



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

JOHANNA VAINIO
MATEMATIIKAN OPPIMISEN TUKEMINEN YLIOPISTOISSA
Diplomityö

Tarkastaja: professori Seppo Pohjo-
lainen
Tarkastaja ja aihe hyväksytty
Luonnontieteiden tiedekuntaneuvos-
ton kokouksessa 14. elokuuta 2013

TIIVISTELMÄ

TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Teknis-luonnontieteellinen koulutusohjelma

VAINIO, JOHANNA: Matematiikan oppimisen tukeminen yliopistoissa

Diplomityö, 64 sivua, 11 liitesivua

Elokuu 2013

Pääaine: Matematiikka

Tarkastaja: Professori Seppo Pohjolainen

Avainsanat: Matematiikan oppimisen tukeminen, Matematiikan tukikeskus

Matematiikan perustaitojen heikentyminen on saanut yliopistot ympäri maailmaa ryhtymään toimenpiteisiin, joilla tilanne saataisiin korjattua. Matemaattisen osaamisen heikkoudet periytyvät yliopistoihin jo peruskouluista ja lukio-opinnoista. Monesti opiskelijat kokevat korkeakoulumatematiikan ja lukiomatematiikan välillä kuilun, joka vaikuttaa heidän opiskelumotivaatioonsa ja korkeakouluopintojen suorittamiseen. Yliopistot ovat vastanneet opiskelijoiden matemaattisten taitojen heikkoon osaamiseen erilaisilla tukitoimilla.

Tukitoimien vaikutusten arvioimiseksi työssä pyritään selvittämään kansallisten ja kansainvälisten tutkimusten avulla matematiikan oppimisen tukemisen vaikutuksia eri yliopistoissa sekä kartoittamaan yliopistoissa käytettäviä eri tukimuotoja. Matematiikan tuen tarpeen taustalla näyttää olevan riittävän osaamisen takaaminen toisen asteen koulutuksessa, joka luo kuilua opiskelijan siirtymisessä koulumatematiikasta yliopistomatematiikkaan. Toisaalta myös koulumatematiikan, jolla tarkoitan toisen asteen matematiikan opintoja, ja korkeakoulumatematiikan piirteet eroavat toisistaan, mikä aiheuttaa opiskelijoissa muun muassa motivaation puutetta. Lisäksi yliopistomatematiikan luonne vaatii opiskelijoilta erilaisten oppimisstrategioiden käyttöä kuin mihin he ovat koulumatematiikassa tottuneet.

Yliopistot ympäri maailmaa ovat lähteneet tukemaan opiskelijoitaan matematiikan opinnoissa. Monet yliopistot tarjoavat tukea jo ennen opiskelijan siirtymistä yliopistopintoihin. Niin kutsutut siltakurssit pyrkivät tarjoamaan opiskelijoille valmiudet, joita he yliopisto-opinnoissaan tarvitsevat. Myös ensimmäisenä opiskeluvuonna tarjotaan erilaisia kursseja, joiden avulla opiskelijat oppivat tarvittavia oppimisstrategioita ja saavat käytännön tekemisen kautta motivaatiota matematiikan opiskeluun sekä kokemusta siitä, miten matematiikan työkalut voivat edistää tieteiden välistä oppimista. Jatkuvan tuen antamisen takaamiseksi yliopistot ovat lähteneet perustamaan matematiikan oppimisen tukikeskuksia, jotka tarjoavat monipuolisia tukipalveluja opiskelijoille riippumatta heidän taitotasostaan tai opiskeluvuodestaan.

Hyvin vähän on tutkimuksia siitä, kuinka matematiikan tuki vaikuttaa opiskelijoiden valmistumiseen ja ovatko yliopistot onnistuneet kuroma umpeen kuilua koulumatematiikan ja korkeakoulumatematiikan välillä. Toisaalta yhä tiiviimpi yhteistyö toisen asteen koulutuksen ja korkeamman asteen koulutuksen välillä näyttäisi edesauttavan matematiikan opiskelijoiden pehmeää siirtymistä koulusta korkeakouluopintoihin ja mahdollisesti vähentäisi tuen tarvetta sekä lisäisi motivaatiota korkeakoulumatematiikan opinnoissa.

ABSTRACT

TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Master's Degree Programme in Science and Engineering

VAINIO, JOHANNA: Mathematics Learning Support in Universities

Master of Science Thesis, 64 pages, 11 Appendix pages

August 2013

Major: Mathematics

Examiner: Professor Seppo Pohjolainen

Keywords: Mathematics learning support, Mathematics learning center

The decline of basic mathematics skills has impacted universities around the world to take steps to have the situation corrected. Weaknesses in mathematical skills have inherited from school studies to the university studies. In many cases, students experience gap between university mathematics and high school mathematics, which affects their learning motivation and earning credits in their higher education studies. Universities have responded to students' poor mathematical skills, through various interventions.

To evaluate remedial activities, this study aims to clarify with the help of national and international studies the effects of mathematics learning support in universities and colleges and to identify the different types of support. In the background of mathematics support appears to be insufficient actions in secondary education to guarantee the competencies needed in postsecondary education, which creates a gap between the student's transition from school mathematics to university mathematics. On the other hand the school mathematics, by which I mean secondary mathematics courses, differs from university mathematics causing, among other things, a lack of motivation in students. In addition, the nature of university mathematics requires students to use different learning strategies than what they are accustomed to school mathematics.

Universities around the world have started to support students in their studies of mathematics. Many universities offer support already before the student's transition to university studies. The so-called bridge courses aim to provide students with the skills they need for university studies. Also in the first academic year universities offer a variety of courses to help students learn the necessary learning strategies and get motivation by practise in their mathematics studies, as well as experience of how math tools can advance interdisciplinary learning. To ensure ongoing support universities have started to set up a mathematics learning support centers, which offer a wide range of support services to students, regardless of their level of studies or academic year.

There were very few studies of how mathematics help affects students' graduation rates and whether universities succeeded in bridging the gap between school mathematics and university mathematics. On the other hand an ever-closer co-operation between secondary education and higher education sectors appear to contribute to math students' soft transition from school to higher education, and possibly reduce the need for support, and increase the motivation in university mathematics studies.

ALKUSANAT

Tämä työ on tehty Tampereen teknillisen yliopiston matematiikan laitoksella. Tehdesäni työtä pääsin tutstumaan matematiikan tukemiseen ja haasteisiin yliopisto-opinnoissa sekä matematiikan opetukseen liittyviin kysymyksiin kansainvälisesti.

Haluan kiittää työn tarkastajaa professori Seppo Pohjolaista kaikesta avusta ja palautteesta sekä näkökulmista aiheeseen. Lisäksi haluan kiittää perhettäni ja Jumalaa kaikesta saamastani tuesta työn aikana.

Tampereella 23.8.2013

Johanna Vainio

SISÄLLYS

1	Johdanto	1
2	Korkeakoulumatematiikan tukeminen Suomessa	3
2.1	Matematiikan oppimisen kehittämässä mukana olevat tahot	5
2.1.1	MAOL ry ja Dimensio	5
2.1.2	LUMA-ohjelma	5
2.2	Suomen korkeakoulujen tukitoimet	6
2.2.1	Perustaitotesti	7
2.2.2	Opiskelijaprofiilit	7
2.2.3	Matematiikkajumppa	8
2.2.4	Matematiikkaklinikka ja laskutupa	9
2.2.5	Sosiaalinen media tukena opinnoissa	9
2.2.6	Matematiikan verkkotehtävät	10
2.2.7	Matematiikan kielentäminen	10
2.2.8	Matemaattisen mallinnuksen opiskelu	11
3	Korkeakoulumatematiikan tukeminen Isossa-Britanniassa	12
3.1	Koulutusjärjestelmä	12
3.2	Matematiikan tuen tarpeen taustaa	13
3.3	Mitä on matematiikan tuki?	14
3.4	Yliopistojen eri tukimuodot	14
3.4.1	Matematiikan tukikeskukset	14
3.5	Matematiikan tuen eri toimijat	17
3.5.1	Sigma-verkosto	18
3.5.2	Mathcentre	18
3.5.3	Maths, Stats & OR Network	18
3.6	Matematiikan tuen tilanne tällä hetkellä	19
3.7	Tutkimusmenetelmät	19
3.8	Tutkimuksen tulokset	20
3.8.1	Matematiikan tuen tarjonta yliopistoissa	20
3.8.2	Millaista tukea yliopistot tarjoavat	22
3.8.3	”Highly Visible” -tukikeskukset	26
3.8.4	Julkaisuja	27
3.8.5	Tutkimuksen yhteenveto	28
3.9	Mitä vaikutuksia tukikeskuksilla on ollut yliopisto-opintoihin?	28
4	Korkeakoulumatematiikan tukeminen Yhdysvalloissa ja näkökulmia Kanadasta	30
4.1	Koulutusjärjestelmä	30
4.2	Taustaa matematiikkakuilusta	31
4.3	Yliopisto-opintoihin valmistavat kurssit	32
4.3.1	Esimerkki Summer Bridge Program kesäohjelmasta	33
4.4	Tukikurssien vaikutukset opintojen suorittamiseen	34
4.5	Yliopistojen tukimuodot	35

4.5.1	Ajanvarauksella toimiva tukipalvelu	35
4.5.2	Henkilökohtainen tukeminen	35
4.5.3	Poikkeapaikalle tuki	35
4.5.4	Tukea ryhmissä	36
4.5.5	Workshops	36
4.5.6	Exam Reviews	36
4.5.7	Verkkopohjainen tukeminen	36
4.6	Esimerkki matematiikkakeskuksista	37
5	Korkeakoulumatematiikan tukeminen Saksassa	38
5.1	Koulutusjärjestelmä	38
5.2	Miksi tukea tarvitaan?	39
5.3	Miten Saksa vastasi kansainväliseen ongelmaan?	39
5.4	KHDM-osaamiskeskus	40
5.4.1	KHDM-projekteja	41
5.5	MP ² -projekti	43
5.6	MathePlus	43
5.6.1	SLG- ja SDG-ryhmä	44
5.6.2	Tulokset	44
5.6.3	Yhteenveto	45
5.7	MathePraxis	46
5.7.1	Osallistujat	46
5.7.2	Projektin rakenne	47
5.7.3	Kyselylomake opiskelijoiden motivaatiosta	48
5.7.4	Tulokset	49
5.7.5	Yhteenveto	50
5.8	MP ² -projektin vaikutukset	51
6	Yhteenveto ja päätelmiä	52
	Lähteet	57
	Liite 1: Hähköniemi et al. tutkimuksen materiaali	65
	Liite 2: Ison-Britannian tutkimuksessa olleet yliopistot	66
	Liite 3: Matematiikan tukimuodoista yliopistojen internet-sivuilla Isossa-Britanniassa	67
	Liite 4: Yliopistojen julkaisuja matematiikan tukemisesta Isossa-Britanniassa	70
	Liite 5: Julkaisuja Yhdyvalloista	73
	Liite 6: Eri maiden tukikeskuksien internet-sivuja	74
	Liite 7: Ulkoisia tukipalveluja ja materiaalia	75

TERMIT JA NIIDEN MÄÄRITELMÄT

AS/A-level	Ison-Britannian yliopistokoulutukseen valmistava Advanced Level niminen kaksivuotinen ohjelma, joka vastaa Suomen lukio-koulutusta.
CETL	Centre for Excellence in Teaching and Learning.
Dimensio	Lehti, MAOL ry:n tärkeä tiedotuskanava, ajankohtaista tietoa matemaattis-luonnontieteellisistä aineista, koulutuspolitiikasta, alan opetuksesta ja liiton toiminnasta
GCSE	Isossa-Britanniassa suoritettava General Certificate of Secondary Education, jonka aikana opiskelijat opiskelevat 11 valitsemaansa ainetta ja suorittavat GCSE kokeet, jonka jälkeen oppilaat voivat jatkaa A-level koulutukseen.
HE Stem	Higher Education ohjelma.
JAMK	Jyväskylän ammattikorkeakoulu (tekniikan ja liikenteen ala)
JYU	Jyväskylän yliopisto
K-12	Yhdysvalloissa ja Kanadassa käytetty termi tarkoittamaan opiskeluvuotia ennen korkeakouluopiskelua.
KHDM	Kompetenzzentrum Hochschuldidaktik Mathematik osaamiskeskus.
LIMA	Opetussuunnitelman uudistusprojekti: LehrInnovation in der Studieneingangsphase, Mathematik im Lehramtsstudium - Hochschuldidaktische Grundlagen, Implementierung und Evaluation.
LTSN	Learning and Teaching Support Network.
LUMA-keskus	Helsingin yliopiston matemaattisluonnontieteellisen tiedekunnan koordinoima sateenvarjo-organisaatio koulujen, korkeakoulujen, yliopistojen ja elinkeinoelämän yhteistyöllle, jonka tavoitteena on luonnontieteiden, matematiikan, tietotekniikan ja teknologian oppimisen, opiskelun ja opetuksen edistäminen kaikilla tasoilla.
MAOL ry	Matemaattisten Aineiden Opettajien Liitto
MathBridge	Yleiseurooppalainen verkkopohjainen e-oppimisympäristö koulumatematiikan ja yliopistomatematiikan kuilun kuromiseen.
Mathcentre	Kansallinen internet-sivusto matematiikan tukemiseen tarjoten materiaalia GCSE tasolta yliopistomatematiikan tasolle saakka.

MathePlus	MP ² -projektin ensimmäinen osa, jossa autetaan opiskelijoita, joilla on vaikeuksia siirryttäessä koulumatematiikasta yliopistomatematiikkaan.
MathePraxis	MP ² -projektin toinen osa, jolla pyritään saada opiskelijat huomaamaan opetettavien matematiikan metodien ja todellisten teknisten sovellusten välinen yhteys.
MG	MP ² -projektin MathePlus-hankkeen kontrolliryhmä, Monitored Group.
MINT	Mathematik, ingenieur-, naturwissenschaften und technik, luonnontieteet.
MP ² -projekti	Saksassa käynnistetty MAthe/Plus/Praxis projekti ensimmäisen vuoden opiskelijoiden insinööriopintojen tukemiseen.
MSOR	Maths, Stats & OR Networkin päätavoitteena on tukea korkeakouluja ja kehittää opiskelijoiden oppimista.
SDG	MathePlus-hankkeen yksi tutkimusryhmä: Self-Directed Group.
Sigma-network	Sigma-network for excellence in mathematics and statistics support.
SLG	MathePlus-hankkeen yksi tutkimusryhmä: Supported Learning Group.
STEM	Science, technology, engineering, mathematics, luonnontieteet.
TKK	Teknillinen korkeakoulu (sähkö- ja tietoliikennetekniikan osasto)
VEMA	Virtuelles Eingangstutorium Mathematik hanke kehittämään multimediaresursseja siltakursseille.
VROC	Virtual Research on Call.

1 JOHDANTO

Matematiikan osaaminen on länsimaissa viime vuosikymmeninä heikentynyt. European Society of Engineering Education (SEFI) raportin (2002, s. 3-4) mukaan ilmiö on yleinen Euroopassa ja yliopistot ympäri maailmaa ovat havainneet opintonsa aloittavien opiskelijoiden osaamisen heikentymisen ja ovat ryhtyneet toimenpiteisiin tilanteen korjaamiseksi. Tämä maailmalla näkyvä suuntaus ilmenee myös Suomessa. Yliopistoissa on huomattu, että lukion jälkeen teknillisille aloille opiskelemaan hakeutuvista opiskelijoista läheskään kaikki eivät ole omaksuneet tarvittavia matematiikan taitoja. (Silius et al. 2011, s. 2)

Opiskelijoiden matematiikan osaamisen heikentymisen myötä yliopistot ovat ryhtyneet tukitoimiin tilanteen korjaamiseksi ympäri maailmaa. Yleisimmät toimenpiteet ovat kurssien keventäminen ja mukauttaminen opiskelijoiden taitotasoon, lisäkurssien ja tukimateriaalien kehittäminen sekä matematiikan tukikeskusten perustaminen. Joissakin yliopistoissa ei kuitenkaan tehdä asialle mitään. (SEFI 2002, s. 4)

Jokaisella toimenpiteellä on omat heikkoutensa. Kurssien keventäminen saattaa auttaa heikompia opiskelijoita kurssisuorituksissa, mutta korkeamman tason materiaalin poistaminen johtaa hyvien opiskelijoiden osaamisen huononemiseen ja antaa heille huonommat valmiudet haastavammille ja analyttisemmille osille heidän insinööriopinnoissaan. Tarjoamalla lisätukea opiskelijoille korkeamman tason materiaalia ei tarvitse poistaa, mutta lähestymistavalla on monia muita käytännön ongelmia. Ideaalissa tilanteessahan opiskelijat hallitsevat matematiikan perusmateriaalin ennen ”normaalin” matematiikan kurssin aloittamista, mutta siihen ei ole aikaa. On olemassa myös poliittinen kysymys siitä, kenen tulisi maksaa tästä ylimääräisestä tuesta: opiskelijoiden, tekniikan laitosten vai matematiikan laitoksen. (SEFI 2002, s. 4)

Matematiikan tukikeskukset ovat normaalin kurssijärjestelmän ulkopuolista toimintaa. Keskukset tarjoavat opiskelijoille, jotka kohtaavat hankaluuksia opinnoissaan, lisämateriaalia ja lisätukea. Kuitenkin on tunnettua heidän keskuudessaan, jotka työskentelevät tällaisissa keskuksissa, että tukikeskukset eivät tavoita ongelman juurta. Heikommat valmiudet omaavat opiskelijat tarvitsevat systemaattisen opiskeluohjelman, jotta heille voitaisiin tarjota johdonmukainen kokonaiskuva matematiikasta, eikä vain palasia täyttämään aukkoja. Jotkin aukot ovat perustavanlaatuisilla alueilla. Esimerkiksi monet opiskelijat eivät osaa suorittaa murtolaskuja, mutta heidän kuitenkin odotetaan pystyvän tekemään osamurtokehitelmiä, jotta he voisivat määrittää integraaleja ja käänteisiä Laplace muunnoksia. (SEFI 2002, s.4)

Vaihtoehto, jossa yliopistot eivät ryhdy mihinkään toimiin takaa opintojen muuttumattomuuden, sillä opinto-oppaan sisältöön ei tehdä muutoksia ja arviointi ei muutu.

Tuloksena on kuitenkin yhä kasvava epäonnistuminen, kun enemmän ja enemmän opiskelijoita ei pysty suoriutumaan materiaalista, jota heille tarjotaan (SEFI 2002, s. 5)

Opiskelijat, jotka tarvitsevat eniten apua, ovat hankalassa asemassa. Matemaattisten heikkouksien vuoksi, heidän tarvitsee käyttää merkittävä määrä aikaa joko opiskellaan ylimääräisiä kursseja tai käyttäköseen matematiikan tukikeskuksen palveluja saadaakseen apua puutosten korjaamiseen. Kuitenkin näiden heikkouksien vuoksi, he pitävät monia muita insinööriopintojensa kursseja vaikeina ja siispä he tarvitsevat enemmän aikaa pysyäköseen mukana näissä aineissa. Tämän seurauksena he tuntuvat pitävän saamaansa matematiikan lisätukea tapana käsitellä ongelmakohtia erillisinä ongelmina, eikä niinkään tarkoituksena rakentaa johdonmukaista matemaattista perustaa. (SEFI 2002, s. 5)

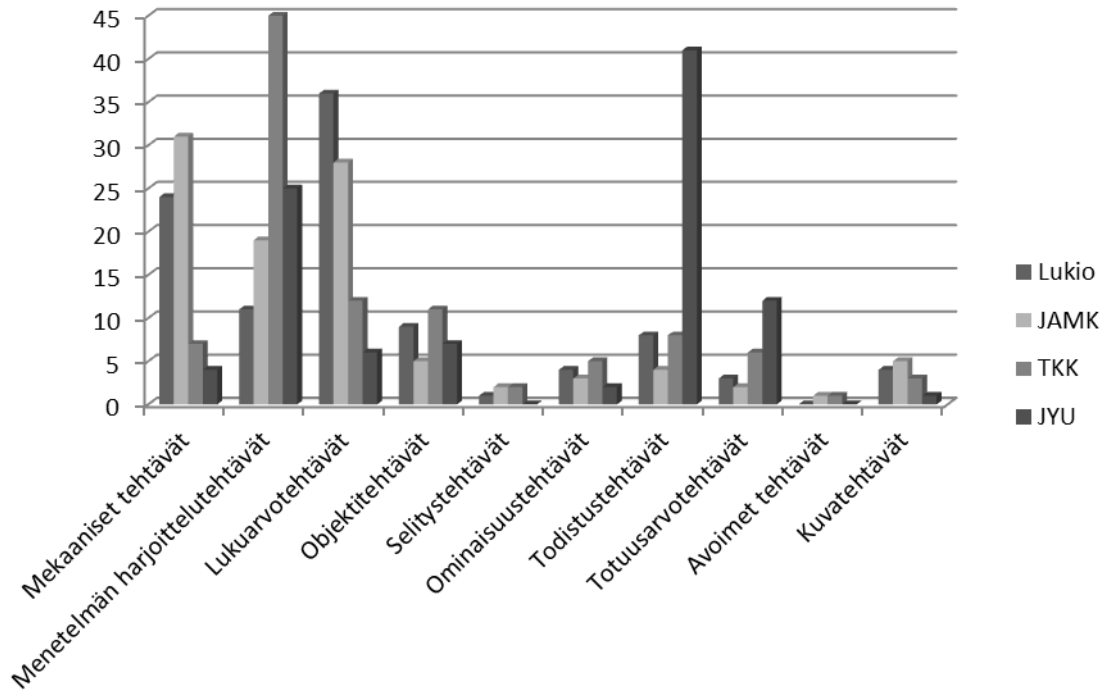
Tekstissäni keskityn tutkimaan, miten yliopistot sekä muut korkeakoulut kansainvälisesti ovat ryhtyneet tukemaan opiskelijoita erilaisten lisäkurssien, projektien ja hankkeiden sekä tukikeskusten avulla. Pyrin antamaan myös tietoa siitä, mitä vaikutuksia kyseisillä tukimuodoilla on ollut niin opiskelijan kuin tukijan näkökulmasta. En pyri antamaan tarkkaa kuvaa tukitoimien laajuudesta, vaan tarkoituksena on kuvailla eri tukitoimia kansainvälisesti ja niiden vaikutuksia sekä välittää tietoa julkaisuista koskien tukipalveluita keskittyen kuitenkin Suomen, Ison-Britannian, Yhdysvaltojen ja Kanadan sekä Saksan antamiin esimerkkeihin. Tekstini viimeisessä luvussa pyrin kokoamaan yhteen tutkimieni maiden tutkimuksien tuloksia ja tekemään päätelmiä niistä sekä pohtimaan, miten Suomen ja erityisesti Tampereen teknillisessä yliopistossa tulisi järjestää matematiikan oppimisen tukea.

2 KORKEAKOULUMATEMATIIKAN TUKEMINEN SUOMESSA

Matematiikka on luonnontieteiden ja tekniikan alojen perusta ja tärkeä osa näiden opintoja, matematiikkaa tarvitaan myös muiden aineiden kuin matematiikan opinnoissa. Luonnontieteiden ja tekniikan alojen merkittävyys on suuri, mikä ilmenee siitä, että ammattikorkeakoulujen tekniikan ja liikenteen ala on määrällisesti suurin. Myös yliopistoissa suurimmat alat ovat teknillistieteellinen ja luonnontieteellinen ala. (Hähkiöniemi et al. 2004, s.10) Koska Suomessa teknilliset yliopisto-opinnot ovat pääsääntöisesti suunniteltu siten, että niiden pohjana on pitkän matematiikan riittävä hallinta, niin matematiikan osaaminen on perusedellytys teknillisen alan opinnoissa etenemiselle. Opiskelijoiden heikot taidot matematiikassa hidastavatkin heidän opintojaan. (Silius et al. 2011, s.242)

Jyväskylän yliopiston tekemässä tutkimuksessa (Hähkiöniemi et al. 2004, s.11) ilmenee, kuinka pitkän matematiikan kirjoittajia on vähän verrattuna korkeakoulujen tekniikan ja luonnontieteiden alalla opiskelupaikan vastaanottaneisiin. Pitkän matematiikan kirjoittaneita ei siis riitä kaikille matemaattisille korkeakoulualoille. Osa opiskelijoista onkin suorittanut lukion lyhyen matematiikan tai ei lukiota lainkaan. Tämä ja heikko pitkän matematiikan hallinta luovat kuilua lukio- ja korkeakoulumatematiikan välille ja luovat tarpeen matematiikan opintojen tukemiseen korkeakouluissa. Toisaalta lukion pitkän matematiikan ja korkeakoulujen matematiikan tehtävien laadun yhteensopivuudella on myös vaikutus opiskelijoiden matematiikan osaamiseen korkeakouluissa ja heidän motivaatioonsa matematiikan opinnoissa. Seuraava tutkimus havainnollistaa edellä mainittua tilannetta Suomessa.

Hähkiöniemi et al. (Hähkiöniemi et al. 2004, s.50-68) tutkivat lukion pitkän matematiikan ja korkeakoulujen matematiikan tehtävien välistä yhteensopivuutta. Tutkimuksessa jaotellaan lukion pitkän matematiikan, Jyväskylän ammattikorkeakoulun tekniikan ja liikenteen alan (JAMK), Teknillisen korkeakoulun sähkö- ja tietoliikennetekniikan osaston (TKK) sekä Jyväskylän yliopiston (JYU) matematiikan tehtävät kymmeneen eri luokkaan tehtävätyypeittäin. Liitteeseen 1 on koottu tutkimuksessa käytetyt kirjat jokaisesta koulusta. Tehtävät jaoteltiin seuraaviin tehtäväluokkiin: mekaaniset tehtävät, menetelmän harjoittelu-, lukuarvo-, objekti-, selitys-, ominaisuus-, todistus-, totuusarvo-, kuvatehtävät sekä avoimet tehtävät. Seuraavassa kuvassa 2.1 on esitetty matematiikan opintojen harjoitustehtävien prosenttijakaumat edellä mainituissa tehtäväluokkissa.



Kuvio 2.1. Lukion pitkän matematiikan, Jyväskylän ammattikorkeakoulun tekniikan ja liikenteen alan (JAMK), Teknillisen korkeakoulun sähkö- ja tietoliikenneosaston (TKK) ja Jyväskylän yliopiston matematiikan laitoksen (JYU) matematiikan opintojen harjoitustehtävien prosenttijakaumat eri tehtäväluokissa (Hähkiöniemi et al. 2004, s. 66).

Kuvasta 2.1 nähdään, että suurimmat erot oppilaitosten tehtävissä ovat mekaanisissa tehtävissä, menetelmän harjoittelu-, lukuarvo- ja todistustehtävissä. Lisäksi jokaisen oppilaitoksen tehtävät edustavat selkeästi muita paremmin jotakin näistä neljästä tehtäväluokasta. Lukiossa on eniten lukuarvot tehtäviä, JAMK:ssa mekaanisia tehtäviä, TKK:ssa menetelmän harjoittelutehtäviä ja JYU:ssa todistustehtäviä. Kuitenkin lähinnä lukion tehtäväjakaumaa näyttää olevan JAMK:n jakauma.

Tehtäväluokittelun perusteella tutkittujen oppilaitosten matematiikan tehtävät poikkeavat huomattavasti toisistaan. Lukion pitkässä matematiikassa harjoitellaan etsimistyypistä ajattelua ratkaisemalla ongelmia, joiden vastauksena on yksittäinen lukuarvo sekä opetellaan laskusääntöjä ja hankitaan laskurutiinia mekaanisissa tehtävissä. JAMK:n matematiikan tehtävissä harjoitellaan lukiota enemmän laskusääntöjä ja menetelmiä sekä painotetaan soveltamista. TKK:n tehtävissä keskitytään matemaattisten menetelmien harjoitteluun, mutta soveltamista ongelmiin ei painoteta yhtä paljon kuin lukiossa ja JAMK:ssa. Yliopiston matematiikan tehtävissä painotetaan todistamisajattelua huomattavasti enemmän kuin muissa oppilaitoksissa. Yliopiston todistustehtävien suhteellinen osuus on lähes kuusinkertainen verrattuna lukion tehtävien vastaavaan osuuteen. Mekaanisten tehtävien ja lukuarvot tehtävien kohdalla tilanne on taas päinvastainen. (Hähkiöniemi et al. 2004, s. 111)

Lukion pitkä matematiikka eroaa huomattavasti korkeakoulujen matematiikasta. Eri-laisuus ei kuitenkaan yksinään tarkoita, ettei se antaisi hyviä edellytyksiä opiskelulle korkeakouluissa. Esimerkiksi ilman mekaanisissa tehtävissä harjoiteltavaa peruslasku-taitoa on yliopistojen monimutkaisten matemaattisten menetelmien ja teorian opettele-minen vaikeaa. Jos kuitenkin oppilaitosten välittämät matematiikkakäsitykset ovat aivan erilaiset, saattaa se aiheuttaa opiskelijalle hämmennystä ja vaikuttaa muun muassa opis-kelijan motivaatioon. (Hähkoniemi et al. 2004, s. 111–112)

2.1 Matematiikan oppimisen kehittämisessä mukana ole-vat tahot

Matematiikan merkitys nyky-yhteiskunnassa on merkittävä ja kasvaa matemaattis-luonnontieteellisten menetelmien käytön lisääntyessä monilla elämänalueilla (MAOL ry). Tarkastelen tässä luvussa muutamia Suomessa toimivia toimijoita, joiden tavoitteena on kehittää ja ylläpitää hyvää matematiikan osaamista Suomessa. Tarkestelen seuraavaksi seuraavia toimijoita: LUMA-ohjelma, Matemaattisten Aineiden Opettajien Liitto MAOL ry sekä Dimensio lehti.

2.1.1 MAOL ry ja Dimensio

Matemaattisten Aineiden Opettajien Liitto MAOL ry on pedagoginen ainejärjestö, joka työskentelee matemaattis-luonnontieteellisen kulttuurin ja osaamisen puolesta suomalaisessa yhteiskunnassa. Liiton päämääränä on tarjota hyvää jäsenpalvelua, turvata opetuksen taso ja tukea matemaattis-luonnontieteellistä osaamista. Liitto harjoittaa julkaisu- ja koulutus- sekä tiedotustoimintaa. (MAOL ry)

Liiton pedagoginen toiminta keskittyy matematiikassa uusien opetussuunnitelmien seuraamiseen niiden käyttöönotossa matematiikan opetuksessa. Tavoitteena on myös lisätä matematiikassa käytettävien opetusvälineiden pedagogisesti järkevää käyttöä sekä nykyaikaisen tieto- ja viestintätekniikan soveltamista opetukseen. Liitossa kannustetaan perehtymään uusiin opetus- ja arviointimenetelmiin ja käyttämään niitä sekä vaikuttamaan ratkaisuihin, jotka lisäävät pitkän matematiikan valintoja lukiossa. (MAOL ry)

Dimensio lehti on MAOL ry:n tärkeä tiedostuskanava sekä jäsenille että ulkopuolil-lille lukijoille yhdessä LUMA-toiminnan kanssa. Lehti sisältää ajankohtaista tietoa ma-temaattis-luonnontieteellisistä aineista, koulutuspolitiikasta, alan opetuksesta ja liiton toiminnasta. (MAOL ry)

2.1.2 LUMA-ohjelma

LUMA-projekti oli matematiikan ja luonnontieteiden opetuksen kehittämisprojekti Ope-tushallituksessa vuosina 1996 - 2002. Projekti oli osa opetusministeriön koordinoimaa valtakunnallista kehittämisohjelmaa, jonka tarkoituksena oli nostaa suomalaisten mate-matiikan ja luonnontieteiden osaaminen kansainväliselle tasolle. Vuonna 2003 kehitys-työ jatkui nimellä Matematiikan ja luonnontieteiden kehittämisohjelma tavoitteena edel-

leen matematiikan ja luonnontieteiden opetuksen ja osaamistason nostaminen ja kiinnostuksen herättäminen matematiikan ja luonnontieteiden opiskelua kohtaan. LUMA-hanke päättyi vuoden 2003 lopussa, mutta kehittämistyö jatkuu edelleen valtakunnallisessa LUMA-keskuksessa. (Opetushallitus, 2010)

Valtakunnallinen LUMA-keskus on Helsingin yliopiston matemaattis-luonnontieteellisen tiedekunnan koordinoima sateenvarjo-organisaatio koulujen, korkeakoulujen, yliopistojen ja elinkeinoelämän yhteistyölle, jonka tavoitteena on luonnontieteiden, matematiikan, tietotekniikan ja teknologian oppimisen, opiskelun ja opetuksen edistäminen kaikilla tasoilla. LUMA-keskus tarjoaa lapsille ja nuorille muun muassa kerhoja, kesäleirejä, nuorten tiedeklubeja, erilaisia verkkolehtiä sekä valtakunnallisen LUMA-viikon monipuolisine tapahtumineen. Keskus tarjoaa opettajille sekä opinto-ohjaajille kaikilla opetuksen asteilla muun muassa täydennyskoulutuksia, opetusmateriaalia, valtakunnalliset LUMA tiede- ja teknologiapäivät, LUMA Sanomat lehden, kysymys- ja keskustelupalstat ja resurssikeskusten oppiainekohtaiset palvelut. LUMA-keskuksen alaisuudessa toimii seitsemän resurssikeskusta, jotka sijaitsevat Helsingin yliopiston ainelaitoksella. Keskuksien tavoitteena on tukea opetusta ja innostaa luonnontieteiden ja matematiikan maailmaan oman alansa opettajia sekä koululaisia aina varhaiskasvatuksesta lukiolaisiin. Resurssikeskuksia ovat biologian BioPop, fysiikan F2k, kemian Kemma, maantieteen Geopiste, matematiikan Summamutikka, pedagogiikan LumO sekä tietojenkäsittelytieteen Linkki. (LUMA-keskus)

LUMA-verkostoon kuuluu Helsingissä toimivan valtakunnallisen LUMA-keskuksen lisäksi Espoossa toimiva LUMA-keskus Aalto, Joensuussa ja Kuopiossa toimiva Itä-Suomen yliopiston LUMA-keskus, Jyväskylässä toimivan Keski-Suomen LUMA-keskus, Oulussa toimiva OuLUMA, Tampereella toimiva LUMATE-keskus ja Åbon Resurscenter. Tampereella toimiva LUMATE-keskus (*LUonnontieteet, MATematiikka, TEknologia*) perustettiin keväällä 2011 ja sen perustajajäsenet ovat Tampereen teknillinen yliopisto (*TTY*), Tampereen yliopisto (*TaY*) Taloudellinen tiedotustoimisto, Tampereen kauppakamari, Tampereen Teknillinen Seura ry ja Teknologiateollisuus ry. Tampereen teknillisellä yliopistolla sijaitsevan keskuksen vaikutusalue ulottuu Pirkanmaan lisäksi Etelä-Pohjanmaalle ja Kanta-Hämeeseen. (LUMA-keskus; LUMATE-keskus)

2.2 Suomen korkeakoulujen tukitoimet

Matematiikan riittävä osaaminen on teknillisessä yliopistossa erityisen tärkeää, sillä opinnot on yleisesti suunniteltu siten, että pohjana on lukion pitkän matematiikan riittävä hallinta. Vuonna 2005 Tampereen teknillisessä yliopistossa 1023 aloittaneesta opiskelijasta vain hiukan yli puolet (57 %) oli suorittanut kaikki ensimmäisen vuoden pakolliset matematiikan opintojaksot neljän vuoden kuluessa (Silius et al. 2011, s. 249).

Suomessa Tampereen teknillisessä yliopistossa ja Aalto-yliopistossa on ryhdytty kehittämään matematiikan opetusta ja tukitoimia, koska lukiolaisten matematiikan taidot ja matemaattinen ajattelu, eivät vastaa kaikilta osin opetussuunnitelmien vaatimuksia.

Kehitettyjä tukitoimia ovat perustaitotesti, opiskelijoiden profilointi, matematiikkajumppa, matematiikkaklinikka ja laskutuvat, sosiaalinen media, verkkotehtävät, matematiikan kielentäminen sekä matemaattinen mallinnus. (Pohjolainen et al. 2013)

2.2.1 Perustaitotesti

Teknillisissä yliopistoissa aloittavat opiskelijat tekevät koulumatematiikan proseduraalista sujuvuutta mittaavan lähtötasotestin, jonka perusteella osa opiskelijoista ohjataan kertaamaan lukiotasoista matematiikkaa (Pohjolainen et al.). Proseduraalinen sujuvuus tarkoittaa matematiikassa erilaisten proseduurien sujuvaa hallintaa ilman taulukkokirjan tai graafisen laskimen antamaa ratkaisevaa apua. Proseduureja ovat esimerkiksi yhtälöiden ratkaisumenetelmät sekä funktioiden integrointi- ja derivointimenetelmät. Proseduraalinen sujuvuus on edellytyksenä kaiken tasoisten tehtävien ratkaisemiselle, sen hallinta vaatii muistamista ja harjoittelua, joka kehittää opiskelijan algoritmista ajattelua. (Silius et al. 2011, s.245-246)

Lähtötasotestauksen päämääränä on löytää ne opiskelijat, jotka tarvitsevat tukea pakkolisissa matematiikan opinnoissaan. Testissä opiskelijