ja valoaktiiviset orgaaniset materiaalit.

Kemian ja materiaalitieteen laitos keskittyy mikro-, nano- ja atomimittakaavan yhdisteisiin ja materiaaleihin. Laitoksen tutkimus keskittyy edistyksellisiin ja toiminnallisiin materiaaleihin, kemialliseen synteesiin ja karakterisointiin, energian varastointiin ja konversioon sekä molekyyli- ja materiaalimallinnukseen. Laitoksen tutkimusryhmiä on seuraavanlaisia: analyyttinen kemia, bio-orgaaninen kemia, epäorgaaninen kemia, epäorgaanisten materiaalien mallinnus, fysikaalinen kemia ja sähkökemia, laskennallinen kemia, mikrovalmistus, monitoimisten materiaalien suunnittelu, nanokemia ja nanotekniikka, orgaaninen kemia, pehmeän aineen mallintaminen, pintojen ja rajapintojen fysikaaliset ominaisuudet sekä sähkökemiallinen energian muuntaminen ja varastointi.

Kemian tekniikan ja metallurgian laitos keskittyy raaka-aineiden kestävään hyödyntämiseen sekä tehokkaampien prosessien suunnitteluun ja kehittämiseen uusien materiaalien ja tuotteiden valmistamiseksi. Laitoksen tutkimuksen piiriin kuuluvat kemian tekniikka, materiaalitekniikka, metallien jalostaminen sekä tehokkaat energiateknologiat ja näiden digitalisointi. Erityisosaamisen aihealueita laitoksella ovat hydro- ja pyrometallurgia, katalyyttiset prosessit ja materiaalit, polymeeritekniikka, prosessinohjaus ja prosessisysteemitekniikka sekä yksikköoperaatiot ja -prosessit. Tutkimusryhmiä ovat hydrometallurgia ja korroosio (Hydromet), katalyyysin tutkimusryhmä, kemian tekniikka, kemian tekniikka vesipitoisissa systeemeissä, materiaalien valmistustekniikka ja jauhemetallurgia, metallurgia, metallurgisten prosessien termodynamiikka ja mallinnus,

mineraalien prosessointi ja kierrätys, polymeeriteknologia, prosessinvalvonta ja automaatio, tehdassuunnittelu sekä teollisuuskemia.

2.1.2.3 Sähkötekniikan korkeakoulu

Sähkötekniikan korkeakoulussa toimivat elektroniikan ja nanotekniikan, sähkötekniikan ja automaation, tietoliikenne- ja tietoverkkotekniikan sekä signaalinkäsittelyn ja akustiikan laitokset.

Elektroniikan ja nanotekniikan laitoksella tehdään laaja-alaista tutkimusta fotonikassa ja nanotekniikassa, mikroaalloissa ja integroiduissa piireissä, avaruustieteessä ja -tekniikassa sekä sähkömagnetiikassa. Laitoksen tutkimus fotonikassa ja nanotekniikassa voidaan jakaa tutkimusryhmien mukaan fotonikkaan, optoelektronikkaan, nanotieteeseen ja kehittyneisiin materiaaleihin, mikro- ja kvanttisysteemeihin, elektronifysiikkaan sekä orgaaniseen elektroniikkaan. Mikroaaltojen ja integroitujen piirien tutkimus sisältää tutkimusryhmät antennien ja langattomien anturien, antennien ja radioaaltojen, millimetriaaltojen ja THz-tekniikan sekä elektronisten piirien suunnitellun tutkimusaiheiden parissa. Avaruustieteessä ja -tekniikassa avaruuden eri ilmiöitä tutkitaan avaruusilmaston, avaruussään, avaruusfysiikan, avaruustekniikan ja radioastronomian tutkimusryhmissä. Sähkömagnetiikkaan liittyvät sähkömagnetiikan sekä edistyneiden materiaalien ja rakenteiden tutkimusryhmät.

Sähkötekniikan ja automaation laitoksen tutkimus keskittyy sähköjärjestelmiin ja energian muuntamiseen, robotiikkaan ja autonomisiin järjestelmiin sekä terveysteknologiaan. Sähköjärjestelmiin ja energian muuntamiseen keskittyviä tutkimusryhmiä ovat sähköelektronikka, uusiutuva energia sähköjärjestelmille, sähköajot, sähköjärjestelmät ja korkean jännitteen tekniikka, sähkö- ja energijärjestelmät, valaistustekniikka, älyrakennusten teknologiat ja palvelut sekä laskennallinen sähkömekaniikka. Laskennallisen sähkömekaniikan tutkimusryhmässä voimajärjestelmien ja muuntamisen tutkimuksen osa-alueella tutkimus keskittyy kytkettyjen ongelmien numeeriseen mallintamiseen, joita esiintyy magneettisissa materiaaleissa ja erityisesti sähkökoneiden rakentamisessa käytetyissä sähköteräslevyissä. Robotiikan ja autonomisten järjestelmien tutkimusryhmät ovat jakaantuneet laajasti hajautettuihin ja verkottuneisiin ohjausjärjestelmiin, automaattiseen ohjaukseen, autonomisiin järjestelmiin, teollisuusautomaation informaatioteknologioihin, älykkääseen robotiikkaan, robottivälineisiin, robottioppimiseen sekä liikkuvaan robotiikkaan. Näissä tutkimusryhmissä kehitetään yleisiä menetelmiä ja käytäntöjä, jotka keskittyvät hajautettuihin ja verkotettuihin ohjausjärjestelmiin, kenttärobotiikkaan, älykkääseen robotiikkaan, robottivälineisiin, teollisuuden automaatiojärjestelmiin ja hajautettujen järjestelmien automaatio-ohjelmistoihin. Terveysteknologian tutkimusryhmiä ovat elektroniikan integrointi ja luotettavuus, bioninen ja kuntoutustekniikka, elektromagneetiikka terveysteknologiassa sekä sensori-informatiikka ja lääketieteellinen teknologia. Tutkimusryhmissä tutkitaan ennakoivia teknologioita diagnoosivälineiden ja tehokkaiden hoitomenetelmien kehittämisessä sekä lääketieteellisten ratkaisujen tekemisessä tarvittavien analyysitekniikoiden käyttöä niin, että kliiniset päätökset pohjautuvat dataan ja lääketieteellistä hoitoa voidaan antaa niin räätälöitynä kuin kotihoitonakin.

Tietoliikenne- ja tietoverkkotekniikan laitoksen (ComNet) ydinosaamiseen kuuluu puettava tietotekniikka ja ympäristön älykkyys, viestinnän ekosysteemi, mobiiliviestintä ja -verkot sekä langaton viestintä ja informaatio- ja tietoliikenneteoria. Puettavaa tietotekniikkaa ja ympäristön älykkyyttä tutkivia tutkimusryhmiä ovat mobiilipilvipalvelut ja ympäristön älykkyys -ryhmät. Viestinnän ekosysteemeihin perehdytään tutkimusryhmissä verkkotalous sekä ihmisen ja tietokoneen välinen vuorovaikutus. Mobiiliviestintää ja -verkkoja tutkitaan verkon turvallisuus ja luottamus, internet-tekniikat, (ICT-järjestelmien) suorituskykyanalyysi, kyberturvallisuus sekä mobiiliverkkojen ohjelmointi ja palvelujen räätälöinti -tutkimusryhmien toimesta. Langaton viestintä ja informaatio- ja tietoliikenneteorian aihealue kuuluu seuraavien tutkimusryhmien piiriin: informaatioteoria, viestintäteoria, viestintäteknikka sekä langaton ja mobiiliviestintä.

Signaalinkäsittelyn ja akustiikan laitoksen tutkimus käsittelee monia erilaisia aloja tieto- ja viestintäteknikasta perussähkötekniikkaan. Laitoksen tutkimuksessa keskitytään selvittämään näiden ilmiöiden ja niihin liittyvien tekniikoiden teoreettisia rajoja ja perusteita. Signaalinkäsittelyn ja akustiikan laitoksen tutkimus voidaan jakaa aihealueittain akustiikkaan, puheteknologiaan ja signaalinkäsittelyyn. Akustiikan osa-alueella tutkimusryhmät keskittyvät kommunikaatioakustiikkaan, virtuaaliakustiikkaan, äänisignaalinkäsittelyyn sekä äänen virtuaaliodellisuudessa. Puheteknologian painopisteet ovat puhekommunikaatiotekniikassa, puheentunnistuksessa ja puheen vuorovaikutusteknologiassa. Signaalinkäsittelyyn keskittyy lähinnä samanniminen yksi tutkimusryhmä. Tutkimusryhmien lisäksi laitoksella toimii myös akustiikan laboratorio, jota käytetään äänenkäsittelyn ja tilääneen tutkimisessa.

2.1.2.4 Insinööritieteiden korkeakoulu

Insinööritieteiden korkeakouluun kuuluvat konetekniikan, rakennetun ympäristön ja rakennustekniikan laitokset.

Konetekniikan laitos keskittyy mekaniikan ja energiatekniikan tutkimukseen. Energiatekniikan tutkimus käsittää energijärjestelmien, termodynamiikan ja polttotekniikan tutkimuksen, mikä tarkoittaa syventymistä mm. lämmitykseen, rakennusten energiankulutukseen ja teollisiin prosesseihin. Mekaniikan tutkimukseen kuuluvat edistyneet rakenteet ja materiaalit, tuotantotekniikka ja tuotesuunnittelu. Laitoksella on erityisosaamista myös arktisessa ja meritekniikassa sekä digitaalisissa valmistusmenetelmissä. Laitoksen piirissä toimivat tutkimusryhmät Design factory, energiatehokkuus ja energijärjestelmät, Energy conversion, Mechatronics, Marine and arctic technology, tuotekehitys sekä valmistus- ja materiaalitekniikka. Laitos on mukana vuosina 2022-2029 myös Suurnopeuksiset sähkömekaaniset energianmuunnosjärjestelmät -huippuyksikön toiminnassa professorin Kari Tammi johdolla.

Rakennetun ympäristön laitoksella tutkimukseen kuuluvat mineraalipohjaiset materiaalit ja mekaniikka sekä rakennussuunnittelu ja rakentaminen. Aiheeseen liittyviä aloja ovat betonitekniikka, sisäilman laadun tutkimus ja siinä käytettävä teknologia, projektinjohto sekä pohjarakentaminen. Tutkimuksen kohteita voivat olla mm. vesi- ja jätehuolto, liikenneyhteydet, maankäyttö, paikkatietoratkaisut, vesivarat, globalisoituminen, kaupungistuminen, ilmastonmuutos, väestönkasvu, digitalisaatio ja luonnonvarojen kasvava kulutus. Rakennetun ympäristön laitoksella toimii neljä tutkimusryhmää: geoinformatiikka, kiinteistötalous, maankäytön suunnittelu ja liikennetekniikka ja vesi- ja ympäristötekniikka, ja

näiden lisäksi rakennetun ympäristön mittauksen ja mallinnuksen instituutti MeMo. Laitos on mukana myös Laserkeilauksen huippuyksikössä.

Rakennustekniikan laitoksella toimii kaksi tutkimusryhmää: mineraalipohjaiset materiaalit ja mekaniikka sekä rakennusteknillinen suunnittelu ja toteutus. Mineraalipohjaiset materiaalit ja mekaniikka -tutkimusryhmän tavoitteena on suunnitella, valmistaa ja kunnosapittää maa- ja vesirakentamisen kohteita mineraalipohjaisia materiaaleja käyttämällä niin, että samalla ei tingitä rakenteiden ja rakennetussa ympäristössä esiintyvien kiinteiden aineiden kestävydestä, pysyvyydestä tai vahvuudesta. Rakennusteknillinen suunnittelu ja toteutus -tutkimusryhmän toimesta tutkitaan rakennusten energiatehokkuutta, kestävyyttä, terveellisyttä, turvallisuutta ja viihtyisyyttä. Laskennan ja mallintamisen lisäksi tutkimustietoa kerrytetään systeemisen tiedon ja tietämyksenhallinnan keinoin.

2.2 Helsingin yliopisto

Helsingin yliopisto koostuu yhteensä 12 tiedekunnasta: bio- ja ympäristötieteellinen, eläinlääketieteellinen, farmasian, humanistinen, kasvatustieteellinen, lääketieteellinen, maatalous-metsätieteellinen, matemaattis-luonnontieteellinen, oikeustieteellinen, svenska social- och kommunalhögskolan, teologinen ja valtiotieteellinen tiedekunta. Melkein jokainen tiedekunta jakautuu osastoihin, tutkimusohjelmiin, tutkimusyhteisöihin tai tieteenalayksikköihin.

2.2.1 Koulutus

Helsingin yliopistossa voi opiskella maisteri- ja tohtoriohjelmissa, joissa voi keskittyä laskentaan ja sen harjoittamiseen. Valikoitu osa yliopiston tiedekunnista tarjoaa tällaisiin tutkintoihin soveltuvaa opetusta.

2.2.1.1 Maisterikoulutus

Helsingin tiedekunnista matemaattis-luonnontieteellinen, humanistinen, bio- ja ympäristötieteellinen, maatalous-metsätieteellinen sekä valtiotieteellinen tiedekunta tarjoavat opintoja, joissa keskitytään laskennallisiin menetelmiin tai hyödynnetään niitä soveltavasti.

Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunnan opetustarjontaan kuuluvat alkeishiikkasfysiikan ja astrofysikaalisten tieteiden, datatieteen, ilmakehätieteiden, kemian ja molekyyli-tieteiden, Life science informatics, matematiikan ja tilastotieteen, materiaalitutkimuksen, teoreettisten ja laskennallisten menetelmien, geologian ja geofysiikan sekä tietojenkäsittelytieteen maisteriohjelmat. Ilmakehätieteiden maisteriohjelma tarjoaa mahdollisuuden lukea mm. aerosolien mallintamista, molekyyliklusterien järjestäytymisen simuloimista ja numeerista meteorologiaa. Kemian ja molekyyli-tieteiden maisteriohjelmassa on mahdollista lukea muutaman kurssin verran molekyyli-mallintamisesta ja numeerisista menetelmistä teoreettisessa kemiassa. Life science informatics on bioinformatiikan maisteriohjelma, jossa on mahdollista ottaa kursseja esim. kliinisestä tiedonlouhinnasta, matemaattisesta biologiasta sekä molekyylibiologian koneoppimisesta. Materiaalitutkimuksessa materiaalitieteiden koneoppimisen, laskennallisen nanotieteen sekä Monte Carlo simuloinnin kaltaisia kursseja voi sisällyttää opintoihinsa. Muut tiedekunnan maisteriohjelmat, etenkin teoreettisten ja laskennallisten menetelmien maisteriohjelma, sisältävät runsaasti erilaisia laskennallisia menetelmiä ja esim. optimointia, simulointia tai

koneoppimista hyödyntäviä kursseja. Geologian ja geofysiikan maisteriohjelma sisältää esim. kvantitatiivista hydrogeologiaa ja virtojen mallintamista, seismisten aaltojen ohjelmointia, seismogrammien ja aikasarjadataan analysointia tietokoneella sekä geodynaamista, hydrogeokemikaalista ja 3D-mallintamista.

Humanistisessa tiedekunnassa voi opiskella kielellisen diversiteetin ja digitaalisten menetelmien (Linguistic Diversity and Digital Humanities) maisteriohjelmissa kieliteknologiaa, joka sisältää esim. laskennallista morfologiaa, laskennallista semantiikkaa, tekstinkäsittelyyn liittyvää syväoppimista sekä konekääntämisen ja kognitiivisen mallintamisen kursseja.

Bio- ja ympäristötieteellinen tiedekunta tarjoaa maisteriohjelmiä maantieteen sekä maatalous-, ympäristö- ja luonnonvaraekonomian parissa, joissa voi sisällyttää opintoihin mallintamisen, data-analyysin tai optimoinnin kursseja. Ekologian ja evoluutiobiologian maisteriohjelmaan on mahdollista sisällyttää biologian matemaattisia malleja, tilastollisia menetelmiä sekä geenien kartoittamista sisältäviä kursseja. Genetiikan ja molekulaaristen biotieteiden maisteriohjelmissa on biotieteiden omiikkaa, molekyylimallintamista, geenien kartoittamista ja genomista data-analyysiä sisältäviä kursseja.

Maatalous-metsätieteellisen tiedekunnan tarjoamassa elintarviketalouden ja kulutuksen maisteriohjelmissa tilastollinen mallintaminen ja R-ohjelmistokielen käyttäminen kuuluvat opetustarjontaan.

Valtiotieteellisen tiedekunnassa voi opiskella Contemporary Societies -maisteriohjelmissa, jossa voi tutustua myös mm. laskennallisten sosiaalitieteiden, simuloinnin ja datatieteiden kursseihin.

2.2.1.2 Tutkijakoulut

Helsingin yliopistosta löytyvät mm. seuraavat tutkijakoulut: luonnontieteellinen, humanistis-yhteiskuntatieteellinen, terveyden tutkimuksen sekä ympäristö-, elintarvike- ja biotieteellinen tutkijakoulu.

Luonnontieteellisen tutkijakoulun tohtorikoulutus on monimuotoista ja se sisältää seuraavat tohtoriohjelmat: alkeishiukkasfysiikan ja maailmankaikkeuden tutkimuksen, geotieteiden, ilmakehätieteiden, kemian ja molekyylitieteiden, matematiikan ja tilastotieteen, materiaalitutkimuksen ja nanotieteiden sekä tietojenkäsittelytieteen tohtoriohjelma. Alkeishiukkasfysiikan ja maailmankaikkeuden tohtoriohjelmissa on mahdollista opiskella astrofysiikkaa, avaruusfysiikkaa, hiukkasfysiikkaa, kosmologiaa ja planetaarista astrofysiikkaa. Geotieteiden tohtoriohjelmissa voi tehdä tutkimusta maankuoresta ja sen dynamiikasta, ilmiöistä sekä yhteiskunnallisista ulottuvuuksista. Ilmakehätieteiden tohtoriohjelmissa akateemista otetta harjoitellaan ilmastonmuutoksen, ilmanlaadun ja ympäristötekniikan tutkimuksen saralla. Kemian ja molekyylitieteiden tohtoriohjelma sisältää kemian perustutkimusta tutkimusotteen ollessa joko kokeellista, teoreettista tai laskennallista. Analyysi, inversio-ongelmat, tilastotiede, matemaattinen biologia, matemaattinen fysiikka ja matemaattinen logiikka ovat esimerkkejä niistä tutkimusaloista, joita matematiikan ja tilastotieteen tohtoriohjelma tarjoaa. Materiaalitutkimuksen ja nanotieteiden tohtoriohjelmissa voi tutustua biofysiikkaan, farmaseuttiseen kemiaan, laskennalliseen fysiikkaan, laskennalliseen kemiaan, lääketieteelliseen fysiikkaan,

materiaalifysiikkaan, materiaalikemiaan, molekyyli-spektroskopiaan tai nanotieteisiin. Tietojenkäsittelytieteen tohtoriohjelma tarjoaa usean eri alan ohjausta niin algoritmien, algoritmisen bioinformatiikan, data-analytiikan ja koneoppimisen, datatieteen, ohjelmistojärjestelmien kuin verkkojen ja palvelujenkin parista.

Tämän lisäksi yliopiston muutkin tutkijakoulut tarjoavat tohtoriohjelmia, joissa voi mahdollisesti hyödyntää tietokonepohjaisia ratkaisuja. Humanistis-yhteiskuntatieteelliseen tutkijakouluun kuuluvassa kielentutkimuksen tohtoriohjelmassa on mahdollista tutkia mm. kieliteknologiaa. Fonetikkaan ja kognitiotieteeseen voi sen sijaan perehtyä kognition, oppimisen, opetuksen ja kommunikaation tohtoriohjelmassa.

Terveyden tutkimuksen tutkijakoulusta löytyy integroivien biotieteiden tohtoriohjelma, joka sisältää esim. proteomiikkaa, genomiikkaa, bioinformatiikkaa ja muuta mahdollista laskennallista biologiaa. Jos omat tutkimusintressit ovat enemmän laskennallisesti neurotieteellisiä, on myös olemassa monitieteinen aivot ja mieli -tohtoriohjelma aiheen piiristä.

Ympäristö-, elintarvike- ja biotieteellisestä tutkijakoulusta löytyvät mm. mikrobiologian ja biotekniikan, kasvitieteen sekä uusiutuvien luonnonvarojen kestävä käytön tohtoriohjelmat, joihin voi sisällyttää teknistä ja laskennallista osaamista.

2.2.2 Tutkimus

Helsingin yliopiston tutkimuksesta tässä käsitellään lähinnä matemaattis-luonnontieteellisessä, humanistisessa ja lääketieteen tiedekunnassa esiintyvää laskennallisuutta ja sen tutkimusta.

Matemaattis-luonnontieteellisessä tiedekunnassa on tietojenkäsittelytieteen, matematiikan ja tilastotieteen, kemian, fysiikan sekä geotieteiden ja maantieteen osastot. Tällä hetkellä (vuodet 2018–2025) tutkimuksen huippuyksiköitä on kaksi: Inversiomallinnuksen ja kuvantamisen huippuyksikkö sekä Kestävä avaruustieteen ja -tekniikan huippuyksikkö. Inversiomallinnuksen huippuyksikön toiminnassa ovat mukana myös Aalto-yliopisto, Itä-Suomen yliopisto, Jyväskylän yliopisto, LUT-yliopisto, Ilmatieteen laitos, Oulun yliopisto ja Tampereen yliopisto. Kestävä avaruustieteen ja -tekniikan huippuyksikön tutkimukseen osallistuvia ovat Helsingin yliopiston lisäksi Aalto-yliopisto, Turun yliopisto sekä Ilmatieteen laitos.

Tietojenkäsittelytieteen osaston tutkimus jakautuu neljään osaan: algoritmit, tekoäly, tietoverkot ja ohjelmistot. Algoritmeihin liittyvää tutkimusta tekee yhteensä yhdeksän eri tutkimusryhmää: Algorithmic bioinformatics, Algorithmic data science, Algorithmic learning theory, Bioinformatics and evolution, Constraint reasoning and optimization, Data analytics and cyber security, Data science and evolution, Exploratory data analysis ja The sums of products. Tekoälyyn liittyvää tutkimusta tekee yhteensä yhdeksän eri tutkimusryhmää: The cognitive computing (painottaen seuraavia: aivokäyttöliittymä, interaktiivinen informaationhaku, kognitiivinen mallintaminen), Complex systems computation (ennusteiden ja mallinnuksen tutkimus, perus/soveltava tutkimus, yhteiskuntatieteet, ekologia ja lääketiede), Computational creativity and data mining (tekoäly, datatiede, laskennallinen luovuus, tiedon/tekstin louhinta; tällä hetkellä kaikenkieliset sanaupotteet, historiallinen

data-analyysi ja skriptien generointi), Exploratory Search and Personalisation (vahvistusoppiminen, käyttäjämallintaminen navigoimiseen suurissa tietojoukoissa, personointi, tutkiva haku, kokeellinen suunnittelu, arviointimenetelmät), Machine and Human Intelligence (stokastinen koneoppiminen, Bayesiläinen aivohypoteesi, resurssirajoitteinen äly), Multi-source probabilistic inference (tilastollinen koneoppiminen ja Bayesiläinen tilastotiede, hyperspektrikuvantaminen mobiililaitteille, ultraäänisiivoamisen tekoäly, datatehokas mallintaminen, dataintegraatio, ihmisaktiivisuus sensoreilla), Neuroinformatics (laskennallinen neurotiede), Probabilistic Inference, privacy and computational biology (Bayesiläisen päättelyn koneoppimista yksityisyyden suojaamiseen ja laskennallisessa biologiassa ja genomiikassa) ja Spatiotemporal data analysis (arviointi-, koneoppimis-, tietokonenäkö- ja signaalinkäsittelyalgoritmit; älykaupungit ja navigointi keinoälyn avulla). Tietoverkkoihin liittyvää tutkimusta tekee yhteensä kahdeksan eri tutkimusryhmää: Collaborative and interoperable computing, Collaborative networking, Content-centric structures and networking, Parallel and distributed computing, Pervasive Data Science, Secure systems, Systems and media ja Wireless Internet. Ohjelmistoihin liittyvää tutkimusta tekee yhteensä neljä eri tutkimusryhmää: Agile education, Empirical Software Engineering, Ubiquitous interaction ja Unified database management systems.

Matematiikan ja tilastotieteen osaston tutkimusryhmiä on yhteensä kahdeksan: biomatematiikka, biostatistiikka, harmoninen analyysi, geometrinen analyysi, matemaattinen logiikka, matemaattinen fysiikka, inversio-ongelmat sekä matematiikan opetuksen tutkiminen.

Kemian osastolla tutkimus jakaantuu materiaalikemiaan, molekyyli-tieteeseen sekä synteesiin ja analyysiin. Materiaalikemiaan kuuluu ohutkalvojen ja nanorakenteiden tutkimus sekä funktionaalisten polymeerien ja biopohjaisten materiaalien tutkimus sekä biomassan jalostus. Molekyyli-tieteen tutkimukseen liittyvät molekyyli-tieteen kokeellinen tutkimus, laskennallinen ja teoreettinen kemia sekä radiokemia. Synteesiin ja analyysiin luetaan mukaan synteettisten metodien ja synteetikemian sekä erotus- ja analyysimetodien tutkimus.

Fysiikan osaston tutkimus jaetaan materiaalfysiikkaan ja alkeishiukkas- ja astrofysiikkaan. Materiaalfysiikan painopisteitä ovat materiaalfysiikan simulointi, monitieteinen biologisen ja pehmeän aineen fysiikka, lääketieteellinen fysiikka ja didaktinen fysiikka. Osastolla toimivat myös Accelerator Laboratory -kiihdytinlaboratorio, röntgenlaboratorio ja elektroniikkalaboratorio. Alkeishiukkas- ja astrofysiikkaan perehtyneitä tutkimusryhmiä ovat kokeellisen hiukkasfysiikan (yhteistyössä CERNin kanssa), havaitsevan kosmologian, astrofysiikan, avaruusfysiikan ja teoreettisen hiukkasfysiikan ryhmät.

Geotieteiden ja maantieteen osastolla tapahtuu tutkimusta biogeotieteen, geologian ja geofysiikan, ihmismaantieteen sekä seismologian tieteenaloilla. Biogeotieteiden tutkimus voi sisältää maapallon järjestelmien spatiaalista ja temporaalista mallintamista, geoinformatiikkaa ja geospatiaalisen datan käsittelyä sekä ilmastonmuutoksen mallintamista. Geologian ja geofysiikan tutkimuksessa on käytetty magman eli kivisulan ja sivukiven vuorovaikutuksen tutkimiseen tietokoneohjelmaa, magmakammion simulaattoria. Ihmismaantieteissä painotuksia ovat koneoppimisen ja esim. spatiaalisen datan analysointi kestävän kehityksen, kaupunkimaantieteen, maan ja liikenteen suunnittelun ja käytön teemoissa, sekä luonnonsuojelun, kuten ihmisen ja luonnon kanssakäymisen sekä laittoman

villieläinkaupan (ECR-rahoitettu), tutkimuksessa etenkin tekstinkäsittelyä (NLP) ja muuta koneoppimista soveltamalla. Tutkimusyhteistyötä tapahtuu myös tietojenkäsittelytieteiden laitoksen ja Data Science and Evolution Group -tutkimusryhmän kanssa, jolloin biogeotieteitä tutkitaan mallintamisen avulla. Tietojenkäsittelytieteet ja data-analyysin sekä koneoppimisen kaltaiset tutkimusmenetelmät ovat tuttuja myös Seismologian instituutin tutkimustoiminnassa, kuten seismisten riskien arvioimisessa ja seismisten tapahtumamekanismien analysoinnissa. Näiden lisäksi ilmakehätieteiden keskus INAR (Institute for Atmospheric and Earth System Research) on keskeisessä asemassa ekosysteemiprosessien ja ilmastonmuutoksen, ilmanlaadun sekä biogeokemiallisten kiertojen tutkimuksessa. INAR:in toiminta tapahtuu yhteistoimin Ilmatieteiden laitoksen, Itä-Suomen sekä Tampereen yliopistojen kanssa.

Humanistisesta tiedekunnasta löytyy digitaalisten ihmistieteiden osasto, joka sisältää niin fonetiikan, kieliteknologian kuin kognitiotieteenkin tutkimusta. Kieliteknologian tutkimuksen pääpainopisteitä ovat morfologisesti rikkaiden kielten, kieltenvälinen ja humanististen aiheiden kieliteknologia. Fonetikassa keskitytään puheteknologiaan – esim. puhesynteesiin, automaattiseen puheentunnistukseen ja puhujan tunnistamiseen. Kognitiotiede on kolmas tieteenala, jossa on tutkittu esim. ihmisen liikennekäyttäytymisen laskennallista mallintamista ja simulointia sekä robotiikkaa.

Lääketieteellisessä tiedekunnassa keskitytään pääosin ei-laskennalliseen tutkimukseen, vaikka muutama mainittava laskennallisia menetelmiä hyödyntävä tutkimusryhmä tiedekunnasta löytyykin. Tiedekunnassa tapahtuvaan tutkimukseen sisältyy mm. tekoälypohjaisten ratkaisujen kehittäminen syöpien ja infektiosairauksien diagnostiikassa automatisoimaan syöpäkudoksen analysointia. Tämän lisäksi on käytetty genomi-, transkriptomi-, epigenomi- ja kuvantamisdataa koneoppimisen avulla biolääketieteessä, esim. kun on selvitetty perinnöllisyyden osuutta sairastumisessa sekä mutaatioiden syntymistä ja niiden vaikutusta sairauksien kehittymisessä. Viimeisenä mainittakoon sen selvittäminen, kuinka lääkeyhdistelmillä voidaan estää viestien eteneminen syöpäpesäkkeissä ja tämän tutkiminen informatiikan sekä matemaattisin ja tilastollisin menetelmin (ERC-rahoitettu).

2.3 Itä-Suomen yliopisto

Itä-Suomen yliopistoon (UEF) kuuluu neljä tiedekuntaa: filosofinen tiedekunta, luonnontieteiden ja metsätieteiden tiedekunta, terveystieteiden tiedekunta sekä yhteiskuntatieteiden ja kauppatieteiden tiedekunta.

2.3.1 Koulutus

Itä-Suomen yliopisto painottaa opetuksessaan tietojenkäsittelytieteitä ja niiden hyödyntämistä etenkin luonnontieteissä.

2.3.1.1 Maisterikoulutus

Itä-Suomen yliopiston tiedekunnista erityisesti luonnontieteiden ja metsätieteiden tiedekunnassa tehdään tutkimusta, joka hyödyntää informaatioteknologian menetelmiä, mutta laskennallisuutta sisältäviä maisteriohjelmiä löytyy myös terveystieteiden ja filosofian tiedekunnasta. Itä-Suomen yliopistossa on mahdollista opiskella seuraavissa,

luonnontieteisiin ja metsätieteisiin kuuluvissa maisteriohjelmissa: sovellettu fysiikka (sovelluskohde-esimerkkejä: ilmastonmuutosta kuvaavat tietokonemallit, teollisuuden prosessien optimointi ja lääketieteellisten menetelmien kehittäminen), Medical Physics, tietojenkäsittelytiede tai Information Technology (opintopolkuina esim. opetus- ja kehitysteknologia, datatiede, tekoäly, väri- ja kuvateknologia, älykäs media sekä koneoppiminen), matematiikka, fysiikka, fotonikka, kemia tai Research Chemists (voi sisältää esim. molekyylihallintamista), sekä seuraavat kansainväliset maisteritason kaksoistutkintomahdollisuudet: Photonics for Security Reliability and Safety -yhteisohjelma, Imaging and Light in Extended Reality -yhteisohjelma, Double Degree MsC Programme in Computer Science and Engineering -yhteisohjelma ja Computational Colour and Spectral Imaging -yhteisohjelma. Terveystieteisiin kuuluu maisteriohjelma Biomedicine (BIOMED) eli biolääketiede, jossa yhdistetään lääketieteen, ihmisen biologian, datatieteen ja luonnontieteen koulutusaloja saman maisteriohjelman alle. Tämän lisäksi filosofisen tiedekunnan humanistisella osastolla tarjontaan kuuluvat seuraavat informaatioteknologiaa opetukseen soveltavat maisteriohjelmat: Linguistic Data Sciences ja Clinical Linguistics (kaksoistutkinto-ohjelma). Itä-Suomen yliopistossa on mahdollista myös suorittaa automaatiotekniikan DI-ohjelma, jonka pääaineopetuksesta vastaa Tampereen yliopisto.

2.3.1.2 Tutkijakoulut

Itä-Suomen yliopisto tarjoaa useita tohtorikoulutuksia, joista luonnontieteen, teknologian ja laskennan tohtoriohjelma sekä ympäristöfysiikan, -terveyden ja biologian tohtoriohjelma löytyvät luonnontieteiden ja metsätieteiden tiedekunnasta. Terveystieteiden tiedekunta tarjoaa myös tohtoriohjelmaa, joista esimerkiksi molekulaarisen lääketieteen tohtoriohjelmaan voi sisällyttää tietokoneavusteisia menetelmiä.

2.3.2 Tutkimus

Keskitymme tässä luonnontieteiden ja metsätieteiden tiedekunnan sekä terveystieteiden tiedekunnan tutkimukseen. Luonnontieteiden ja metsätieteiden tiedekunnasta löytyvät seuraavat laitokset ja yksiköt: fysiikan ja matematiikan laitos, kemian laitos, metsätieteiden osasto, SIB Labs, sovelletun fysiikan laitos, tietojenkäsittelytieteen laitos sekä ympäristö- ja biotieteiden laitos. Terveystieteiden tiedekunnasta löytyvät seuraavat laitokset ja yksiköt: A.I. Virtanen -instituutti, farmasian laitos, hoitotieteen laitos, lääketieteen laitos ja Biokeskus Kuopio.

Luonnontieteiden ja metsätieteiden tiedekunnassa fysiikan ja matematiikan laitoksella tutkitaan fotonikkaa, matematiikkaa sekä fysiikan ja matematiikan opetusta. Fotonikassa eli valon tutkimuksessa sen ominaisuuksia pyritään hyödyntämään lääketieteen ja tietotekniikan sovellutuksissa, ja se on laitoksen tutkimuksen yksi fokusalueista. Fotonikan tutkimusryhmän lisäksi järjestäytyneitä tutkimusta tehdään laitoksella kompleksianalyysin, osittaisdifferentiaaliyhtälöiden sekä fysiikan ja matematiikan opetuksen saralla.

Kemian laitoksella tutkimuksen keskiössä ovat biotalouden ja biolääketieteen sovellukset, toiminnalliset materiaalit fotonikassa, valontuotossa ja energiasovelluksissa sekä polymerointi- ja ympäristökatalyytit. Kemian laitos sisältää bio-organisen kemian, ympäristökatalyyysin, molekyylihallituksen, organometallisynteesin, funktionaaliset pinnat, bio-organisen kemian ja ympäristökatalyyysin tutkimusryhmät. Painotuksiin ovat kuuluneet

esim. allergiatutkimus, ja tuoreempaan ajoneuvojen katalysaattoritekniikan kehittäminen. Molekyylimallitus on saanut hiljattain FQCI:n tukea laskentaresursseihin.

Sovelletun fysiikan laitoksen sisältämään toimintaan kuuluu mm. ilmastonmuutoksen tutkimusta, inversio-ongelmia ja matemaattista mallinnusta sekä tehokkaan diagnosoinnin ja hoidon tutkimusta. Tutkimusryhmiin lukeutuvat aerosolifysiikan, laskennallisen fysiikan ja inversio-ongelmien, rustokudoksen biofysiikan, biosignaalianalyysin ja lääketieteellisen kuvantamisen, unitekniikan ja analytiikan, biomateriaalitekniikan sekä farmaseuttisen fysiikan ryhmät. Lippulaivoista Photonics Research and Innovation (PREIN) on UEF:in laitoksella korostettuna yhteistyöalustana.

Ympäristö- ja biotieteiden laitoksella toimii prosessi-informatiikan tutkimusryhmä, joka ammentaa prosessi-informatiikasta ja tiedonjalostusmenetelmistä data-analyysin avulla.

Tietojenkäsittelytieteen laitoksella tutkimusryhmät keskittyvät tekoälyn (laskennallinen älykyys, laskennallinen puhe, koneoppiminen, laskennallinen spektrikuvantaminen), datatieteen (algoritminen data-analyysi, syväoppiminen, tilastotieteen tutkimus ja opetus) sekä opetus- ja kehitysteknologioiden (opetus- ja vuorovaikuttiset teknologiat) tutkimiseen.

SIB Labs (eli Science, Innovation, Business Labs) -infrastruktuuriyksikön osaamisalueisiin kuuluvat laskennallinen data-analyysi, spektrimittaus ja spektrikuvantaminen, foniikan soveltaminen mikro- ja nanorakenteissa, polymeeri- ja komposiittimateriaalit sekä mikro- ja nanotason pintailmiöt, rakenne, koostumus ja vuorovaikutus.

Terveystieteiden tiedekunnassa toimivan Biokeskuksen toimialaan kuuluvia teknologiapalveluita ja tutkimusryhmiä on seuraavia: bioinformatiikka, biolääketieteellinen kuvantaminen (sis. data-analyysia), translationaaliset teknologiat - lääkesuunnittelu tietokoneavusteisesti sekä yksisolu-genomiikan keskus. Farmasiassa tutkimusryhmiä ovat esim. lääkeaineanalytiikan ja lääkeainesuunnittelun tutkimusryhmät, Jatkuvatoinen lääkevalmistus -ryhmä ja Silmälääketutkimusryhmä. Lääketieteen laitoksella toimii neurotieteiden (NEURO) tutkimusyhteisön tutkimusryhmä Algoritminen data-analyysi sekä biolääketieteellinen Bioinformatiikkakeskus.

2.4 Jyväskylän yliopisto

Jyväskylän yliopistossa toimii kuusi tiedekuntaa: humanistis-yhteiskuntatieteellinen, informaatiotekniikan, kasvatustieteiden ja psykologian, liikuntatieteellinen, matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta sekä Jyväskylän yliopiston kauppakorkeakoulu. Tiedekuntien lisäksi yliopiston yhteydessä toimii Kokkolan yliopistokeskus Chydenius.

2.4.1 Koulutus

Laskennalliseen koulutukseen osallistuvat pääsääntöisesti Jyväskylän yliopiston informaatiotekniikan ja matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta, mutta teemoja sivutaan myös osin muissakin tiedekunnissa.

2.4.1.1 Maisterikoulutus

Informaatioteknologian tiedekunnan maisteriohjelmista tietotekniikan, tieto- ja ohjelmistotekniikan DI-ohjelma, kyberturvallisuuden ja Cognitive Computing and Collective Intelligence -maisteriohjelma sisältävät kurssivalintojen mukaan enemmän tai vähemmän laskennallisuutta. Tietotekniikan maisteriohjelmassa voi valita kahdesta suuntauksesta: teknis-matemaattinen mallintaminen ja päätösanalytiikka tai ohjelmisto- ja tietoliikennetekniikan opintosuunta. Ensimmäisen linjan valitsijat voivat profiloitua eteenpäin joko teknis-matemaattisen mallintamisen tai päätösanalytiikan tematiikan mukaan. Tieto- ja ohjelmistotekniikan DI-ohjelma sisältää kaksi suuntausta: ohjelmistotekniikka ja datatekniikka. Ohjelmistotekniikan suuntaus sisältää mm. ohjelmistotuotannon ja -turvallisuuden sekä web-palvelinohjelmoinnin kursseja. Datatekniikan suuntauksen opinnoissa voi valita linjauksista datatiede, IoT ja sensoriverkot, laskennallinen tiede tai tietoturva. Kyberturvallisuuden maisteriohjelmassa voi valita syventyäkö opintoihin joko sosiaalisesta (sis. mm. kyberturvallisuuden psykologiaa ja etiikkaa) vai teknisestä (sis. mm. ohjelmistoturvaa ja anomalian havaitsemista) näkökulmasta. Cognitive Computing and Collective Intelligence -maisteriohjelma sisältää mm. syväoppimiseen, semanttisiin teknologioihin ja pilvilaskentaan liittyviä kursseja.

Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta tarjoaa tilastotieteen ja datatieteen, matematiikan, fysiikan, kemian sekä biologian maisterikoulutukset. Tilastotieteen ja datatieteen maisteriohjelma sisältää elämän eri osa-alueisiin sovellettavissa olevia tilastotieteen kursseja. Matematiikan maisteriohjelmassa voi valita yleisen linjan tai stokastiikan ja todennäköisyysteorian linjan. Yleisellä linjalla voi edelleen valita valinnaisia kursseja analyysin ja geometrisen analyysin, differentiaaligeometrian, differentiaaliyhtälöjen, inversio-ongelmien, stokastiikan tai muiden aihepiirien aihealueista. Fysiikan maisteriohjelmassa on sekä soveltavan että teoreettisen fysiikan opintosuuntaukset, joissa valinnaiset opinnot koskevat ydinfysiikkaa, hiukkasfysiikkaa, materiaalfysiikkaa, soveltavaa fysiikkaa ja elektroniikkaa tai teoreettista fysiikkaa. Vaihtoehtoisia fysiikan maisterikoulutuksia ovat Nanoscience -maisteriohjelma, Nuclear and Particle Physics -maisteriohjelma ja Radiation and its Effects on MicroElectronics and Photonics Technologies -maisteriohjelma. Nanotieteissä voi erikoistua solu- ja molekyylibiologiaan, kemiaan tai fysiikkaan. Kemian maisteriohjelmassa voi valita kemian tai aineenopettajan opintosuunnan. Biologian maisteriohjelmaa on seuraavia: ekologian ja evoluutiobiologian, akvaattisten tieteiden, luonnonvarojen ja ympäristön, ympäristötieteiden sekä solu- ja molekyylibiologian maisteriohjelmat sekä Biological and Environmental Science -maisteriohjelma ja Development and International Cooperation, Specialisation in Environmental Science -maisteriohjelma.

Muissa tiedekunnissa tarjotaan mm. myös musiikkiteknologian ja kognitiivisen neurotieteen (esim. aivokuvantamista ja signaalinkäsittelyä) opintoja.

2.4.1.2 Tutkijakoulut

Jyväskylän yliopiston informaatioteknologian ja matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta tarjoavat jatkokoulutusta informaatioteknologiassa, bio- ja ympäristötieteissä, fysiikassa, kemiassa sekä matematiikassa ja tilastotieteessä. Informaatioteknologian tohtoriohjelmassa voi valita seuraavista opintosuunnista: tietojärjestelmätieteen, ohjelmisto- ja tietoliikennetekniikan, koulutusteknologian, kognitiivisen neurotieteen, koulutusteknologian tai

laskennallisen tieteen suunnasta. Ensi vuodesta lähtien on mahdollista opiskella myös tekniikan tohtorin tutkinto-ohjelmassa.

Muissa tiedekunnissa tarjottavat kognitiivisen neurotieteen tohtoriohjelma ja musiikin, taiteen ja kulttuurin tutkimuksen laitoksen tohtoriohjelma (etenkin musiikkitieteen opintosuunta) ovat myös mahdollisia vaihtoehtoja jatko-opintojen koostamiseen data-analyysin tai signaalinkäsittelyn parissa.

2.4.2 Tutkimus

Laskennallisten tieteiden tutkimukseen osallistuvat lähinnä informaatioteknologian ja matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta. Matemaattis-luonnontieteellisessä tiedekunnassa toimivat bio- ja ympäristötieteiden, fysiikan, kemian sekä matematiikan ja tilastotieteen laitokset.

Informaatioteknologian tiedekunnassa tutkimusalueita ovat numeerinen simulointi ja optimointi, tieteellinen laskenta, data-analyysi, tietojärjestelmät, kyberturvallisuus ja digitaalisten palvelujen soveltaminen esim. koulutuksen, hyvinvoinnin ja talouden tutkimukseen. Tutkimusryhmiä tiedekunnasta löytyy yhdeksän: Cognitive Science, Collective Intelligence, Computing Education Research, Empirical Cyber Security and Software Engineering, Human and Machine Based Intelligence in Learning (Humble), Multiobjective Optimization, Secure Communications Engineering and Signal Processing, Value Creation for Cyber-Physical Systems and Services (CPSS) sekä Computing, Information Technology and Mathematics. Tiedekunnan yhteydessä toimiviin laboratorioihin kuuluu Digital Health Intelligence Laboratory, jossa tutkimuksen keskeisinä osa-alueina ovat data-analyysi ja koneoppiminen. Spectral Imaging Laboratory on toinen laboratorio, joka keskittyy hyperspektrikuvantamiseen ja koneoppimiseen. IT-tiedekunnalla on koko yliopistoa palveleva laskentaympäristö sekä kyberturvallisuuslaboratorio, ja infrastruktuuria täydentää yhteistyö CSCn kanssa.

Matemaattis-luonnontieteellisessä tiedekunnassa tutkimus keskittyy evoluutiotutkimukseen, luonnonvarojen resurssiviisauteen, matemaattiseen analyysiin, monitieteiseen nanotieteeseen ja subatomaariseen fysiikkaan. Tiedekunnan profiloitumisalueiksi lukeutuvat nanotieteet, päätösanalytiikka, subatomaarisen fysiikan tutkimus ja luonnon perusvuorovaikutusten tutkiminen. Jyväskylän yliopistossa toimii Inversiomallinnuksen ja kuvantamisen huippuyksikkö, joka edustaa seismisen ja lääketieteellisen kuvantamisen matemaattista mallintamista.

Bio- ja ympäristötieteiden laitoksella tutkitaan biotieteitä (solu- ja molekyylibiologiaa sekä ekologiaa ja evoluutiobiologiaa), luonnonvaroja ja ympäristöä sekä biologista nanotiedettä.

Fysiikan laitoksen tutkimusalueisiin kuuluvat materiaalfysiikka, ydin- ja kiihdytinpohjainen fysiikka sekä hiukkasfysiikka. Tutkimusryhmät on jaoteltu aihealueittain: kokeellinen nanofysiikka ja nanoteknologia (esim. molekyyliteknologia, lämpöilmiöiden nanofysiikka, molekyläärinen elektroniikka ja plasmoniikka sekä silikoniin keskittyvät kvanttiteknologiat), teoreettinen ja laskennallinen nanotiede (laskennallinen nanofysiikka, monen kappaleen teoria ja kvanttidynamiikka, matalaulotteisten nanorakenteiden mallinnus, tiiviin aineen

teoria, kvantti-optomekaniikka ja suprajohdava spintroniikka) ja kompleksisten materiaalien rakenne.

Kemian laitoksella tutkitaan etenkin funktionaalisia molekyyliä ja materiaaleja, kemiallista nanotiedettä ja kiertotaloutta, joihin liittyvistä tutkimusryhmistä moni hyödyntää myös informaatioteknologiaa tutkimuksessaan (esim. laskennallinen nanotiede ja laskennallinen biomolekyylien kemia).

Matematiikan ja tilastotieteen laitoksella yksi päätutkimusala on geometria ja analyysi, jonka tutkimuksen kohteisiin kuuluvat esim. epälineaariset osittaisdifferentiaaliyhtälöt, geometrinen analyysi, epäsiileä geometria sekä inversio-ongelmat. Kaksi muuta päätutkimusala ovat stokastiikka ja todennäköisyysteoria sekä tilastotiede, jota on sovellettu esim. aivotutkimuksessa ja sensoridatalle, bio- ja ympäristötieteissä sekä terveystieteissä ja ihmistieteissä.

Varsinaista laskennallista tutkimusta on harvakseltaan muissa tiedekunnissa, mutta ajoittain ja yhä enemmän nousee hankkeita, joissa hyödynnetään tietokoneavusteisia menetelmiä. Liikuntatieteellisessä tiedekunnassa ROVA-hankkeessa yhdistetään virtuaali- ja lisättyä todellisuutta sekä robotiikkaa virtuaalikuntoutukseen. Tämän lisäksi on olemassa liikuntabiologian tutkimusryhmä, jossa analysoidaan ihmisen liikettä ja kehitetään puettavia mittauslaitteita koneoppimisen avulla. Kasvatustieteiden ja psykologian tiedekunnan monitieteinen Centre for Interdisciplinary Brain Research (CIBR) on aivotutkimuskeskus, jonka tutkimuksessa käytetään keskeisesti matemaattista mallintamista ja signaalinkäsittelyä hyväksi. Humanistis-yhteiskuntatieteellinen tiedekunta osallistuu myös Suomen Akatemian rahoittamaan tutkimukseen, jossa rakennetaan välineitä laajojen tekstiaineistojen analysointia varten (FIN-CLARIAH -hanke) ja edistetään lajitiedon digitointia hyödyntämällä mm. datan rikastamista ja automaattista lajintunnistusta (FinBIF -hanke).

2.5 LUT-yliopisto

Lappeenrannan-Lahden teknillinen yliopisto eli LUT-yliopisto koostuu seuraavista kouluista ja korkeakouluista: School of Energy Systems, School of Engineering Science ja kauppa- ja korkeakoulu.

2.5.1 Koulutus

Koulutus painottuu LUT-yliopistossa energiasysteemien, insinööritieteiden ja kauppatieteiden opetukseen.

2.5.1.1 Maisterikoulutus

LUT-yliopisto tarjoaa tekniikan maisteriohjelmiä yhteensä kahdeksalta eri alalta: energia-, kemian-, kone-, laskennallisesta, sähkö-, ympäristö- ja tietotekniikasta sekä tuotantotaloudesta. Energiatekniikan maisteriohjelmiä ovat Bioenergy Systems, Energy Conversion, Nuclear Engineering sekä Energiatekniikan EnTeDI-ohjelma. Kemianteekniikan maisteriohjelmiä ovat Biorefineries, Chemical Engineering ja Water Technology. Konetekniikalta löytyy yhteensä neljä eri maisteriohjelmaa: Konetekniikan DI-ohjelma MEC, Konetekniikan JEDI-ohjelma, Industrial Design Engineering ja Mechanical Engineering. Laskennallinen tekniikka sisältää seuraavat kolme eri maisteriohjelmaa: Business Analytics,

Data-Centric Engineering ja Technical Physics. Sähkötekniikasta voi löytää Sähkötekniikan ELEC-ohjelman, Sähkötekniikan DIODI-ohjelman sekä Electric Transportation Systems ja Electrical Engineering -maisteriohjelmat. Ympäristötekniikkaan lukeutuvat Circular Economy sekä Sustainability Science and Solutions -maisteriohjelma. Tietotekniikkaa voi opiskella maisteriohjelmissa Software Engineering and Digital Transformation, Software Product Management and Business, tai osaksi ulkomailla suoritettavissa Nordic Master's Programme in Sustainable ICT Solutions of Tomorrow (kaksoistutkinto-ohjelmassa) ja Erasmus Mundus Master's Programme Software Engineers for Green Deal (kolmoistutkinto-ohjelmassa). Tuotantotaloudessa laskennallisuutta löytyy lähinnä maisteriohjelmasta Data-analytiikka päätöksenteossa.

2.5.1.2 Tutkijakoulut

LUT:in tohtoriohjelmiä on kolme – energijärjestelmien tohtoriohjelma, liiketalouden ja johtamisen tohtoriohjelma sekä teknis-luonnontieteellinen tohtoriohjelma, joista etenkin energijärjestelmien ja teknis-luonnontieteellinen tohtoriohjelma tarjoavat laskennallista kulmaa opintoihin. Energijärjestelmien tohtoriohjelma mahdollistaa opiskelun energiamarkkinoiden ja aurinkotalouden, energiatekniikan, kestävyystutkimuksen, konetekniikan ja sähkötekniikan tutkimusalojen parissa. Teknis-luonnontieteellinen tohtoriohjelma tarjoaa laskennallisen tieteen, teknillisen fysiikan, vihreän kemian tekniikan, ohjelmistotuotannon ja tuotantotalouden tutkimusalojen opetusta.

2.5.2 Tutkimus

Tässä käsitellään LUT:in sisäistä tutkimusta, joka voidaan jakaa energiasysteemien ja insinöritieteiden korkeakoulun mukaan.

Insinöritieteiden korkeakoulussa tutkitaan energian, veden ja luonnonvarojen riittävyttä sekä ekologisia ja energiatehokkaita tuotantotapoja, jonka lisäksi kehitetään liiketoimintamalleja ja sovelluksia bio- ja lääketieteessä, ympäristön suojelussa, säätieteessä ja digitaalisessa mediassa. Erityisvahvuuksia korkeakoulussa ovat tieteellinen laskenta sekä erotustekniikat, jotka näkyvät Center for Separation Technology eli CST-tutkimusyksikön toiminnassa. Insinöritieteiden korkeakoululla tutkimusryhmiä on seuraavien aihealueiden mukaan: erotus- ja puhdistusteknologia (kromatografia, membraanitekniikka, neste-kiinteä -erotus), fysiikka (magneettiset puolijohteet, materiaalien laskennallinen mallinnus, materiaalfysiikka ja optinen mittaustekniikka, modernin laserspektroskopian analyysimenetelmät), ohjelmistotuotanto, laskennallinen tekniikka (inversio-ongelmat, konenäkö ja hahmontunnistus, kemianteekniikan digitalisaatio, puolijohdeilmaisimet ja CERN yhteistyö) ja tuotantotalous (innovaatiojohtaminen, kustannusjohtaminen, ohjelmistotuotanto, suorituskyvyn johtaminen, systeemitekniikka, toimitusketjun ja tuotannon johtaminen, yrittäjyyskasvatus).

Energiasysteemien korkeakoulussa energian käyttöön valjastamista tutkitaan läpi elinkaaren (kuten sen tuottamista, siirtoa ja jakelua) ja etenkin hiilineutraalin energijärjestelmän käsitteen kautta niin, että tekniset, taloudelliset, ympäristölliset ja kilpailukyvyn puolet otetaan huomioon. Vahvuuksina energiasysteemien korkeakoululla ovat koneiden ja laitteiden suunnittelu ja tuotanto digitaalisesti, vaativat hitsatut metallirakenteet sekä energijärjestelmien systeemitaso ymmärrys. Korkeakoulussa tutkimusyksiköitä on monitieteinen ja ABB:n kanssa yhteistyössä toimiva CDMC (Carelion Drives and Motor

Centre), jossa sähkön käyttö ja energiatehokkuus sekä sähkökoneet ovat tutkimuksen ja tuotekehitystyön keskiössä. Lisäksi toiminnassa on LUT Voima -yksikkö, joka tuottaa poikkitieteellistä kokeellista tutkimusta sekä niin laiterakennuspalveluita (prototyypin valmistamista) kuin muita elektroniikkaan ja sähköön pohjautuvia palveluita sekä asiaan kuuluvaa mittaamista, testausta ja kalibrointia. Energiasysteemien korkeakoululla tutkimusryhmiä on energiatekniikassa (energiaprosessien mallinnus, uusiutuvat energijärjestelmät, teknillinen termodynamiikka, virtaustekniikka, ydinvoimatekniikka, ydinturvallisuus, bioenergia), sähkötekniikassa (sähkömarkkinat, sähkönkäyttökoneet, säätö- ja digitaalitekniikka, sovellettu elektroniikka), kestävyystutkimuksessa (kestävät ratkaisut, kestävyysmuutos, kestävyystiede) ja konetekniikassa (koneensuunnittelu, teräsrakenteet, älykkäät koneet, tuotantotekniikka, hitsaustekniikka, lasertyöstö, pakkaustekniikka, kuitukomposiitit).

Tutkimusaloiksi LUT-yliopisto listaa viisi erilaista: AMBI, GREENRENEW, INERCOM, MORE SIM ja SCI-MAT. AMBI (Analytics-Based Management for Business and Manufacturing Industry) -projektissa keskitytään digitaalisen ekonomian ja etenkin bisnesanalytiikan hyödyntämiseen älykkäiden teknologioiden käyttöönotossa ja hallinnoimisessa yritysmaailmassa. GREENRENEW (Green Hydrogen and CO2 for Industry Renewal) -projektin tavoitteena on hiilidioksidista vapaa teollisuus ja sellaisten kustannustehokkaiden ratkaisujen kehittäminen, jotka pohjautuvat uusiutuvaan energiaan vihreää vetyä käyttäen. INERCOM (Integrated Energy Conversion Machinery) -projekti sisältää energiaa muuntavien koneistojen kehittämistä ratkaisuksi hiilivapaaseen maailmaan. MORE SIM (Modelling reality through simulation) -projekti vastaa kaikenlaisten virtuaalisten ihmis-, kone-, ja ympäristöjärjestelmien mallintamisesta teollisuuden tarpeiden mukaan. SCI-MAT (Sustainable circularity of inorganic materials) -projektissa keskitytään kestävä kehityksen mukaiseen epäorgaanisten materiaalien (metallien ja teollisuusmineraalien) hyötykäyttöön kiertotaloudessa luomalla uudelleenkäytettäviä materiaaleja. Tämä tehdään käyttämällä sähköjätteitä sekä esim. louhinnan sivutuotteita raakamateriaalina, ja mekaanisilla ja hydrometallurgian prosesseilla.

2.6 Oulun yliopisto

Oulun yliopistossa on kahdeksan tiedekuntaa tai korkeakoulua: biokemian ja molekyyliiläketieteen, luonnontieteellinen, lääketieteellinen, tieto- ja sähkötekniikan, teknillinen, humanistinen ja kasvatustieteiden tiedekunta sekä kaupparakennus- ja kauppakorkeakoulu.

2.6.1 Koulutus

Oulun yliopiston laskennalliseen opetukseen osallistuvat biokemian ja molekyyliiläketieteen, luonnontieteellinen, lääketieteellinen, tieto- ja sähkötekniikan sekä teknillinen tiedekunta.

2.6.1.1 Maisterikoulutus

Oulun yliopistossa voi opiskella maisteriohjelmissa, joista laskennallisuutta esiintyy etenkin tekniikan, luonnontieteiden, tietojenkäsittelyn ja tietoliikenteen (ICT-alojen), kauppatieteiden sekä terveys- ja hyvinvointialan opetuksessa.

Tekniikan alalta löytyvät seuraavat maisteriohjelmat: ympäristötekniikka, kaivos- ja rikastustekniikka, konetekniikka, prosessitekniikka, rakennus- ja yhdyskuntatekniikka sekä

ympäristötekniikka. Luonnontieteiden maisteriohjelmiin lukeutuvat kestävien prosessien ja materiaalien kemia, biologia, fysiikka, geotieteet, maantiede ja matematiikka.

Tietojenkäsittelyyn ja tietoliikenteeseen eli ICT-alojen maisteriohjelmiin lukeutuvat tietojenkäsittelytiede ja -tekniikka, elektroniikka, ohjelmistotekniikka ja tietojärjestelmät, langaton viestintätekniikka, elektroniikka ja tietoliikennetekniikka, tietojenkäsittelytiede sekä tietotekniikka. Tietotekniikassa voi valita seuraavista suuntauksista: tietokonetekniikka (ja edelleen laitteistoihin tai ohjelmistoihin erikoistuminen), soveltava tietotekniikka tai tekoäly. Terveys- ja hyvinvointialan maisteriohjelmiin kuuluu epidemiologia ja biolääketieteellinen datatiede. Poikkitieteellisiä maisteriohjelmiä ovat biokemia (luonnontieteiden ja terveys- ja hyvinvointialaan kuuluva), mineraaliresurssit ja kestävä louhinta (tekniikkaa ja luonnontieteitä yhdistävä), lääketieteen tekniikka (ICT- sekä terveys- ja hyvinvointialan ohjelma) sekä liiketoiminta-analytiikka (kauppatieteiden ja ICT-alan ohjelma).

2.6.1.2 Tutkijakoulut

Oulun yliopistossa on neljä tohtoriohjelmaa: tieto- ja sähkötekniikan, tekniikan ja luonnontieteiden, terveys- ja biotieteiden sekä ihmistieteiden tohtoriohjelma.

Tieto- ja sähkötekniikan tohtorikoulutustoimikunnan alaisia tohtoriohjelmiä ovat sähkötekniikan, tietojenkäsittelytieteiden (painotuksena joko ohjelmistotekniikka tai tietojärjestelmät), tietoliikennetekniikan (langattoman tietoliikenteen keskuksessa) ja tietojenkäsittelytieteen ja -tekniikan (engl. Computer Science and Engineering) tutkinto-ohjelma.

Tekniikan ja luonnontieteiden tohtoriohjelmiä on seuraavissa aihealueissa: biologia, fysiikka ja tähtitiede, geotieteet, kaivos- ja rikastustekniikka, kemia, konetekniikka, maantiede (osin myös Ihmistieteiden tohtoriohjelmassa), matemaattiset tieteet, prosessi- ja ympäristötekniikka sekä rakennus- ja yhdyskuntatekniikka. Tämän tohtoriohjelman kautta voi perehtyä myös kahteen yliopiston fokusalueeseen: Kestävät materiaalit ja järjestelmät, tai Muuttuva ilmasto ja pohjoinen ympäristö, jotka ovat Kvantum-instituutin keskeisiä tutkimusalueita.

Terveys- ja biotieteiden tohtorikoulutuksen tutkinto-ohjelmiin kuuluu biokemian ja molekyyllilääketieteen tohtoriohjelma.

Ihmistieteiden tohtorikoulutuksen tutkinto-ohjelmiä ovat kauppatieteet ja maantiede (osin myös tekniikan ja luonnontieteiden tohtoriohjelmassa).

2.6.2 Tutkimus

Oulun yliopiston tiedekunnista tässä keskitytään teknillisen, tieto- ja sähkötekniikan, luonnontieteellisen sekä biokemian ja molekyyllilääketieteen tiedekunnan tutkimukseen.

Teknillisessä tiedekunnassa keskitytään ilmastomuutoksen hillitsemiseen, kestäväan kehitykseen ja hyvinvoinnin edistämiseen. Tiedekunnassa tutkimusyksiköitä tai -ryhmiä ovat arkkitehtuuri, kaivannaisalan yksikkö, Oulu Mining School, kemiallinen prosessitekniikka, kestävä kemia, kuitu- ja partikkelitekniikka, materiaali- ja konetekniikka, prosessimetallurgia, rakenteet ja rakentamisteknologia, tuotantotalous, vesi-, energia- ja ympäristötekniikka (sis. energia ja ympäristötekniikka, vesi- ja ympäristötekniikka), ympäristö- ja kemiantekniikka

sekä älykkäät koneet ja järjestelmät (esim. mekatroniikka ja konediagnostiikka, systeemitekniikka).

Tieto- ja sähkötekniikan tiedekuntaan kuuluvat seuraavat tutkimusyksiköt: biomimetikka ja älykkäät järjestelmät, radioteknologiat (langattoman viestinnän keskuksessa), verkot ja järjestelmät (langattoman viestinnän keskuksessa), empiirinen ohjelmistotuotanto ohjelmistoissa, järjestelmissä ja palveluissa -tutkimusyksikkö, elektroniikan piirit ja järjestelmät, jokapaikan tietotekniikka, käyttöliittymät ja ihmiskeskeinen digitalisaatio, konenäön ja signaalianalyysin tutkimuskeskus, optoelektroniikka ja mittaustekniikka, sovellettu ja laskennallinen matematiikka sekä vakuuttavat verkko- ja mobiilipalvelut. Tiedekunnan tutkimukseen kuuluvat muuten muassa langaton viestintä 5G:llä ja 6G:llä (6G-lippulaiva), tekoäly, mittaus, elektroniikka ja materiaalit sekä järjestelmät ja ohjelmistot. 6G-lippulaivan lisäksi Oulun yliopisto painottaa myös tekoälyn tutkimusta. Tekoälyn tutkimuskohteet voidaan jakaa konenäköön ja koneoppimiseen sekä reunalaskennan, sovellettuun, lääketieteelliseen ja ilmaston tekoälyyn. Tällöin tutkimusta tehdään mm. konenäön tunnetekoälysovellusten, 5G-verkon tietoturvan ja sairauksien analysoinnin parissa.

Luonnontieteellisen tiedekunnan tutkimusyksiköitä tai -ryhmiä ovat avaruusfysiikka ja tähtitiede, ekologia ja genetiikka, maantiede, matemaattiset tieteet, nano- ja molekyyliysteemit sekä NMR-spektroskopian tutkimusyksikkö. Tutkimuksen vahvuusaloja ovat alueellinen muutos ja ihmiset muuttuvassa ympäristössä, Aurinko ja Maan lähiavaruus, avaruussää sekä ilmastonmuutos, bayesilainen data-analyysi ja matemaattinen analyysi, ekologia ja genetiikka, galaksit ja korkean energian astrofysiikka, kvantti- ja molekyyliytason ilmiöt sekä laskennallinen ja tekoälypohjainen ilmiömallinnus.

Biokemian ja molekyyli- ja lääketieteen tiedekunnassa tutkimus sisältää niin biotekniikkaa, proteiinitiedettä kuin solu- ja molekyylibiologiaa. Tiedekunnan tutkimus painottuu kudosten ja solujen toiminnan säätelyverkostoihin, solujen ja soluväliaineen vuorovaikutukseen, entsyymien ja proteiinien toimintaan ja rakenteeseen, solujen aineenvaihduntaan sekä näihin liittyviin sairauksiin. Näitä tutkitaan soluväliaineen ja hypoksian, proteiini- ja rakennebiologian sekä tautiverkoston tutkimusyksiköissä.

Näiden lisäksi yliopistossa on neljä fokusinstituuttia, joista Infotech vastaa informaatioteknologian, kuten tekoälyn, langattomien sensorien ja tietoverkkojen, sekä elektroniikan tutkimuksesta. Kvantum-instituutin tutkimustoiminnan keskiössä ovat kestävä materiaalit ja systeemit, ilmastonmuutos ja pohjoinen ympäristö. Muita instituutteja ovat Biocenter (elinikäinen terveys) ja Eudaimonia (ihmistieteet).

2.7 Tampereen yliopisto

Tampereen yliopistossa toimii informaatioteknologian ja viestinnän, rakennetun ympäristön, tekniikan ja luonnontieteiden, lääketieteen ja terveysteknologian, yhteiskuntatieteiden, johtamisen ja talouden sekä kasvatustieteiden ja kulttuurin tiedekunnat.

2.7.1 Koulutus

Tässä keskitytään informaatioteknologian ja viestinnän, rakennetun ympäristön, tekniikan ja luonnontieteiden sekä lääketieteen ja terveysteknologian tiedekunnan opetustarjontaan.

2.7.1.1 Maisterikoulutus

Informaatioteknologian ja viestinnän tiedekunnassa tarjotaan seuraavia maisteriohjelmia: matematiikka, sähkötekniikka, tietojenkäsittelyoppi, tietotekniikka, viestintäjärjestelmät ja -verkot, sulautetut järjestelmät ja tietoturva, sähköelektroniikka ja -mekaniikka, älykkäät sähköverkot, langaton viestintä ja RF-järjestelmät, datatiede, ihmisen ja koneen välinen vuorovaikutus, signaalinkäsittely ja koneoppiminen, tilastollinen data-analyysi sekä ohjelmistot, web ja pilvi.

Rakennetun ympäristön tiedekunnassa laskennallisempaa opiskeltavaa on lähinnä rakennustekniikan maisteriohjelmassa.

Tekniikan ja luonnontieteiden tiedekunnasta löytyvät automaatiotekniikan, konetekniikan, materiaalitekniikan, teknis-luonnontieteellinen, ympäristö-, energia- ja biotekniikan, tehdasautomaation ja robotiikan, automaatiotekniikan, ympäristötekniikan, materiaalitekniikan ja ftoniikkateknologioiden maisteriohjelmat.

Lääketieteen ja terveysteknologian tiedekunnassa on mahdollista opiskella bioteknologian ja biolääketieteen tekniikkaa, biomateriaali- ja kudostekniikkaa, biolääketieteellisiä mikro- ja nanolaitteita, terveysteknologiaa ja -informatiikkaa sekä biolääketieteellistä teknologiaa.

2.7.1.2 Tutkijakoulut

Tohtoriohjelmista lähinnä tekniikan ja luonnontieteiden sekä teknisten tieteiden tohtoriohjelma (tekniikan ja luonnontieteiden tiedekunnassa), ihmiset ja teknologiat -tohtoriohjelma, tieto- ja sähkötekniikan tohtoriohjelma ja näiden lisäksi englanninkieliset Doctoral Programme in Dynamic Wearable Applications with Privacy Constraints ja Doctoral Programme in Plenoptic Imaging (informaatioteknologian ja viestinnän tiedekunnassa), lääketieteen, biotieteiden ja biolääketieteen tekniikan tohtoriohjelmat (lääketieteen ja terveysteknologian tiedekunnassa) mahdollistavat tutkimuksen teon laskennallisuuden piirissä.

2.7.2 Tutkimus

Tässä keskitytään informaatioteknologian ja viestinnän, tekniikan ja luonnontieteiden, rakennetun ympäristön sekä lääketieteen ja terveysteknologian tiedekunnan tutkimukseen.

Informaatioteknologian ja viestinnän tiedekunnassa toimii yhteensä neljä eri yksikköä: kielten, sähkötekniikan, tietotekniikan ja viestintätieteiden yksiköt. Näistä lähinnä sähkötekniikan ja tietotekniikan yksiköt toimivat laskennallisuuden parissa. Sähkötekniikan yksikön sovellusalueita ovat etenkin ICT-järjestelmät ja sähköenergiäjärjestelmät, joka näkyy esim. elektroniikan ja sulautettujen järjestelmien, langattoman tietoliikenteen ja tietoliikenneverkkojen, radio-paikannuksen ja radio-sensoroinnin, sähköenergiatekniikan ja älykkäiden sähköverkkojen sekä tehoelektroniikan ja sähkömekaniikan tutkimuksena. Tietotekniikan yksikössä painotettuja tieteenaloja ovat ohjelmistotekniikka, signaalinkäsittely,

tietokonetekniikka ja tietoturva sekä koneoppiminen ja tekoäly, joita sovelletaan niin teollisuuden, talouselämän, lääketieteen, ympäristön kuin yhteiskunnankin tutkimukseen.

Tekniikan ja luonnontieteiden tiedekunnassa automaatio- ja konetekniikan, fysiikan sekä materiaalitieteen ja ympäristötekniikan yksiköt tuottavat tutkimusta. Automaatio- ja konetekniikan yksikössä painottuvat automatiikka, hydraulikka, koneensuunnittelu ja tuotekehitys, mekatronikka, robotiikka, säätö- ja systeemiteoria, teollisuuden informaatiotekniikka ja tuotantotekniikka. Aerosolifysiikka, fotonikka sekä laskennallinen fysiikka ovat ominaisia tutkimusaloja fysiikan yksikössä. Tieteenaloista bio- ja kiertotalous, kemia ja uudet materiaalit sekä materiaalioppi kuuluvat sen sijaan materiaalitieteen ja ympäristötekniikan yksikön toimialaan. Suomen Akatemian järjestämä lippulaivaohjelma näkyy tiedekunnassa kahden tutkimusprojektin muodossa: fysiikkaa, materiaalitiedettä ja ympäristötekniikkaa yhdistävässä PREIN (Photonics Research and Innovation) -lippulaivassa sekä usean yliopiston tai toimijan fysiikan ACCC (Atmosphere and Climate Competence Center) -lippulaivassa.

Rakennetun ympäristön tiedekunnassa toimii arkkitehtuurin ja rakennustekniikan yksiköt. Näistä rakennustekniikka sisältää erityisesti laskennallista analytiikkaa. Rakennustekniikan parissa toimii useampi tutkimusryhmä, jotka keskittyvät turvallisten, energiatehokkaiden ja ekologisten ratkaisujen aikaansaamiseen suunnittelua sekä läpi elinkaaren tapahtuvaa rakenteiden ja rakennusmateriaalien toimintaa tutkimalla. Aihealueita käsitellään myös digitaalisaatiota hyödyntävän tutkimuskeskus Terran ja sen tutkimusryhmien toimesta. Tutkimuskeskus Terrassa tehdään kehitystyötä lähinnä rakennusten pohjarakenteiden ja infrarakenteiden parissa.

Lääketieteen ja terveysteknologian tiedekunnassa tutkimus painottuu erityisesti biomateriaaleihin, biomittauksiin ja -kuvantamiseen, immunologiaan, kliiniseen lääketieteeseen, kudosteknologiaan, laskennallisiin järjestelmiin, mallintamiseen sekä solu- ja molekyylibiologiaan. Laskennallisuutta esiintyy kahden tutkimusryhmän, solu- ja kudosteknologia ja biomateriaalit -ryhmän sekä kuvantaminen ja laskennallinen biologia -ryhmän, tutkimuksessa. Tiedekunta on mukana myös monikudosmallintamisen ja kasvaingenomiikan huippuyksiköiden toiminnassa.

2.8 Turun yliopisto

Turun yliopistossa toimii kahdeksan tiedekuntaa tai korkeakoulua: humanistinen, kasvatustieteiden, yhteiskuntatieteellinen, oikeustieteellinen, lääketieteellinen, matemaattis-luonnontieteellinen, teknillinen tiedekunta sekä Turun kauppakorkeakoulu.

2.8.1 Koulutus

Turun yliopiston tiedekunnista matemaattis-luonnontieteellinen ja teknillinen tiedekunta tarjoavat huomattavan osan laskennallisten tieteiden koulutuksesta, ja sitä löytyy osin myös lääketieteellisestä ja humanistisesta tiedekunnasta sekä Turun kauppakorkeakoulusta.

2.8.1.1 Maisterikoulutus

Matemaattis-luonnontieteellisessä tiedekunnassa on seuraavat maisteriohjelmavaihtoehdot:

biologia (erikoistumisena biologian opettajan, ekologian ja evoluutiobiologian tai fysiologian ja genetiikan linja), biotieteet (painotuksena evoluutiobiologia tai molekulaarinen systeemibiologia), fysikaaliset tieteet (painotuksena data-analytiikka, fysiikan opettajan linja, lääketieteellisen tekniikan fysiikka, materiaalfysiikka, teoreettinen fysiikka tai tähtitiede ja avaruusfysiikka), fysiikka ja kemia (fysiikan painotuksella: tähtitiede ja avaruusfysiikka, materiaalfysiikka tai teoreettinen fysiikka, tai kemian painotuksella: materiaalikemia tai lääkekehityksen kemia), geologia (kallioperägeologian tai maaperägeologian linja), kemia (erikoistumisena kemian opettajan, lääkekehityksen kemian tai materiaalikemian linja), maantiede (maantieteen tai maantieteen opettajan linja), matematiikka (painotuksena data-analytiikka, finanssi- ja vakuutusmatematiikka, matematiikan linja, opettajan linja tai sovellettu matematiikka), sekä tilastotiede (erikoistumisena tilastollinen data-analytiikka tai tilastotiede).

Teknillisessä tiedekunnassa voi valita seuraavista maisteriohjelmista: molekyylibiotieteet (painotuksena biokemia, elintarvikekemia, molekulaarinen kasviologia tai solubiologia), biolääketieteelliset tieteet (painotuksena molekulaarinen bioteknologia ja diagnostiikka), biotieteet (painotuksena molekulaarinen systeemibiologia), biotekniikka (painotuksena biotekniikka tai elintarvikkeiden kehittäminen), konetekniikka (painotuksena digitaalinen suunnittelu, digitaalinen valmistus tai älykkäät järjestelmät), materiaalitekniikka (painotuksena energiateknologian materiaalit, terveysteknologian materiaalit tai modernit teolliset materiaalit), tieto- ja viestintätekniikka (painotuksena elektroniikkasuunnittelu, ohjelmistotekniikka, terveysteknologia, tietoliikenne- ja kyberturvallisuusteknologia tai älykkäät järjestelmät), informaatio- ja viestintätekniikka (painotuksena kyberturvallisuus, kryptografia, älykkäät järjestelmät, ohjelmistotekniikka tai data-analyysi), ohjelmistotekniikka tai tietojenkäsittelytieteet (painotuksena data-analytiikka, opettajan erikoistumisala tai vuorovaikutusmuotoilu).

Lääketieteellisessä tiedekunnassa on tarjolla biolääketieteellisten tieteiden maisteriohjelma (painotuksena lääkkeiden tutkiminen ja kehittäminen, biolääketieteellinen kuvantaminen, molekyylibioteknologia ja diagnostiikka tai lääketieteellinen ja radiofarmaseuttinen kemia), jossa voi tutustua biolääketieteellisiin opintoihin ja esim. bioinformatiikkaan. Tämän lisäksi humanistinen tiedekunta tarjoaa kieliasiantuntijuuden tutkinto-ohjelman, jossa on mahdollista erikoistua kieliteknologiaan tai digitaaliseen kielentutkimukseen. Turun kauppakorkeakoulun tarjoama taloustieteen tutkinto-ohjelma ylemmistä korkeakoulututkinnoista mahdollistaa myös kvantitatiivisten menetelmien painottamisen ja soveltamisen taloustieteeseen.

2.8.1.2 Tutkijakoulut

Turun yliopistossa toimii 17 tohtoriohjelmaa, joista teknologian tohtoriohjelma, eksaktien tieteiden tohtoriohjelma, matemaattis-tietotekninen tohtoriohjelma, molekulaaristen biotieteiden tohtoriohjelma, molekyyllilääketieteen tohtoriohjelma, biologian, maantieteen ja geologian tohtoriohjelma sekä fysikaalisten ja kemiallisten tieteiden tohtoriohjelma mahdollistavat jatkokoulutuksen laskennallisten tieteiden parissa. Eksaktien tieteiden tohtoriohjelmassa voi valita fysiikan, kemian, matematiikan, materiaalitieteen, sovelletun matematiikan, teoreettisen fysiikan, tilastotieteen tai tähtitieteen tieteenalan tohtorikoulutuksesta Turun yliopistossa.

2.8.2 Tutkimus

Tässä käydään läpi Turun yliopiston teknillisen, lääketieteellisen ja matemaattis-luonnontieteellisen tiedekunnan sekä Turun kauppakorkeakoulun laskennallista tutkimusta.

Teknillisessä tiedekunnassa tutkitaan bioteknologiaa, tietotekniikka sekä kone- ja materiaalitekniikkaa.

Bioteknologiaan kuuluvat seuraavat tieteenalat: biokemia, biotekniikka, elintarvikekemian ja elintarvikekehitys sekä molekulaarinen kasvibiologia. Biokemian tutkimuksen painopisteitä ovat proteiinien rakenne ja toiminta sekä solun vuorovaikutukset ympäristönsä kanssa. Tutkimusryhmiä on seuraavanlaisia: biofilmi-isäntä -vuoropuhelu kroonisessa tulehduksessa, antibioottien biosynteesin entsyymit, soluadheesio ja syöpä, immunokemia, solun vuorovaikutus soluväliaineen kanssa, geeniluennan säätely aitotumallisissa eliöissä sekä RNA-polymeraasi ja transkription mekanismi. Biotekniikan painopistealueet ovat kliininen diagnostiikka ja biomerkkiainetutkimus, leima- ja määrittysteknologiat, vasta-aine- ja proteiininmuokkaus, point-of-care diagnostiset menetelmät, nukleiinihappodiagnostiikka sekä ympäristö- ja elintarvikediagnostiikka. Elintarvikekemian ja elintarvikekehityksen tutkimusalueita ovat lipidien kemia ja biokemia, ruuan sekundaarimetaboliitit, elintarvikekehitystutkimus, elintarvikkeiden metabolomiikka ja elintarvikkeiden terveysvaikutukset. Molekulaarisen kasvibiologian tutkimuksen painopistealueita ovat fotosynteesin säätely, signalointi, kehitys ja stressivasteet sekä soveltava fotosynteesitutkimus. Tutkimusryhmiä molekulaarisessa kasvibiologiassa ovat asetylaatio ja FNR-proteiinit fotosynteesin säätelijöinä, fotosynteettiset mikrobit, kantasienten suvullisen lisääntymisen viestintäreitit, kasvibiofysiikkaprojekti, kasvien valosopeutuminen ja taudinkestävyys, kasvi-sieni-vuorovaikutussuhteet, osmoottiseen rasitukseen liittyvä signaalinvälitys kasveissa, redox-verkostot kasvien viherhiukkasten toiminnan säätelijänä, syanobakteerien RNA-polymeraasi sekä syanobakteerien synteettinen biologia. Alaan liittyen on myös NordForskin rahoittama tutkimuksen huippuyksikkö NCoE NordAqua, jonka tutkimuksessa on tarkoitus hyödyntää mikro- ja makroleviä ja tutkia niihin liittyviä sovelluksia.

Tutkimusryhmät tietotekniikan laitoksella ovat algoritmiikka ja laskennallinen älykkyys, Turku Data Science Group, TurkuNLP-ryhmä, ohjelmistotekniikka, yhdistetty todellisuus, vuorovaikutusmuotoilu, tietoliikenne- ja kyberturvallisuustekniikka, oppimisanalytiikan keskus, älykkäät järjestelmät (kuten autonomiset järjestelmät ja robotiikka), integroidut piirit, terveysteknologia, tulevaisuuden teknologioiden laboratorio, fonetiikka sekä bioinformatiikka.

Kone- ja materiaalitekniikan tutkimusalueita ovat aurinkoenergian materiaalit ja järjestelmät, akkumateriaalit ja -teknologiat, valoa säteilevät materiaalit ja laitteet, konetekniikka, tekoälylähtöinen laskennallinen materiaalitiede sekä terveysteknologian materiaalit.

Lääketieteellisessä tiedekunnassa korostuu yliopiston yksi temaattisista kokonaisuuksista nimeltä Terveys, diagnostiikka ja lääkekehitys, johon liittyy LIFE-tutkimuskokonaisuus (Tarttumattomien kroonisten sairauksien varhainen diagnostiikka, ehkäisy ja interventiot). Tämän lisäksi tiedekunta on mukana InFLAMES-lippulaivassa, jossa tutkimus tapahtuu yhteistyössä Åbo Akademin kanssa. Tiedekunta osallistuu myös INVEST-lippulaivan tutkimustoimintaan ja tekee yhteistyötä Terveiden ja hyvinvoinnin laitoksen (THL) kanssa.

Matemaattis-luonnontieteellisessä tiedekunnassa on kemian, biologian, matematiikan ja tilastotieteen, fysiikan ja tähtitieteen sekä maantieteen ja geologian laitokset sekä monitieteinen biodiversiteettiyksikkö.

Kemian laitoksella tutkimusryhmiä ovat bio-orgaaninen, detektioteknologioiden, älykkäiden materiaalien kemian, fysikaalisen kemian, luonnonyhdistekemian, materiaalikemian, radiofarmaseuttisen kemian sekä bio-orgaaninen tutkimusryhmä.

Biologian laitoksella tutkimuksen painopisteiksi lukeutuvat ihmisen biologia ja evoluutio, tropiikin ekologia, vuorovaikutus erityisesti kasvien ja kasvinsyöjien sekä petojen ja saaliseläinten välillä (mm. Itämeren ekosysteemissä), vesieläinfysiologia ja ekotoksikologia, eläinten käyttäytyminen ja populaatioekologia sekä muu ympäristöbiologia.

Matematiikan ja tilastotieteen laitoksella tutkimuksen painopisteitä on seuraavia: funktioavaruudet ja osittaisdifferentiaaliyhtälöt, koodausteoria, laskettavuus ja dynamiikka, lukuteoria, optimointi, kompleksit systeemit, aikasarja-analyysi ja ekonometria sekä laskennallinen biologia ja biolääketiede.

Fysiikkaa ja tähtitiedettä tutkitaan seuraavissa tutkimusryhmissä, laboratorioissa ja observatorioissa: avaruustutkimus-, kvanttioptiikan, materiaalitutkimuksen, teollisuusfysiikan, teoreettisen fysiikan ryhmässä sekä Wihurin fysiikantutkimuslaboratoriossa ja Tuorlan observatoriossa. Tutkimuksena ovat olleet mm. datan analysointi- ja visualisointialustan kehittäminen auringon hiukkaspurkauksille sekä materiaalien kvanttimekaaninen simulointiprojekti. Laitos tekee tutkimusta yhteistyössä kvanttiteknologian huippuyksikön ja kestävän avaruustieteen ja -tekniikan huippuyksikön (FORESAIL) kanssa, jossa tutkitaan avaruuden hiukkassäteilyä.

Maantieteen ja geologian laitoksella keskeisiä tutkimusaloja maantieteessä ovat innovaatioympäristöt ja kaupunkimaantiede, soveltava paikkatietotutkimus, jokiympäristöt ja rannikkomeret sekä ympäristön dynamiikka ja globaalimuutos. Geologian keskeisiä tutkimusaloja ovat Fennoskandian geologia sekä sedimentologia ja historialliset ympäristömuutokset.

Turun kauppakorkeakoulun kvantitatiivisten menetelmien taloustieteiden tutkimuksessa painopistealueita ovat rahoituksen matematiikka, diffuusioprosessien stokastinen kontrolli, uusiutuvien luonnonvarojen optimaalinen ohjaus, riskienhallintamenetelmät, dynaaminen mallinnus, stokastinen analyysi ja tilastotiede (kuten ekonometria). Kvantitatiivisuutta hyödyntäviä sovellutuksia ovat esim. korkojen aikarakennemallit, yritystoiminnan riskien mittaaminen ja stokastinen populaatiodynamiikka.

2.9 Vaasan yliopisto

Vaasan yliopisto listaa akateemiseksi yksiköikseen johtamisen yksikön, laskentatoimen ja rahoituksen yksikön, markkinoinnin ja viestinnän yksikön sekä tekniikan ja innovaatiojohtamisen yksikön.

2.9.1 Koulutus

Vaasan yliopistossa opetukseen kuuluu hallintotieteiden, kauppätieteiden, tekniikan ja viestintätieteiden eri aineita, joista tässä keskitytään lähinnä tekniikan maisteri- ja tohtoriohjelmien tarjontaan.

2.9.1.1 Maisterikoulutus

Vaasan yliopisto tarjoaa tekniikan opetusta, joka kiteytyy maisteriopintotasolla seuraaviin maisteriohjelmiin: energia- ja informaatiotekniikka (joko automaation ja tietotekniikan, energiatekniikan tai sähkötekniikan opintosuunnalla), älykäs energia tai teollisten järjestelmien analytiikka.

2.9.1.2 Tutkijakoulut

Vaasan yliopistossa voi opiskella yhteensä kolmessa eri tohtoriohjelmassa: liiketoimintaosaamisen, teknillisten tieteiden tai yhteiskuntatieteellisessä tohtoriohjelmassa. Teknillisten tieteiden tohtoriohjelmassa opiskeleva on yleensä osana tutkimusryhmää, jonka painopisteisiin kuuluu jotain seuraavista aihealueista: vähähiilinen energiantuotanto, sähköverkot, sähköverkon suojaus ja automaatio, mittaustekniikka, signaalinkäsittely, langaton tiedonsiirto ja anturiverkot, logistiikka, tuotteiden ja palveluiden kehittäminen, ympäristöteknologia, tietoverkkojen tutkiminen ja tiedon mallintaminen, langattomien tietoliikennepalvelujen laatu ja radioresurssien hallinta, laskennallinen geometria, tiedon mallintaminen, epälineaarinen optimointi, optimointi geneettisillä algoritmeilla, bioöljyjen energiatekniset ominaisuudet, geoenergia, ruiskutusjärjestelmien optimointi biopolttoaineille, moottoriteknologia, teknillisten ja taloustieteellisten ilmiöiden matemaattinen tai tilastollinen mallintaminen.

2.9.2 Tutkimus

Vaasan yliopistossa toimii tekniikan ja innovaatiojohtamisen akateeminen yksikkö, jonka tutkimuksen painopisteitä ovat hajautettu sähköenergian tuotanto, laatu- ja teknologiajohtaminen, logistiikka, optimointi, sähköön jakelu ja käyttö, tietoverkot ja langattomat tietoliikennepalvelut, tuotekehitys sekä taloudellisten ja teknisten ilmiöiden mallintaminen. Tutkimus yksikössä on organisoitu viiteen tutkimusryhmään: matemaattinen mallintaminen, SC-Research, tuotannon johtaminen, uusiutuvat energiat ja älykkäät sähköjärjestelmät. Näiden tekniikkaa ja innovaatiojohtamista käsittelevien tutkimusryhmien tutkimuskohteita on seuraavanlaisia.

Matemaattisen mallintamisen ryhmässä tutkitaan matemaattista ja tilastotieteellistä mallintamista. SC Research -tutkimusryhmässä tutkitaan verkko-oppimisympäristön kehittämistä esim. pelillisyyden avulla. Tuotannon johtamisen ryhmässä (NeVS) tutkitaan mm. automaattista datan käyttöönottoa ja prosessointia, älylogistiikkaa ja varastonhallintaa (esim. tarkkuuspaikannusmenetelmien algoritmista ja ohjelmallista kehittämistä), massadata-analytiikkaa ja tekoälysovelluksia toimitusketjujen ohjauksessa sekä teknologioiden hyödyntämistä logistiikassa. Uusiutuvat energiat -ryhmä keskittyy energiatekniikan tutkimukseen, kuten vähäpäästöiseen tekniikankehitykseen (esim. RCCI-palamismenetelmä ja uudet katalysaattoriratkaisut), vähähiilisen merenkulun edistämiseen (tuulienergiaoptimoidun lastialuksen ja vetykäyttöisen risteilyaluksen kehittämistä varten) sekä biokaasun käyttöön jätehuollossa ja -logistiikassa, teollisuuden

tutkimuksessa, meriliikenteessä sekä kasvihuoneteollisuudessa ja energiantuotannossa. Älykkäät sähköjärjestelmät -tutkimusryhmä muodostuu automaatio-, sähkö-, tieto- ja tietoliikennetekniikan sekä tietojärjestelmätieteen tutkijoista. Ryhmässä tutkitaan mm. lohkoketjuteknologioiden implementointia, piensatelliittien navigointia ja paikannusta sisätiloissa, energia-autonomia ratkaisuja teollisuuden sovelluksissa, kyberuhkien ehkäisemistä digitaalisissa energiajärjestelmissä sekä aurinkosähkön järjestelmäintegraatiota 5G:n, digitaalisten alustojen ja lohkoketjujen avulla.

Vaasan yliopistosta löytyy kolme merkittävämpää tutkimusalustaa: VEBIC, Digital Economy ja InnoLab. Digital Economy -alustan toimintaan kuuluu innovaatioiden tutkimus teknologioiden kehittämisen näkökulmasta, jolloin painotetaan datan elinkaaren tutkimusta, kuten datan analysointia, siirtämistä, keräämistä, suojaamista ja hyödyntämistä liiketoiminnassa. Data- ja alustatalous, automaatio, koneoppiminen, IoT, resurssiniukka automaatio, digitaaliset joukkoistusalustat ja ekosysteemit, sääntely digitalisaatiossa ja digitaalimarkkinointi ovat muutamia tutkimuskohteita, joiden parissa työskennellään kyseisellä alustalla. VEBIC eli Vaasa Energy Business Innovation Centre on tutkimus- ja innovaatioalusta, jonka toiminta koskee energian ja kestävä kehityksen tutkimusta. Kolmen tutkimuslaboratorion ja yhden koulutuslaboratorion voimin alustalla tarkastellaan tehokkaan energiantuotannon ja -liiketoiminnan mahdollisuuksia. VEBICin toimintaan kuuluu viisi murrosareenaa: uusi hiilineutraali kampus, energiakylä, hajautetun energiantuotannon testialue, ympäristöystävällinen lautta ja innovaatioekosysteemi. InnoLabin tutkimuskenttään kuuluvat avointen ja käyttäjäinnovaatioiden lisäksi julkisen sektorin uudistaminen ja yrittäjyys. Tutkimustyö tapahtuu laajassa yhteistyössä elinkeinoelämän, julkisen sektorin, muiden korkeakoulujen ja tutkimuslaitosten kanssa.

2.10 Åbo Akademi

Åbo Akademiin kuuluu neljä tiedekuntaa: kasvatustieteiden ja hyvinvointialojen, yhteiskuntatieteiden ja kauppatieteiden, luonnontieteiden ja tekniikan sekä humanististen tieteiden, psykologian ja teologian tiedekunta.

2.10.1 Koulutus

Åbo Akademiassa laskennallisuutta löytyy pääosin luonnontieteiden ja tekniikan tiedekunnan opetustarjonnasta.

2.10.1.1 Maisterikoulutus

Åbo Akademi tarjoaa useita maisteriohjelmiä niin luonnontieteiden ja tekniikan tiedekunnan kuin muidenkin tiedekuntien puolesta. Maisteriohjelmien opetuskieli on joko ruotsin tai englannin kieli, mutta monet ruotsinkielisten maisteriohjelmien kurssit tarjotaan englannin kielellä. Ruotsinkielisiksi merkittyjä maisteriohjelmiä voi osaa opiskella myös ilman varsinaista ruotsin kielen taitoa, josta mainitaan yleensä erikseen yliopiston sivuilla.

Luonnontieteiden ja tekniikan tiedekuntaan kuuluvat biokemian, solubiologian, ympäristö- ja meribiologian, kemiantekniikan, prosessitekniikan, energiatekniikan/teknologian, informaatioteknologian, matematiikan, geologian, fysiikan, kemian sekä farmasian aineet.

Biotieteisiin kuuluvista biokemian, solubiologian sekä ympäristö- ja meribiologian maisteriohjelmista ensimmäiseen voi sisällyttää bioinformatiikkaa ja bioteknologiaa, toiseen biokuvantamisinformatiikan kursseja ja viimeiseen geografista mallintamista.

Kemian- ja prosessitekniikan maisteriohjelmassa voi valita kemianteekniikan, prosessitekniikan tai energiateknologian moduulin. Kemian tekniikassa voi erikoistua prosessisuunnitteluun ja operointiin, edistyneisiin materiaaleihin, synteesiteknologiaan ja analyysiin, biotuotetekniikkaan tai kestävään energiatekniikkaan. Energiateknologiassa pääaineopintoihin kuuluvat energiatekniikan ja kestäväan energiatekniikan moduulit. Kestävään kehitykseen pohjautuvaa kemiaa ja prosessitekniikkaa voi lukea kestäväan kemian- ja prosessitekniikan maisteriohjelmassa. Tämä maisteriohjelma sisältää esim. optimointia, prosessitekniikkaa, data-analyysia ja koneoppimista sekä kemian tekniikan kursseja. Tämän lisäksi tarjolla on myös kaksoistutkintomahdollisuus. Excellence in Analytical Chemistry (EACH) -maisteriohjelmassa pakollisia moduuleita ovat analyttisen kemian perusteet, metrologia ja laadunhallinta sekä elektroanalyysi (sisältää esim. kurssit sovellettu sähkökemian, kemikaaliset ja biosensorit sekä analyttisen kemian erikoisprojekti).

Informaatioteknologian maisteriohjelmasta (engl. Information Technology) löytyvät pääaineet tietotekniikka (engl. Computer Engineering) (Vaasasta ja Åbosta) sekä tietojenkäsittelytiede (engl. Computer Science). Vaasan tietotekniikan linjan valinnut opiskelee moduulit ohjelmistotekniikkaa (esim. web-teknologiat) ja teollista internetiä (esim. esineiden internetin systeemiarkkitehtuurit) ja voi valita yhden seuraavista erikoistavista moduuleista: projekti ja harjoittelu, edistynyt ohjelmistotekniikka, turvallisuuskriittiset ja itsehallinnolliset järjestelmät tai laskennallinen data-analyysi. Åbon tietotekniikan linjassa pääaineopintoihin kuuluvat ohjelmistotekniikka sekä projekti ja harjoittelu -moduulit, jonka lisäksi valitaan yksi seuraavista temaattisista moduuleista: edistynyt ohjelmistotekniikka, bioinformatiikka, laskennallinen data-analyysi, teollinen internet tai turvallisuuskriittiset ja itsehallinnolliset järjestelmät. Tietojenkäsittelytieteen linja sisältää pääaineopintoina logiikka ja algoritmit sekä projekti ja harjoittelu -moduulit, jonka lisäksi valitaan yksi temaattinen moduuli seuraavista: edistynyt ohjelmistotekniikka, bioinformatiikka, laskennallinen data-analyysi, teollinen internet tai turvallisuuskriittiset ja itsehallinnolliset järjestelmät. Lisäksi löytyy englanninkielinen kaksoistutkintomahdollisuus maisteriohjelmasta Engineering of Data-intensive Intelligent Software Systems (EDISS), jossa Åbo Akademi voi opiskella esim. kursseja datatiede, tekoäly, koneoppiminen, pilvilaskenta, teollisen internetin analytiikka ja sulautettu tekoäly. Toinen kaksoistutkinto-ohjelma on nimeltään Embedded Systems, jonka ranskalainen ESIGELEC (Graduate School of Engineering) järjestää yhteistyössä Åbo Akademin kanssa. Maisteriohjelman opiskelijat voivat Åbo Akademi lukea optimointia, rinnakkaisohjelmointia, pilvilaskentaa ja ohjelmistotestausta. Åbo Akademi tarjoaa myös toisen ranskalaisen korkeakoulun (INSA Rennes) kanssa yhteistyössä kehitetyn kaksoistutkinnon informaatioteknologiassa. Pohjoismaisen yhteistyön tuloksena on kehitetty myös Nordic Master Programme in Intelligent Software Systems (NISS), jonka opiskelijat voivat Åbo Akademi opiskella samoja moduuleja tai kursseja kuin informaatioteknologian maisteriohjelmassa opiskelevatkin (esim. pääaineita tietotekniikka tai tietojenkäsittelytiede).

Muista luonnontieteistä matematiikkaa, sovellettua matematiikkaa, geologiaa ja mineralogaa, fysiikkaa sekä kemiaa (tai kemian, matematiikan tai fysiikan opettajan linjoja) on mahdollista opiskella luonnontieteiden ja tekniikan tiedekunnassa.

Matematiikan maisteriohjelmassa pääaineopintoihin kuuluvat moduulit vakuutus- ja finanssimatematiikkaa, joihin kuuluu esim. kurssit riskiteoriasta, Markovin ketjuista, stokastisesta optimoinnista ja henkivakuutusmatematiikasta. Sovelletun matematiikan maisteriohjelma sisältää sovelletun matematiikan ja yleisen matematiikan moduulit, jotka sisältävät esim. Markov-ketjujen, kompleksin analyysin ja Fourier'n sarjan kurseja.

Geologian ja mineralogian maisteriohjelma sisältää pääaineopintoja ympäristöllisessä geokemiassa (kvartäärikauden geologia ja ympäristöllinen geokemia) ja Fennoskandian kallioperän moduuleja.

Fysiikan pääaineopintoihin kuuluu esim. matemaattista mallintamista, biofysiikkaa ja kvanttimekaniikka sekä materiaalfysiikan tutkimusmenetelmien kurseja. Näiden lisäksi valitaan seuraavista temaattisista moduuleista: materiaalien sähköiset ominaisuudet, biomateriaalit, mallintaminen tai fysiikan erityisalue. Varsinkin mallintamisen moduuli sisältää signaalinkäsittelyä, tilastotieteellisiä menetelmiä, simulointia, numeerista matematiikkaa, molekyyllimallintamista ja laskennallista materiaalien fysiikkaa.

Kemiaa opiskeleva voi opinnoissaan erikoistua orgaaniseen kemiaan, analyttiseen kemiaan, fysiikan kemiaan tai epäorgaaniseen kemiaan. Maisteriohjelmaan kuuluvat seuraavat temaattiset moduulit: biomolekyyliset ja luonnolliset materiaalit, lääketieteellinen kemia sekä kemian tekniikka.

Muiden alojen maisteriohjelmiä, joihin jotain laskennallisuutta voi sisällyttää, ovat esim. farmasian, biolääketieteellisen kuvantamisen ja lääketieteellisen teknologian maisteriohjelmat. Farmasian maisteriohjelmaan voi valita koneavusteisen lääkesuunnittelun, bioteknologian, geenitekniikan tai farmaseuttisen nanoteknologian kurseja. Biolääketieteellisen kuvantamisen maisteriohjelmaan voi sisällyttää hieman biokuvantamisinformatiikkaa ja biolääketieteen statistiikkaa. Lääkekehityksen ja lääketieteellisen teknologian maisteriohjelma sisältää farmaseuttisen ja lääketieteellisen tekniikan temaattisen moduulin, jossa on esim. geenitekniikan ja biomateriaali- ja kudostekniikan kurseja. Näiden lisäksi liiketoiminta-analytiikkaa, kuten finanssilaskennan ja bisnesanalytiikan kurseja, voi myös sisällyttää seuraaviin maisteriohjelmiin: sosiaalinen analyysi (ekonomian linja), digitalisaation johtaminen ja liiketaloustiede.

2.10.1.2 Tutkijakoulut

Luonnontieteiden ja tekniikan tiedekunta tarjoaa tohtoriohjelmiä biotieteissä, kemian- ja prosessitekniikassa, informaatioteknologiassa, matematiikassa, fysiikassa, kemiassa, geologiassa sekä farmaseuttisessa kehityksessä ja lääketieteellisessä teknologiassa.

2.10.2 Tutkimus

Tässä käsitellään Åbo Akademin tutkimusta seuraavilla tieteen- ja tekniikan aloilla: tietojenkäsittelytiede, teollisuustalous, biotieteet (kuten solubiologia ja rakenteellinen bioinformatiikka), prosessi- ja systeemitekniikka, matematiikka, materiaalteknikka, kemia, fysiikka ja energiateknologia.

Tietojenkäsittelytieteen tutkimus Åbo Akademiassa tapahtuu suurelta osin yhteistyössä Turun yliopiston ja teollisuuden kanssa. Tutkimusta on pääasiassa keskitetty kolmen teeman ympärille: tehtäväkriittisten ohjelmistojen kehittäminen, teollinen internet sekä biotekniikan algoritmit ja ohjelmistot. Tehtäväkriittisten ohjelmistojen tutkimus painottaa korkealaatuisten ja luotettavien ohjelmistojärjestelmien suunnittelua ja kehittämistä. Tähän liittyvät järjestelmien suunnittelun muodolliset menetelmät, ohjelmistotestaus, selitettävä tekoäly autonomisten järjestelmien kehittämiseksi, suorituskykyiset ohjelmistot sekä pienitehoiset ja energiatehokkaat ohjelmistojärjestelmät. Teollinen internet keskittyy antureiden, toimilaitteiden ja tietokonejärjestelmien välisiin yhteyksiin teollisuus- ja valmistussovelluksissa. Aihepiiriin tutkimukseen kuuluu myös digitaalisten kaksosten luominen suorituskyvyn ja luotettavuuden arviointia varten haastavissa teollisuusjärjestelmissä. Algoritmit ja ohjelmistot biotekniikassa -teemassa keskitytään laskennallisten järjestelmien tutkimukseen, biologian luonnolliseen tietojenkäsittelyyn, verkkoanalyysin teoriaan tietojenkäsittelyssä ja laskennalliseen mallintamiseen.

Teollisuustalouden tutkimuksen keskeiset kohteet ovat teolliset investoinnit ja projektitoiminta energia- ja kuljetusalalla. Tutkimusteemat käsittelevät teollisuuslogiikkaa, teknologian kaupallistamista, rajat ylittäviä liiketoimintamalleja, projektijohtamista, järjestelmäintegraatiota, toiminnallisia ratkaisuja ja governance-malleja. Teollisuustalouden tutkimuslaboratoriolla on tällä alalla vankka asema sekä kotimaassa että kansainvälisesti.

Åbo Akademin solubiologian tutkimuksen pääpainoalueita ovat solustressi, solujen selviytyminen ja solukuolema, solujen päätöksentekoprosessit, geeniekspression säätely, sytoskeletin rooli normaaleissa ja patologisissa prosesseissa, tulehdusprosessien ja kudonsvaurioiden välinen suhde sekä kudosten uusiutuminen ja rappeutuminen. Tutkimus vaikuttaa läheisesti monien sairauksien, kuten syövän, lihassairauksien, tulehdussairauksien ja diabeteksen, ymmärtämiseen. Solubiologia on lisäksi osa Åbo Akademin tutkimusprofiilia lääkekehityksen ja diagnostiikan alalla, joka on Turun seudun yliopistojen yhteinen painopistealue. Åbo Akademin biotieteiden laboratoriot toimivat Kupittaan kampuksella yhdessä Turun yliopiston ja Turun yliopistollisen sairaalan biotieteiden ja lääketieteen tutkijoiden kanssa. Åbo Akademin biotieteiden tutkimusta tukevat organisaatiot, kuten BioCity Turku ja Health Campus Turku, jotka vahvistavat yhteistyö- ja innovaatiomahdollisuuksia. Åbo Akademin huippuosaamiskeskushanketta CellMech (Center of Excellence in Cellular Mechanostasis) johtaa solubiologian professori Cecilia Sahlgren. CellMech tutkii, miten mekaaninen stressi, joka syntyy verenkierron tai kudoksen jäykkyyden muutoksista ("kudosisfibroosi") vaikuttaa solujen ja kudosten toimintaan. CellMechin tutkimuksessa keskitytään erityisesti syvällisempään tietämykseen siitä, miten solut reagoivat mekaaniseen rasitukseen molekyylitasolla ja miten mekaaniset ärsykkeet säätelevät solumekanismeja. Tutkimusten avulla tutkijat pyrkivät edistämään tietämystä mekanolääketieteen alalla kudosten korjaamisen stimuloimiseksi ja sellaisten sairauksien hoitamiseksi kuin krooniset haavat, sydän- ja verisuonitaudit ja krooninen tulehdus, joka voi hoitamattomana aiheuttaa syöpää.

Rakenteellisen bioinformatiikan laboratoriossa toimii tutkimusryhmä, joka keskittyy siihen, miten biologiset molekyylit toimivat tuottaakseen biologiset seurauksensa. Tutkimus sisältää keskeisiä lähestymistapoja ja tieteenhaaroja, kuten kokeellista rakennebiologiaa, rakenteellista bioinformatiikkaa (rakenne- ja molekyylikompleksien mallintaminen), ligandien in silico -seulontaa ja biologisten lääkkeiden kehittämistä sekä uusien laskennallisten

välineiden kehittämistä ja soveltamista. Toinen laboratorion tutkimusryhmä keskittyy proteiinien 3D-rakenteisiin ja erityisesti 3D-rakenteiden hyödyntämiseen proteiinien toiminnan ennustamisessa ja ymmärtämisessä.

Prosessi- ja systeemitekniikan laboratorio keskittyy prosessien kehittämiseen, mallintamiseen, optimointiin ja simulointiin. Malleja kehitetään sekä staattisille että dynaamisille järjestelmille. Dynaamisia malleja käytetään erityisesti prosessinohjaussovelluksissa. Mallit ulottuvat yksityiskohtaisista mikrotason malleista makro- tai järjestelmämittakaavan malleihin. Erityisenä kiinnostuksen kohteena ovat energian jakelu, energian varastointi ja kestäviin energialähteisiin perustuvat uudet energiajärjestelmät. Tutkimuksella on suuri merkitys monille teollisuudenaloille, kuten sellu- ja paperiteollisuudelle, metallurgialle, elintarvikealalle ja lääketeollisuudelle.

Prosessikemian ja reaktiotekniikan tutkimusryhmässä keskeisenä osa-alueena on prosessien tehostaminen kehittämällä uusia katalyyttejä ja uusia kemiallisia reaktoreita käyttämällä epätavanomaisia energiamuotoja, kuten akustista ja mikroaaltosäteilyä. Prosessikemian tutkimus tuottaa uusia materiaaleja, prosesseja ja laitteita, joiden avulla pyritään löytämään kestäviä ratkaisuja ihmiskunnan suuriin kysymyksiin, kuten ihmisten hyvinvointiin tai globaaliin energiahuoltoon.

Åbo Akademin matematiikan tutkimusryhmät tekevät tutkimusta funktionaalisen analyysin, stokastiikan ja soveltavan matematiikan aloilla. Funktionaalianalyysin ja sen sovellusten tutkimuksessa päätavoitteena on kehittää analyyttisiä funktiotiloja ja niiden operaattoreita käsittelevää teoriaa sekä pureutua approksimaatioteorian ja sääntelyteorian keskeisiin ongelmanasetteluihin. Stokastiikan tutkimustyössä kehitetään Markov-prosessien teorioita, erityisesti diffuusioita, Lévy-prosesseja ja Markov-ketjuja. Lisäksi tarkastellaan kontrolliteoriaa ja Markov-prosessien optimaalisen pysäyttämisen teoriaa erityisesti finanssimatematiikan ja populaatioprosessien sovelluksissa. Lukuteorian tutkimuksessa tarkastellaan modulaarisia muotoja ja sen sovelluksia koodausteoriassa.

Luonnonmateriaalien tekniikan tutkimus kohdistuu suurelta osin siihen, miten puuta ja muita kasvipäisiä materiaaleja voidaan hyödyntää uusien, arvokkaiden biokemikaalien ja -materiaalien tuottamiseksi. Tutkimusryhmä on erikoistunut myös matemaattiseen mallintamiseen ja numeerisiin simulaatioihin, jotka liittyvät pinnoitusprosesseihin, sen komposiitteihin ja huokosiin väliaineisiin.

Kemian tutkimus Åbo Akademiassa on monipuolista: aiheet vaihtelevat korkealämpötilakemiasta ja materiaalikemiasta molekyylien ja lääkeaineiden valmistukseen. Fysikaalisen kemian alalla keskeisimpiä tutkimusalueita ovat pinta- ja kolloidikemia, sekä laskennallinen kemia. Tutkimuksen puitteissa kehitetään ja suunnitellaan uusia nanomateriaaleja, kuten hierarkkisia ja hybridikomposiitteja. Analyyttisen kemian tutkimus painottuu sähköaktiivisiin materiaaleihin ja kemiallisiin sensoreihin. Orgaanisen kemian tutkimuksissa kehitetään menetelmiä, joiden avulla voidaan tuottaa ympäristöystävällisesti ja taloudellisesti molekyyliä esimerkiksi lääkeainekemian tarpeisiin. Epäorgaaninen kemia kattaa mm. epäorgaanisten korkean lämpötilan prosessien laskennallisen fluididynamiikan mallintamisen ja termodynaamisen mallintamisen.

Åbo Akademiassa fysiikan tutkimuksen painopisteenä on materiaalitutkimus: paperielektroniikka, tulevaisuuden aurinkokennot, biopohjaiset funktionaaliset materiaalit, magnetismi ja materiaalilaskenta. Tutkimus sisältää sekä kokeellista että teoreettista menetelmäkehitystä, ja siinä käytetään erilaisia laskentamenetelmiä ja mallinnuksia. Monitieteistä tutkimusta tehdään yhteistyössä mm. informaatioteknologian, matematiikan, biologian ja kemian tutkijoiden kanssa.

Energiateknologian tutkimuksessa hyödynnetään energijärjestelmiä koskevia lähestymistapoja, joissa materiaali- ja energiavirrat integroidaan uusiin teknologisiin ratkaisuihin ja joissa talous ja lainsäädäntö toimivat perustana energia- ja materiaalitehokkuuden parantamiselle sekä ympäristövaikutusten vähentämiselle. Osa nykyisestä energiateknologian tutkimuksesta tehdään Vaasan alueen kanssa yhdessä, jolloin tutkimusalueisiin kuuluvat kaasutalous (erityisesti nesteytetty maakaasu), moottoriteknologia, energian varastointi ja IoT energijärjestelmissä.

3 Infrastruktuurien käytettävyys

Laskennallisten tieteiden harjoittamiseen kuuluu olennaisena osana infrastruktuuri, jonka avulla luodaan, koulutetaan ja testataan laskentaa vaativia malleja. Infrastruktuurin saatavuus on helpottanut laskentakapasiteetin kasvun ja kaupallisten pilvipalvelujen enenevän tarjonnan myötä, jolloin yhä useamman on ollut mahdollista kehittää massadataa hyödyntäviä malleja. Seuraavaksi käydään läpi infrastruktuuria kotimaisten ja ulkomaisten toimijoiden kautta.

3.1 Kotimaiset

CSC on Suomessa johtavassa asemassa kansallisten tutkimusinfrastruktuurien tiekartalla. CSC muodostaa itsessään yhden tutkimusinfrastruktuurin, ja se koordinoi ja on mukana seitsemässä muussa tiekartalle valitun tutkimusinfrastruktuurin toiminnassa. CSC:n koordinoimat tutkimusinfrastruktuurien tarjoamat laskentakapasiteetin lähteet voidaan jakaa Tier-0, Tier-1 ja Tier-2 -tasoihin laskentaresurssien suuruuden mukaan. Tier-0 -tasolla viitataan suurimpaan laskentatehoon ja yli 100 000 CPU-ytimen laskentakeskuksiin. Tämän tason laskentaan kuuluvat kansallinen CSC:n LUMI sekä kansainväliset EuroHPC ja PRACE. Tier-1 -tason laskentakeskuksilla on CPU-ytimiä yli 10 000, jolloin mukaan kuuluu CSC:n laskentakeskus. Tier-2 -tasoon kuuluvat laskentakeskukset ovat yli 1000 CPU-ytimellä toimivia. Tämän tason toimijoihin kuuluu FCCI (Finnish Computing Competence Infrastructure), joka on yksi suomalaisista tutkimusinfrastruktuureista. CSC tekee yhteistyötä myös muiden kotimaisten tutkimusinfrastruktuurien, kuten FIQCI:n (Finnish Quantum Computing Infrastructure) ja FIN-CLARIAH:n (Common language resources and technology infrastructure), kanssa.

Supertietokoneiden käytössä eli suurteholaskennassa (HPC eli High Performance Computing) on alettu siirtymään GPU-painotteiseen laskentaan, jossa varsinkin koneoppimisen työmäärät ovat kasvavassa asemassa. Tähän perustuukin uusi CSC:n datakeskukseen Kajaaniin sijoittuva supertietokone LUMI, joka tulee olemaan maailman nopeimpia supertietokoneita (teoreettinen laskentateho yli 550 petaflopsia). LUMI:n laskentateho tulee suurelta osin grafiikkasuorittimista ja sen suunnittelufilosofiana oli

alunperin luoda alusta, joka mahdollistaa tekoälyn, erityisesti syväoppimisen, ja perinteisten suurten simulaatioiden käytön yhdistettynä data-analytiikkaan tutkimusongelmien ratkaisemiseksi. LUMI-supertietokone on kehitetty eurooppalaisen rahoitusyhteistyön tuloksena ja se kuuluu vuosina 2017-2021 toimineeseen Datanhallinnan ja laskennan kehittämisohjelmaan (DL2021), jonka kehittäjiä ovat CSC:n lisäksi Opetus- ja kulttuuriministeriö. LUMI:n lisäksi CSC:llä toimivat myös supertietokoneet Mahti ja Puhti. Mahti on kehitetty massiivisen rinnakkaisen laskennan edistämiseen, ja keskisuuren tai suuren mittakaavan simulaatiolaskentaan. Puhti on kehitetty data-analyysin sekä keskisuuren mittakaavan simuloinnin harjoittamiseen. Näiden lisäksi CSC tarjoaa teholtaan pienemmän laskentaluokan infrastruktuureja Pouta, Allas ja Rahti.

Kansallisella tasolla yhtenä tärkeimmistä infrastruktuureista voidaan pitää vuonna 2015 käynnistettyä hanketta nimeltä FGCI (Finnish Grid and Cloud Infrastructure), jonka rahoitukseen osallistuu Suomen Akatemia, suomalaisia tutkimuslaitoksia ja lähes jokainen Suomen yliopisto (HY, Aalto, LUT, TY, UEF, JYU, OY, UTU, ÅA). FGCI:n tavoitteena on tarjota yhteisiä resursseja lokaalisti, niin grid- kuin pilvipalvelurajapintojen kautta. Tämä tarjoaa tutkijoille laskentakapasiteettia monenlaisiin tutkimustehtäviin, jotka vaativat suuria määriä muistia. FGCI:n kautta käyttäjät voivat ajaa tehtäviä eri laitosten isännöimissä laskentaresursseissa.

FGCI:n lisäksi on olemassa Finnish Computing Competence Infrastructure eli FCCI -hanke. Tämän FGCI:n jälkeläisen keskeisenä tehtävänä on tarjota kaikille yhteistyössä toimiville yliopistoille (HY, Aalto, OY, TY, LUT, JYU, UEF, UTU, ÅA) laskenta- ja tietovarastoresursseja, paikallisia tieteellisen laskennan asiantuntijoita ja osaamiskoulutusta, jotka tukevat kunkin yliopiston erityisiä tutkimus- ja koulutustoimintatavoitteita, ja siten myös yliopistojen kansallista profiloitumista ja infrastruktuuristrategioita. Tällöin FCCI:n laskentakapasiteetti tukee tietointensiivistä ja tekoälyn tutkimusta sekä suurteholaskentaa.

Uusimpana tulokkaana on Suomessa vastikään käynnistetty FIQCI (Finnish quantum computing infrastructure), joka on kvanttilaskennan kansallinen tutkimusinfrastruktuuri. Kvanttilaskentaa pidetään lupaavana teknologiana, jonka ajatellaan mullistavan yhteiskuntaa ja siitä olevan hyötyä muun muassa kemiassa, lääkkeiden suunnittelussa, tekoälyteknologioissa, kyberturvallisuudessa ja sijoitustoiminnassa. Ensimmäinen Suomen kvanttietokone on saatu käyttöön loppuvuodesta 2021. FIQCI:n on perustanut ja sitä ylläpitää VTT Tekniikan tutkimuskeskuksen, Aalto-yliopiston ja CSC:n muodostama konsortio.

CSC tarjoaa myös esim. yliopisto-opiskelijoille ja sivuilleen rekisteröityneille ajoympäristön käytön. Tämä CSC:n Notebooks tarjoaa käyttäjilleen yksinkertaisen käyttöliittymän, jossa käyttöönsä voi saada Jupyter Notebooks ja RStudio Server -ympäristöt valmiiksi asennetuilla kirjastoilla. CSC Notebooks tarjoaa myös aloittelijoille kurssiympäristöt mm. Pythonin ja koneoppimisen opetteluun. Suurimmaksi osaksi ympäristöjen ajoaika on 10 tunnin luokkaa.

3.2 Ulkomaiset

Laskentaa voidaan harjoittaa ulkomaisten tahojen tarjoamien infrastruktuurien pohjalta, jotka voidaan jakaa tutkimusinfrastruktuureihin ja kaupallisiin infrastruktuureihin.

Tutkimusinfrastruktuureja on maailmanlaajuisesti lukemattomia, joista tässä raportissa viitataan lähinnä EuroHPC, PRACE ja Fenix -infrastruktuureihin. EuroHPC-yhteisyritys (EuroHPC Joint Undertaking) rakentaa Euroopassa supertietokoneiden ekosysteemiä hankkimalla maailman tehokkaimpia supertietokoneita ja tarjoamalla suurteholaskennan palveluja tutkimukselle ja yrityksille. PRACE (eli Partnership for Advanced Computing in Europe) on samaan tapaan suurteholaskentaa tarjoava eurooppalainen infrastruktuuri, jonka tavoitteena on yhtenäistää Euroopan supertietokoneiden käyttöä tutkimustoiminnassa. Fenix on kuuden eurooppalaisten suurlaskentakeskuksen yhtymä, joka tavoittelee erityisesti sähköistä infrastruktuuria ja sen ominaisuuksiin kuuluvat federoitu datainfrastruktuuri, joustava pääsy skaalautuviin laskentaresursseihin sekä vuorovaikutteiset laskentapalvelut.

Suurin osa nykyisistä kaupallisista infrastruktuurikehyksistä on suunniteltu pilvipalvelussa suoritettaviksi. Kaupallisia pilvipalveluja tarjoavat esim. Amazon (AWS) ja Google (Google Cloud), jonka lisäksi on myös mahdollisuus käyttää omia pilvipalveluja Kubernetesin tai Sparkin kaltaisten teknologioiden avulla. Tässä käydään läpi ulkomaisia infrastruktuurin tarjoajia, joita löytyy niin kaupallisia (eli maksullisia) kuin ilmaisiakin. Suurimpia kaupallisia palveluntarjoajia ovat Amazon, Microsoft, Google ja IBM.

Amazon Web Services (AWS) on käytetyimpiä pilvipalvelualustoja, jossa tarjotaan yli 200 infrastruktuuriteknologian palvelua aina laskennasta (mm. tallennustila ja tietokannat) kasvaviin teknologioihin, kuten tekoälyyn ja esineiden internetiin. AWS tarjoaa useita tuotteita koneoppimisen harjoittamiseen, kuten koneoppimismallien luomiseen (SageMaker), ihmisarvion toteuttamiseen (Augmented AI), ennustetarkkuuden lisäämiseen (Forecast), luonnollisen kielen kääntämiseen (Translate), personalisoitujen käyttäjäkokemusten luomiseen (Personalize), esikonfiguroidut ympäristöt syväoppimissovellusten nopeaan rakentamiseen (Deep Learning AMI) ja tekstin muuntamiseen eläväksi puheeksi (Polly).

Microsoft Azure on Microsoftin luoma pilvipalvelualusta. Azure julkaistiin alun perin vuonna 2010, ja se on siitä lähtien ollut suosittu pilvipalvelualusta koneoppimiseen ja data-analytiikkaan. Microsoft Azuren tarjoaa seuraavia tuotteita koneoppimiseen, kuten älykkäitä kognitiivisia palveluja sovelluksille (Azure Cognitive Service), Apache Spark -pohjaista analytiikkaa (Azure Databricks), älykkäitä skaalattavia bot-palveluja (Azure Bot Service), koneoppimiseen perustuva pilvihakupalvelu mobiili- ja verkkosovelluksille (Azure Cognitive Search) sekä pilvipalvelu koneoppimismallien luomiseen ja käyttöönottoon (Azure Machine Learning).

Google Cloud Platform on Googlen vuonna 2008 lanseeraama pilvipalvelualusta, joka tarjoaa yrityksille samaa infrastruktuuria, jota Google käyttää myös sisäisissä tuotteissaan. Koneoppimiseen liittyviä Google Cloud -alustan tuotteita on kehitetty useita, esim. räätälöityjen koneoppimismallien opettamiseen (AutoML), koneoppimismallien luomiseen ja kouluttamiseen (AI Platform), puheen muuttamiseen kirjoitettuun muotoon (Speech-to-Text), kirjoitetun tekstin muuttamiseen puheeksi (Text-to-Speech), konenäön hyödyntämiseen esim. tekstin ymmärtämisessä tai tunteiden tunnistamisessa (Vision AI) ja luonnollisen kielen käsittelyyn tekstin analysoimiseksi ja luokittelemiseksi (Natural Language).

IBM Cloud Platform on IBM:n tarjoama pilvipalvelualusta. IBM Cloud tarjoaa erilaisia tuotteita koneoppimiseen, kuten koneoppimis- ja tekoälymallien rakentamiseen sekä tietojen valmisteluun ja analysointiin (IBM Watson Studio), puheentunnistusjärjestelmän, jolla puhe ja

ääni muunnetaan kirjoitetuksi tekstiksi (IBM Watson Speech-to-Text), puheenluontijärjestelmä, jolla teksti muunnetaan luonnolliselta kuulostavaksi ääneksi (IBM Watson Text-to-Speech), luonnollisen kielen käsittelyyn tarkoitettu järjestelmä tekstin analysoimiseksi ja luokitteluksi (IBM Watson Natural Language Understanding), kuvien tunnistamiseen ja luokitteluun (IBM Watson Visual Recognition) sekä virtuaalisten avustajien luomiseen ja hallintaan (IBM Watson Assistant).

Ulkomaisten kaupallisten palvelujen lisäksi on olemassa valikoitu joukko - usein tiettyyn laskentatehoon saakka - ilmaisia palveluja. Näistä Kaggle ja Colab ovat mainittavimmat alustat. Kaggle tarjoaa selainpohjaisen Jupyter Notebooks -ympäristön, jossa saat käyttöösi ilmaisen GPU:n ja TPU:n sekä valtavan määrän yhteisön julkaisemia notebook-koodeja ja dataa. Jokaisen notebookin enimmäisajoaika on yhdeksän tuntia, jonka ajan voi yhtämääräisesti ajaa koodia ennen kuin yhteys ympäristöön katkeaa. Tämän lisäksi Kagglessa on viikottainen kiintiö GPU:n ja TPU:n käytölle. Tällä hetkellä GPU:ta voi käyttää enintään 36 tuntia viikossa ja TPU:ta 20 tuntia viikossa. Colaboratory, tai lyhyesti Colab, on Google Researchin tuote. Colabin avulla kuka tahansa voi kirjoittaa ja suorittaa mielivaltaisesti python-koodia selaimen kautta, ja se soveltuu erityisen hyvin koneoppimiseen, data-analyysiin ja mallien kouluttamiseen. Teknisesti Colab perustuu Kagglen tavoin Jupyter Notebook -pohjaiseen ympäristöön, jonka käyttö ei välttämättä vaadi erikseen asetuksia ja joka tarjoaa ilmaisen pääsyn laskentaresursseihin, kuten GPU ja TPU -suorittimiin. Colabissa yhden notebook -ympäristön enimmäisajoaika on 12 tuntia. Colabista on tarjolla myös maksullinen kuukausitulauksena tehtävä pro-versio sekä pro+ -versio, joka tarjoaa käyttäjälle jopa 24 tunnin yhtämääräisen ajoajan taustasuoritusmahdollisuudella, paremman saatavuuden tehokkaampiin grafiikka- ja tensorisuorittimiin sekä enemmän RAM-muistia.

3.3 Yliopistojen omat infrastruktuurit

Tässä luvussa käydään läpi yliopistojen omia infrastruktuureja.

3.3.1 Aalto-yliopisto

Aalto-yliopiston sisällä toimii tieteellisestä laskennasta vastaava perustieteiden laitoksen koordinoima yksikkö Science-IT, joka kuuluu osaltaan FCGI (Finnish Grid and Cloud Infrastructure) -infrastruktuuriverkostoon. Science-IT tekee laajaa yhteistyötä Aallon sisällä sekä muiden suomalaisten yliopistojen ja CSC:n kanssa, ja tarjoaa perustieteiden tiedekunnalle ja Aalto-yliopiston tutkijoille keskitason laskentaresursseja. Laskennallisia käyttötarkoituksia varten toimii Science-IT:n lippulaiva Triton -laskentaklusteri, joka tarjoaa resursseja dataintensiivisiin tarpeisiin ja rinnakkaisiin laskentaongelmiin, joissa voidaan hyödyntää MPI- tai GPU-tekniikkaa. Tritonin tarjoamasta laskentakapasiteetista voivat hyötyä monenlaiset tutkimusalat, kuten nanoteknologia, kompleksit järjestelmät, tiedonlouhinta ja neurotiede. Opiskelijoille on tarjolla kevyen tason laskentaresursseja, jotka sopivat useisiin laskentatehoa vaativiin kursseihin.

Science-IT tarjoaa myös Scientific Computing in Practice -koulutussarjan, joka tarjoaa käytännönläheistä, tieteelliseen laskentaan liittyvää koulutusta keskitason ja edistyneempien aiheiden osalta akateemisten opintojen ja tutkimustarpeiden välisen kuilun täyttämiseksi.

Aalto-yliopiston infrastruktuuri sisältää seuraavia suorittimia:

- CPU servereitä (suluissa RAM-muisti)
 - 2kpl 2x12 core Xeon E5 2680 (128GB, 256GB)
 - 1kpl 2x14 core Xeon E5 2680 (128GB)
 - 2kpl 2x12 core Xeon E5 2690 (128GB, 256GB)
 - 1kpl 2x20 core Xeon Gold 6148 (192GB)
 - 1kpl 2x20 core Xeon Gold 6248 (192GB)
 - 1kpl 4x20 core Xeon Gold 6148 (2TB)
- GPU servereitä
 - 4x V100 32GB, 2x8 core Intel Xeon Gold 6134 @ 3.2GHz (384 GB)
 - 4x A100 80GB, 2x24 core AMD EPYC 7413 @ 2.65GHz (503 GB)
 - 4x2 GPU K80, 2x6 core Xeon E5 2620 v3 2.50GHz (128 GB)
 - 4x P100, 2x12 core Xeon E5-2680 v3 @ 2.5GHz (256 GB)
 - 4x V100 32GB, 2x8 core Intel Xeon Gold 6134 @ 3.2GHz (384 GB)
 - 8x V100, 2x20 core Xeon E5-2698 v4 @ 2.2GHz (512 GB)
 - 3x MI100 32GB, 2x8 core AMD EPYC 7262 @3.2GHz (250 GB)

Opiskelijoille suunnatussa Paniikki-tietokonelaboratoriossa:

- CPU: Intel(R) Xeon(R) CPU E5-1650 v4 @ 3.60GHz
- GPU: NVIDIA Quadro P5000 16GB
- RAM: 32GB

3.3.2 Helsingin yliopisto

Helsingin yliopistolla hyödynnetään FGI-konsortion tarjoamaa hilalaskentaa (engl. grid computing), Ukko-laskentaklusteria, Kumpulan Linux laskentaklustereita, Geosciences and Geography high-performance computer cluster (geo-hpcc) ja HPC-ympäristöä.

Ukko-klusterin käytössä on 240 kpl Dell PowerEdge M610 -korttipalvelinta, joista jokaisessa on 32 gigatavua keskusmuistia ja kaksi nelilytimistä Intel Xeon E5540 -suorittinta.

Ukko-klusteria käytetään laitoksen tutkimusprojekteissa vaativiin laskentaongelmiin, sekä tietoverkkoalgoritmien ja -sovellusten suorituskyvyn arviointiin käytännössä, käyttäen klusteria virtuaalisena verkkoalustana.

Kumpulan Linux laskentaklustereita käytetään lähinnä hiukkasfysiikan, materiaalitieteiden ja kemian suurteholaskentaa vaativissa sovelluskohteissa. Digitaalisten ihmistieteiden laitoksella on kaksi GPU-asemaa: nVidia GTX Titan X GPU ja nVidia RTX 2080Ti GPU.

Geosciences and Geography high-performance computer cluster (geo-hpcc) on Linux-pohjainen klusteri, josta löytyy 560 ydintä ja yli 6.5 TB tallennustilaa sekä tyhjää levytilaa 10 teratavun ja varamuistitilaa 20 teratavun verran.

Helsingin yliopistossa toimii myös HPC -ympäristö, joka sisältää palvelimet Kale, Ukko2, Vorna ja Carrington. Laitteistoresursseihin kuuluvat Kalessa GPU Tesla P100, GPU Tesla k80, GPU V100 sekä CPU:t Skylake ja Xeon x3, Ukko2:ssa Xeon E5 ja Xeon E7, Vornassa Sandybridge x2 ja Carringtonissa AMD Epyc.

Näiden lisäksi Helsingin yliopisto tekee yhteistyötä The Nordic e-Infrastructure Collaboration (NeIC) eli Pohjoismaiden yhteinen laskentainfrastruktuuri -verkoston kanssa, joka avustaa Fysiikan tutkimuslaitoksen LHC-kokeissa kerätyn aineiston analyysissä hilalaskennan (grid-laskenta) avulla.

3.3.3 Itä-Suomen yliopisto

UEF tarjoaa seuraavia infrastruktuureja: Sampo, Tuma ja Solu.

Samp (palvelimen osoite: sampo.uef.fi) on vuonna 2019 käyttöönotettu suurteholaskentaympäristö (HPC), jossa työkuormanhallinta perustuu Slurmiin. Sampo soveltuu monenlaisiin laskentaa vaativiin työtehtäviin. Klusteri koostuu yhteensä kuudesta laskentasolmusta (sampo[1-6]). CPU-laskentaa tarkoitetut solmut 1-4 sisältävät kukin kaksi 40 ytimistä Intel Xeon Gold -prosessoria. Lisäksi on kaksi GPU-laskentasolmua, jotka koostuvat kukin neljästä A100 (40GB) -näytönohjaimesta. Solmut on yhdistetty 100 Gbps Omni-Path-verkolla. Kirjautumissolmu toimii myös tiedostopalvelimena laskentasolmujen välillä.

Sampon tekniset tiedot:

- 4x Dell C6420 (sampo[1-4])
- CPU: 2 x Intel Xeon Gold 6148 (40 Cores / 80 Threads)
- Memory: 3 Nodes 376 GB, 1 Nodes 768 GB
- LOCAL DISK (/scratch): 300 GB SSD
 - 2x Lenovo SR670 v2 (sampo[5-6])
- GPU: 4x NVIDIA A100 40 GB
- CPU: Intel Xeon Gold 6326 (32 Cores / 64 Threads)
- RAM: 512 GB
- LOCAL DISK (/scratch): 1.6 TB NVME

Tuma (tuma.uef.fi) on Linux 8-pohjainen tietokonepalvelin, joka on pääasiassa tarkoitettu interaktiiviseen laskentatyöhön. Palvelin tarjoaa SSH-pääteyhteyden lisäksi Remote Desktop Connection -protokollan avulla toimivan graafisen työpöytäympäristön.

Tuman tekniset tiedot:

- CPU: 2x AMD EPYC 7302 / 64 säiettä
- RAM: 1024 GB
- OS: Linux 8

Solu (solu.uef.fi) on CentOS 7-pohjainen tietokonepalvelin, joka on tarkoitettu interaktiiviseen laskentatyöhön. Palvelin tarjoaa SSH-pääteyhteyden lisäksi Remote Desktop Connection -protokollan avulla toimivan graafisen työpöytäympäristön.

Solun tekniset tiedot:

- CPU: 48 Cores (4 x AMD Opteron™ Processor 6348)
- RAM: 768 GB DDR3
- OS: CentOS 7 Linux

3.3.4 Jyväskylän yliopisto

Jyväskylän yliopiston laskentaympäristö on yksi Suomen suurimmista suurteholaskennan infrastruktuureista. Palvelinympäristön toteutuksessa ei ole tavoiteltu laskentatehon maksimointia, vaan sen kehittämisstrategiana on ollut monipuolisen infrastruktuurin tarjoaminen koulutuksen (esim. opinnäytetöissä), akateemisen tutkimuksen ja yritysten laskentatarpeisiin, joka tarjoaa laajan valikoiman työkaluja erilaisiin laskennallisiin ongelmiin. Ympäristö koostuu perinteisistä jaetun muistin laskentapalvelimista, GPU-palvelimista, laskentaklustereista, IaaS/PaaS-pilvialustasta ja erilaisista storage-klustereista. Laskentaympäristön toteutuksessa on myös kehitetty innovatiivisia vähän energiaa kuluttavia ratkaisuja kuten esimerkiksi sulautettujen järjestelmien prosessoreihin perustuva arkistopalvelin, joka tarjoaa 100 teratavua tallennuskapasiteettia ja vaatii vain 75 W sähkötehoa eli vähemmän kuin kannettava tietokone. Kahden petatavun tallennusjärjestelmä tällaisilla palvelimilla kuluttaa saman verran sähköä kuin auton sisätilan lämmitin.

Klusterit

- 46 kpl 2 x 12 core (Intel Xeon E5-2620 3.0 GHz, 192 GB)
- 36 kpl 2 x 20 core (Intel Xeon Gold 6148 3.1 GHz 384 GB)
- 60 kpl 2 x 12 core (Intel Xeon E5 2690 3.2 GHz 128 GB)
- 20 kpl 2 x 10 core (Intel Xeon E5 2640 3.0 GHz 256 GB)

SMP-palvelimet

- 4 x 20 core (Intel Xeon E7 8890 2.6 GHz 2 TB)
- 2 x 14 core (Intel Xeon E5-2690 3.0 GHz, 384 GB)

GPU-palvelimet

- 2 x 10 core (Intel Xeon E5 2640 3.0 GHz 256 GB) + 8 x Nvidia Tesla P100
- 2 x 16 core / 128 thread (Power9 3.2 GHz 512 GB) + 2 x Nvidia Tesla V100

Infrastruktuuria laajennetaan vuonna 2022 LUMI-yhteensopivalla pilvialustalla, joka tarjoaa CPU- ja GPU-laskentaresursseja.

3.3.5 LUT-yliopisto

LUT ei tarjoa internetsivujensa mukaan mitään infrastruktuuria, tai täsmällistä tietoa asiasta ei löydy.

3.3.6 Oulun yliopisto

Oulun yliopisto ei tarjoa täsmällistä tietoa infrastruktuureista laskentapalvelinten muodossa, mutta mm. seuraavista Linux-palvelimista löytyy maininta: kataja1-8, haapa, haapa7, bcocore, itee01 - itee11, cwc-cn, cse-cn, el-cn -palvelimet, ITEENET-taustapalvelimet ja Carpo2 -laskentaklusteri. Oulu käyttää esim. biolaskennassa CSC:n resursseja ja FGCI:n kuuluvaa Carpo2 -laskentaklusteria.

3.3.7 Tampereen yliopisto

Tampereen yliopiston sivuilla mainitaan, että tarjolla on Tier 0-2 -laskentaympäristöt (esim. Tampereen tieteellisen laskennan keskus TSCS ja kansallinen CSC), mutta tarkempaa tietoa ei infrastruktuurista tarjota.

3.3.8 Turun yliopisto

Turun yliopiston laskentaresurssit perustuvat pääasiassa FCCI:n ja FGCI:n tarjoamiin laskentaresursseihin. Turussa FGCI-laskentaklusterien hankinta on toteutettu paikallisten yliopistojen yhteistyönä. Fyysisesti klusterit sijaitsevat Åbo Akademin palvelintilassa.

3.3.9 Vaasan yliopisto

Vaasan Yliopisto ei tarjoa internetsivujensa mukaan mitään infrastruktuuria, tai täsmällistä tietoa asiasta ei löydy.

3.3.10 Åbo Akademi

Åbo Akademin laskentaresurssit perustuvat pääasiassa Turun yliopiston kanssa FCCI:n ja FGCI:n tarjoamiin laskentaresursseihin. Turussa FGCI-laskentaklusterien hankinta on toteutettu paikallisten yliopistojen yhteistyönä. Fyysisesti klusterit sijaitsevat Åbo Akademin palvelintilassa.

4 MOOC

Yliopistojen pääsääntöisen tutkintosidonnaisen opetustarjonnan lisäksi on olemassa yksittäisiä, irrallisia tapoja osallistua ohjattuun opetustoimintaan. Useat alustat ja palveluntarjoajat tarjoavat ilmaista verkko-opetusta ja kursseja, joita voi suorittaa etänä ja itsenäisesti. Yleensä opetuksen yhteydessä käytetään termiä MOOC (Massive Open Online Course) eli massiiviset avoimet verkkokurssit. Verkkokursseja tarjoavat esimerkiksi Coursera, edX, MOOC.fi ja FITech.

Coursera on verkko-opetuksen tyyssija, joka tarjoaa yliopistojen ja yritysten kanssa yhteistyössä niiden järjestämiä verkkokursseja kaikille rekisteröityneille käyttäjilleen. Kurssit ovat käytännössä ilmaisia, mutta jos haluaa ansaita kurssitodistuksen, se maksaa. Monet Courseran kurssit ovat osana Courseran tarjoamia Coursera Specializations -erikoiskursseja. Erikoiskurssit koostuvat kurssisarjoista, jotka on suunnattu yleensä työelämässä kysytyihin teknologian taitoihin. Yksittäisten kurssien ja kurssisarjojen lisäksi Coursera tarjoaa myös mahdollisuuden hakea MOOC-pohjaista tutkintoa eri yliopistojen kautta. Ulkomaisista tarjoajista edX on toinen avointen verkkokurssien alusta. edX tekee myös yhteistyötä lukuisten yliopistojen ja organisaatioiden kanssa ja tarjoaa verkkokurssien suoritusmahdollisuutta maailmanlaajuisesti. Suurin osa edX:n kursseista ovat maksuttomia, mutta Courseran tavoin useimmista niistä tarjotaan maksullinen kurssitodistus.

Ulkomaisten kurssialustojen lisäksi on olemassa Suomen sisällä toimivaa verkkokursseja tarjoavaa toimintaa. Yksi toiminnan järjestäjä on MOOC.fi, jonka perustajana toimii Helsingin yliopiston tietojenkäsittelytieteen osasto. Kursseja löytyy esim. ohjelmoinnin, tekoälyn ja tietoturvan parista niin aloittelijoille kuin kokeneemmillekin oppijoille. Tästä esimerkkinä

suositettu HY:n ja Reaktorin Elements of AI - kurssi. MOOC.fi:n kurssien käymiseen vaaditaan rekisteröityminen sivulla. Toinen suomalainen merkittävä verkkokurssien tarjoaja on FITech-verkostoyliopisto (Finnish Institute of Technology). FITech tarjoaa valikoituja opintoja kaikista tekniikan alan yliopistoista (TY, VY, UTU, OY, AU, LUT, ÅA, JYU) Suomessa maksuttomasti. Kursseja löytyy alkeiskursseista syventäviin, niin tutkinto-opiskelijoille kuin aikuisopiskelijoillekin. Myös CSC:n koulutustarjonnasta löytyy laskentaa olennaisesti käsitteleviä kursseja, kuten Elements of supercomputing -kurssi yhdessä KAMK:in kanssa järjestettynä.

5 Lähdeluettelo

Suomen yliopistot ja niiden kurssit

<https://aalto.fi/fi>

<https://into.aalto.fi/display/fiopinnot/Maisteriohjelmat>

https://courses.aalto.fi/s/?language=en_US

<https://scicomp.aalto.fi/>

<https://infrabooking.aalto.fi>

<https://www.helsinki.fi/fi>

<https://wiki.helsinki.fi/display/opetussuunnitelma/Koulutusohjelmien+opetussuunnitelmat>

<https://wiki.helsinki.fi/pages/viewpage.action?pageId=378238502>

<https://researchportal.helsinki.fi/fi/equipments/>

<https://www.uef.fi/>

<https://kamu.uef.fi/tietopankki/opinto-opaat/>

<https://www.jyu.fi/>

<https://opinto-opas.jyu.fi/2021/fi/yksikot/>

<https://www.lut.fi/>

<https://forms.lut.fi/opinto-opas/>

<https://uni.lut.fi/>

<https://view.genial.ly/5b33473c6071b83a81a4ff30/interactive-content-palvelut-pk-yrityksille>

<https://www oulu.fi/>

<https://opas.peppi oulu.fi/fi/maisterikoulutus-2-vuotta/11740/o?period=2020-2021>

<https://www.tuni.fi/>

<https://www.tuni.fi/studentsguide/curriculum/course-units/?year=2021>

<https://www.utu.fi/>

<https://opas.peppi.utu.fi/>

<https://sites.utu.fi/>

<https://www.uwasa.fi/>

<https://www.uwasa.fi/fi/opiskelijat/opinto-opaat>

<https://opas.peppi.uwasa.fi/>

<https://www.abo.fi/>
<https://studiehandboken.abo.fi/>

Infrastruktuuri ja MOOC

<https://aws.amazon.com/>
<https://azure.microsoft.com/en-us/>
<https://cloud.google.com>
<https://www.ibm.com/cloud>
<https://www.geeksforgeeks.org/top-cloud-computing-platforms-for-machine-learning/>
<https://www.itproportal.com/guides/best-cloud-computing-services/>
<https://www.csc.fi/fi/etusivu>
<https://www2.helsinki.fi/en/infrastructures/fcci/purpose>
<https://research.csc.fi/-/notebooks>
<https://docs.csc.fi/>
<https://research.csc.fi/service-catalog>
<https://research.csc.fi/additional-resources>
<https://www.lumi-supercomputer.eu/lumi-one-of-the-worlds-mightiest-supercomputers>
<https://www.coursera.org/>
<https://www.edx.org/>
<https://www.mooc.fi/#courses>
<https://fitech.io/fi/>
<https://www.csc.fi/training>
<https://edukamu.fi/elements-of-supercomputing>
<https://eurohpc-ju.europa.eu/>
<https://prace-ri.eu/>
<https://fenix-ri.eu/>
<https://okm.fi/dl2021>
<https://wiki.eduuni.fi/display/csckorkeakoulut/Korkeakoulujen+ja+CSCn+yhteistyö>

Ulkomaisten yliopistojen kurssit

<https://www.kth.se/student/kurser/org?l=en>
<https://www.ntnu.edu/studies/courses#semester=2021&gjovik=false&trondheim=false&alesund=false&faculty=-1&institute=-1&multimedia=false&english=false&phd=false&courseAutumn=false&courseSpring=false&courseSummer=false&pageNo=1&season=autumn&sortOrder=ascTitle>
<https://www.ntnu.edu/studies/allstudies?city=&studyLevel=560,570,580&field=REALFAG&query=>
<http://catalog.mit.edu/subjects/16/>
<http://guide.berkeley.edu/courses/>
<https://www.ox.ac.uk/admissions/undergraduate/courses/course-listing>
<https://www.postgraduate.study.cam.ac.uk/courses>
<https://explorecourses.stanford.edu/>
<https://en.snu.ac.kr/academics/programs/graduate>

Suomen Akatemia

<https://www.aka.fi/>

Edellisvuosien tilannekatsaukset

Pekka Neittaanmäki et al.: Laskennallisten tieteiden kansallinen kehittäminen 2009 : nykytilan kartoitus <https://jyx.jyu.fi/handle/123456789/47591>

Pekka Neittaanmäki et al.: Laskennallinen tiede - tieteen kolmas menetelmä : tilannekatsaus 2011 <https://jyx.jyu.fi/handle/123456789/47590>

Kuvalähde

Kansikuva: Jukka Rabinä (Liikkuva onkalo: 1+1-ulotteinen aika-avaruushila ja diskreetin aaltoyhtälön ratkaisu impulssin alustamisen jälkeä ajanhetkellä $t=0$)

Lisäluettavaa

Pekka Neittaanmäki: Green artificial intelligence (21.2.2020)

Pekka Neittaanmäki: Computational Sciences, Cyber Security and Artificial Intelligence Hub, C2A Hub - Kehittämissuunnitelma (12.4.2018)

Pekka Neittaanmäki, Martti Lehto, Marja Kankaanranta: Kohti laskennallisen ajattelun osaamista (14.5.2014)

Pekka Neittaanmäki, Martti Lehto: Laskennallisten tieteiden tutkimuksen ja koulutuksen kehittäminen (2.3.2015)

Matti Pietikäinen, Olli Silvén: Tekoälyn haasteet : koneoppimisesta ja konenäöstä tunnetekoälyyn (29.12.2021) <http://jultika.oulu.fi/Record/isbn978-952-62-3202-7>

Liitteet

6 Kurssit kotimaisissa yliopistoissa

Tähän liitteeseen on koottu kurssitietoja seuraavista kotimaisista yliopistoista: Aalto-yliopisto, Helsingin yliopisto, Itä-Suomen yliopisto, Jyväskylän yliopisto, LUT-yliopisto, Oulun yliopisto, Tampereen yliopisto, Turun yliopisto, Vaasan yliopisto ja Åbo Akademi.

6.1 Aalto-yliopisto

School of ELEC

Department of Signal Processing and Acoustics

ELEC-E5610 Acoustics and the Physics of Sound 5 op

ELEC-E5620 Audio Signal Processing D 5 op

ELEC-E5600 Communication Acoustics 5 op

ELEC-E5422 Convex optimization I D 5 op

ELEC-E5423 Convex optimization II D 5 op

ELEC-E5650 Electroacoustics D 5 op

ELEC-E5690 Immersive Sound D 5 op

ELEC-E5431 Large scale data analysis D 5 op

ELEC-E5640 Noise Control D 5 op
ELEC-E5710 Sensors and Measurement Methods 5 op
ELEC-E5410 Signal Processing for Communications 5 op
ELEC-E5521 Speech and Language Processing Methods D 5 op
ELEC-E5500 Speech Processing 5 op
ELEC-E5510 Speech Recognition D 5 op
ELEC-E5550 Statistical Natural Language Processing D 5 op
ELEC-E5440 Statistical Signal Processing D 5 op
ELEC-E5680 Virtual Acoustics D 5 op
ELEC-E5720 Virtual Instrumentation 5 op

Department of Communications and Networking

ELEC-E7210 Communication Theory D 5 op
ELEC-E7410 Communication transmission lines 5 op
ELEC-E7851 Computational User Interface Design D 5 op
ELEC-E7130 Internet Traffic Measurements and Analysis 5 op
ELEC-E7260 Machine Learning for Mobile and Pervasive systems D 5 op
ELEC-E7221 Machine Type Communications for Internet of Things D 5 op
ELEC-E7460 Modelling and Simulation D 5 op
ELEC-E7810 Patterns in Communications Ecosystems D 5 op
ELEC-E7450 Performance Analysis D 5 op

Department of Electrical Engineering and Automation

ELEC-E873901 AI in health technologies D 5 op
ELEC-E8110 Automation Software Synthesis and Analysis D 5 op
ELEC-E8111 Autonomous Mobile Robots D 5 op
ELEC-E8736 Basics of MRI D 5 op
ELEC-E8740 Basics of sensor fusion D 5 op
ELEC-E8106 Bayesian Filtering and Smoothing D 5 op
EEA-EV001 Bayesian nonparametrics in machine learning 2 op
ELEC-E8729 Biomaterial Interfaces D 5 op
ELEC-E8724 Biomaterials Science 5 op
ELEC-E8734 Biomedical Instrumentation 5 op
ELEC-E8726 Biosensing 5 op
ELEC-E8421 Components of Power Electronics 5 op
ELEC-E8402 Control of Electric Drives and Power Converters D 5 op
ELEC-E8403 Converter Techniques 5 op
ELEC-E8715 Design and Analysis of MEMS D 5 op
ELEC-E8404 Design of Electrical Machines 5 op
ELEC-E8745 Design of electronic devices and systems 5 op
ELEC-E8101 Digital and Optimal Control D 5 op
ELEC-E8102 Distributed and Intelligent Automation Systems D 5 op
ELEC-E8744 Electromagnetic Field Safety V 5 op
ELEC-E8407 Electromechanics 5 op
ELEC-E8425 Energy System Modelling and Optimization D 5 op
ELEC-E8409 High Voltage Engineering 5 op
ELEC-E8124 Intelligent Buildings 5 op
ELEC-E8701 Lighting technologies and applications 5 op

ELEC-E8713 Materials and Microsystems Integration D 5 op
ELEC-E8725 Methods of bioadaptive technology 5 op
ELEC-E8115 Micro- and Nano Robotics D 5 op
ELEC-E8116 Model-Based Control Systems D 5 op
ELEC-E8103 Modelling, Estimation and Dynamic Systems 5 op
ELEC-E8743 Neurorobotics D 5 op
ELEC-E8411 Numerical Methods in Electromechanics D 5 op
ELEC-E8412 Power Electronics 5 op
ELEC-E8413 Power Systems 5 op
ELEC-E8427 Power Transmission Systems 5 op
ELEC-E8700 Principles and fundamentals of lighting 5 op
ELEC-D8710 Principles of materials science 5 op
ELEC-E8125 Reinforcement learning D 5 op
ELEC-E8126 Robotic manipulation D 5 op
ELEC-D1320 Robotics 5 op
ELEC-E8104 Stochastic models and estimation D 5 op
ELEC-E8714 Sustainable Electronics D 5 op

Department of Electronics and Nanoengineering

ELEC-E4720 Advanced Circuit Theory D 5 op
ELEC-E4730 Advanced Field Theory D 5 op
ELEC-E3120 Analysis and Design of Electronic Circuits 5 op
ELEC-E4450 Antennas 5 op
ELEC-E3260 Biomolecules D 5 op
ELEC-E4710 Computational Electromagnetics D 5 op
ELEC-E3520 Digital Microelectronics I D 5 op
ELEC-E3540 Digital Microelectronics II D 5 op
ELEC-E4410 Electromagnetic and circuit simulations 5 op
ELEC-E4130 Electromagnetic fields 5 op
ELEC-E9111 Mathematical computing 5 op
ELEC-E4810 Metamaterials and Nanophotonics D 5 op
ELEC-E4420 Microwave engineering I 5 op
ELEC-E4430 Microwave Engineering II D 5 op
ELEC-E3230 Nanotechnology 5 op
ELEC-E3210 Optoelectronics D 5 op
ELEC-E3240 Photonics 5 op
ELEC-D4110 Radio Science for Space and Environmental Applications 2 op
ELEC-E4750 Radiowave Scattering and Propagation D 5 op
ELEC-E4540 Space Climate D 5 op
ELEC-E4520 Space Physics D 5 op
ELEC-E4760 Terahertz Techniques D 5 op

School of SCI

Department of Industrial Engineering and Management

TU-E2210 Financial Engineering I D 3 op
TU-E2220 Financial Engineering II D 3 -6 op

TU-EV0008 Financial Engineering III: Machine Learning 3-6 op

TU-EV0005 Fintech and New Technologies 3-6 op

Department of Computer Science

CS-E5520 Advanced Computer Graphics D 5 op

ACS-E4660 Advanced Topics in Software Systems D 5 op

CS-E4500 Advanced Course in Algorithms D 5 op

CS-E4800 Artificial Intelligence D 5 op

CS-E5710 Bayesian Data Analysis D 5 op

CS-E4640 Big Data Platforms D 5 op

CS-E4190 Cloud Software and Systems D 5 op

CS-E4555 Combinatorics D 5 op

CS-E4590 Competitive Programming D 2 op

CS-E5740 Complex Networks D 5 op

CS-E4530 Computational Complexity Theory D 5 op

CS-E5865 Computational Genomics D 5 op

CS-E5795 Computational Methods in Stochastics D 5 op

CS-E4850 Computer Vision D 5 op

CS-E4110 Concurrent Programming D 5 op

CS-E4340 Cryptography D 5 op

CS-E3220 Declarative Programming D 5 op

CS-E4890 Deep Learning D 5 op

CS-EJ3311 Deep Learning with Python D 2 op

CS-E4510 Distributed Algorithms D 5 op

CS-E4450 Explorative Information Visualization D 5 op

CS-E5700 Hands-on Network Analysis D 5 op

CS-E5875 High-Throughput Bioinformatics D 5 op

CS-E4840 Information Visualization D 5 op

CS-E4830 Kernel Methods in Machine Learning D 5 op

CS-E4820 Machine Learning: Advanced Probabilistic Methods D 5 op

CS-E4710 Machine Learning: Supervised Methods D 5 op

CS-E5745 Mathematical Methods for Network Science D 5 op

CS-E4650 Methods of Data Mining D 5 op

CS-E5885 Modeling Biological Networks D 5 op

CS-E5755 Nonlinear Dynamics and Chaos D 5 op

CS-E3190 Principles of Algorithmic Techniques D 5 op

CS-E4580 Programming Parallel Computers D 5 op

CS-E4875 Research Project in Machine Learning, Data Science and Artificial Intelligence D 5-10 op

CS-E4350 Security Engineering D 5 op

CS-E4410 Semantic Web D 5 op

CS-E577002 Special Course in Complex Systems D: Human Brain Networks 5 op

CS-E407502 Special Course in Machine Learning, Data Science and Artificial Intelligence D: 4-6 op

CS-E407501 Special Course in Machine Learning, Data Science and Artificial Intelligence D: 3-10 op

CS-E5890 Statistical Genetics and Personalised Medicine D 5 op

Department of Applied Physics

DOM-E5130 Quantum Games 3-9 op
PHYS-E0411 Advanced Physics Laboratory D 5 op
PHYS-E0412 Computational Physics D 5 op
PHYS-E0414 Advanced Quantum Mechanics D 5 op
PHYS-E0415 Statistical Mechanics D 5 op
PHYS-E0420 Many-body Quantum Mechanics D 5 op
PHYS-E0421 Solid-State Physics D 5 op
PHYS-E0422 Soft Condensed Matter Physics D 5 op
PHYS-E0423 Surface Physics D 5 op
PHYS-E0435 Optical Physics D 5 op
PHYS-E0437 Laser Physics D 5 op
PHYS-E0461 Introduction to plasma physics for fusion and space applications D 5 op
PHYS-E0463 Fusion Energy Technology D 5 op
PHYS-E0483 Advances in New Energy Technologies D 5 op
PHYS-E0525 Microscopy of Nanomaterials D 5 op
PHYS-E0541 Special Course in Physics V D 3 op
PHYS-E0545 Special Course in Computational Physics V D 1-10 op
PHYS-E055103 Low Temperature Physics V D, Superconductivity 5-6 op
PHYS-E0562 Nuclear Engineering, advanced course D 5 op
PHYS-E058201 Special Course in Advanced Energy Technologies 2 V D: Radiation damage in metals 3 op
PHYS-E6570 Solar Energy Engineering D 5 op

Department of Mathematics and System Analysis

MS-E1142 Computational Algebraic Geometry D 5 op
MS-E1144 Algebraic Geometry 2 D 5 op
MS-E1200 Lie Groups and Lie Algebras D 5 op
MS-E1281 Real Analysis D 5 op
MS-E1289 Seminar on Analysis and Geometry (V) D 1-5 op
MS-E1531 Differential Geometry D 5 op
MS-E1600 Probability Theory D 5 op
MS-E1652 Computational Methods for Differential Equations D 5 op
MS-E1653 Finite Element Method D 5 op
MS-E1654 Computational Inverse Problems D 5 op
MS-E1687 Advanced Topics in Cryptography V D 5 op
MS-E199101 Brownian motion and stochastic analysis 5 op
MS-E2112 Multivariate Statistical Analysis D 5 op
MS-E2114 Investment Science D 5 op
MS-E2117 Risk Analysis D 5 op
MS-E2121 Linear Optimization D 5 op
MS-E2122 Nonlinear Optimization D 5 op
MS-E2134 Decision Making and Problem Solving D 5 op
MS-E2148 Dynamic Optimization D 5 op
MS-E2170 Simulation (V) D 5 op

Department of Neuroscience and Biomedical Engineering

NBE-E4240 Advanced Course on Human Neuroscience D 5 op

NBE-E4310 Biomedical Ultrasonics D 5 op
NBE-E4225 Cognitive Neuroscience D 5 op
NBE-E4260 Genesis and Analysis of Brain Signals D 5 op
NBE-E4300 Medical Device Innovation D 5 op
NBE-E4010 Medical Image Analysis D 5 op
NBE-E4020 Medical Imaging D 5 op
NBE-E4100 Molecular Biophysics D 5 op
NBE-E4140 Neurophysics D 5 op
NBE-E4540 Special Course in Biomedical Engineering V D 2-5 op
NBE-E4530 Special Course in Human Neuroscience V D 2-5 op
NBE-E4550 Special Course in Molecular Engineering V D 5 op
NBE-E4210 Structure and operation of the human brain D 5 op

School of CHEM

Department of Chemistry and Materials

CHEM-E4135 Advanced Analytical Chemistry 5 op
CHEM-E5240 Advanced Materials Characterization D 5 op
CHEM-E5230001 Advanced Micro- and Nanotechnology D 8 op
CHEM-E4165 Chemical instrumentation and electroanalytical methods 5 op
CHEM-E4115 Computational Chemistry I D 5 op
CHEM-E4225 Computational Chemistry II D 5 op
CHEM-E4220 Medicinal Chemistry D 5 op
CHEM-E4109 Modern Methods in Biocatalysis D 5 op
CHEM-E4108 Modern Methods in Metal Catalysis D 5 op
CHEM-E4105 Nanochemistry and Nanoengineering 5 op
CHEM-E8100 Organic Structural Analysis 5 op
CHEM-E4120 Quantitative Instrumental Analysis 5 op
CHEM-E4110 Quantum mechanics and Spectroscopy 5 op
CHEM-E5125 Thin Film Technology D 5 op
CHEM-E4235 Transport processes at electrodes and membranes D 5 op
CHEM-L2110001 Advanced Molecular Modelling D 3 op

Department of Chemical and Metallurgical Engineering

CHEM-E7225 Advanced Process Control D 5 op
CHEM-E6185 Applied Electrochemistry and Corrosion 5 op
CHEM-E1130 Catalysis 5 op
CHEM-E7160 Fluid Flow in Process Units 5 op
CHEM-E7120 Laboratory Project in Chemical Engineering 5 op
CHEM-E6130 Metal Recycling Technologies 5 op
CHEM-E2145 Polymer Reaction Engineering D 5 op
CHEM-E8145 Polymers in Medical Technology D 5 op
CHEM-E5105 Powder Metallurgy and Composites D 5 op
CHEM-E7190 Process Dynamics and Control D 5 op
CHEM-E7130 Process Modeling 5 op
CHEM-E7151 Production Planning and Optimization 5 op
CHEM-E7150 Reaction Engineering 5 op

CHEM-E6115 Thermodynamics of Modeling and Simulation D 5 op

Department of Bioproducts and Biosystems

CHEM-E3205 Bioprocess optimization and simulation 5 op

CHEM-E2165 Computer Aided Visualization and Scientific Presentation D 3-5 op

CHEM-E8125 Synthetic biology 5 op

CHEM-E3170 Systems biology 5 op

CHEM-L2000 Ultrathin Films D 8 op

CHEM-L2300 X-ray Scattering Methods for Structural Analysis of Bio-based Materials D 5 op

School of ENG

Department of Built Environment

GIS-E5050 Advanced Geodesy D 5 op

GIS-E3030 Advanced Laser Scanning D 5 op

GIS-E3040 Advanced Photogrammetry D 5 op

GIS-E3050 Advanced Remote Sensing D 5 op

GIS-E3020 Digital Image Processing and Feature Extraction D 5 op

GIS-E1010 Geodesy and Positioning D 5 op

WAT-E2030 Hydrological Modelling D 5 op

GIS-E1030 Introduction to Spatial Methods D 5 op

GIS-E3010 Least-Squares Methods in Geosciences D 5 op

WAT-E2130 Modelling and Control of Water and Wastewater Treatment Processes D 5 op

GIS-E1040 Photogrammetry, Laser Scanning and Remote Sensing D 5 op

REC-E3600 Real Estate Market Analysis D 6 op

GIS-E1060 Spatial Analytics D 5 op

SPT-E4020 Traffic Flow Theory D 5 op

SPT-E4010 Transport Modelling D 5 op

Department of Mechanical Engineering

MEC-E7005 Advanced Casting Technology D 5 op

EEN-E4006 Advanced HVAC Design 5 op

MEC-E8003 Beam, Plate and Shell Models D 5 op

EEN-E4007 Building Energy Optimisation 5 op

EEN-E2001 Computational Fluid Dynamics D 5 op

MEC-E2010 Computational Fluid Modelling D 5 op

MEC-E2012 Computational Marine Hydrodynamics D 5 op

MEC-E8002 Continuum Mechanics and Material Modelling D 5 op

MEC-E8001 Finite Element Analysis D 5 op

MEC-E1050 Finite Element Method in Solids 5 op

MEC-E1020 Fluid Dynamics 5 op

MEC-E5003 Fluid Power Basics 5 op

MEC-E5005 Fluid Power Dynamics D 5 op

MEC-E1060 Machine Design 5 op

MEC-E5001 Mechatronic Machine Design 5 op

MEC-E4004 Model Scale Testing in Ice D 5 op

MEC-E1005 Modelling in Applied Mechanics 5 op
AAE-E3030 Numerical Modeling of Multiphase Flows D 5 op
EEN-E3002 Power Process Simulation D 5 op
MEC-E7001 Production Systems Modelling D 5 op
MEC-E1030 Random Loads and Processes D 5 op
EEN-L5004 Theoretical Modelling of HVAC Systems D 6 op

Department of Civil Engineering

GEO-E2010 Advanced Soil Mechanics D 5 op
CIV-E3010 Applied Building Physics and Design D 5 op
CIV-E1060 Engineering Computation and Simulation 5 op
CIV-E3050 Fire Dynamics and Simulation D 5 op
GEO-E3040 Geometric Design of Roads 5 op
CIV-E5010 Geometry & Lightweight: Structures and Architecture D 5 op
CIV-E4080 Material Modelling in Civil Engineering D 5 op
GEO-E2020 Numerical Methods in Geotechnics D 5 op

School of BIZ

Department of Finance

28E34700 Advanced Econometrics for Finance 6 op
28E00300 Advanced Investment Theory D 6 op
28E35400 Applied Derivatives 6 op
FIN-E0309 Entrepreneurial Finance 6 op
28E00900 Fixed Income 6 op
FIN-E0308 Quantitative Finance and Machine Learning Applications 6 op

Department of Accounting

ABL-E1300 Big Data Analysis in Accounting 6 op

6.2 Helsingin yliopisto

Alkeishiukkasfysiikan ja astrofysikaalisten tieteiden maisteriohjelma

PAP301 Seminar in Particle Physics and Astrophysical Sciences 5 op
PAP302 Open problems in modern astrophysics 5 op
PAP303 Statistical Inverse Methods 5 op
PAP304 Plasma Physics 5 op
PAP305 Space Applications of Plasma Physics 5 op
PAP306 Advanced Course in Observational Astronomy I 5 op
PAP307 Advanced Course in Observational Astronomy II 5 op
PAP308 Special Course in Observational Astronomy 5 op
PAP309 Interstellar Matter 5 op
PAP310 Radio astronomy 5 op
PAP311 Small Bodies in the Solar System 5 op
PAP312 Time Series Analysis in Astronomy 5 op

PAP313 Variable Stars 5 op
PAP314 Introduction to light scattering 5 op
PAP315 Computational light scattering 5 op
PAP316 Astrophysical light scattering problems 5 op
PAP317 Galactic dynamics 5 op
PAP318 Galaxy formation and evolution 5 op
PAP319 High Energy Astrophysics 5 op
PAP320 Radiative Transfer 5 op
PAP321 Solar Physics 5 op
PAP323 Advanced Space Plasma Physics 10 op
PAP324 Numerical Space Physics 5 op
PAP325 Introduction to Particle Physics II 5 op
PAP326 Cosmology II 5 op
PAP327 Particle Physics Phenomenology 5 op
PAP328 Laboratory Course on Instrumentation 5 op
PAP329 Particle Physics Experiments 5 op
PAP331 Computing Methods in High Energy Physics 5 op
PAP332 Introduction to Particle Physics I 5 op
PAP334 Statistical Methods 5 op
PAP335 General Relativity 10 op
PAP336 Higgs Physics 5 op
PAP337 Supersymmetry 5 op
PAP338 Gaseous Radiation Detectors and Scintillators 5 op
PAP339 Semiconductor Radiation Detectors 5 op
PAP340 Physics of Semiconductor Devices 5 op
PAP341 Galaxy Survey Cosmology 10 op
PAP342 Cosmological Perturbation Theory 10 op
PAP344 Introduction to the Physics of Neutrinos 5 op
PAP345 Gravitational Waves 5 op
PAP346 Path Integral Quantization of Gauge Field Theories 5 op
PAP347 Theories beyond the standard model 5 op
PAP402 Courses supporting scientific knowledge 1-5 op

Datatiiteen maisteriohjelman

57776 Advanced Course in Bayesian Statistics 5 op
DATA20027 Advanced Course in Deep Learning 5 op
DATA12001 Advanced Course in Machine Learning 5 op
DATA20023 Bayesian Machine Learning 5 op
DATA14001 Big Data Frameworks 5 op
DATA14003 Big Data Platforms 5 op
CSM13103 Cloud and Edge Computing 5 op
DATA20003 Cloud Computing Fundamentals: AWS 5 op
DATA20011 Computational Challenges in Navigation 2.5 op
DATA20024 Computational Cognitive Neuroscience 5 op
DATA15002 Computational Creativity 5 op
MAST32001 Computational Statistics I 5 op
DATA20016 Computer Vision 5 op
DATA20009 Data Protection for Data Scientists 2 op

DATA10005 Data Science Practical Experience 1-5 op
DATA11004 Data Science Project I 5 op
DATA10004 Data Science Project II 5 op
DATA11005 Data Science Seminar I 5 op
DATA10003 Data Science Seminar II 5 op
DATA11102 Data Science Study Skills 3 op
DATA20001 Deep Learning 5 op
CSM12101 Design and Analysis of Algorithms 5 op
DATA20025 Digital World Hackathon 3 op
DATA11003 Distributed Data Infrastructures 5 op
DATA20007 Educational Data Mining 5 op
DATA20013 GNSS Technologies 5 op
MAST32006 High Dimensional Statistics 5 op
DATA20021 Information Retrieval 5 op
DATA15003 Interactive Data Visualization 5 op
DATA15001 Introduction to Artificial Intelligence 5 op
DATA11001 Introduction to Data Science 5 op
DATA11002 Introduction to Machine Learning 5 op
DATA20006 Multidisciplinary Seminar: Fairness Aware AI 5 op
DATA20015 Natural Language Processing 5 op
DATA16001 Network Analysis 5 op
DATA12002 Probabilistic Graphical Models 5 op
53369 Scientific Computing III 10 op
DATA20014 Seminar: Data Science for Natural Sciences 5 op
DATA20008 Seminar: Data Science in Biogeosciences 5 op
DATA20010 Seminar: Machine Learning Applications 5 op
DATA20005 Seminar: News and Politics on the Web: Algorithmic Methods and Studies 5 op
DATA20012 Seminar: Privacy-preserving Machine Learning 5 op
DATA20030 Seminar: Trustworthy and Private AI 5 op
DATA20031 Seminar on Deep Learning for Natural Language Generation 5 op
DATA20026 Seminar on Exploratory Search 5 op
DATA20029 Seminar on Neuroinformatics 6 5 op
DATA20032 Seminar on Probabilistic Intelligence in Brains and Machines 5 op
DATA20028 Seminar on Scalability Challenges in Search Engines 5 op
MAST32005 Spatial Modelling and Bayesian Inference 5 op
MATR326 Tools of High Performance Computing 5 op
DATA20019 Trustworthy Machine Learning 5 op

Ekologian ja evoluutiobiologian maisteriohjelma

EEB-102 Introduction to Ecological Modelling 5 op
GMB-206 Gene Mapping 5 op
EEB-011 Mathematical methods in biology, Part 1 3 op
EEB-012 Mathematical methods in biology, Part 2 3 op
EEB-013 Mathematical methods in biology, Part 3 3 op
EEB-014 Mathematical methods in biology, Part 4 3 op

Genetiikan ja molekulaaristen biotieteiden maisteriohjelma

PROV-604 Modeling protein-ligand complexes (MPLC) 5 op

590287 Fundamentals of Molecular Modeling and Molecular Dynamic Simulations in
Pharmaceutical Research 5 op
55472 Molecular Modelling 5 op
GMB-205 Evolutionary genomic data analysis 5 op

Geologian ja geofysiikan maisteriohjelma

GEOM_H2012 Quantitative hydrogeology and flow modeling 5 op
GEOM_H2021 Hydrogeochemical modeling 5 op
GEOM_1001 3D modelling 5 op
GEOM_H2023 Ympäristöanalyttiset menetit 5 op

Ilmakehätieteiden maisteriohjelma

ATM365 Dimension analysis 5 op
ATM377 Earth System Modelling 5 op
ATM312 Aerosol Modelling 5 op
ATM313 Biosphere-atmosphere process modelling I 5 op
ATM314 Biosphere-atmosphere process modelling II 5 op
ATM308 Statistical tools for climate and atmospheric science 5 op
ATM310 Time series analysis in geosciences 5 op
ATM309 Analysis of atmosphere-surface interactions and feedbacks 5 op
ATM315 Numerical meteorology I 5 op
ATM316 Numerical Meteorology II 5 op

Kemian ja molekyyli­tieteiden maisteriohjelma

KEM367 Mathematical and numerical methods in theoretical chemistry 5 op
KEM381 Programming projects in molecular modelling 5 op
KEM342 Molecular modelling 5 op
KEM341 Quantum chemistry 5 op

Kielellisen diversiteetin ja digitaalisten menetelmien maisteriohjelma

LDA-T301 Language Technology seminar, 5 op
LDA-T302 Computational morphology, 5 op
LDA-T303 Computational syntax, 5 op
LDA-T304 Computational semantics, 5 op
LDA-T305 Models and algorithms in NLP applications, 5 op
LDA-T306 Machine Translation, 5 op
LDA-T307 Approaches to Natural Language Understanding, 5 op
LDA-T308 Introduction to deep learning, 5 op
LDA-T501 Introduction to NLP, 5 op
LDA-T309 Corpus clinic, 5 op
LDA-T312 Current topics in language technology, 5 op
LDA-T313 Current topics in language technology II, 5 op
LDA-T314 Current topics in language technology III, 5 op
LDA-T315 Work Practice, 5 op
LDA-H511 Programming for Digital Humanities, 5 op
LDA-H512 Statistics for Digital Humanities, 5 op
LDA-M503 Computational Methods and Programming, 5 op
LDA-M504 Mathematics Statistics and Modeling, 5 op

LDA-C302 Cognitive Modelling Concepts, 5 op
LDA-C304 Cognitive Modelling Methods, 5 op
LDA-P302 Speech analysis methods, 5 op
LDA-P305 Speech synthesis and recognition, 5 op
LDA-P307 Modeling speech production and perception, 5 op
LDA-P311 Programming for Phoneticians, 5 op
LDA-P312 Statistics for Phoneticians, 5 op
LDA-T310 Research project, 5 op
LDA-H302 Helsinki Digital Humanities Hackathon, 5 op
LDA-P304 Laboratory course in phonetics, 5 op
LDA-C305 Cognitive Science Research project, 5 op
LDA-P316 Research project, 5 op
LDA-EXP315 Experimental laboratory course, 10 op
LDA-C503 Introductory Laboratory Course in Cognitive Science, 5 op

Life science informatics -maisteriohjelma

LSI31007 Algorithms in Genome Analysis 5 op
LSI35002 Bayesian Data Analysis 5 op
LSI36001 Clinical data mining 5 op
LSI31008 Elements of Bioinformatics 5 op
LSI33002 Evolution and the theory of games 5 op
LSI34002 Genome-wide association studies 5 op
LSI31005 Intensive Course on Genome Rearrangements 5 op
LSI33001 Introduction to mathematical biology 10 op
LSI31003 Machine Learning in Molecular Biology 5 op
LSI33003 Mathematics of infectious diseases 10 op
LSI35001 Modelling ecology and evolution 5 op
LSI35003 Project work in eco-evolutionary informatics 5 op
LSI31004 Research Seminar on Machine Learning for Fossil Data Analysis 5 op
LSI34005 Statistical epidemiology 5 op
LSI34004 Statistical population genetics 5 op
LSI31504 Stochastic differential equations with biological applications 5 op
LSI36002 Systems medicine seminar 5 op
LSI34001 Topics in biostatistics 5 op

Maantieteen maisteriohjelma

GEOG-P302 Modelling in physical geography 5 op
GEOG-329 Automating GIS-processes 5 op
GEOG-339 3D-analyses in GIS 5 op
GEOG-325 Applied spatial statistics and urban modelling 5 op

Maatalous-, ympäristö- ja luonnonvaraekonomian maisteriohjelma

AGERE-002 Cost-Benefit Analysis 5 op
AGERE-004 General Equilibrium Modeling 5 op
AGERE-005 Applied Linear Programming 5 op
AGERE-008 Statistical data analysis 5 op
AGERE-E05 Dynamic Optimization 5 op
AGERE-E06 Economics of Aquatic Resource: Numerical Models 5 op

Matematiikan ja tilastotieteen maisteriohjelma

DATA12002 Probabilistic Models 5 op
LSI33001 Introduction to mathematical biology 10 op
LSI33002 Evolution and the theory of games 5 op
LSI33003 Mathematics of infectious diseases 10 op
LSI34001 Trends in biostatistics and bioinformatics 5 op
LSI34003 Phylogenetic inference and data analysis 5 op
LSI34004 Statistical population genetics 5 op
LSI34005 Statistical methods in public health 5 op
LSI34006 Event-history analysis 5 op
MAST30127 Advanced Course in Real Analysis 10 op
MAST30128 Asymptotic statistical inference 5 op
MAST30129 Fourier Analysis and Distributions 5 op
MAST30130 Introduction to mathematical physics A 5 op
MAST30131 Introduction to mathematical physics B 5 op
MAST30132 Introduction to Real and Fourier Analysis 5 op
MAST30133 Multivariate analysis 5 op
MAST31002 Functional analysis 10 op
MAST31003 Topology II 10 op
MAST31005 Algebra II 10 op
MAST31006 Complex analysis I 10 op
MAST31007 Complex analysis II 10 op
MAST31010 Partial differential equations I 10 op
MAST31011 Partial differential equations II 10 op
MAST31012 Elliptic partial differential equations 10 op
MAST31013 Geometric measure theory 10 op
MAST31014 Harmonic analysis I 5 op
MAST31015 Harmonic analysis II 5 op
MAST31016 Sobolev spaces 10 op
MAST31017 Introduction to differential geometry 10 op
MAST31018 Spectral theory 10 op
MAST31019 Hyperbolic metric and geometric function theory 10 op
MAST31020 Homotopy theory 10 op
MAST31021 Homotopy and vector bundles 10 op
MAST31022 Topological transformation groups 10 op
MAST31023 Introduction algebraic topology 10 op
MAST31024 Advanced algebraic topology 10 op
MAST31025 de Rham theory 10 op
MAST31026 Riemannian geometry 10 op
MAST31027 Metric surfaces 10 op
MAST31028 Metric geometry 10 op
MAST31029 Clifford analysis 5 op
MAST31201 Mathematical logic 10 op
MAST31202 Axiomatic set theory 10 op
MAST31203 Model theory 10 op
MAST31204 Recursion theory 10 op
MAST31205 Finite model theory 10 op

MAST31206 Dependence logic 10 op
MAST31207 Classification theory 10 op
MAST31208 Non-elementary model theory 5 op
MAST31209 Descriptive set theory 5 op
MAST31210 Large cardinals 5 op
MAST31211 Strong logics 5 op
MAST31212 History of logic 5 op
MAST31213 Complexity theory 10 op
MAST31214 Computability theory 10 op
MAST31215 Introduction to continuous logic 5 op
MAST31216 Models of arithmetic 10 op
MAST31301 Introduction to mathematical physics 10 op
MAST31302 Hamiltonian dynamics 10 op
MAST31303 Quantum dynamics 10 op
MAST31401 Inverse Problems 1: convolution and deconvolution 5 op
MAST31402 Bayesian inversion 10 op
MAST31403 Integral equations 10 op
MAST31404 Introduction to wavelets and Fourier analysis 5 op
MAST31406 Inverse Problems 2: tomography and regularization 5 op
MAST31501 Mathematical modelling 10 op
MAST31503 Spatial Models in ecology and evolution 10 op
MAST31504 Stochastic population models 10 op
MAST31505 Adaptive dynamics 10 op
MAST31506 Dynamics of Lotka-Volterra systems 5 op
MAST31701 Probability theory I 5 op
MAST31702 Probability theory II 5 op
MAST31706 Stochastic analysis I 5 op
MAST31707 Malliavin calculus 10 op
MAST31708 Monte Carlo methods 5 op
MAST31709 Optimal stochastic control with applications to finance 5 op
MAST31710 Stochastic analysis II 5 op
MAST31801 Mathematical finance I 5 op
MAST31802 Risk theory 10 op
MAST31803 Life insurance mathematics 10 op
MAST31804 Tariff theory 5 op
MAST31805 Mathematical finance II 5 op
MAST31806 Advanced risk theory 5 op
MAST31902 Analytic number theory 10 op
MAST32001 Computational statistics I 5 op
MAST32003 Statistical inference III 5 op
MAST32004 Advanced bayesian inference 5 op
MAST32005 Spatial modelling and Bayesian inference 5 op
MAST32006 High dimensional statistics 5 op
MAST32007 Time series analysis I 5 op
MAST32008 Time series analysis II 5 op
MAST33001 Generalized linear models II 5 op
MAST33002 Advanced statistical inference 5 op
MAST33003 Nonparametric and robust methods 5 op

MAST33004 Robust regression 5 op
MAST33005 Linear mixed models 5 op
MAST33006 Generalized linear mixed models 5 op
MAST33007 Discrete Markov processes 5 op
MAST33008 Statistical demography 5 op
MAST33009 Structural equation models 5 op
MAST33013 Register-based data analysis 5 op
MAST33014 Small area estimation 5 op
MAST33015 Analysis of complex surveys 5 op
MAST33016 Applied logistic regression 5 op
MAST33018 Survey sampling 5 op
MAST33019 Survey methodology and European statistical system 5 op
TCM309 Kinetic Theory 10 op
TCM320 Stochastic methods A 5 op
TCM321 Stochastic methods B 5 op

Materiaalitutkimuksen maisteriohjelma

MATR322 Numerical Methods in Scientific Computing 10 op
MATR323 Basics of Monte Carlo simulations 5 op
MATR324 Monte Carlo simulations in physics 5 op
MATR325 Molecular dynamics simulations 10 op
MATR326 Tools for high performance computing 5 op
MATR327 Computational nanoscience 10 op
PAP334 Statistical Methods 5 op
DATA11002 Introduction to Machine Learning 5
MATR333 Modeling of biological systems 5 op
MATR376 Machine Learning for Materials Science 5 op

Master's Programme in Contemporary Societies

SOST-930 Introduction to Computational Social Science 5 op
SOST-931a Complex Models and Simulations 5 op
SOST-931b Data Science and Machine Learning for Social Science 5 op
SOST-931 Computationally Working with Digital Data 5 op
COS-D407 Scientific Modeling and Model Validation 5 op
COS-D422 Scientific Modeling and Model Validation: Advanced 5 op
COS-D418 Exploratory Methods of Multivariate Data Analysis 5 op
COS-D420 Logistic Regression and Survival Analysis 5 op

Teoreettisten ja laskennallisten menetelmien maisteriohjelma

53713 Fysiikan matemaattiset menetelmät III 10 op
53728 Statistisen fysiikan jatkokurssi 10 op
MATR322 Numerical Methods in Scientific Computing 10 op
MATR323 Basics of Monte Carlo simulations 5 op
MATR324 Monte Carlo simulations in physics 5 op
MATR325 Molecular dynamics simulations 10 op
MATR326 Tools for high performance computing 5 op
MATR327 Computational nanoscience 10 op
ATM311 Simulations of Formation of Molecular Clusters 5 op

ATM312 Aerosol Modelling 5 op
ATM313 Chemical transport modelling I 5 op
ATM314 Chemical transport modelling II 5 op
ATM315 Numerical Meteorology I 5 op
ATM316 Numerical Meteorology II 5 op
ATM317 Laboratory Course in Numerical Meteorology 5 op
ATM377 Introduction to Earth System Modelling 5 op
DATA11001 Introduction to Data Science 5 op
DATA11002 Introduction to Machine Learning 5 op
DATA12001 Advanced Course in Machine Learning 5 op
DATA16001 Network Analysis 5 op
MAST32001 Computational Statistics I 5 op
LSI35002 Bayesian Data Analysis 5 op
KEM367 Mathematical and Numerical Methods in Theoretical Chemistry 5 op
FYS2015 Statistical mechanics 5 op
FYS1013 Scientific computing I 5 op
KEK222 Computational Chemistry 5 op

Tietojenkäsittelytieteen maisteriohjelma

DATA11001 Introduction to Data Science 5 op
DATA12001 Advanced Course in Machine Learning 5 op
DATA20019 Trustworthy Machine Learning 5 op
DATA12002 Probabilistic Graphical Models 5 op
MAST32001 Computational Statistics I 5 op
DATA20023 Bayesian Machine Learning 5 op
LSI35002 Bayesian Data Analysis 5 op
MAST32004 Advanced Course in Bayesian Statistics 5 op
MAST32006 High Dimensional Statistics 5 op
MAST32005 Spatial Modelling and Bayesian Inference 5 op
CSM12280 Special Topics in Machine Learning Algorithms 5 op
LSIXXXX Algorithms in Genome Analysis 5 op
LSI31003 Machine Learning in Molecular Biology 5 op
DATA20016 Computer Vision 5 op
DATA20021 Information Retrieval 5 op

6.3 Itä-Suomen yliopisto

3311022 Numeerisen laskennan alkeet 4 op
3312008 Fysikaalinen optiikka 4 op
3312016 Kvanttifysiikka 4 op
3312020 Materiaalien optisten ominaisuuksien mallintaminen 4 op
3312021 Materiaalifysiikka 4 op
3312025 Näyttötekniikka 5 op
3312027 Optinen suunnittelu II: numeerinen mallintaminen 4 op
3312031 Spektrikuvauslaitteet 5 op
3312033 Teollisuus ja biolääketieteellinen optiikka 5 op
3312037 Värioppi 5 op
3312039 Paperi- ja painotuotteiden optiset ominaisuudet 4 op

3312048 Optisen tietoliikennetekniikan komponentit 4 op
3312052 Luonnontieteilijän data- ja virheanalyysi 2 op
3312055 Fotoniikan ja optiikan perusteet 4 op
3312056 Epälineaarinen optiikka 4 op
3312057 Fotoniikan matemaattiset menetelmät 4 op
3312058 Laserfysiikka 4 op
3312059 Kvanttioptiikka 4 op
3312060 Mikro- ja nanofotoniikka 4 op
3312062 Värioppi 4 op
3312063 Viestintätaidot 4 op
3312064 Optinen suunnittelu I: geometrinen optiikka 4 op
3312071 Laitteistojen kontrollointi graafisen ohjelmoinnin avulla 2 op
3312073 Fotoniikan sovellukset 4 op
3312078 Signaalin- ja kuvankäsittelyn perusteet 5 op
3313002 Optiikan kesäkoulu 2-5 op
3316321 Numeerinen analyysi 8 op
3316341 Diskreetti matematiikka 8 op
3316362 Matemaattinen mallintaminen 5 op
3316429 Analyysin harjoitustyö 2 op
3316437 Euklidinen geometria 4 op
3317122 Mitta- ja integroimisteoria a 4 op
3317123 Mitta- ja integroimisteoria b 4 op
3317134 Tasokäyrien geometria 4 op
3317142 Kompleksianalyysi a 4 op
3317143 Kompleksianalyysi b 4 op
3317151 Funktionaalianalyysin peruskurssi 8 op
3317161 Topologia 8 op
3317182 Lukuteoria a 4 op
3317183 Lukuteoria b 4 op
3317191 Differentiaaligeometria 8 op
3317222 Matematiikan historia 4 op
3317311 Matriisit 8 op
3317321 Osittaisdifferentiaaliyhtälöt 8 op
3317333 Variaatiolaskenta 4 op
3317342 Dynaamiset systeemit 8 op
3317361 Elementtimenetelmä 8 op
3317392 Mallinnus ja optimointi 4 op
3317393 Osittaisdifferentiaaliyhtälöt matemaattisessa mallinnuksessa 4 op
3317394 Datan analyysimenetelmät mallinnuksessa 4 op
3317395 Tilastolliset mallit 4 op
3317396 Satunnaisuus mallintamisessa 4 op
3317397 Jatkuvat mallit 4 op
3317454 Fourier-analyysin peruskurssi 8 op
3317462 Usean muuttujan reaalianalyysi 8 op
3317465 Optimointi 4 op
3317477 Polynomialgebra 8 op
3352501 Physics in Clinical Radiology 5 op
3352502 Physics in Radiotherapy 5 op

3352503 Nuclear Medicine Physics 5 op
3352515 Physics in Clinical Physiology and Neurophysiology 5 op
3352542 Signal Analysis 5 op
3352601 Optimization 5 op
3352610 Estimation Theory 5 op
3352617 Numerics in Computational Physics 5 op
3352618 Technical programming 5 op
3352755 Statistical Data Analysis for Applied Physics 5 op
3410307 Molecular Modelling 4 op
3510011 Data-driven qualitative methodologies for forest scientists and foresters 5 op
3621518 Konenäkö 5 op
3621552 Ryhmittelymenetelmät 5 op
3621600 Syväoppimisen erikoiskurssi 5 op
3621680 Algoritminen data-analyysi
3621687 Paikalliset hahmot datassa 5 op
3621688 Tekoäly 6 op
3621689 Verkkojen louhinta 5 op
3621691 Oppimisanalytiikka 5 op
3621693 Robotiikka ja XR 5 op
3621697 Syventävä spektrikuvantaminen 4 op
3621699 Puheteknologian koneoppimismenetelmät 5 op
3622223 R-kieli 2 op
3622233 Tilastollinen koesuunnittelu, 5 op
3622347 Bayes-päätely 1, 5 op
3622348 Bayes-päätely 2, 5 op
3622349 Spatiaalinen tilastotiede 5 op
3622350 Ryhmittyneiden aineistojen analyysi 5 op
3622351 Tilastollinen data-analyysi 6 op
3622351 Tilastollinen data-analyysi 6 op
3622352 Data-analyysin todennäköisyyspäätely 1, 5 op
3622353 Data-analyysin todennäköisyyspäätely 2, 5 op
3710458 Environmental Data Mining 5 op
3710459 Advanced Course on Environmental Data 5 op
3622347 Bayesian inference 1 5 op
4217565 Protein structure (PROS) 5 op
4486101 Molecular medicine & genetics (MMG) 6 op
4486108 Genome-wide gene expression project (GEP) 6 op
4486116 Genomics in diagnostics and personalized medicine 4 op
4486117 Deep sequencing data analysis 5 op
4486118 Integrative data-analysis project 2 op
4486801 Machine learning basics and applications in biomedical data analysis (MOA1) 2 op
4486803 Machine learning applications in multiomics (MOA2) 2 op
4486806 Quantitative bio-imaging (QBI) 2 op
4486905 M.Sc. research project in computational biomedicine 20 op
4487109 Functional genetics in brain diseases (FGBD) 6 op
4488002 Cancer biology (CABI) 4 op

6.4 Jyväskylän yliopisto

BMES1100 Biosignal processing in sport and health science 3 op
ECOS1081 Evoluutioekologinen mallintaminen 5 op
ECOS1083 Populaatioekologinen mallintaminen 5 op
ENVS1125 Geoinformatiikan, spatiaalisen tilastotieteen ja kaukokartoituksen menetelmät 3 op
FYSA1130 Fysiikan numeeriset menetelmät 4 op
FYSS3300 Ydinfysiikka 8 op
FYSS3310 Säteilyturvallisuus 4 op
FYSS3315 Syklotronin operaattorikurssi 2 op
FYSS3400 Teoreettisen ydinfysiikan perusteet 9 op
FYSS3440 Ydinastrofysiikka 6 op
FYSS3460 Fissio ja sen sovellukset 5 op
FYSS3470 Johdatus ydinmalleihin ja kokeellisen datan tulkintaan 4 op
FYSS3500 Ydinfysiikan keskeiskenttämallit 5 op
FYSS3550 Ydin- ja kiihdytinfysiikan kokeelliset menetelmät 10 op
FYSS3552 Laserit ja hiukkasloukut ydinfysiikan tutkimuksessa 5 op
FYSS4300 Hiukkasfysiikka 8 op
FYSS4510 Kvanttikenttäteoria 11 op
FYSS4515 Kvanttikenttäteorian sovellukset 11 op
FYSS4551 Ultra-relativistinen raskas ioni fysiikka 7 op
FYSS4556 QCD:n häiriöteoria 7 op
FYSS5120 Nopean numerian ohjelmointi 4 op
FYSS5300 Materiaalifysiikka 8 op
FYSS5350 Fysiikan numeeriset sovellukset 5 op
FYSS5401 Nanoelektroniikan fysiikka 6 op
FYSS5403 Johdanto kvanttilaskentaan 5 op
FYSS5404 Fotoniikka 7 op
FYSS5410 Suprajohtavuus 9 op
FYSS5440 Kvantti Monte Carlo -menetelmät 3 op
FYSS5455 Elektroni-, fotoni- ja ionisuihkumenetelmät materiaalitieteissä 5 op
FYSS5456 Heliumionimikroskopia 1 op
FYSS5540 Tiheysfunktionaaliteoria 8 op
FYSS6310 Mittaustekniikat ja -järjestelmät 5 op
FYSS6320 Tyhjiötekniikka 5 op
FYSS6360 Plasmafysiikka 5 op
FYSS7116 Integraalimuunnokset 3 op
FYSS7301 Kompleksianalyysi 5 op
FYSS7310 Johdatus esitysteoriaan 5 op
FYSS7320 Suhteellisuusteoria 9 op
FYSS7420 Sähköopin erikoiskurssi 10 op
FYSS7435 Fysiikan stokastiset prosessit 5 op
FYSS7531 Kvanttimekaniikka 2, osa A 6 op
FYSS7532 Kvanttimekaniikka 2, osa B 6 op
FYSS7630 Monen hiukkasen kvanttimekaniikka 12 op
FYSS7641 Tasapaino- ja epätasapainotilojen statistista fysiikkaa 6-9 op
ITKS557 Cross-Cultural and Context Computing 2-6 op

ITKST56 Järjestelmähaavoittuvuudet 5 op
JOUS1029 Tutkiva journalismi ja datajournalismi 5 op
JSBJ1311 Advanced statistical research methods 6-10 op
KEMS709 Kemian mallit ja visualisointi 5 op
KEMV1195 CH3: Computer-assisted NMR analysis 2 op
KOGS536 Cognitive Modeling 5 op
KYBS1201 Kyberturvallisuusteknologiat 5 op
KYBS2004 Authentication, passwords and applied cryptography 5 op
KYBS3050 Koneoppimismenetelmiä kyberturvallisuuteen 5 op
KYBS7041 Anomalian havaitseminen 3-5 op
KYBS7042 Anomalian havaitsemisen jatkokurssi 5 op
MATA271 Stokastiset mallit 4 op
MATJ5107 MA1: Shape Optimization and Free Boundary Problems 1 op
MATS104 Differentiaaliyhtälöiden jatkokurssi 2 4 op
MATS111 Mitta- ja integraaliteoria 1 5 op
MATS112 Mitta- ja integraaliteoria 2 4 op
MATS121 Kompleksianalyysi 1 5 op
MATS122 Kompleksianalyysi 2 5 op
MATS2110 Geometric Measure Theory 5 op
MATS213 Metriset avaruudet 5 op
MATS214 Topologia 4 op
MATS215 Algebrallinen topologia 9 op
MATS220 Funktionaalianalyysi 10 op
MATS225 Kvasikonformikuvaukset 5-9 op
MATS230 Osittaisdifferentiaaliyhtälöt 9 op
MATS2300 Rahoitusteorian stokastisia malleja 5 op
MATS235 Sobolev-avaruudet 9 op
MATS254 Stokastiset prosessit 4 op
MATS256 Markov-prosessien jatkokurssi 5 op
MATS260 Todennäköisyysteoria 1 5 op
MATS262 Todennäköisyysteoria 2 5 op
MATS280 Riskiteoria 5 op
MATS311 Reaalianalyysi 9 op
MATS315 Fourier-analyysi 4-9 op
MATS340 Osittaisdifferentiaaliyhtälöt 2 5 op
MATS348 Inversio-ongelmat 4-9 op
MATS352 Stokastinen analyysi 5 op
MATS353 Stokastiset differentiaaliyhtälöt 4-5 op
MATS423 Optimaalinen massansiirto 5 op
MATS424 Viskositeettiteoria 5-9 op
MATS4300 Analyysiä ja Röntgen-tomografiaa 4 op
MATS4320 Johdatus tietokonetomografian matematiikkaan 4 op
MATS442 Stokastinen simulointi 5 op
MUSA2003 Music & Computing 1: Music Programming and Audio Analysis 5 op
MUSS2001 Music and Neuroscience 5 op
MUSS2002 Music & Computing II: Musical Interfaces 5 op
NANA2002 Practical course in nanoscience, imaging 5 op
NANS1004 Computational nanosciences 2 op

TIEJ6800 COM1: Stochastic Optimization - Models, Algorithms and Applications 3 op
TIEJ6801 COM2: Verification of Computational Results 4 op
TIEJ6802 COM3: Multicriterial Design Optimization in the Age of Data Science -
Fundamentals and Case Studies 4 op
TIEJ6803 COM4: Dynamical System and Control Theory 2 op
TIES324 Signaalinkäsittely 4-5 op
TIES327 Tietoverkkoturvallisuus 3-7 op
TIES411 Konenäkö ja kuva-analyysi 5 op
TIES436 Langattomat teknologiat 3-5 op
TIES445 Tiedonlouhinta 3-5 op
TIES4450 Tiedonlouhinta ja koneoppiminen 5 op
TIES451 Selected Topics in Soft Computing 4 op
TIES4520 Semantic Technologies for Developers 7 op
TIES4530 Collective Intelligence and Agent Technology 5-7 op
TIES471 Reaaliaikainen renderöinti 5 op
TIES481 Simulointi 5 op
TIES483 Epälineaarinen optimointi 5 op
TIES4910 Deep-Learning for Cognitive Computing, Theory 5 op
TIES4911 Deep-Learning for Cognitive Computing for Developers 8-10 op
TIES513 Fysikaaliset mallit tietokoneanimaatioissa 5 op
TIES5303 Laskennan mallit 3-5 op
TIES5350 Langattomat sensoriverkot 5-8 op
TIES581 Numeerinen lineaarialgebra 6 op
TIES5830 Datapohjainen optimointi ja päätöksenteko 5 op
TIES584 Matemaattisen mallintamisen jatkokurssi 5 op
TIES594 ODY-ratkaisijat 5 op
TIES595 Numerical Analysis of PDEs JSS28 5 op
TIES598 Epälineaarinen monitavoiteoptimointi 5 op
TIES6830 COM5: Machine learning in inverse and ill-posed problems JSS30 2 op
TILS120 Matriisilaskenta tilastotieteessä 4 op
TILS1500 Kausaalimallit 2-5 op
TILS1510 Puuttuva tieto 2-5 op
TILS210 Elinaikamallit 2-5 op
TILS221 Tilastotiede epidemiologisessa tutkimuksessa 4 op
TILS2300 Sekamallit ja pitkittäisaineistojen analyysi 2-5 op
TILS350 Bayes-tilastotiede 2 5 op
TILS5110 Topics in computational statistics 2-15 op
TILS5120 Topics in applied statistics 2-15 op
TILS5130 Topics in theoretical statistics 2-15 op
TILS600 Spatiaalinen data-analyysi 4 op
TILS619 Aikasarja-analyysi 2-5 op
TILS644 Monimuuttujamenetelmät 2-5 op
TILS646 Ryhmittely-, luokittelu- ja regressiomenetelmiä 4-5 op
TILS655 Koesuunnittelu 5 op
TILS661 Otantamenetelmät 4-5 op
TILS664 Populaation koon estimointi ja populaatiodynamiikka 4 op
TILS666 Tilastotieteen historia -seminaari 4 op
TILS681 Parametrittomat ja robustit menetelmät 4-5 op

TILS690 Harjoittelu 5–15 op
TILS800 Tilastotiede ja yhteiskunta 1-3 op
TILS8000 Elements of statistical learning 5 op
TILS801 Tilastollinen konsultointi 2-4 op
TJTS4901 Tietokantajärjestelmät ja data-analytiikka 5 op
TEKS4141 Syväoppimisen perusteet, 5 op
TILA141 Tilastollinen päättely 1, 5 op
TILA142 Tilastollinen päättely 2, 5 op
TILA350 Bayes-tilastotiede 1, 5 op
TILA311 Yleistetyt lineaariset mallit 1, 2-5 op

6.5 LUT-yliopisto

Additive Manufacturing and 3D Printing (Advanced) 5 op
Additive Manufacturing and 3D Printing (Basics) 5 op
Advanced Computational Fluid Dynamics 5 op
Advanced Data Analysis and Machine Learning 6 op
Advanced Decision-making 6 op
Advanced Materials in Adsorption and Ion Exchange 5 op
Advanced Modelling Tools for Transport Phenomena 5 op
Advanced Oxidation Processes & Electrochemical Methods in Water Treatment 5 op
Advanced Power Electronics 6 op
Advanced Process Design 5 op
Advanced Topics in Modelling of Energy Systems 6 op
Air Pollution Control 6 op
Analogiasignaalin käsittely 6 op
Analytics for Business 6 op
Applications for FE-method for Steel Structures 5 op
Applied Mathematics I 4 op
Applied Mathematics II 3 op
Applied Optics 6 op
Automation 6 op
Basics of ERP systems 6 op
Bayesian Continuous-Parameter Estimation 5 op
Big Data in Business and Industry 6 op
Biological Waste Water Treatment in Biorefining 5 op
Biorefinery Process Development Project 10 op
Business Intelligence and Data Mining 6 op
Chemical Separation Methods in Biorefining 5 op
Computational Methods in Mechanics 5 op
Computational Nuclear Thermal Hydraulics 3 op
Computer Aided Engineering 5 op
Control and Design of Robot Systems 5 op
Control of Mechatronic Machines 5 op
Data-analytiikan työkalut 3 op
Data-Intensive Systems 6 op
Design of Advanced Plate and Shell Structures 5 op
Design of an Electrical Machine 6 op

Design of Experiments 4 op
Design of Fluid Machinery 5 op
Digital Advanced Manufacturing with Lasers 5 op
Digital Imaging and Image Preprocessing 6 op
Digital Signal Processing II 4 op
District Heating 4 op
Electrical Drives 8 op
Electrical Drives, Compact 4 op
Electrical Engineering in Wind and Solar Systems 6 op
Electrochemical Energy Storage and Conversion Technologies 4 op
Enabling Energy Internet via Machine-type Communications 4 op
Energy Economics 5 op
Energy Economics for EnTeDI 5 op
Energy Efficiency 4 op
Energy Efficient Environment 1 3 op
Energy Efficient Environment 2 3 op
Energy Planning for Cities and Communities 3 op
Energy-efficient Pumps, Fans and Compressors 4 op
Experimental Nuclear Thermal Hydraulics 3 op
FE-analyysin sovellukset konetekniikassa 5 op
Fluid Dynamics in Chemical Engineering 5 op
Fluid Machinery 4 op
Fluid Power 5 op
Free Analytics Environment R 6 op
Functional Analysis 5 op
Fundamentals of Computational Fluid Dynamics 6 op
Fuzzy Data Analysis 6 op
Fuzzy Sets and Fuzzy Logic 6 op
GPGPU Computing 6 op
Integrated Design and Fabrication of Welded Structures 5 op
Introduction to Inverse Problems 5 op
Investment and Business Analysis with Excel 6 op
Johdatus data-analytiikka päätöksenteossa opintoihin 1 op
Knowledge Discovery and Process Data Analysis 5 op
Kustannusjohtamisen jatkokurssi 6 op
Laser Based Manufacturing for Design 5 op
Laser Materials Processing 5 op
Lujuusoppi 9 op
Lujuustekniikan perusteet 3 op
Machine Dynamics 5 op
Machine Vision and Digital Image Analysis 6 op
Mallinnus ja analytiikka controllerin työkaluina 6-9 op
Materiaalitekniikka 7 op
Material Modelling of Composites and Hybrid Materials 5 op
Materials and Welding Metallurgy 5 op
Mathworks Self-Study Courses 1-3 op
Mechatronics 5- 6 op
Mekaniikka 7 op

Membrane Technology in Biorefining 5 op
Microelectronics 6 op
Modelling and Control of Power Electronic Converters 5 op
Modelling and Simulation in Welding 5 op
Modelling of Unit Operations 5 op
Modelling with Partial Differential Equations 5 op
Motion Control and System Identification 5 op
Nano and Hybrid Materials 5 op
Nuclear Power Plant Engineering 6 op
Nuclear Reactor Dynamics 3 op
Nuclear Reactor Physics Analyses 3 op
Nuclear Reactor Physics Methods 3 op
Numerical Methods II 5 op
Numerical Methods in Electromagnetism 4 op
Optimization in Business and Industry 6 op
Optoelectronics 6 op
Pattern Recognition and Machine Learning 6 op
Physics of Semiconductor Devices 6 op
Power Electronic Converters 5 op
Practical Laboratory Course in Motion Control and Mechatronics 5 op
Precipitation, Crystallization, Coagulation and Flotation Methods in Water Treatment 5 op
Principles of Technical Computing 5 op
Principles of Thermal Gas-Liquid Processes 5 op
Probabilistic Simulation 3 op
Process Simulation and Monitoring Applications 5 op
Päätöksenteko ja päätösanalyysi 6 op
Quality Management and Assurance in Welding Production 5 op
Renewable Energy Technology 6 op
Scientific Computation for Fluid Flow and Heat Transfer 6 op
Seminar on Data-Centric Engineering 3 op
Seminar on Mathematical Sciences 2 op
Simulation of a Mechatronic Machine 5 op
Simulation, Laboratory Course 5 op
Smart Grids 5 op
Software Engineering Models and Modeling 6 op
Solid Waste Management Technology 7 op
Solid-Liquid Separation in Biorefining 5 op
Special Course on Inverse Problems 5 op
Statistical Parameter Estimation 5 op
Steam Boilers 6 op
Steam Turbines 3 op
Steel Structures II 5 op
Sustainable System Transition 6 op
Sustainable Water Use 6 op
System Dynamics with Applications 3 op
System modelling 6 op
Talousanalytiikka 6 op
Tekninen dokumentointi ja 3D-mallinnus 6 op

Tekninen suunnittelu 7 op
Theoretical Nuclear Thermal Hydraulics 3 op
Thermal Design of Steam Boilers 6 op
Valmistus- ja tuotantotekniikka 11 op
Welding Digitalisation, Automation and Adaptivity 5 op
Welding Digitalisation, Automation and Adaptivity 5 op
Wireless Communication Networks 4 op
Wireless Communication Systems 4 op

6.6 Oulun yliopisto

031022P Numeeriset menetelmät, 5 op
031051S Numeerinen matriisilaskenta, 5 op
031077P Kompleksianalyysi, 5 op
031080A Signaalianalyysi, 5 op
080901A Johdatus kliiniseen lääketieteen tekniikkaan, 5 op
080915S Tissue Biomechanics, 5 op
080916S Biomechanics of Human Movement, 5 op
080920S Diagnostic Imaging, 5 op
080921S Biomedical Ultrasound, 5 op
080922S Microscopy and Spectroscopic Imaging, 5 op
080923S Physics in Radiation Therapy, 5 op
080925A Anatomy and Physiology for Biomedical Engineering, 5 op
080926A Introduction to Biomedical Imaging Methods, 1-3 op
461117S Tekninen optimointi, 5 op
462109S Koneiden mallinnus ja simulointi, 8 op
464105S Tietokoneavusteinen suunnittelu, 5 op
464122A Ajoneuvo- ja työkonehydrauliikka, 5 op
477502A Koesuunnittelu ja kokeellisen datan analysointi, 5 op
477523S Simulointi, 5 op
477524S Prosessien optimointi, 5 op
477525S Älykkäät laskennalliset menetelmät automaatioissa, 5 op
477607S Sääto- ja systeemitekniikan kehittyneet menetelmät, 5 op
477623S Laajat automaatio- ja informaatiojärjestelmät, 10 op
477624S Sääto- ja systeemitekniikan menetelmät, 5 op
477713S Rikastusteknisten prosessien mallinnus, 5 op
485203A Tietomallintaminen ja automaatio väylärakentamisessa, 5 op
485204S Tietomallintaminen ja automaatio talonrakentamisessa, 5 op
485305S Georakenteiden laskentamenetelmät, 5 op
485307S Cold Climate Engineering, 5 op
488139S Surface water quality modelling, 5 op
488140S Groundwater modelling and management, 5 op
488145S Data analysis for Water Resources, 5 op
488321S Bioreactor technology, 5 op
488507S Energy Systems Engineering, 5 op
491687S Process modeling in mineral processing, 5 op
492600S Mining Engineering, 10 op
492607S Stress wave theory and applications, 5 op

493605S Ore beneficiation technologies, 5 op
494603S GIS applications, 5 op
494605S Potential fields and airborne geophysics I, 5 op
494606S Potential fields and airborne geophysics II, 5 op
521025S Tehoelektroniikka, 5 op
521079S Johdatus nanoteknologiaan, 5 op
521140S Tietokonegrafiikka, 5 op
521153S Syväoppiminen, 5 op
521156S Matkalla tiedonlouhintaan, 5 op
521157A Johdatus sosiaalisten verkostojen analyysiin, 5 op
521158S Luonnollisen kielen käsittely ja tekstinlouhinta, 5 op
521161S Multimodaalinen datafuusio, 5 op
521240S Biofotoniikka ja biolääketieteellinen optiikka, 5 op
521242A Johdatus lääketieteen tekniikkaan, 5 op
521260S Ohjelmoitava Web, 5 op
521273S Biosignaalien käsittely I, 5 op
521279S Signaalinkäsittelyjärjestelmät, 5 op
521282S Biosignaalien käsittely II, 5 op
521283S Massadatan käsittely ja soveltaminen, 5 op
521285S Affektiivinen laskenta, 5 op
521288S Moniprosessijärjestelmien ohjelmointi, 5 op
521289S Koneoppiminen, 5 op
521290S Hajautetut järjestelmät, 5 op
521291S VR-järjestelmät ja ihmiset, 5 op
521292S Fundamentals of Sensing, Tracking and Autonomy, 5 op
521293A Johdatus XR-järjestelmiin, 5 op
521324S Tilastollinen signaalinkäsittely II, 5 op
521325S Tietoliikennesignaalin käsittely, 5 op
521326S Radiotekniikka 1, 5 op
521328A Tietoliikenteen simuloinnit ja työkalut, 5 op
521337A Digitaaliset suodattimet, 5 op
521348S Tilastollinen signaalinkäsittely 1, 5 op
521389S Langattomat kehovertot, 5 op
521391S Kanavakoodaus ja modulaatio, 5 op
521392S Konvekssi optimointi, 7 op
521393S Tilastollinen tietoliikenneteoria, 7 op
521406S Digitaalitekniikka 3, 7 op
521435S Elektroniikkasuunnittelu III, 6 op
521448S Digitaalisten integroitujen piirien fyysinen suunnittelu, 5 op
521466S Konenäkö, 5 op
744627S Molecular biology II, 5 op
744634S Introduction to big data analysis and bioinformatics models, 5 op
744635S Protein production and analysis I, 5 op
747614S Macromolecular X-ray crystallography, 5 op
761617S Numeerinen ohjelmointi, 5 op
761618S Molekyylien kvanttimekaniikka, 5 op
761630S Plasmafysiikka, 10 op
761631S Magnetosfäärifysiikka, 10 op

761633S Ionosfäärifysiikka, 10 op
761652S NMR-kuvaus, 10 op
761691S Molekyylien elektroni- ja ionispektroskopia, 5 op
763613S Kvanttimekaniikka II, 10 op
763620S Statistinen fysiikka, 10 op
763628S Kondensoidun materian fysiikka, 10 op
763635S Kvantti-informaatio, 5 op
764327A Virtuaaliset mittausympäristöt, 5 op
764639S Solukalvojen biofysiikka, 5 op
764680S Hermoston tiedonkäsittely, 5 op
765601S Johdatus epälineaariseen dynamiikkaan, 5 op
765640S Observational astronomy, 5 op
766636S Heliosfäärifysiikka, 10 op
766645S Cluster Physics, 5 op
766652S Aurinkofysiikka, 10 op
766653S Cosmic rays, 10 op
766658S Introduction to Atmospheric Processes and Climate, 10 op
766662S Radioaallot ionosfäärissä, 10 op
766663S Laskennallinen fysiikka ja kemia, 5 op
766664S Dynaamisten prosessien NMR, 10 op
766665S Atomifysiikka 2, 5 op
766666S NMR-spektroskopia, 10 op
766667S Modern characterization methods, 5 op
767601S Time Series Analysis in Astronomy, 5 op
781650S Atomispektrometriset analyysitekniikat, 5 op
800693S Matriisiteoria, 5 op
801623S Johdatus koodusteoriaan, 5 op
801631S Modern real analysis, 5 op
801698S Kryptografia, 5 op
802607S Matemaattiset ohjelmistot, 5 op
802635S Introduction to partial differential equations, 10 op
802642S Symmetriaryhmät, 5 op
802645S Lukuteoria A, 5 op
802647S Fourier series and the discrete Fourier transform, 10 op
802649S Dynaamiset systeemit, 10 op
802650S Fraktaaligeometria, 10 op
802652S Hilbertin avaruudet, 5 op
802655S Ketjumurtoluvut, 5 op
802660S Operator theory and integral equations, 10 op
802661S Laskennalliset inversio-ongelmat, 5 op
802665S Numeerinen analyysi, 5 op
802666S Lineaarinen optimointi, 5 op
802667S Epälineaarinen optimointi, 5 op
802668S Johdatus funktionaalianalyysiin, 5 op
802673S Additiivinen kombinatoriikka, 5 op
802678S Mathematics of Imaging and Vision, 5 op
802679S Principles of Deep Learning, 5 op
802680S Riemannin geometria, 10 op

805349A Uskottavuus- ja Bayes-päätely, 5 op
805350A Estimointi- ja testiteoria, 5 op
805353A Tilastolliset ohjelmistot, 5 op
805609S Epidemiologian tilastolliset menetelmät, 9 op
805622S Simulaatiomenetelmät, 5 op
805628S Todennäköisyysjakaumat, 5 op
805629S Otantamenetelmät, 5 op
805630S Yleistetyt lineaariset mallit, 5 op
805661S Kvantitatiivinen genetiikka, 5 op
805662S Elin aika-analyysi, 5 op
805663S Koesuunnittelu, 5 op
805665S Bayesiläinen analyysi, 5 op
805666S Kausaalimallit, 5 op
805679S Aikasarja-analyysi, 5 op
805685S Statistical methods in Bioinformatics, 5 op
806635S Sekamallit, 5 op
806636S Epätäydellisen havaintoaineiston analyysimenetelmät, 5 op
811604S Software for Intelligent Systems and Artificial Intelligence (AI), 5 op
812364A Data-analytiikka liiketoiminnan tukena, 5 op

6.7 Tampereen yliopisto

Faculty of IT and CS

COMM.910 Advanced Topics in Communications Engineering 3–6 op
COMM.NET.400 Computer Networking II 5 op
COMM.NET.410 Networking Laboratory II 3–5 op
COMM.NET.500 P2P Systems and Blockchain Technologies 5 op
COMM.NET.700 Network Analysis and Dimensioning 5 op
COMM.RF.700 RF Circuit Design 5 op
COMM.RF.710 Antennas II 5 op
COMM.RF.720 RF Project 5–10 op
COMM.SYS.450 Multicarrier and Multiantenna Techniques 5 op
COMM.SYS.610 Satellite Navigation Receivers 5 op
COMM.SYS.620 GNSS-technologies 5 op
COMM.SYS.650 Software-Defined Radio Platforms 5 op
COMM.SYS.660 Radio Architectures and Signal Processing 5 op
COMM.SYS.710 Internet-of-Things Wireless Communications 5 op
COMM.SYS.750 Advanced Course on Wireless Communications 5 op
COMM.SYS.760 Radar and Professional Radio Communication Systems 5 op
COMM.SYS.900 Advanced Course in Digital Communication 5 op
COMM.SYS.910 Advanced Topics in Radio Network Planning 3–6 op
COMP.500 Scientific Papers and Presentation 5 op
COMP.510 Computing Sciences Colloquium 1–10 op
COMP.520 Special Topics on Computing 1–5 op
COMP.540 Research Methods for Industry 5 op
COMP.CE.260 Computer Arithmetic 5 op
COMP.CE.320 High-level Synthesis 5 op
COMP.CE.350 Parallel Computing 5 op

COMP.CE.400 System Design 5 op
COMP.CE.420 System-on-Chip Verification 5 op
COMP.CE.430 Computer Graphics 5 op
COMP.CE.450 Internet of Things 5 op
COMP.CE.460 Real-time systems 5 op
COMP.CS.150 Functional programming 2 5 op
COMP.CS.330 Automata and Formal Languages 5 op
COMP.CS.340 Distributed Systems 5 op
COMP.CS.350 Data Structures and Algorithms 2 5 op
COMP.CS.360 Rule-Based Natural Language Processing 5 op
COMP.CS.370 Algorithmic Problem Solving 5 op
COMP.CS.420 Introduction to Formal Specification 5 op
COMP.CS.510 Web Development 2 - Architecting 5 op
COMP.CS.520 Advanced Web Front-ends 5 op
COMP.SE.121 Software Product and Process Management 5 op
COMP.SE.130 Requirements Engineering 5 op
COMP.SE.140 Continuous Development and Deployment - DevOps 5 op
COMP.SE.200 Software Testing 5 op
COMP.SE.210 Large Scale Software Design 5 op
COMP.SE.620 Software Engineering Project 2 5 op
COMP.SEC.300 Secure Programming 5 op
COMP.SGN.200 Advanced Signal Processing 5 op
COMP.SGN.210 Signal Compression 5 op
COMP.SGN.220 Advanced Audio Processing 5 op
COMP.SGN.230 Vector Space Methods for Signal and Image Processing 5 op
COMP.SGN.300 Advanced Image Processing 5 op
COMP.SGN.320 3D and Virtual Reality 5 op
COMP.SGN.330 Computational Imaging and Digital Holography 0–5 op
COMP.SGN.340 Speech Processing 5 op
DATA.DB.300 Database Systems: NoSQL 5 op
DATA.DB.400 Conceptual Modelling I 5 op
DATA.DB.410 XML and structured documents 5 op
DATA.ML.200 Pattern Recognition and Machine Learning 5 op
DATA.ML.210 Machine Learning Algorithms 5 op
DATA.ML.220 Advanced Deep Learning 5 op
DATA.ML.310 Artificial Intelligence 5 op
DATA.ML.320 Knowledge Mining and Big Data 5 op
DATA.ML.330 Media Analysis 5 op
DATA.ML.340 Data Mining: Preprocessing and Modelling 5 op
DATA.ML.350 Neurocomputing 5 op
DATA.ML.360 Recommender Systems 5 op
DATA.ML.380 Big Data Entity Resolution 5 op
DATA.ML.390 Computational Diagnostics of Data 5 op
DATA.ML.420 Spatial Data Analysis 5 op
DATA.ML.430 Complex Networks 5 op
DATA.ML.440 Neural Language Models 5 op
DATA.STAT.610 Financial Mathematics and Statistics 5 op
DATA.STAT.640 Data Mining: The B-Course and GUHA-Method 5 op

DATA.STAT.720 Introduction to Bayesian Analysis 1 5 op
DATA.STAT.730 Introduction to Bayesian Analysis 2 5 op
DATA.STAT.740 Statistical Modeling 1 5 op
DATA.STAT.750 Statistical Modeling 2 5 op
DATA.STAT.760 Learning from Multiple Sources 5 op
DATA.STAT.770 Dimensionality Reduction and Visualization 5 op
DATA.STAT.780 Time Series Analysis 5 op
DATA.STAT.790 Advanced Regression Methods 5 op
DATA.STAT.810 Statistical Inference 2 5 op
DATA.STAT.840 Statistical Methods for Text Data Analysis 5 op
EE.EES.460 Electrical Energy Storages and Electric Vehicles 5 op
EE.EES.510 New Applications in Electrical Energy Engineering 5 op
EE.EES.600 Post-Graduate Course in Power Engineering 3–8 op
EE.ELE.430 Special Topics in Applied Electronics 1–15 op
EE.ELE.440 Electronics Materials 5 op
EE.ELE.450 Semiconductor Device Physics 5 op
EE.ELE.460 Fundamentals of Organic Electronics 5 op
EE.ELE.510 Embedded Systems and Electronics Productization 5 op
EE.PEE.300 Control of Electrical Drive Systems 5 op
EE.PEE.320 Dynamic Analysis of Power Electronic Converters 5 op
EE.PEE.330 Model Predictive Control of Power Electronic Systems 5 op
EE.PEE.400 Numerical Modeling of Electrical Machines 5 op
EE.PEE.410 Magnetic Materials and Components 5 op
EE.PEE.600 Post-Graduate Course in Power Electronics 5–8 op
EE.REE.310 Solar Power Systems 5 op
EE.REE.320 Wind Power Systems 5 op
EE.REE.400 Super-Conductivity 5 op
HTI.220 Emotions and Sociality in Human-Technology Interaction 5 op
HTI.310 Methods in Human-Centered Design 5 op
HTI.350 Experimental Research in Human-Technology Interaction 5 op
HTI.400 Cross-Cultural Design 5 op
HTI.450 User Experience: Design and Evaluation 5 op
HTI.460 User Experience in Robotics 5 op
HTI.500 Multimodal Interaction 5 op
HTI.510 Interaction Techniques 5–10 op
HTI.520 Haptic Interaction 5–10 op
HTI.550 Information Analytics and Visualisation 5–10 op
HTI.560 Spoken, Conversational and Auditory Interaction 5 op
HTI.800 Human-Technology Interaction Research and Innovation Project 5–10 op
IT.110 Studying information practices 5 op
IT.120 Scientific communication and bibliometrics 5 op
IT.130 Information architecture of web-based services 5 op
IT.140 Collection work 5 op
IT.150 Reading from a social and cultural perspective 5 op
IT.160 Information in decision-making 5 op
IT.170 Introduction to records and archives management 5 op
IT.180 Management of records and archives 5 op
IT.190 Currents of records and archives management research 5 op

IT.200 Appraisal and selection of records and archives 5 op
IT.210 Information retrieval methods 5 op
IT.220 Information retrieval and language technology 5 op
IT.230 Task-based and interactive information retrieval 5 op
IT.240 Web science 5 op
IT.250 Research methods in information studies 5 op
IT.310 Records and archives management 5 op
IT.320 Reading research 5 op
IT.330 Knowledge organization 5 op
IT.340 Information practices in context 5 op
MAT-61806 Optimization and Statistical Data Analysis 5 op
MATH.APP.610 Mathematics Project Work 2-10 op
MATH.APP.610 Mathematics Project Work 2-10 op
MATH.APP.720 Optimization Methods 5 op
MATH.APP.730 Inverse Problems 5 op
MATH.APP.740 Advanced mathematical modelling: Discrete modelling 5 op
MATH.APP.750 Advanced mathematical modelling: Continuous models 5 op
MATH.APP.810 Mathematical Control Theory 5 op
MATH.APP.820 Advanced Applied Logics 5 op
MATH.APP.860 Topics in Mathematics Teacher Education: Functional Approaches and Learning Technology 5 op
MATH.MA.530 Number systems 5 op
MATH.MA.540 Analytic geometry 5 op
MATH.MA.710 Rings and fields 10 op
MATH.MA.721 Geometry of computer graphics 5 op
MATH.MA.725 Euclidian geometry 5 op
MATH.MA.730 Complex analysis 10 op
MATH.MA.740 Linear algebra 2 10 op
MATH.MA.750 Topology 10 op
MATH.MA.760 Set theory 10 op
MATH.MA.770 Proof Theory in Mathematical Logic 5 op
MATH.MA.780 Basics of model theory 5 op
MATH.MA.810 Introduction to Functional Analysis 5 op
MATH.MA.820 Introduction to Commutative Algebra 10 op
MATH.MA.830 Advanced Functional Analysis 5 op
MATH.MA.840 Measure and Integration 5 op
MATH.MA.850 Mathematics Literature 1-10 op
MATH.MA.870 Finite models and games 5 op
MATH.MA.880 Descriptive complexity theory 5 op
MATH.MA.890 Computational topology 10 op
MATH.MA.910 Introduction to algebraic geometry 10 op
SDL.520 Principles of Service Design 5 op
SDL.610 Gamification: A Walkthrough of How Games Are Shaping Our Lives 5 op
SDL.660 Player and User Studies 5 op
TIJO.650 Directed Study in Management and Information Technology 2-8 op

Faculty of engineering and natural sciences

AUT.250 Hydraulic Machines 5 op

AUT.310 Principles of System Operation 5 op
AUT.320 Advanced Methods for System Operation 5 op
AUT.330 Case Studies in System Operation 5 op
AUT.340 Measurements Based on Digital Image 5 op
AUT.350 LQG Control with Matlab 5-7 op
AUT.410 Network Based Automation 5 op
AUT.420 Real-time Systems in Automation 5 op
AUT.430 Seminar in Automation Networks and Software 5 op
AUT.440 Dependable Industrial Control Systems 5 op
AUT.520 Zero-Emission Hybrid Mobile Machinery 5 op
AUT.530 Mobilehydraulics 5 op
AUT.540 Automation in Heavy Machines 5 op
AUT.550 Modelling of Fluid Power Components 5 op
AUT.560 Control of Hydraulic Actuators 5 op
AUT.570 Digital Hydraulics 5 op
AUT.580 Model-based design and Rapid Prototyping 5 op
AUT.700 Mechatronics and Robot Programming 5 op
AUT.710 Fundamentals of Mobile Robots 5 op
AUT.720 Advanced Robotics 5 op
AUT.840 Industrial Informatics 5 op
AUT.841 Robot Manipulators: Modeling, Control and Programming 5 op
AUT.842 Distributed and Intelligent Automation Systems 5 op
AUT.843 Industrial Communication Systems 5 op
AUT.850 Special Assignment in Factory Automation 5-10 op
AUT.851 Special Assignment in Industrial Informatics 5-10 op
AUT.910 Project Work in Intelligent Heavy Machines 5 op
AUT.920 Project Study in Automation Science and Engineering 2-8 op
AUT.940 Advanced Topics in Automation Science and Engineering 1-10 op
FYS.250 Physics Seminar 1-3 op
FYS.330 Project Work in Applied Physics 5 op
FYS.340 Special Assignment in Physics 1-5 op
FYS.400 Aerosol Physics 5 op
FYS.401 Aerosol Measurement Techniques 5 op
FYS.402 Climate.now 5 op
FYS.403 Aerosol Modelling 5 op
FYS.404 Atmospheric Aerosol Processes 5 op
FYS.405 Basics of Atmospheric Chemistry 5 op
FYS.406 Aerosol Emissions and Air Quality 5 op
FYS.407 Aerosol Generation, Nanoparticles and Nanomaterials 5 op
FYS.420 Computational Physics 1 5 op
FYS.421 Computational Physics 2 5 op
FYS.422 Analytical Mechanics 5 op
FYS.423 Quantum Mechanics 5 op
FYS.424 Statistical Physics 2 5 op
FYS.425 Quantum Theory of Electronic Structures 5 op
FYS.440 Introduction to Surface Science 5 op
FYS.441 Electron Spectroscopy 5 op
FYS.442 Surface Science of Photonic Nanomaterials 5 op

FYS.500 Optical Spectroscopy 5 op
FYS.501 Laser Physics 5 op
FYS.502 Advanced laser technology 5 op
FYS.503 Applications of Laser Technologies 5 op
FYS.504 Fundamentals of Nonlinear Optics 5 op
FYS.505 Ultrafast nonlinear optics 5 op
FYS.507 Fourier Optics 5 op
FYS.509 Optoelectronics Devices and Technology 5 op
FYS.510 Optical Thin Films and Waveguides 5 op
FYS.511 Photonic Materials 5 op
FYS.512 Project in Photonics 5 op
FYS.513 Quantum Photonics - Foundations and Applications 5 op
FYS.514 Optical Design 5 op
KEM.300 Physical Chemistry, Laboratory 5 op
KEM.330 Industrial Organic Chemistry 3 op
KEM.340 Organic Chemistry 2 5 op
KEM.350 Analytical Chemistry 1 5 op
KEM.360 Analytical Chemistry 2 5 op
KEM.370 Solar-Driven Chemistry 3 op
KEM.400 Bioorganic Chemistry 5 op
KEM.410 Surface Chemistry 5 op
KEM.440 Experimental Optical Spectroscopy 5 op
KEM.450 Photochemistry 5 op
KEM.460 Spectroscopy and Quantum Chemistry 5 op
KEM.470 Special Project in Chemistry 2-8 op
KEM.471 Special Project in Chemistry, parallel study unit 1 2-8 op
KEM.472 Special Project in Chemistry, parallel study unit 2 2-8 op
KONE.230 Model-based Design of Machine Systems 5 op
KONE.410 Systems Engineering 5 op
KONE.660 Machinery Monitoring and Diagnostics 5 op
KONE.700 Introduction to Aircraft Engineering 5 op
KONE.710 Avionics 5 op
KONE.720 Aircraft Engines and Systems 5 op
KONE.730 Aerodynamics and Flight Mechanics 5 op
KONE.740 Aircraft Loads and Structures 5 op
KONE.750 Composite Structures in Aircrafts 5 op
KONE.760 Aircraft Computer Systems and Situational Awareness 5 op
KONE.770 Simulation of Flight and Aircraft Systems 5 op
KONE.780 Aerodynamic modeling 5 op
KONE.790 Advanced Course in Flight Mechanics 5 op
KONE.960 Doctoral Seminar 5 op
MSE.452 Joining Methods for Metals 5 op
MSE.460 Processing of Advanced Ceramics 5 op
MSE.462 Advanced Ceramics 5 op
MSE.470 Coatings and Surface Treatments 5 op
MSE.472 Advanced Surface Engineering 5 op
MSE.510 Advanced Materials Characterization 5 op
MSE.530 Energy-saving lightweight materials systems 5 op

MSE.550 Metals Technology 5 op
TIJO.318 Knowledge-based and Collaborative Decision Making for Sustainability 5 op
TUTA.280 Contemporary Circular Economy Challenges and Solutions 1-5 op
YEB.041 Process Engineering 5 op
YEB.042 Various Topics in Environmental and Energy Engineering 2–10 op
YEB.043 Laboratory Course in Bio and Environmental Engineering 5 op
YEB.050 Hydraulic Network Modeling 5 op
YEB.051 Special project in Environmental and Energy Engineering 1–8 op
YEB.140 Design of Water Treatment Processes 5 op
YEB.142 Biogas Technology for Material Flow Management and Energy Production 5 op
YEB.143 Remediation of Contaminated Environment 5 op
YEB.144 LCA in Energy and Environmental Engineering 5 op
YEB.146 Living lab: Circular city 5 op
YEB.150 Plant Design in Environmental Engineering 5 op
YEB.151 Resource Recovery 5 op
YEB.440 Thermal Power Plants II 5 op
YEB.441 Conversion Processes and Feasibility of Biorefineries 5 op
YEB.443 Energy Economics 5 op
YEB.444 Dimensioning and Scale-up of Biorefineries 5 op
YEB.445 Numerical Techniques for Process Modeling I 5 op
YEB.446 Numerical Techniques for Process Modeling II 7 op
YEB.740 Biocatalysis and Enzymology 3 op
YEB.741 Trends in Bioengineering 5 op
YEB.742 Molecular and Synthetic Biology I 5 op
YEB.743 Molecular and Synthetic Biology II 5 op
YEB.744 Industrial Microbiology 5 op
YEB.745 Special Project in Bioengineering 2-8 op

Faculty of Medicine and Health Technology

BBT.023 Introduction to Pharmacology and Toxicology 5 op
BBT.038 Health Care Processes and Information Systems 5 op
BBT.043 Scientific Seminar Series 2 op
BBT.073 Basic Course in Pharmacology 5 op
BBT.BI.201 Introduction to High-throughput Data Analysis 5 op
BBT.BI.202 Biological Data Analysis 5 op
BBT.BI.203 High-throughput Sequencing Data Analysis 5 op
BBT.BI.204 Bioinformatics Work Course 5 op
BBT.BI.206 Bioinformatics Project 5 op
BBT.BTE.301 Biodegradable Polymers 5 op
BBT.BTE.302 Biodegradable Polymers Laboratory Course 5 op
BBT.BTE.303 Bioceramics and Their Clinical Applications 5 op
BBT.BTE.304 Tissue Engineering Applications 5 op
BBT.BTE.306 Nanomedicine and Advanced Drug Delivery Technologies 5 op
BBT.CT.401 Embryology 5 op
BBT.CT.402 Tissue Biology 5 op
BBT.CT.403 Cell Technology and Stem Cells 5 op
BBT.CT.404 Cell Technology Laboratory 5 op
BBT.CT.406 Stem Cells Laboratory 5 op

BBT.CT.407 Cancer Biology 5 op
BBT.CT.408 Advanced immunology 3 op
BBT.CT.409 Advanced Microscopy 5 op
BBT.CT.412 In vitro models 5 op
BBT.HTI.501 Processing of Biosignals 5 op
BBT.HTI.502 Introduction to Medical Image Processing 5 op
BBT.HTI.503 Introduction to Neuroinformatics 5 op
BBT.HTI.504 External Ecourse in Biomedical Engineering 1-8 op
BBT.HTI.506 Measurements of Physiological Systems 5 op
BBT.HTI.507 Modelling of Physiological Systems 5 op
BBT.HTI.508 Health Software Development Project 5 op
BBT.HTI.509 Decision Support in Healthcare 5 op
BBT.HTI.511 Behavioral Health Informatics 5 op
BBT.HTI.591 Diagnostic X-ray Imaging Techniques 5 op
BBT.HTI.592 Medical Imaging Methods 5 op
BBT.HTI.593 Methods of Radiotherapy 5 op
BBT.HTI.594 Radiation Safety in Medicine 5 op
BBT.INT.807 Cellular Biophysics 5 op
BBT.INT.809 Cell Imaging and Signal Processing 5 op
BBT.INT.811 Models of Gene Networks 5 op
BBT.INT.812 Methods in Single Cell Biology 5 op
BBT.INT.813 Varying Topics in Biomedical Sciences and Engineering 3-8 op
BBT.MB.601 Molecular Genetics 5 op
BBT.MB.602 Functional Genomics 5 op
BBT.MB.603 Protein Folding and Function 5 op
BBT.MB.604 Organelles and their Interactions 5 op
BBT.MB.606 Cellular Processes and Signals 5 op
BBT.MB.607 Protein Technology Laboratory A 5 op
BBT.MB.608 Protein Technology Laboratory B 5 op
BBT.MB.609 Mitochondria 5 op
BBT.MJS.101 Small Samples Data Analysis 5 op
BBT.MJS.102 Systems Biology 5 op
BBT.MJS.106 Research Project in Biomedical Sciences and Engineering 5 op
BBT.MJS.107 Project Work in Molecular Biology or Cell Technology 5 op
BBT.MJS.109 Research Seminar 2 op
BBT.MJS.141 Health Technology and Life Science Business 5 op
BBT.MJS.142 Introduction to Quality and Regulation for Medical Product Development 5 op
BBT.MJS.143 Regulatory Requirements for Design and Manufacture of Medical Devices 5 op
BBT.MJS.144 Standards, Interoperability and Regulations in Health Informatics 5 op
BBT.MJS.146 Product Development of Biomedical Devices 5 op
BBT.MJS.147 Health Technology and Life Science R&D 5 op
BBT.MND.701 Microsensors 5 op
BBT.MND.702 Microfluidics 5 op
BBT.MND.703 Microactuators and Active Actuator Materials 5 op
BBT.MND.704 Design of Microsensors 5 op
BBT.MND.706 Wireless Implants 2-8 op
BBT.MND.707 Radio Frequency Identification Technology 5 op

BBT.MND.708 Special Topics in RFID Applications 2-8 op
BBT.MND.709 Biosensors 5 op
BBT.MND.711 Bioelectronics 5 op
BBT.MND.712 Bio-Optoelectronic Instrumentation 5 op
DATA.ML.390 Computational Diagnostics of Data 5 op
LÄÄK.706 Epidemiology in pandemia, theory and practice 3-5 op
LÄÄK.707 Philosophy of medicine - an introduction 3-5 op
LÄÄK.708 Introduction to digital medicine 1 op
LÄÄK.712 Introductory Course for Completing the Degree of Licentiate of Medicine and Doctor of Medicine 1 op

Faculty of Built Environment

ARK.501 Writing Architecture 3 op
ARK.606 Architecture, Varying Topics: Wooden Structure Competition, Heureka Science Centre at least 5 op
ARK.AD.430 Theory of Architecture 5 op
ARK.AD.440 Sustainable Architecture 5 op
ARK.AD.510 Innovative Strategies in Architectural Design 10 op
ARK.AD.520 Experimental Architectural Design 10 op
ARK.AD.530 Contemporary Nordic Architecture 5 op
ARK.RH.420 Restoration of Traditional and Modern Structures 5 op
ARK.RH.430 Built Heritage Analysis 5 op
ARK.RH.440 Architect as a Manager and Leader 5 op
ARK.RH.510 Transformation of Built Heritage 10 op
ARK.RH.520 Technical Prerequisites for Adaptive Reuse 5 op
ARK.RH.530 Circular Economy in Architecture 5 op
ARK.RH.540 Conservation Theory 5 op
ARK.YS.420 Urban Planning And Design Theory II (C1) 5 op
ARK.YS.430 Seminar in Architecture 5 op
ARK.YS.440 Urban Narratives 5 op
ARK.YS.450 Urban Planning Simulation 5 op
ARK.YS.510 Urban Planning and Design V 10 op
ARK.YS.520 Landscape Architecture 5 op
ARK.YS.530 Urban Analyses 5 op
RAK.310 Simulation of Building Design Process 3-8 op
RAK.401 Various Topics of Civil Engineering: Dam Safety 2-10 op
RAK.IN.300 Technical Design of Infrastructures 5 op
RAK.IN.310 Railway Engineering 5 op
RAK.IN.320 Rehabilitation and Maintenance of Road Structures 5 op
RAK.IN.400 Design of Rock Engineering Structures 5 op
RAK.IN.410 Construction of Rock Engineering Structures 5 op
RAK.IN.500 Foundation Engineering Structures 5 op
RAK.IN.510 Computational Geotechnics 5 op
RAK.IN.520 Underpinning 5 op
RAK.IN.530 Computational Geotechnics II 5 op
RAK.IN.600 Municipality Geotechnics 5 op
RAK.IN.620 Geoenvironmental Engineering 5 op
RAK.LI.300 Sustainable and Safe Transport System 5 op

RAK.LI.320 Urban Transport Planning 5 op
RAK.LI.340 Public Transport and Transport Services 5 op
RAK.LI.400 Freight Transport Systems 5 op
RAK.LI.420 Sustainable Logistics and Global Distribution 5 op
RAK.LI.440 Analysing Logistics Systems of Trade and Industry 5 op
RAK.LI.500 Transport Transformation 5 op
RAK.LI.520 Transport Research 5 op
RAK.RS.310 Plasticity Models of Structures 5 op
RAK.RS.320 Structural Optimization 5 op
RAK.RS.330 Advanced Course of Structural Mechanics 5 op
RAK.RS.340 Stability of Structures 5 op
RAK.RS.350 Dynamics of Structures 5 op
RAK.RS.360 Continuum Mechanics 5 op
RAK.RS.370 Fracture Mechanics and Fatigue 5 op
RAK.RS.380 Advanced Course on Finite Element Method 5 op
RAK.RS.390 Aluminium - Material and Structures 5 op
RAK.RS.400 Concrete Structures 5 op
RAK.RS.410 Prestressed Concrete Structures 5 op
RAK.RS.440 Concrete Bridges 5 op
RAK.RS.450 Steel and Timber Bridges 5 op
RAK.RS.500 Steel Structures 5 op
RAK.RS.510 Advanced Course in Steel Structures 5 op
RAK.RS.600 Timber Structures 5 op
RAK.RS.610 Advanced Course on Timber Structures 5 op
RAK.RS.670 Structural Fire Design 5 op
RAK.RS.700 Building Physics 7 op
RAK.RS.710 Energy Efficiency of Buildings 5 op
RAK.RS.720 Building Health and Indoor Environment 3 op
RAK.RS.800 Repair Techniques 5 op
RAK.TA.410 LEAN Development in Construction Production 5 op

6.8 Turun yliopisto

ATE5096 Logiikan jatkokurssi, 5 op
BIMA3105 Statistics in Biomedical Sciences, 2 op
BIMA3209 Bioimage Informatics 1, 5 op
BIMA3210 Bioimage Informatics 2, 4 op
BIMA3220 Basic Bioimage Informatics, 5 op
BIMA3221 Automated Bioimage Analysis, 4 op
BIMA5101 Physical Basis of Medical Imaging, 4 op
BIMA5105 Fluorescence in Bioanalytical Research, 4 op
BIOI4270 Bioinformatics Programming Course, 5 op
BIOI4280 Algorithms in Bioinformatics, 5 op
BIOI4440 Biological Data Analysis with R, 5 op
BIOI4450 High Throughput Data Analysis, 5 op
BIOI4464 Bioinformatics Methods, 5 op
BIOL5351 Reconstructing Evolutionary Histories from Molecular Data, 5 op
DTEK0039 Security Engineering, 5 op

DTEK0042 Acquisition and Analysis of Biosignals, 5 op
DTEK0071 Programming Paradigms in Practice, 5 op
DTEK0074 Sulautettujen järjestelmien ohjelmointi, 5 op
DTEK0078 System Modelling and Synthesis with HDL, 5 op
DTEK0079 Hardware Accelerators for Robotics and AI, 5 op
DTEK0080 Robotics and Autonomous Systems, 5 op
DTEK0081 Perception and Navigation in Robotics, 5 op
DTEK0086 Biosignal Analytics, 3 op
DTEK0087 Analytics and Programming for Health Wearables, 5 op
DTEK0088 Capstone, 10 op
DTEK2029 Human Element in Information Security, 5 op
DTEK8080 Medical Instrumentation, 5 op
DTEK8085 Autonomous Systems Architectures, 5 op
DTEK8102 Privacy and Security for Software Systems, 5 op
FFYS7010 Applications of Fourier Transforms, 5 op
FFYS7013 Experimental Methods in Condensed Matter Physics, 5 op
FFYS7032 Säteilyn ja hiukkasten ilmaisimet, 5 op
FFYS7068 Klassiset simulaatiomenetelmät fysiikassa, 5 op
FFYS7073 Computational Materials Physics: Ab Initio Methods, 5 op
FFYS7074 Computational Materials Physics: Modeling and Simulations, 5 op
FFYS7081 FEM-mallinnus, 5 op
FFYS7082 Molekyylisen elektronirakenneteoria, 5 op
FFYS7085 Experiments in Condensed Matter Physics, 1-4 op
FFYS7086 Signal and Image Processing, 4 op
FFYS7089 X-Ray Methods for Materials Characterization, 5 op
FFYS7097 Space Engineering, 5 op
FONT2016 Puhesignaalin analyysi, 5 op
INWS0012 Multivariate Methods, 8 op
KEMI6429 Bioanalytical Techniques, 5 op
KEMI6506 Molecules and Statistics, 5 op
KKLT0030 Automaattinen tekstiprosessointi, 5 op
KKLT0040 Korpuksia ja kieliteknologiaa, 5 op
KT043023 KTS26 Basic Game Theory, 6 op
KT043130 Machine Learning and Text Data in Financial Economics, 6 op
KTEK0011 Digital Factory, 5 op
KTEK0032 Virtual Manufacturing, 5 op
KTEK0036 Smart Systems Engineering, 5 op
KTEK0038 Intelligent Control, 5 op
KTEK0039 Smart Systems Modelling, 5 op
LT013050 LRS8/TJS11 Järjestelmätarkastus ja data-analytiikka osana tilintarkastusta, 4 op
LT013070 LRS25/TKM9 Financial Modeling and Simulation, 6 op
MAAN6732 Paikkatietomenetelmät, 5 op
MAAN7763 Geo-Python, 5 op
MAAN7764 Geospatial Data Management and Visualization, 5 op
MAAN7839 Geospatial Data Challenge Campaign, 5 op
MATE5038 Combinatorial Enumeration, 5 op
MATE5055 Algebra, 10 op
MATE5075 Combinatorics on Words, 5-10 op

MATE5085 Convolutional Codes, 5 op
MATE5095 Analyttinen lukuteoria, 5 op
MATE5124 Matriisilaskenta, 5 op
MATE5125 Ryhmäteoria, 5 op
MATE5148 Tilings and Patterns, 10 op
MATE5161 Kombinatoriikan jatkokurssi, 5 op
MATE5175 Puoliryhmät, 5 op
MATE5182 Lien algebrat ja niiden esitysteoria, 5 op
MATE5208 Lukuteorian jatkokurssi, 5 op
MATE5225 Automata and Formal Languages, 10 op
MATE5230 Graph Theory, 5-10 op
MATE5305 Cellular Automata, 10 op
MATE5313 Koodusteoria I, 5 op
MATE5316 Äärelliset kunnat, 5 op
MATE5324 Koodusteoria II, 5 op
MATE5325 Topologian perusteet, 5 op
MATE5341 Foundations of Cryptography, 5 op
MATE5344 Algebraic Structures in Cryptography, 5 op
MATE5345 Selected Topics in Cryptography, 5 op
MATE5355 Tieteellinen laskenta, 4 op
MATE5362 Funktioteoria, 5 op
MATE5396 Cryptography I, 5 op
MATE5397 Cryptography II, 5 op
MATE5411 Symbolic Dynamics, 5 op
MATE5416 Set Theory, 5-10 op
MATE5417 Topics in Analysis, 5-10 op
MATE5422 Computational Modeling: Methods and Applications, 5 op
MATE5423 Introduction to Computational and Systems Biology, 5 op
MATE5424 Foundations of Machine Learning, 5 op
MATE5427 Foundations of Machine Learning I, 5 op
MATE5428 Foundations of Machine Learning II, 5 op
MATE5433 Biocomputing, 5 op
MATE5439 Foundations of Machine Learning III, 5 op
MATE6017 Reaalianalyysi 1, 5 op
MATE6018 Reaalianalyysi 2, 5 op
MATE6020 Advanced Symbolic Dynamics, 5 op
MATE6021 Combinatorial Structures, 5 op
MATE6022 Diskreetin matematiikan erikoiskurssi I, 5 op
MATE6023 Diskreetin matematiikan erikoiskurssi II, 5 op
MATE6025 Selected Topics in Analysis, 5 op
MTEK0022 Machine Learning for Materials Science, 3-5 op
SMAT5016 Konvekssi analyysi ja optimointi, 5 op
SMAT5023 Stokastiset prosessit, 5 op
SMAT5035 Partial Differential Equations, 10 op
SMAT5037 Optimointialgoritmit, 5 op
SMAT5058 Sekalukuoptimointi, 5 op
SMAT5059 Vector Optimization, 5 op
SMAT5129 Riskiteoria, 10 op

SMAT5150 Combinatorial Optimization Algorithms, 5 op
SMAT5151 Scheduling Theory, 5 op
SMAT5176 Numeerinen analyysi, 4 op
SMAT5216 Mallinnusprojekti, 8-12 op
SMAT5217 Game Theory, 5 op
SMAT5218 Robust Optimization, 5 op
SMAT5219 Heuristics, 5 op
SMAT5301 Simulation, 5 op
SMAT5302 Operations Research with Applications, 5 op
SMAT5307 Control Theory, 5 op
SMAT5308 Calculus of Variations, 5 op
SMAT5309 Epäsileä analyysi, 5 op
SMAT5310 Epäsileä optimointi, 5 op
SMAT5312 Stokastinen optimointi, 5 op
SMAT5313 Stokastinen integrointi, 5 op
SMAT5314 Optimoinnin erikoiskurssi, 5 op
SMAT5317 Henkivakuutusmatematiikka, 10 op
SMAT5319 Todennäköisyysteoria, 5 op
SMAT5321 Dynaaminen peliteoria, 5 op
SMAT5322 Dynaamisen peliteorian jatkokurssi, 5 op
SMAT5324 Cluster Analysis via Nonsmooth Optimization, 5 op
TBMC1007 Neuroimaging Methods I, 5 op
TBMC1008 Neuroimaging Methods II, 5 op
TFYS7025 Network Theory, 8 op
TFYS7027 Hilbertin avaruuden operaattorit, 4 op
TFYS7032 Statistical Physics 1, 4 op
TFYS7033 Statistical Physics 2, 4 op
TFYS7034 Cosmology 1, 4 op
TFYS7035 Cosmology 2, 4 op
TFYS7036 Differentiaaligeometrian jatkokurssi, 4 op
TFYS7038 Quantum Optics, 4 op
TFYS7039 Quantum Information, 4 op
TILM3519 Tilastollisen päättelyn teoria, 6 op
TILM3521 Laskennallinen tilastotiede, 8 op
TILM3527 Hierarkkinen mallintaminen, 6 op
TILM3529 Kausaalipäätely havainnoivissa tutkimuksissa, 6 op
TILM3541 Aikasarja-analyysi, 6 op
TILM3543 Elinaika-analyysi, 6 op
TILM3546 Pitkittäisaineistojen analyysi, 6 op
TILM3577 Bayes-päätely, 6 op
TILM3578 Epidemiologian tilastolliset menetelmät, 6 op
TILM3579 Kokeiden suunnittelu ja analyysi, 6 op
TILM3580 Tilastollinen ohjelmointi, 4 op
TILM3586 Moniulotteinen aikasarja-analyysi, 6 op
TILM3587 Regressioanalyysi ja tilastollinen oppiminen, 6 op
TILM3589 Epälineaarinen aikasarja-analyysi, 6 op
TILM3590 Tapahtumahistoriamallit, 6 op
TILM3595 Diskreetin aineiston analyysi, 6 op

TILM3602 Tilastollinen informaatioteoria, 6 op
TILM3604 Regression and Regularisation, 6 op
TILM3608 Asymptoottiset menetelmät tilastotieteessä, 6 op
TJ093500 TJS500 Business Intelligence, 6 op
TJ093502 TJS502 Data Management and Analytics, 6 op
TJ093605 TJS562 Computational Statistics - Statistical Learning in R, 3 op
TJ093606 TJS563 Computational Statistics - Regression in R, 3 op
TJ093609 TJS566 Modeling Tools, 5 op
TK082018 TKM13/TJ21 Tilastolliset ohjelmistot, 4 op
TK083021 TKMS2 Soveltava aikasarjaekonometria, 6 op
TK083022 TKMS10/KTS13/LRS29 Matemaattinen rahoitus, 6 op
TKO_2081 Introduction to Game Development Tools, 5 op
TKO_2096 Applications of Data Analysis, 5 op
TKO_3103 Data Analysis and Knowledge Discovery, 5 op
TKO_3108 Algorithm Design, 5 op
TKO_3109 Advanced Algorithm Design, 5 op
TKO_3115 Learning Analytics, 5 op
TKO_3120 Machine Learning and Pattern Recognition, 5 op
TKO_3121 Machine Learning and Algorithmics Seminar, 5 op
TKO_8612 Deep Learning, 5 op
TKO_8964 Textual Data Analysis, 5 op
TKO_8965 Deep Learning in Human Language Technology, 5 op
TÄHT7023 Statistical Methods, 5 op
TÄHT7056 Data Processing Techniques for Astronomy with ESO Instrumentation, 5 op
ÅA__2137 Computer Aided Drug Design, 5 op
ÅA__2733 Stochastic Modeling, 10 op
ÅA__2734 Poissonprocesser, 5 op
ÅA__2837 Quantum Mechanics 2, 5 op
ÅA__5332 GPU Programming, 5 op
ÅA__5333 Autonomic Software and Systems, 5 op
ÅA__5336 Analytics for Industrial Internet, 5 op
ÅA__5340 Parallel Programming, 5 op
ÅA__5341 Multidimensional Sensing Techniques, 5 op
ÅA__7323 Markovkedjor, 5 op

6.9 Vaasan yliopisto

ENER1020 Energiatekniikan fysikaaliset perusteet, 5 op
ENER2010 Lämmönsiirtotekniikka, 5 op
ENER2020 Teknillinen termodynamiikka, 5 op
ENER2030 Virtausmekaniikka, 5 op
ENER3010 Diesel- ja kaasumoottorit, 10 op
ENER3060 Modelling and Simulation of the Internal Combustion Engines, 5 op
ENER3130 Modeling and Simulation of Energy Systems, 5 op
FYSI3050 Atomi- ja ydinfysiikka, 5 op
ICAT2020 Digitaalipiirien mallinnus, 5 op
ICAT2090 Tekoäly energiatekniikassa, 5 op
ICAT3060 Energy Chains Optimisation, 5 op

ICAT3070 Evolutionary Computing, 5 op
ICAT3080 Fuzzy Systems, 5 op
ICAT3110 Intelligent Robotics, 5 op
ICAT3120 Machine Learning, 5 op
ICAT3170 SoC-FPGA, 5 op
ICAT3180 Applied Signal Processing, 5 op
ICAT3210 Applied Machine Learning, 5 op
ICAT3220 Modern Wireless Communications and Applications, 5 op
ICAT3230 Embedded C Programming, 5 op
LASK3051 Fundamentals of Financial Modeling, 5 op
LASK3063 Quantitative Financial Data Analysis in Matlab, 5 op
LASK3072 Big Data Analytics and Machine Learning in Accounting, 8 op
MATH2020 Diskreetti matematiikka, 5 op
MATH2030 Numeeriset menetelmät, 5 op
MATH2070 Salaustekniikan algebralliset piirteet, 5 op
MATHC2060 Usean muuttujan analyysi, 5 op
ORMS2020 Päätöksenteko epävarmuuden vallitessa, 5 op
SATE2130 Mallintaminen ja simulointi, 5 op
SATE2260 Kenttäteoria, 5 op
SATE2270 Kenttäteorian erityiskysymyksiä, 5 op
SATE3130 Smart Grid Communication, 6 op
SATE3210 Power Systems - Analysis and Design Principles, 5 op
SATEC2220 Tietokoneavusteinen sähkösuunnittelu, 2 op
SATEC2250 Ohjelmoitavat logiikat, 5 op
STAT1010 Statistical Analysis of Contingency and Regression, 5 op
STAT2020 Econometrics I, 5 op
STAT2100 Tilastollinen tietojenkäsittely SPSS, 5 op
STAT2110 Statistical Data Processing SAS EG, 5 op
STAT3120 Probability and Stochastic Processes, 5 op
STAT3130 Mathematical Statistics, 5 op
STAT3140 Applied Multivariate Statistics, 5 op
STAT3150 R Programming, 5 op
TITE3010 Algoritmien suunnittelu ja analyysi, 5 op

6.10 Åbo Akademi

213031.0 Computer Aided Drug Design, 5 op
223077.0 Statistics, 5 op
261007.0 Structural analysis and molecular modelling, 5 op
272006.0 Number Theory, 5 op
272010.0 Elementary group theory, 5 op
272025.0 Graph theory and partial order, 5 op
273019.0 Poisson Processes, 5 op
273023.0 Markov Chains, 5 op
276000.0 Solvency Analysis, 5 op
410304.0 Applied Electrochemistry, 5 op
424500.0 Optimization, 5 op
424519.0 Refrigeration, 5 op

457607.0 Business Analytics I, 5 op
457609.0 Business Analytics II, 5 op
BV00BM39 Bioimage Informatics 2 (UTU), 4 op
BV00BN84 Bioimage Informatics 1 (UTU), 5 op
BV00CG93 Statistics in Biomedical Sciences (UTU), 2 op
FY00BU79 Computational Materials Physics: Ab Initio Methods (UTU), 5 op
FY00BU80 Classical Simulation Methods in Physics (UTU), 5 op
FY00BV01 Signal and image processing (UTU), 5 op
FY00BV02 Statistical Methods (UTU), 5 op
FY00BX39 Computational Materials Physics: Modeling and Simulations (UTU), 5 op
FY00CG78 FEM-mallinus (UTU), 5 op
IT00CD78 Introduction to Data Science, 5 op
IT00CD79 Machine Learning, 5 op
IT00CD88 Advanced Text Algorithms, 5 op
IT00CD89 Graph Algorithms, 5 op
IT00CD90 Code Optimization, 5 op
IT00CD91 Parallel Programming, 5 op
IT00CD94 Data Analytics Software, 5 op
IT00CD99 Multidimensional Sensing Techniques, 5 op
IT00CE08 Biological Data Analysis with R (UTU), 5 op
IT00CE09 Machine Learning and Algorithmics Seminar (UTU), 5 op
IT00CE10 Machine Learning and Pattern Recognition (UTU), 5 op
IT00CE11 Cloud Computing, 5 op
IT00CH91 Artificial Intelligence, 5 op
IT00CH92 Embedded AI, 5 op
IT00CH95 Data Science, 5 op
IT00CH96 Data Intensive Engineering I, 5 op
IT00CH97 Data Intensive Engineering II, 5 op
IT00CJ11 Computer Vision, 5 op
KE00CD66 Applied Analytical Chemistry, 5 op
MA00BD21 Fourier series, 5 op
MA00BD25 Approximation Theory I, 5 op
MA00BD26 Approximation Theory II, 5 op
MA00BD32 Stochastic Integration (UTU), 5 op
MA00BD34 Stochastic Optimization (UTU), 5 op
MA00BM86 Hilbert Space, 5 op
MA00BM92 Statistical Inference, 5 op
MA00BQ95 Interest Rate Derivatives and Valuation (UTU), 6 op
MA00BQ96 Risk Theory (UTU), 10 op
MA00BQ97 Time Series Analysis (UTU), 6 op
MA00BQ98 Computational Statistics (UTU), 8 op
MA00BQ99 Rahoituksen kvantitatiiviset menetelmät (UTU), 6 op
MA00BR02 Financial and Time Series Econometrics (UTU), 6 op
MA00CE49 Cryptography, 5 op
MM00BM97 Geographical Modelling (GIS), 5 op
PS00CD54 Data Analysis and Machine Learning, 5 op
PS00CD62 Fluids, particles and CFD, 5 op
PS00CE41 Production Optimization, 5 op

PS00CE43 Modelling of Dynamic Systems, 5 op

RT00BR32 Multivariable Control, 5 op

7 Kurssit ulkomaisissa yliopistoissa

Tähän liitteeseen on koottu kurssitietoja seuraavista ulkomaisista yliopistoista: Kungliga Tekniska högskolan (KTH, Ruotsi), Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet (Trondheim, Norja), Massachusetts Institute of Technology (USA), University of California, Berkeley (USA), University of Oxford (Iso-Britannia), University of Cambridge (Iso-Britannia), University of Stanford (USA) ja Seoul National University (Seoul, Etelä-Korea).

7.1 Kungliga Tekniska högskolan

5MT007 Applied programming for life science 1 1,5 hp

AE2107 Modelling of Water Systems 7.5 hp

AE2503 Environmental Data 7.5 hp

AE2610 Applied Hydrology 7.5 hp

AE2612 Hydraulic Engineering 7.5 hp

AF2003 Structural Engineering, Advanced Course 7.5 hp

AF2024 Finite Element Methods in Analysis and Design 7.5 hp

AF2101 Concrete Structures 7.5 hp

AF2102 Concrete Structures, Advanced Course 7.5 hp

AF2201 Bridge Design 7.5 hp

AF2213 Steel and Timber Structures 7.5 hp

AF2301 Building Materials, Advanced Course 7.5 hp

AF2302 Design of Timber-Based Hybrid Structures 7.5 hp

AF2401 Building Technology, Advanced Course 7.5 hp

AF2507 Sustainable Buildings - Concept, Design, Construction and Operation 7.5 hp

AF2508 Building Service Technologies and Systems 7.5 hp

AF2511 Building Service Technologies and Systems, Applied Course 7.5 hp

AF2602 Rock Mechanics 7.5 hp

AF2609 Foundation Engineering 7.5 hp

AF2901 Road- and Railway Track Engineering 7.5 hp

AF2903 Road Construction and Maintenance 7.5 hp

AH2170 Transport Data collection and Analysis 7.5 hp

AH2174 Traffic Simulation Modelling and Applications 7.5 hp

AH2314 Individual Choice Modeling and Market Analysis 7.5 hp

AI2805 Building Informatics and Logistics 7.5 hp

AK2040 Theory and Methodology of Science with Applications (Computational Science) 7.5 hp

AL2134 Environmental Modelling 7.5 hp

BB2280 Molecular Modeling 7.5 hp

BB2300 Computational Chemistry 7.5 hp

BB2441 Bioinformatics 7.5 hp

CB2040 Applied gene technology and large-scale data analysis 7.5 hp

CM2001 Mobile Sports Applications and Data Mining 6.0 hp

CM2007 Applied Machine Learning and Data Mining for Performance Analysis 7.5 hp

CM2013 Signal Processing and Data Analytics in Biomedical Engineering 7.5 hp
CM2014 Simulation Methods in Medical Engineering 7.5 hp
CM2018 Statistics for Medical Engineering 7.5 hp
DD1420 Foundations of Machine Learning 7.5 hp
DD2257 Visualization 7.5 hp
DD2350 Algorithms, Data Structures and Complexity 9.5 hp
DD2356 Methods in High Performance Computing 7.5 hp
DD2363 Methods in Scientific Computing 7.5 hp
DD2365 Advanced Computation in Fluid Mechanics 7.5 hp
DD2370 Computational Methods for Electromagnetics 7.5 hp
DD2380 Artificial Intelligence 6.0 hp
DD2401 Neuroscience 7.5 hp
DD2402 Advanced Individual Course in Computational Biology 6.0 hp
DD2410 Introduction to Robotics 7.5 hp
DD2412 Deep Learning, Advanced Course 6.0 hp
DD2413 Social Robotics 7.5 hp
DD2417 Language Engineering 7.5 hp
DD2420 Probabilistic Graphical Models 7.5 hp
DD2421 Machine Learning 7.5 hp
DD2423 Image Analysis and Computer Vision 7.5 hp
DD2424 Deep Learning in Data Science 7.5 hp
DD2434 Machine Learning, Advanced Course 7.5 hp
DD2435 Mathematical Modelling of Biological Systems 9.0 hp
DD2437 Artificial Neural Networks and Deep Architectures 7.5 hp
DD2438 Artificial Intelligence and Multi Agent Systems 15.0 hp
DD2440 Advanced Algorithms 6.0 hp
DD2443 Parallel and Distributed Computing 7.5 hp
DD2445 Complexity Theory 7.5 hp
DD2447 Statistical Methods in Applied Computer Science 6.0 hp
DD2477 Search Engines and Information Retrieval Systems 7.5 hp
DD2520 Applied Cryptography 7.5 hp
DD2528 Dependable Autonomous Systems 7.5 hp
DH2321 Information Visualization 6.0 hp
DM2583 Big Data in Media Technology 7.5 hp
DT2112 Speech Technology 7.5 hp
DT2119 Speech and Speaker Recognition 7.5 hp
DT2212 Music Acoustics 7.5 hp
DT2213 Musical Communication and Music Technology 7.5 hp
DT2470 Music Informatics 7.5 hp
EH2745 Computer Applications in Power Systems 4.5 hp
EI2433 Electrotechnical Modelling 7.5 hp
EL2320 Applied Estimation 7.5 hp
EL2450 Hybrid and Embedded Control Systems 7.5 hp
EL2620 Nonlinear Control 7.5 hp
EL2700 Model Predictive Control 7.5 hp
EL2805 Reinforcement Learning 7.5 hp
EL2820 Modelling of Dynamical Systems 7.5 hp
EQ2300 Digital Signal Processing 7.5 hp

EQ2321 Speech and Audio Processing 7.5 hp
EQ2330 Image and Video Processing 7.5 hp
EQ2401 Adaptive Signal Processing 7.5 hp
EQ2425 Analysis and Search of Visual Data 7.5 hp
EQ2801 Optimal Filtering 7.5 hp
EQ2820 Matrix Algebra, Accelerated Program 7.5 hp
EQ2860 Theoretical Foundations of Wireless Communications 7.5 hp
HL2008 Simulation Methods in Medical Engineering 7.5 hp
HL2011 Magnetic Resonance Imaging 4.5 hp
HL2019 Ionising Radiation Imaging 6.0 hp
HL2027 3D Image Reconstruction and Analysis in Medicine 9.0 hp
HL2028 Biomedical Signal Processing 6.0 hp
ID2209 Distributed Artificial Intelligence and Intelligent Agents 7.5 hp
ID2211 Data Mining, Basic Course 7.5 hp
ID2213 Logic Programming 7.5 hp
ID2214 Programming for Data Science 7.5 hp
ID2221 Data-Intensive Computing 7.5 hp
ID2222 Data Mining 7.5 hp
ID2223 Scalable Machine Learning and Deep Learning 7.5 hp
IL2230 Hardware Architectures for Deep Learning 7.5 hp
IL2233 Embedded Intelligence 7.5 hp
KE2060 Computational Project in Chemical Engineering 7.5 hp
KE2110 Applied Electrochemistry 7.5 hp
MF2043 Robust Mechatronics 6.0 hp
MF2054 Model-Based Design, Adaption Course 3.0 hp
MG1007 Contemporary Maintenance Techniques 6.0 hp
MG2020 Modularisation of Products 6.0 hp
MG2022 Advanced CAD Modelling and Rapid Prototyping, Project Course 6.0 hp
MG2036 Computer Aided Manufacturing - CAM 6.0 hp
MH2042 Simulation and Modeling Toolbox 6.0 hp
MJ2141 Energy Systems, Models and Scenarios 9.0 hp
MJ2383 Energy System Economics, Modelling and Indicators for Sustainable Energy Development 6.0 hp
MJ2437 Modeling of Energy Systems - Energy Utilization 6.0 hp
MJ2438 Modeling of Energy Systems - Heat and Power Generation 6.0 hp MJ2424
Computational Methods in Energy Technology 6.0 hp
MJ2505 Practical Optimization of Energy Networks 6.0 hp
ML2302 Modelling, Simulation and Optimization of Sustainable Production 9.0 hp
SD2175 Numerical Methods for Acoustics and Vibration 9.0 hp
SD2180 Non-linear Acoustics 6.0 hp
SD2411 Lightweight Structures and FEM 8.0 hp
SD2805 Flight Mechanics 9.0 hp
SD2910 Spacecraft Dynamics 9.0 hp
SE2860 FEM Modelling 8.0 hp
SF1811 Optimization 6.0 hp
SF1861 Optimization 6.0 hp
SF2520 Applied Numerical Methods 7.5 hp
SF2521 Numerical Solutions of Differential Equations 7.5 hp

SF2524 Matrix Computations for Large-scale Systems 7.5 hp
SF2525 Computational Methods for Stochastic Differential Equations and Machine Learning 7.5 hp
SF2526 Numerical algorithms for data-intensive science 7.5 hp
SF2561 The Finite Element Method 7.5 hp
SF2565 Program Construction in C++ for Scientific Computing 7.5 hp
SF2566 Advanced Individual Course in Scientific Computing 6.0 hp
SF2567 Project Course in Scientific Computing 7.5 hp
SF2568 Parallel Computations for Large- Scale Problems 7.5 hp
SF2701 Financial Mathematics, Basic Course 7.5 hp
SF2704 Topics in Mathematics I 7.5 hp
SF2720 Chaotic Dynamical Systems 7.5 hp
SF2722 Differential Geometry 7.5 hp
SF2725 The History of Mathematics 7.5 hp
SF2730 Topics in Mathematics V 7.5 hp
SF2741 Enumerative Combinatorics 7.5 hp
SF2743 Advanced Real Analysis I 7.5 hp
SF2812 Applied Linear Optimization 7.5 hp
SF2812 Applied Linear Optimization 7.5 hp Second cycle
SF2822 Applied Nonlinear Optimization 7.5 hp
SF2832 Mathematical Systems Theory 7.5 hp
SF2842 Geometric Control Theory 7.5 hp
SF2852 Optimal Control Theory 7.5 hp
SF2863 Systems Engineering 7.5 hp
SF2866 Applied Systems Engineering 7.5 hp
SF2930 Regression Analysis 7.5 hp
SF2935 Modern Methods of Statistical Learning 7.5 hp
SF2940 Probability Theory 7.5 hp
SF2942 Portfolio Theory and Risk Management 7.5 hp
SF2943 Time Series Analysis 7.5 hp
SF2955 Computer Intensive Methods in Mathematical Statistics 7.5 hp
SF2956 Topological Data Analysis 7.5 hp
SF2971 Martingales and Stochastic Integrals 7.5 hp
SF2972 Game Theory 7.5 hp
SF2975 Financial Derivatives 7.5 hp
SF2980 Risk Management 7.5 hp
SG2212 Computational Fluid Dynamics 7.5 hp
SG2215 Compressible Flow 7.5 hp
SG2224 Applied Computational Fluid Dynamics 5.0 hp
SH2314 Medical Imaging, Signals and Systems 7.5 hp
SH2704 Monte Carlo Methods and Simulations in Nuclear Technology 6.0 hp
SH2774 Numerical Methods in Nuclear Engineering 6.0 hp
SI1142 Mathematical Methods in Physics, Additional Course 3.0 hp
SI1336 Simulation and Modeling 6.0 hp
SI2510 Statistical Mechanics 7.5 hp
SI2520 Nonequilibrium Statistical Mechanics 7.5 hp
SI2530 Computational Physics 7.5 hp

7.2 Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet

TKJ4205 Molecular Modelling 7.5
TMA4145 Linear Methods 7.5
TMA4205 Numerical Linear Algebra 7.5
TFY4210 Quantum Theory of Solids 7.5
TFY4235 Computational Physics 7.5
TFY4275 Stochastic processes and transport theory 7.5
TFY4280 Signal Processing 7.5
TKJ4215 Statistical Thermodynamics in Chemistry and Biology 7.5
TMA4280 Supercomputing, Introduction 7.5
TMA4300 Computer Intensive Statistical Methods 7.5
MA3201 Rings and Modules 7,5
MA3202 Galois Theory 7,5
TMA4145 Linear Methods 7,5
TMA4225 Foundations of Analysis 7,5
TMA4190 Introduction to Topology 7,5
MA3402 Analysis on Manifolds 7,5
TMA4195 Mathematical Modelling 15
TMA4212 Numerical Solution of Differential Equations by Difference Methods 7,5
TMA4295 Statistical Inference 7,5
TMA4300 Computer-Intensive Statistical Methods 7,5
MA3403 Algebraic Topology 1 7.5
MA3201 Rings and Modules 7.5
MA3402 Differential Forms on Manifolds 7.5
TMA4145 Linear Methods 7.5
MA3202 Galois Theory 7.5
MA3203 Ring Theory 7.5
MA3408 Algebraic Topology 2 7.5
TMA4165 Differential Equations and Dynamical Systems 7.5
TMA4190 Introduction to Topology 7.5
TMA4192 Differential Topology 7.5
MA3403 Algebraic Topology 1 7.5
MA3201 Rings and Modules 7.5
MA3402 Differential Forms on Manifolds 7.5
TMA4145 Linear Methods 7.5
TMA4160 Cryptography 7.5
TMA4145 Linear Methods 7.5
TMA4225 Foundations of Analysis 7.5
TMA4185 Coding Theory 7.5
TMA4230 Functional Analysis 7.5
MA3202 Galois Theory 7.5
TMA4165 Differential Equations and Dynamical Systems 7.5
TMA4170 Fourier Analysis 7.5
TMA4175 Complex Analysis 7.5
MA3402 Differential Forms on Manifolds 7.5
TMA4305 Partial Differential Equations 7.5
TMA4180 Optimization 1 7.5

TMA4212 Numerical Solution of Differential Equations by Difference Methods 7.5
TMA4300 Computer Intensive Statistical Methods 7.5
TMA4250 Spatial Statistics 7.5
TMA4267 Linear Statistical Models 7.5
TMA4275 Lifetime Analysis 7.5
GEOG3523 GIS Data Capture and Mapping 7.5
MAST2009 - 3D Computer Modeling and Simulation 7.5
TPG4162 - 3D Visualization of Petroleum Data 7.5

7.3 Massachusetts Institute of Technology

Course 1 Civil and Environmental Engineering

Advanced Demand Modeling
Advanced Geotechnical Engineering
Applied Probability and Stochastic Models
Architecting and Engineering Software Systems
Atomistic Modeling and Simulation of Materials and Structures
Computational Ecology
Computational Geometry
Computational Methods for Flow in Porous Media
Demand Modeling
Design of Electromechanical Robotic Systems
Ecological Dynamics and Modeling
Engineering Computation and Data Science
Engineering Geology
Introduction to Computer Programming and Numerical Methods for Engineering Applications
Introduction to Environmental Data Analysis
Introduction to Hydrology Modeling
Introduction to Modeling and Simulation
Machine Learning for Sustainable Systems
Multivariate Data Analysis
Nonlinear Dynamics and Turbulence
Nonlinear Dynamics and Waves
Planning and Design of Airport Systems (New)
Probability and Causal Inference
Regional Socioeconomic Impact Analyses and Modeling
Robust Modeling, Optimization, and Computation
Rock Mechanics
Rock-on-a-Chip: Microfluidic Technology for Visualization of Flow in Porous Media
Statistical Learning in Operations
Theoretical Soil Mechanics
Topology Optimization of Structures
Transportation Systems Analysis: Demand and Economics
Transportation: Foundations and Methods
Wave Propagation

Course 2 Mechanical Engineering

Acoustical Oceanography

Adaptive Control and Connections to Machine Learning
Autonomous Vehicles
Bio-inspired Robotics
Cell-Matrix Mechanics
Cellular Neurophysiology and Computing
Computational Geometry
Computational Mechanics of Materials
Learning Machines
Engineering Mathematics: Linear Algebra and ODEs
Finite Element Methods for Mechanical Engineers
Fundamentals of Nanoengineering
Identification, Estimation, and Learning
Information, Entropy, and Computation
Introduction to Finite Element Methods for Partial Differential Equations
Introduction to Modeling and Simulation
Large and Complex Systems Design and Concept Development
Marine Bioacoustics and Geoacoustics
Mechatronics
Modeling and Approximation of Thermal Processes
Modeling and Simulation of Dynamic Systems
Nonlinear Dynamics and Chaos
Nonlinear Dynamics and Turbulence
Nonlinear Dynamics and Waves
Numerical Computation for Mechanical Engineers
Numerical Fluid Mechanics
Numerical Methods for Partial Differential Equations
Physical Systems Modeling and Design Using Machine Learning
Process Data Analytics
Quantum Computation
Stochastic Systems
System Optimization and Analysis for Operations
Time Series Analysis and System Identification
Introduction to Robotics
Wave Scattering by Rough Surfaces and Inhomogeneous Media

Course 3 Materials Science and Engineering

Atomistic Computer Modeling of Materials
Computational Materials Design
Introduction to Modeling and Simulation
Introduction to Symbolic and Mathematical Computing
Machine Learning for Molecular Engineering
Mathematics and Computational Thinking for Materials Scientists and Engineers I
Mathematics and Computational Thinking for Materials Scientists and Engineers II
Modelling, Problem Solving, Computing, and Visualization
Statistical Mechanics of Polymers

Course 5 Chemistry

Advanced NMR Spectroscopy

Computational Chemistry
Statistical Mechanics
Statistical Thermodynamics

Course 6 Electrical Engineering and Computer Science

Advanced Algorithms
Advanced Complexity Theory
Advanced Computational Photography
Advanced Data Structures
Advanced Topics in Computer Vision
Advanced Topics in Numerical Methods
Advances in Computer Vision
Algebraic Techniques and Semidefinite Optimization
Algorithm Engineering (New)
Algorithms for Inference
Applied Machine Learning
Applied Quantum and Statistical Physics
Artificial Intelligence
Aspects of a Computational Theory of Intelligence
Bayesian Modeling and Inference
Biomedical Signal and Image Processing (New)
Cellular Neurophysiology and Computing
Computability and Complexity Theory
Computation Structures
Computational Biology: Genomes, Networks, Evolution
Computational Cognitive Science
Computational Design and Fabrication
Computational Systems Biology: Deep Learning in the Life Sciences
Computer Language Engineering
Computer Systems Engineering
Data Acquisition and Image Reconstruction in MRI
Data-Communication Networks
Design and Analysis of Algorithms
Digital Image Processing
Discrete Probability and Stochastic Processes
Discrete Stochastic Processes
Discrete-Time Signal Processing
Distributed Algorithms
Dynamic Programming and Reinforcement Learning
Dynamic Systems and Control
Essential Coding Theory
Evolutionary Biology: Concepts, Models and Computation
Fast Methods for Partial Differential and Integral Equations
Fundamentals of Probability
Fundamentals of Programming
Game Theory with Engineering Applications
Geometric Computing
Graphical Models: A Geometric, Algebraic, and Combinatorial Perspective

Inference and Information
Information, Entropy, and Computation
Machine Learning
Machine Learning for Healthcare
Machine Vision
Mathematics for Computer Science
Modeling with Machine Learning: from Algorithms to Applications
Multivariable Control Systems
Nanoelectronics and Computing Systems
Natural Language and the Computer Representation of Knowledge
Nonlinear Optics
Nonlinear Optimization
Numerical Methods for Partial Differential Equations
Optimization for Machine Learning (New)
Optimization Methods
Parallel Computing and Scientific Machine Learning
Quantitative Methods for Natural Language Processing
Quantitative Physiology: Organ Transport Systems
Quantum Complexity Theory
Randomized Algorithms
Randomness and Computation
Robotic Manipulation (New)
Sensorimotor Learning (New)
Signal Processing
Signal Processing by the Auditory System: Perception
Signals, Systems and Inference
Special Subject in Electrical Engineering and Computer Science
Spoken Language Processing
Statistical Learning Theory and Applications
Statistics for Engineers and Scientists
Statistics, Computation and Applications
Structure and Interpretation of Computer Programs
Sublinear Time Algorithms
Theory of Computation
Topics in Algorithmic Game Theory
Underactuated Robotics

Course 8 Physics

Quantum Computation
Quantum Information Science

Course 9 Brain and Cognitive Sciences

Aspects of a Computational Theory of Intelligence
Computational Cognitive Science
Emergent Computations Within Distributed Neural Circuits
Functional Magnetic Resonance Imaging: Data Acquisition and Analysis
Introduction to Neural Computation
Mathematical Statistics: a Non-Asymptotic Approach

Natural Language and the Computer Representation of Knowledge
Statistical Learning Theory and Applications

Course 10 Chemical Engineering

Advanced Topics in Surfactant Science
Biochemical Engineering
Bioinformatics: Principles, Methods and Applications
Computational Chemistry
Introduction to Modeling and Simulation
Machine Learning for Molecular Engineering
Metabolic and Cell Engineering
Mixed-integer and Nonconvex Optimization
Model Predictive Control
Modern Control Design
Numerical Methods Applied to Chemical Engineering
Picturing Science and Engineering
Process Data Analytics
Protein Engineering
Statistical Thermodynamics
Systems Engineering
Theoretical and Computational Immunology Seminar

Course 11 Urban Studies and Planning

Big Data, Visualization, and Society
Data and Society
Data Science and Machine Learning Principles for Real Estate
Modeling Pedestrian Activity in Cities (New)

Course 12 Earth, Atmospheric, and Planetary Sciences

Advanced geophysical fluid dynamics
Advanced Seismology: Theory and Applications of Seismic Imaging
Analysis of Geologic Data
Classical Mechanics: A Computational Approach
Computational Data Analysis
Computational Geophysical Modeling
Computational Methods of Scientific Programming
Computational Ocean Modeling
Data Analysis in Physical Oceanography
Data and Models
Introduction to Atmospheric Data and Large-scale Dynamics
Introduction to Hydrology Modeling
MatLab, Statistics, Regression, Signal Processing
Mechanisms and Models of the Global Carbon Cycle
Modeling Environmental Complexity
Modeling the Biology and Physics of the Ocean
Modeling, Data Analysis, and Numerical Techniques for Geochemistry
Nonlinear Dynamics: Continuum Systems

Course 14 Economics

Applied Econometrics
Data Analysis for Social Scientists
Dynamic Optimization Methods with Applications
Econometric Data Science
Inference on Causal and Structural Parameters Using ML and AI
New Econometric Methods
Nonlinear Econometric Analysis
Statistical Method in Economics
Time Series Analysis

Course 15 Management

Advanced Mathematical Methods for Financial Engineering
Applied Probability and Stochastic Models
Data Mining: Finding the Models and Predictions that Create Value
Data, Models, and Decisions
Engineering Statistics and Data Science
Financial Data Science and Computing
Financial Mathematics
Integer Programming and Combinatorial Optimization
Introduction to Applied Probability
Introduction to Mathematical Programming
Machine Learning Under a Modern Optimization Lens
Nonlinear Optimization
Optimization Methods
Optimization Methods in Business Analytics
Prediction: Machine Learning and Statistics
Predictive Data Analytics and Statistical Modeling
Robust Modeling, Optimization, and Computation
Statistical Machine Learning and Data Science
Statistical Thinking and Data Analysis
System Optimization and Analysis for Operations

Course 16 Aeronautics and Astronautics

Advanced Autonomous Robotic Systems
Advanced Topics in Numerical Methods for Partial Differential Equations
Bioengineering Journal Article Seminar
Biomedical Signal and Image Processing
Computational Modeling and Data Analysis in Aerospace Engineering
Introduction to Modeling and Simulation
MATLAB Skills for Aeronautics and Astronautics
Numerical Methods for Partial Differential Equations
Numerical Methods for Stochastic Modeling and Inference
Statistical Methods in Experimental Design
Topics in Computation
Visual Navigation for Autonomous Vehicles

Course 18 Mathematics

Advanced Algorithms
Advanced Analytic Methods in Science and Engineering
Advanced Combinatorial Optimization
Advanced Complexity Theory
Advanced Partial Differential Equations with Applications
Algebra I
Algebra II
Algebraic Combinatorics
Algebraic Geometry I
Algebraic Geometry II
Algebraic Groups
Algebraic Techniques and Semidefinite Optimization
Algebraic Topology I
Algebraic Topology II
Analysis and Manifolds
Calculus
Combinatorial Analysis
Combinatorial Optimization
Combinatorial Theory
Commutative Algebra
Complex Variables with Applications
Computability and Complexity Theory
Computational Science and Engineering
Cryptography and Cryptanalysis
Design and Analysis of Algorithms
Differential Analysis I
Differential Analysis II
Differential Equations
Differential Geometry
Distributed Algorithms
Eigenvalues of Random Matrices
Elliptic Curves
Fast Methods for Partial Differential and Integral Equations
Fluid Mechanics
Fourier Analysis: Theory and Applications
Functions of a Complex Variable
Fundamentals of Statistics
Geometry and Topology in the Plane
Geometry of Manifolds I
Geometry of Manifolds II
Graph Theory and Additive Combinatorics
Independent Study
Infinite-dimensional Lie Algebras
Interfacial Phenomena
Internship in Mathematics
Introduction to Topology
Lie Groups and Lie Algebras I
Lie Groups and Lie Algebras II

Linear Algebra
Linear Algebra and Optimization (New)
Linear Partial Differential Equations: Analysis and Numerics
Mathematical Logic
Mathematical Methods in Nanophotonics
Mathematical Methods in Physics
Mathematical Statistics
Mathematical Statistics: a Non-Asymptotic Approach
Mathematics for Computer Science
Mathematics Lecture Series
Matrix Methods in Data Analysis, Signal Processing, and Machine Learning
Measure Theory and Analysis
Methods for Scientists and Engineers
Modern Algebra
Noncommutative Algebra
Nonlinear Dynamics and Chaos
Nonlinear Dynamics and Turbulence
Nonlinear Dynamics and Waves
Nonlinear Dynamics: Chaos
Nonlinear Dynamics: Continuum Systems
Nonlinear Dynamics: The Natural Environment
Number Theory I
Number Theory II
Parallel Computing and Scientific Machine Learning
Principles of Continuum Applied Mathematics
Principles of Discrete Applied Mathematics
Probabilistic Methods in Combinatorics
Probability and Random Variables
Project Laboratory in Mathematics
Quantum Computation
Quantum Information Science
Randomized Algorithms
Real Analysis
Representations of Lie Groups
Review of Mathematics
Riemann Surfaces
Seminar in Algebra
Seminar in Analysis
Seminar in Combinatorics
Seminar in Information Theory
Seminar in Logic
Seminar in Number Theory
Seminar in Theoretical Computer Science
Seminar in Topology
Stochastic Calculus
System Functions and the Laplace Transform
Teaching College-Level Science and Engineering
Theory of Computation

Theory of Differential Forms
Theory of Numbers
Theory of Probability
Wave Propagation
Waves and Imaging

Course 20 Biological Engineering

Biological Systems Modeling
Computational Analysis of Biological Data (New)
Computational Systems Biology: Deep Learning in the Life Sciences
Introduction to Biological Chemistry
Machine Learning for Molecular Engineering
Principles of Neuroengineering
Protein Engineering

Course 22 Nuclear Science and Engineering

Applied Computational Fluid Dynamics and Heat Transfer
Applied Nuclear Physics
Engineering of Nuclear Reactors
Engineering of Nuclear Systems
Engineering Principles for Fusion Reactors
Essential Numerical Methods
Fundamentals of Advanced Energy Conversion
Introduction to Applied Nuclear Physics
Introduction to Modeling and Simulation
Magnetic Resonance Analytic, Biochemical, and Imaging Techniques
Modeling with Machine Learning: Nuclear Science and Engineering Applications
Neutron Science and Reactor Physics
Nuclear Energy Systems
Nuclear Engineering Design
Nuclear Engineering: Science, Systems and Society
Nuclear Science and Engineering Laboratory
Quantum Technology and Devices

7.4 University of Kalifornia, Berkeley

Applied Science and Technology (AST)

AST C295R Applied Spectroscopy

Architecture (ARCH)

ARCH 154 Design and Computer Analysis of Structure

Astronomy (ASTRON)

ASTRON 128 Astronomy Data Science Laboratory
ASTRON 204 Numerical Techniques in Astronomy
ASTRON 255 Computational Methods in Theoretical Astrophysics

Bioengineering (BIO ENG)

BIO ENG 131 Introduction to Computational Molecular and Cell Biology
BIO ENG 134 Genetic Design Automation
BIO ENG 145 Introduction to Machine Learning for Computational Biology
BIO ENG C165 Medical Imaging Signals and Systems
BIO ENG 166 Biomedical Imaging Systems II: Targeted Molecular Imaging in Disease
BIO ENG 243 Computational Methods in Biology

Business Administration, Master (MBA)

MBA 200A Data Analytics
MBA 200S Data and Decisions

Chemical & Biomolecular Engineering (CHM ENG)

CHM ENG 143 Computational Methods in Chemical Engineering
CHM ENG 230 Mathematical Methods in Chemical Engineering

Chemistry (CHEM)

CHEM 121 Introduction to Computational Chemistry
CHEM C191 Quantum Information Science and Technology
CHEM 220B Statistical Mechanics
CHEM 222 Spectroscopy
CHEM 277B Machine Learning Algorithms
CHEM 279 Numerical Algorithms applied to Computational Quantum Chemistry
CHEM 281 Software Engineering for Scientific Computing

Civil and Environmental Engineering (CIV ENG)

CIV ENG C88 Data Science for Smart Cities
CIV ENG 93 Engineering Data Analysis
CIV ENG 218C Air Pollution Modeling
CIV ENG 221 Nonlinear Structural Analysis
CIV ENG 220 Structural Analysis Theory and Applications
CIV ENG 233 Computational Mechanics
CIV ENG 272 Numerical Modelling in Geomechanics
CIV ENG 286 Digital Data Processing
CIV ENG C291F Control and Optimization of Distributed Parameters Systems
CIV ENG 295 Data Science for Energy

Cognitive Science (COG SCI)

COG SCI 88 Data Science and the Mind
COG SCI C127 Cognitive Neuroscience
COG SCI 131 Computational Models of Cognition

Computational Biology (CMPBIO)

CMPBIO 201 Classics in Computational Biology
CMPBIO C231 Introduction to Computational Molecular and Cell Biology

Computer Science (COMPSCI)

COMPSCI C8 Foundations of Data Science
COMPSCI 10 The Beauty and Joy of Computing

COMPSCI 88 Computational Structures in Data Science
COMPSCI 274 Computational Geometry
COMPSCI C281A Statistical Learning Theory
COMPSCI 285 Deep Reinforcement Learning, Decision Making, and Control
COMPSCI 287 Advanced Robotics
COMPSCI 288 Natural Language Processing
COMPSCI C191 Quantum Information Science and Technology
COMPSCI 188 Introduction to Artificial Intelligence
COMPSCI 189 Introduction to Machine Learning
COMPSCI 271 Randomness and Computation

Data Science (DATASCI)

DATASCI W200 Introduction to Data Science Programming
DATASCI W203 Statistics for Data Science
DATASCI W205 Fundamentals of Data Engineering
DATASCI W207 Applied Machine Learning
DATASCI W209 Data Visualization
DATASCI W251 Deep Learning in the Cloud and at the Edge
DATASCI 255 Machine Learning Systems Engineering
DATASCI W261 Machine Learning at Scale
DATASCI W266 Natural Language Processing with Deep Learning
DATASCI 281 Computer Vision
DATASCI W271 Statistical Methods for Discrete Response, Time Series, and Panel Data

Earth and Planetary Science (EPS)

EPS 88 PyEarth: A Python Introduction to Earth Science
EPS 104 Mathematical Methods in Geophysics
EPS 109 Computer Simulations with Jupyter Notebooks
EPS 229 Introduction to Climate Modeling

Economics (ECON)

ECON 101A Microeconomics (Math Intensive)
ECON 143 Econometrics: Advanced Methods and Applications
ECON 207A Mathematical Economics

Electrical Engineering and Computer Sciences (EECS)

EECS C106B Robotic Manipulation and Interaction
EECS 126 Probability and Random Processes
EECS 127 Optimization Models in Engineering
EECS 208 Computational Principles for High-dimensional Data Analysis
EECS 225A Statistical Signal Processing
EECS 225B Digital Image Processing

Electrical Engineering (EL ENG)

EL ENG 144 Fundamental Algorithms for Systems Modeling, Analysis, and Optimization
EL ENG C145B Medical Imaging Signals and Systems
EL ENG C222 Nonlinear Systems
EL ENG 223 Stochastic Systems: Estimation and Control

EL ENG 225D Audio Signal Processing in Humans and Machines
EL ENG 227BT Convex Optimization
EL ENG C227C Convex Optimization and Approximation

Engineering (ENGIN)

ENGIN 78 Statistics and Data Science for Engineers
ENGIN 117 Methods of Engineering Analysis
ENGIN 150 Basic Modeling and Simulation Tools for Industrial Research Applications
ENGIN 151 Modeling and Simulation of Infectious Diseases
ENGIN 177 Advanced Programming with MATLAB
ENGIN 210B Energy Systems Engineering
ENGIN 230 Methods of Applied Mathematics
ENGIN 231 Mathematical Methods in Engineering
ENGIN C233 Applications of Parallel Computers
ENGIN 236A Applied Data Science for Engineers
ENGIN 236B Data Science and Machine Learning Fundamentals
ENGIN 238C Applied Optimization
ENGIN 238E Robust Optimization and Application
ENGIN 260A Models in Engineering
ENGIN 266B Spectral Methods for Fluid Dynamics

Environmental Economics and Policy (ENVECON)

ENVECON C115 Modeling and Management of Biological Resources
ENVECON 105 Data Tools for Sustainability and the Environment

Environmental Science, Policy, and Management (ESPM)

ESPM 215 Hierarchical Statistical Modeling in Environmental Science

Financial Engineering (MFE)

MFE 230P Financial Data Science
MFE 230Q Stochastic Calculus with Asset Pricing Applications
MFE 230ZA Deep Learning and Applications I
MFE 230ZB Deep Learning and Applications II

Industrial Engineering and Operations Research (IND ENG)

IND ENG 142 Introduction to Machine Learning and Data Analytics
IND ENG 135 Applied Data Science with Venture Applications
IND ENG 160 Nonlinear and Discrete Optimization
IND ENG 162 Linear Programming and Network Flows
IND ENG 166 Decision Analytics
IND ENG 169 Integer Optimization
IND ENG 240 Optimization Analytics
IND ENG 241 Risk Modeling, Simulation, and Data Analysis
IND ENG 242 Applications in Data Analysis
IND ENG 262A Mathematical Programming I
IND ENG 262B Mathematical Programming II
IND ENG 263A Applied Stochastic Process I
IND ENG 263B Applied Stochastic Process II

IND ENG 264 Computational Optimization
IND ENG 265 Learning and Optimization
IND ENG 266 Network Flows and Graphs
IND ENG 267 Queueing Theory
IND ENG 268 Applied Dynamic Programming
IND ENG 269 Integer Programming and Combinatorial Optimization

Information and Cybersecurity (CYBER)

CYBER 207 Applied Machine Learning for Cybersecurity

Information (INFO)

INFO C8 Foundations of Data Science
INFO W18 Python Fundamentals for Data Science
INFO 159 Natural Language Processing
INFO 206B Introduction to Data Structures and Analytics
INFO 251 Applied Machine Learning
INFO 256 Applied Natural Language Processing
INFO C260F Machine Learning in Education

Linguistics (LINGUIS)

LINGUIS 243 Language, Computation, and Cognition

Materials Science and Engineering (MAT SCI)

MAT SCI 215 Computational Materials Science
MAT SCI C287 Computational Design of Multifunctional/Multiphysical Composite Materials
MAT SCI C286 Modeling and Simulation of Advanced Manufacturing Processes

Mathematics (MATH)

MATH 1B Calculus
MATH N10B Methods of Mathematics: Calculus, Statistics, and Combinatorics
MATH 16A Analytic Geometry and Calculus
MATH 24 Freshman Seminars
MATH N32 Precalculus
MATH 53 Multivariable Calculus
MATH H53 Honors Multivariable Calculus
MATH N53 Multivariable Calculus
MATH 54 Linear Algebra and Differential Equations
MATH H54 Honors Linear Algebra and Differential Equations
MATH N54 Linear Algebra and Differential Equations
MATH W54 Linear Algebra and Differential Equations
MATH 55 Discrete Mathematics
MATH N55 Discrete Mathematics
MATH 74 Transition to Upper Division Mathematics
MATH 91 Special Topics in Mathematics
MATH 96 College Algebra
MATH 98 Supervised Group Study 1 -
MATH 98BC Berkeley Connect
MATH 99 Supervised Independent Study 1 -

MATH C103 Introduction to Mathematical Economics
MATH 104 Introduction to Analysis
MATH H104 Honors Introduction to Analysis
MATH 105 Second Course in Analysis
MATH 110 Linear Algebra
MATH H110 Honors Linear Algebra
MATH 113 Introduction to Abstract Algebra
MATH H113 Honors Introduction to Abstract Algebra
MATH 114 Second Course in Abstract Algebra
MATH 115 Introduction to Number Theory
MATH 116 Cryptography
MATH 118 Fourier Analysis, Wavelets, and Signal Processing
MATH 121B Mathematical Tools for the Physical Sciences
MATH 123 Ordinary Differential Equations
MATH 124 Programming for Mathematical Applications
MATH 125A Mathematical Logic
MATH 126 Introduction to Partial Differential Equations
MATH 127 Mathematical and Computational Methods in Molecular Biology
MATH W128A Numerical Analysis
MATH 130 Groups and Geometries
MATH 135 Introduction to the Theory of Sets
MATH 136 Incompleteness and Undecidability
MATH 140 Metric Differential Geometry
MATH 141 Elementary Differential Topology
MATH 142 Elementary Algebraic Topology
MATH 143 Elementary Algebraic Geometry
MATH 160 History of Mathematics
MATH 170 Mathematical Methods for Optimization
MATH 172 Combinatorics
MATH 185 Introduction to Complex Analysis
MATH H185 Honors Introduction to Complex Analysis
MATH 189 Mathematical Methods in Classical and Quantum Mechanics
MATH 191 Experimental Courses in Mathematics 1
MATH 195 Special Topics in Mathematics
MATH 197 Field Study 1
MATH 198 Directed Group Study 1
MATH 199 Supervised Independent Study and Research 1
MATH 202B Introduction to Topology and Analysis
MATH 204 Ordinary Differential Equations
MATH 205 Theory of Functions of a Complex Variable
MATH 206 Banach Algebras and Spectral Theory
MATH 208 C^* -algebras
MATH 209 Von Neumann Algebras
MATH 212 Several Complex Variables
MATH 214 Differentiable Manifolds
MATH 215B Algebraic Topology
MATH C218A Probability Theory
MATH 219 Dynamical Systems

MATH 220 Introduction to Probabilistic Methods in Mathematics and the Sciences
MATH 221 Advanced Matrix Computations
MATH 222A Partial Differential Equations
MATH C223B Advanced Topics in Probability and Stochastic Processes
MATH 224A Mathematical Methods for the Physical Sciences
MATH 225B Metamathematics
MATH 227A Theory of Recursive Functions
MATH 228A Numerical Solution of Differential Equations
MATH 229 Theory of Models
MATH 235A Theory of Sets
MATH 236 Metamathematics of Set Theory
MATH 239 Discrete Mathematics for the Life Sciences
MATH 240 Riemannian Geometry
MATH 241 Complex Manifolds
MATH 242 Symplectic Geometry
MATH C243 Seq: Methods and Applications
MATH 245A General Theory of Algebraic Structures
MATH 249 Algebraic Combinatorics
MATH 250A Groups, Rings, and Fields
MATH 250B Commutative Algebra
MATH 251 Ring Theory
MATH 252 Representation Theory
MATH 253 Homological Algebra
MATH 254A Number Theory
MATH 255 Algebraic Curves
MATH 256A Algebraic Geometry
MATH 257 Group Theory
MATH 258 Harmonic Analysis
MATH 261A Lie Groups

Mechanical Engineering (MEC ENG)

MEC ENG 120 Computational Biomechanics Across Multiple Scales
MEC ENG 139 Robotic Locomotion
MEC ENG 174 Nonlinear and Random Vibrations
MEC ENG C201 Modeling and Simulation of Advanced Manufacturing Processes
MEC ENG C202 Computational Design of Multifunctional/Multiphysical Composite Materials
MEC ENG C237 Nonlinear Systems

Molecular and Cell Biology (MCELLBI)

MCELLBI 288 Data Science for Molecular and Cell Biology

Music (MUSIC)

MUSIC 30 Computational Creativity for Music and the Arts
MUSIC 159 Computer Programming for Music Applications

Neuroscience (NEUROSC)

NEUROSC C265 Neural Computation

Nuclear Engineering (NUC ENG)

NUC ENG 130 Analytical Methods for Non-proliferation

NUC ENG C226 Modeling and Simulation of Advanced Manufacturing Processes

NUC ENG 255 Numerical Simulation in Radiation Transport

Physics (PHYSICS)

PHYSICS 7A Physics for Scientists and Engineers

PHYSICS 88 Data Science Applications in Physics

PHYSICS 77 Introduction to Computational Techniques in Physics

PHYSICS 105 Analytic Mechanics

PHYSICS 188 Bayesian Data Analysis and Machine Learning for Physical Sciences

PHYSICS C191 Quantum Information Science and Technology

PHYSICS C203 Computational Nanoscience

Psychology (PSYCH)

PSYCH 88 Data Science for Cognitive Neuroscience

PSYCH 101 Research and Data Analysis in Psychology

PSYCH C123 Computational Models of Cognition

PSYCH 205 Data Analysis

PSYCH 206 Structural Equation Modeling

PSYCH 207 Person-Specific Data Analysis

PSYCH 208 Methods in Computational Modeling for Cognitive Science

Statistics (STAT)

STAT 215B Statistical Models: Theory and Application

STAT 222 Masters of Statistics Capstone Project

STAT 230A Linear Models

STAT 232 Experimental Design

STAT 238 Bayesian Statistics

STAT 239A The Statistics of Causal Inference in the Social Science

STAT 239B Quantitative Methodology in the Social Sciences Seminar

STAT 240 Nonparametric and Robust Methods

STAT C241A Statistical Learning Theory

STAT C241B Advanced Topics in Learning and Decision Making

STAT 243 Introduction to Statistical Computing

STAT 244 Statistical Computing

STAT C245A Introduction to Modern Biostatistical Theory and Practice

STAT C245B Biostatistical Methods: Survival Analysis and Causality

STAT C245C Biostatistical Methods: Computational Statistics with Applications in Biology and Medicine

STAT C245D Biostatistical Methods: Computational Statistics with Applications in Biology and Medicine II

STAT C245E Statistical Genomics

STAT C245F Statistical Genomics

STAT C247C Longitudinal Data Analysis

STAT 248 Analysis of Time Series

STAT 251 Stochastic Analysis with Applications to Mathematical Finance

STAT 256 Causal Inference

STAT 259 Reproducible and Collaborative Statistical Data Science
STAT 260 Topics in Probability and Statistics
STAT C261 Quantitative/Statistical Research Methods in Social Sciences
STAT 272 Statistical Consulting

Vision Science (VIS SCI)

VIS SCI 265 Neural Computation
VIS SCI 262 Visual Cognitive Neuroscience

7.5 University of Oxford

3D Mapping
Additional Skills
Advanced Communications
Advanced Entrepreneurship
Advanced Monte Carlo Methods
Advanced Numerical Methods
Advanced QM
Advanced Quantum Mechanics
Advanced Security
Advanced Simulation Methods.
Advanced Statistical Mechanics.
Advanced Structures
Advanced Topics in Machine Learning
Advanced Topics in Statistical Machine Learning
Aerothermal Engineering
AI and the Environment
Algorithmic Foundations of Learning
Algorithms and Data Structures
Applied Complex Variables
Applied Computational Chemistry
Applied Partial Differential Equations
Applied Statistics
Approximation of Functions
Artificial Intelligence
Atmospheric Physics
Automata, Logic and Games
Automotive Engineering
Autonomous Robotics
Autonomous Systems Safety & Governance
Bayesian Modelling
Bayesian Statistical Probabilistic Programming
Biomechanics
Biomedical Modelling and Monitoring
Biomolecular Simulation
Bioprocess Engineering
Case Studies in Mathematical Modelling
Case Studies in Scientific Computing

Categories, Proofs and Processes
Cellular Engineering and Therapy
Chemical Engineering I
Chemical Engineering II
Chemical Informatics
Chemical Processes
Circuits and Communications
Compilers
Computational Algebraic Topology
Computational Complexity
Computational Game Theory
Computational Learning Theory
Computational Statistics
Computer Architecture
Computer Graphics
Computer Networks
Computer Security
Computer Vision
Computer-Aided Formal Verification
Computers in Society
Concurrency
Concurrent Algorithms and Data Structures
Concurrent Programming
Continuous Mathematics
Continuous Optimisation
Control Systems
Data Challenge
Data Estimation and Inference
Database Systems Implementation
Databases
Deep Learning
Deep Learning in Distributed & Constrained Systems
Design and Analysis of Algorithms
Design and Analysis of Operating Systems
Digital Systems
Discrete Mathematics
Discriminative & Deep Learning for Big Data
Elasticity and Plasticity
Electrochemical Energy Technology
Electronic Devices
Electronic structure theory
Embedded Systems Programming
Environmental Engineering
Equilibrium Thermodynamics
Essential Maths
Financial computing with C++
Finite Element Methods for PDEs
Fluid Flow, Heat & Mass Transfer

Fluid Mechanics
Foundations of Statistical Inference
Functional Programming
Further Mathematical Biology
Further Mathematical Methods
Further Partial Differential Equations
Geometric Modelling
Geophysical Fluid Dynamics
Geotechnics
GIS Techniques
Graphical Models
Group Design Practical
Health Data: Hospital Episode Statistics
Health Tech: Genetics
Health Tech: Imaging
Health Tech: Wearables
Hilary
Hydraulics
Imperative Programming Part 3
Imperative Programming Parts 1 and 2
Infectious Disease Epidemiology
Information Engineering Systems
Integer Programming
Intermolecular Potentials
Internet of Things
Introduction to Computational Statistics
Introduction to Epidemiology
Introduction to Formal Proof
Introduction to Machine Learning
Introduction to Modern Control
Introduction to Programming
Lambda Calculus and Types
Law and Computer Science
Linear Algebra
Logic and Proof
Machine Learning
Machine Learning Topics
Machine Vision and Robotics
Management Practice
Market Microstructure and Algorithmic Trading
Materials
Mathematical Geoscience
Mathematical Mechanical Biology
Mathematical Modelling
Mathematical Models of Financial Derivatives
Mathematical Physiology
Mathematical Techniques
Mathematics

Mathematics for Computer Science and Philosophy
Mathematics II
Mechanical Performance and Integrity
Medical Imaging and Informatics
Methods of computer simulation
Microelectronics
Micromechanics and Materials Modelling
Models of Computation
Modern Statistical Methods
Multivariable Control
Networks
Nonlinear and Predictive Control
Nonlinear Systems
Numerical Linear Algebra
Numerical Methods Statistics and Financial Data Analysis
Numerical Solution of Partial Differential Equations
Optimisation
Optimisation for Data Science
Optoelectronics
Pathogen Evolution and Phylodynamics
Perturbation Methods
Power Electronics
Practical Numerical Analysis
Principles of Programming Languages
Probabilistic Model Checking
Probability and Computing
Probability and Statistics for Network Analysis
Probability, Systems and Perturbation Methods
Production Engineering
Programming
Projects
Python in Scientific Computing
Quantum Information
Quantum Mechanics
Quantum Mechanics in Condensed Phases
Quantum Processes and Computation
Quantum Software
Reaction Dynamics
Reinforcement Learning
Sci. Comp. I
Security in Wireless and Mobile Networks
Signal Processing
Software Development.
Software Engineering
Soil Mechanics
Solid Mechanics
Statistical Machine Learning.
Statistical Mechanics

Statistical Programming
Statistics
Stochastic Calculus
Financial Derivatives
Stochastic Differential Equations
Stochastic Modelling of Biological Processes
Stochastic Models in Mathematical Genetics
Stochastic Volatility
Structures and Hydraulics
Supplementary Applied Mathematics
Sustainable Energy
Systems Verification
Theories of Deep Learning
Topics in Fluid Mechanics
Viscous Flow
Waves and Compressible Flow

7.6 University of Cambridge

Adsorption & Advanced Nanoporous Materials
Advanced Continuum Modelling
Advanced Graphics and Image Processing
Advanced Machine Learning
Advanced Robotics
Advanced Speech Recognition (TBC)
Advanced Topics in Computer Architecture
Advanced Transport Processes
Algebra
Algebraic Geometry
Algebraic Surfaces
Algebraic Topology
Algorithms and Data Structures
An Optimisation Based Approach to Control
Analysis and Topology
Analysis of Functions
Analysis of PDEs
Applications of Analysis in Physics
Applications of Quantum Mechanics
Applied Probability
Astrophysical Black Holes
Astrophysical Fluid Dynamics
Astrostatistics
Asymptotic Methods
Automata and Formal Languages
Automated Reasoning
Binary Stars
Biological Imaging Analysis
Biological Physics and Fluid Dynamics
Biomimetics

Biophysics
Biosensors & Bioelectronics
Black Holes
Business Innovation in a Digital Age
Category Theory
Classical Dynamics
Climate Change Mitigation
Coding and Cryptography
Commutative Algebra
Complex Analysis
Complex Methods
Computational Continuum Modelling
Computational fluid dynamics
Computational Neuroscience
Computational Projects (CATAM)
Computational Statistics and Machine Learning
Computer Vision
Concepts in Theoretical Physics
Cosmology
Deep learning
Deep Learning & Structured Data
Deep Learning and Structured Data
Demonstrations in Fluid Dynamics
Differential Equations
Differential Geometry
Digital Signal Processing
Digital Signal Processing with Computer Music
Distributed Ledger Technologies: Foundations and Applications
Distribution Theory and Applications
Dynamical Systems
Dynamics and Relativity
Dynamics of Astrophysical Discs
Electricity and Environment
Electrochemical Engineering
Electrodynamics
Electromagnetism
Extrasolar Planets: Atmospheres and Interiors
Field Theory in Cosmology
Fluid Dynamics
Fluid Dynamics II
Fluid Dynamics of Climate
Fluid Dynamics of the Environment
Fluid Dynamics of the Solid Earth
Fluid Mechanics & the Environment
Further Complex Methods
Galaxy Formation
Galois Theory
Gauge/Gravity Duality

General Relativity
Geometry
Geometry and Groups - no longer offered
Graph Theory
Groups, Rings and Modules
Healthcare Biotechnology
Innovation & Strategic Management of IP
Integrable Systems
Intelligent Interactive Design
Interactive Formal Verification
Interface Engineering
International Business
Introduction to Computational Multiphysics
Introduction to Machine Learning
Introduction to Mechanics
Introduction to Natural Language Syntax and Parsing
Introduction to networking and systems measurements
Introduction to Nonlinear Analysis
Introduction to Nonlinear Spectral Analysis
Introduction to Robotics
Inverse Problems
Large-scale data processing and optimisation
Linear Algebra
Linear Analysis
Logic and Set Theory
Machine Learning and the Physical World
Machine Learning for Language Processing
Machine Visual Perception
Management of Resilient Water Systems
Mapping Class Groups
Markov Chains
Materials & Molecules: Modelling, Simulation & Machine Learning
Materials and Molecules: Modelling, Simulation and Machine Learning
Mathematical Analysis of the incompressible Navier-Stokes Equations
Mathematical Biology
Mathematics of Machine Learning
Methods
Metric and Topological Spaces
Modern Stellar Dynamics
Multicore Semantics and Programming
Natural Language Processing
Network Architectures
Neural Machine Translation & Dialogue Systems
Neural Machine Translation and Dialogue Systems
Nuclear Power Engineering
Number Fields
Number Theory
Numerical Analysis

Numerical Solution of Differential Equations
Optical Microscopy
Optimization
Optimization and Control
Perturbation Methods
Pharmaceutical Engineering
Practical Optimisation
Principles of Machine Learning Systems
Principles of Quantum Mechanics
Principles of Statistics
Probabilistic Machine Learning
Probability and Measure
Quantum Computation
Quantum Information Foundations and Gravity
Quantum Information Theory
Quantum Mechanics
Reinforcement Learning and Decision Making
Representation Theory
Research Skills Programme
Riemann Surfaces
Robotics
Scientific programming
Scientific Programming in C++
Slow Viscous Flow
Solitons, Instantons and Geometry
Speech Recognition
Spoken Language Generation & Processing
Statistical Modelling
Statistical Physics
Statistical Signal Analysis
Statistics
Stochastic Financial Models
Stochastic Processes in Theoretical Physics and Biology
Strategic Management
Structure and Evolution of Stars
Symplectic Geometry
Symplectic Topology
Techniques in Combinatorics
Theoretical Physics of Soft Condensed Matter
Theory of Deep Learning
Topics in Analysis
Topics in Convex Optimisation
Topics in Set Theory
Toric Geometry
Unbounded operators and semigroups
Variational Principles
Vector Calculus
Vectors and Matrices

Waves

7.7 University of Stanford

AA 113: Aerospace Computational Science
AA 174B: Principles of Robot Autonomy II
AA 200: Applied Aerodynamics
AA 214: Numerical Methods for Compressible Flows
AA 275: Navigation for Autonomous Systems
AA 277: Multi-Robot Control and Distributed Optimization
BIODS 205: Bioinformatics for Stem Cell and Cancer Biology
BIODS 217: Analytics Accelerator
BIODS 221: Machine Learning Approaches for Data Fusion in Biomedicine
BIODS 237: Deep Learning in Genomics and Biomedicine
BIODS 472: Data science and AI for COVID-19
BIOE 209: Mathematical Modeling of Biological Systems
BIOE 217: Translational Bioinformatics
BIOMEDIN 346: Neuroscience-inspired Optimization in Artificial Intelligence, with Multifaceted Applications
CEE 266F: Stochastic Hydrology
CEE 282: Nonlinear Structural Analysis
CHEMENG 120A: Fluid Mechanics
CME 204: Partial Differential Equations in Engineering
CME 292: Advanced MATLAB for Scientific Computing
CME 305: Discrete Mathematics and Algorithms
CME 307: Optimization
CME 364A: Convex Optimization I
CS 103: Mathematical Foundations of Computing
CS 129: Applied Machine Learning
CS 205L: Continuous Mathematical Methods with an Emphasis on Machine Learning
CS 224N: Natural Language Processing with Deep Learning
CS 224S: Spoken Language Processing (LINGUIST 285)
CS 224V: Conversational Virtual Assistants with Deep Learning
CS 229: Machine Learning (STATS 229)
CS 229M: Machine Learning Theory (STATS 214)
CS 231A: Computer Vision: From 3D Reconstruction to Recognition
CS 234: Reinforcement Learning
CS 236: Deep Generative Models
CS 236G: Generative Adversarial Networks
CS 245: Principles of Data-Intensive Systems
CS 246: Mining Massive Data Sets
CS 259Q: Quantum Computing
CS 265: Randomized Algorithms and Probabilistic Analysis (CME 309)
CS 270: Modeling Biomedical Systems (BIOMEDIN 210)
CS 275A: Symbolic Musical Information (MUSIC 253)
CS 333: Algorithms for Interactive Robotics
CS 348C: Computer Graphics: Animation and Simulation
CS 348N: Neural Models for 3D Geometry

CS 371: Computational Biology in Four Dimensions
CS 448I: Computational Imaging
DESINST 240: Designing Machine Learning: A Multidisciplinary Approach
EARTHSYS 100A: Data Science for Geoscience
EE 102A: Signal Processing and Linear Systems I
EE 223: Applied Quantum Mechanics II
EE 235A: Analytical Methods in Biotechnology
EE 269: Signal Processing for Machine Learning
ENERGY 112: Exploring Geosciences with MATLAB
ENERGY 160: Uncertainty Quantification in Data-Centric Simulations
ENERGY 223: Subsurface Flow Simulation
FINANCE 350: Corporate Financial Modeling
MATH 113: Linear Algebra and Matrix Theory
MATH 131P: Partial Differential Equations
MATH 152: Elementary Theory of Numbers
MATH 205B: Real Analysis
MATH 53A: Differential Equations with Linear Algebra, Fourier Methods, and Modern Applications, ACE
ME 128: Computer-Aided Product Realization
ME 331A: Advanced Dynamics & Computation
ME 335A: Finite Element Analysis
ME 408: Spectral Methods in Computational Physics (CME 322)
MGTECON 634: Machine Learning and Causal Inference
MS&E 292: Health Policy Modeling
MS&E 346: Foundations of Reinforcement Learning with Applications in Finance
PHYSICS 112: Mathematical Methods for Physics
PHYSICS 113: Computational Physics
PHYSICS 266: Statistical Methods in Experimental Physics
STATS 221: Random Processes on Graphs and Lattices
STATS 261: Intermediate Biostatistics: Analysis of Discrete Data
STATS 300B: Theory of Statistics II
STATS 305B: Applied Statistics II
STATS 325: Multivariate Analysis and Random Matrices in Statistics

7.8 Seoul National University

Natural Sciences

Algebra

Real Analysis

Complex Analysis

Commutative Algebra

Functional Analysis

Differentiable Manifolds

Differential Geometry

Algebraic Geometry

Algebraic Topology

Operator Algebra

Analytic Functions of Several Variables

Algebraic Number Theory
Harmonic Analysis
Lie Algebra
Numerical Analysis
Lie Groups
Differential Topology
Geometric Topology
Theory of Complex Manifolds
Methods of Homological Algebra
Theory of Partial Differential Equations
Advanced Numerical Linear Algebra
Computational Number Theory
Computational Neuroscience
Dynamical Systems
Advanced Applied Mathematics
Theory of Approximations
Non-Deterministic Mathematics
Optimization Theory and Practice
Computational Molecular Phylogeny
Statistical Mechanics
Mathematical Physics
Applied Computational Physics
Probability Theory
Applied Statistics
Statistical Consulting and Practices
Advanced Statistical Methods
Theory of Statistics
Asymptotic Statistical Inference
Nonparametric Function Estimation
Advanced Survival Analysis
Advanced Methods in Data Mining
Advanced Bayesian Statistics
Advanced Biostatistics
Advanced Linear Models
Advanced Time Series Analysis
Advanced Regression Analysis
Advanced Experimental Design
Advanced Probability Theory
Advanced Nonparametric Statistics
Advanced Stochastic Processes
Categorical Data Analysis
Statistical Computing
Analysis of Repeated Measurements
Computational Chemistry
Bio-Robotics
Biomaterials Image Processing
Applications and Practice of Artificial Intelligence
Computational Biosystems Engineering

Computational Methods in Neuroimage Analysis
Neuroimage Processing
Statistical Methods in Neuroimage Analysis
Principles of Tomographic Neuroimages
Computational Solution of Continuum Mechanics
Application of Computational Fluid Dynamics

Engineering

Theory of Structural Optimization
Topics in Traffic Flow Theory
Computational Hydraulics
Statistical Hydrology
Advanced Nonlinear Structural Analysis
Advanced Structural Analysis
Stochastic Process
Design and Evaluation of HumanMachine Interface
Data Mining Technology
Nonlinear Programming
Topics in Computational Intelligence
Convex Optimization
Combinatorial Optimization Theory
Statistical Analysis of Technology Management
Decision Analysis
Industrial Neurocomputing
Combinatorial Optimization
Integer Programs
Computational Marine Hydrodynamics
Advanced Theories of Computational Mechanics
Simulation-based Design
Simulation-based Manufacturing Systems
Statistical Thermodynamics
Computer Application in Material Processes
Nonlinear Optical Engineering
Advanced Programming Methodology
Integer Optimization
Nonlinear Wave Theory
Computational Fluid Dynamics for Turbulent Ship Flows
Computer Simulation and Design
Multiscale Computational Fluid Dynamics
Numerical Analysis on Continuum Bodies
Numerical Analysis for Engineering Applications
Multiscale Simulation
Engineering Mathematics
Nuclear Systems Simulation
Geophysical Data Processing
Monte Carlo Methods
Numerical Analysis in Geophysics
Mathematical System Theory

Numerical Analysis in Petroleum Engineering
 Numerical Analysis in Rock Engineering
 Power System Application of Optimization Methods
 Power System Modeling and Simulation
 Machine Learning
 Geometric Modeling
 Natural Language Processing
 Artificial Neural Networks
 Genetic Algorithm
 Computer Vision
 Neural Network
 Modeling and Applied Dynamics
 Intelligent Robot and Applications
 Adaptive Signal Processing
 Speech Signal Processing
 Image Signal Processing
 Numerical Methods in Chemical Engineering
 Modelling and Simulation of Chemical Processes

Interdisciplinary Programs

Computational Neuroscience
 Parallel Scientific Computation
 Scientific Visualization
 Advanced Matrix Computation
 Numerical Methods for Partial Differential Equations
 Scientific Computational Modeling
 Topics in Advanced Scientific Computation
 Computational Models of Intelligence
 Biological Data Mining
 Biomedical Signal Analysis
 Advanced Nuclear Medicine Imaging
 Computational Modeling and Multidimensional Image Analysis of Biosystems
 Monte Carlo Application in Medicine

8 Akatemiaprofessuurit

Suomen Akatemia nimittää akatemiaprofessoreita huippuasiantuntijoille, jotka ovat tehneet merkittävää työtä kansainvälistä tunnustusta niittäen. Laskennallisiin tieteisiin liittyviä akatemiaprofessoreja on annettu seuraavasti.

Akatemiaprofessori	Yliopisto	Tutkimus	Kausi
Kari Rummukainen	Helsingin yliopisto	Teoreettinen fysiikka	1.1.2019-31.12.2023
Peter Liljeroth	Aalto-yliopisto	Teknillinen fysiikka	1.1.2019-31.12.2023

Matti Lassas	Helsingin yliopisto	Matematiikka	1.1.2019-31.12.2023
Pekka Lappalainen	Helsingin yliopisto	Kvantitatiivinen solubiologia	1.1.2019-31.12.2023
Tapio Salmi	Åbo Akademi	Reaktiotekniikka	1.1.2019-31.12.2023
Guoying Zhao	Oulun yliopisto	Konenäön ja signaalianalyysin tutkimuskeskus	1.9.2021 - 31.8.2026
Karri Muinonen	Helsingin yliopisto	Tähtitiede	1.9.2021 - 31.8.2026
Ari Laaksonen	Itä-Suomen yliopisto	Geotieteet	1.9.2021 - 31.8.2026
Jukka Jernvall	Helsingin yliopisto	Evolutiivinen kehitysbiologia	1.9.2021 - 31.8.2026
Otso Ovaskainen	Jyväskylän yliopisto	Ekologinen mallinnus	1.9.2021 - 31.8.2026

9 ERC-tutkijat

Euroopan tutkimusneuvosto eli ERC myöntää rahoituksia poikkeukselliselle tutkimukselle ja kolmen pääryhmän mukaan: lupaaville nuorille tutkijoille (Starting Grant), 7-12 vuotta tutkimusta tehneille, vakiintuneille tutkijoille (Consolidator Grant) ja edistyneille, alansa huipputekijöille (Advanced Grant). Laskennallisiin tieteisiin liittyviä ERC-tutkijoita on seuraavia.

TITLE	NAME	Yliopisto	Laitos	kausi
Professori	Risto Ilmoniemi	Aalto-yliopisto	Neurotieteen ja lääketieteellinen tekniikka	2019-2026
Apulaisprofessori	Matti Kummu	Aalto-yliopisto	Vesitekniikka	2019-2024
Associate Professor	Maarit Käpylä	Aalto-yliopisto	Tietotekniikka	2019-2024
Associate Professor	Jaakko Lehtinen	Aalto-yliopisto	Tietotekniikka	2020-2025
Associate Professor	Mikko Möttönen	Aalto-yliopisto	Teknillinen fysiikka	2017-2021
Associate Professor	Miina Rautiainen	Aalto-yliopisto	Rakennettu ympäristö	2018-2023
Professori	Kari Astala	Aalto-yliopisto	Matematiikka	2019-2024

Professori	Pertti Hakonen	Aalto-yliopisto	Teknillinen fysiikka	2016-2021
Professori	Jukka Pekola	Aalto-yliopisto	Teknillinen fysiikka	2017-2022
Associate Professor	Mika Sillanpää	Aalto-yliopisto	Teknillinen fysiikka	2021-2026
Professori	Zhipei Sun	Aalto-yliopisto	Fotoniikka	2019-2024
Emeritusprofessori	Grigory Volovik	Aalto-yliopisto	Fysiikka	2016-2021
Apulaisprofessori	Parinya Chalermsook	Aalto-yliopisto	Tietotekniikka	2018-2023
Professori	Lauri Parkkonen	Aalto-yliopisto	Neurotieteet	2016-2021
Tutkimusjohtaja	Jouko Väänänen	Helsingin yliopisto	Matematiikka	2021-2026
Professori	Markku Kulmala	Helsingin yliopisto	Ilmakehätieteet	2017-2022
Professori	Antti Kupiainen	Helsingin yliopisto	Matematiikka	2017-2022
Professori	Hanna Vehkamäki	Helsingin yliopisto	Ilmakehätieteet	2016-2021
Professori	Peter Johansson	Helsingin yliopisto	Avaruustieteet	2019-2024
Associate professor	Emilia Kilpua	Helsingin yliopisto	Avaruustieteet	2017-2022
Professori	Tuomo Kuusi	Helsingin yliopisto	Matematiikka	2019-2024
Professori	Minna Palmroth	Helsingin yliopisto	Avaruustieteet	2016-2022
Associate professor	Aleksi Vuorinen	Helsingin yliopisto	Fysiikka	2017-2022
Apulaisprofessori	Federico Bianchi	Helsingin yliopisto	Fysiikka	2020-2024
Associate Professor	Enrico Di Minin	Helsingin yliopisto	Geotieteet	2019-2024
Associate professor	Mikko Sipilä	Helsingin yliopisto	Ilmakehätieteet	2017-2022

Akatemiatutkija	Alexandru Tomescu	Helsingin yliopisto	Bioinformatiikka	2020-2025
Akatemiaprofessori	Otso Ovaskainen	Jyväskylän yliopisto	Ekologinen mallinnus	2020-2026
Apulaisprofessori, akatemiatutkija	Juha Muhonen	Jyväskylän yliopisto	Fysiikka	2019-2024
Professori	Carlos Salgado	Jyväskylän yliopisto	Yoctosecond imaging	2019-2024
Apulaisprofessori	Anu Kankainen	Jyväskylän yliopisto	Fysiikka	2018-2023
Professori	Mikko Salo	Jyväskylän yliopisto	Matematiikka	2018-2023
Professori	Heikki Tuononen	Jyväskylän yliopisto	Kemia	2018-2023
Akatemiatutkija	Enrico Le Donne	Jyväskylän yliopisto	Matematiikka	2017-2022
Professori	Tuomas Lappi	Jyväskylän yliopisto	Fysiikka	2016-2021
Akatemiatutkija	Paavo Rasilo	Tampereen yliopisto	Sähkötekniikka	2019-2025
Tenure track -professori	Billy Brumley	Tampereen yliopisto	Tietotekniikka	2018-2023
Professori	Laura Elo	Turun yliopisto	Biomatematiikka	2016-2021
Apulaisprofessori	Tanja Tarvainen	Itä-Suomen yliopisto	Fysiikka	2021-2026
Professori	Steven LaValle	Oulun yliopisto	Perception Engineering	2021-2026
Akatemiatutkija	Ville-Veikko Telki	Oulun yliopisto	Fysiikka	2018-2023
Professori	Cecilia Sahlgren	Åbo Akademi	Solubiologia	2017-2022

Informaatioteknologian tiedekunnan julkaisu
No. 92/2021

ISBN 978-951-39-8984-2 (painettu)
ISBN 978-951-39-8985-9 (verkkopainos)



JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO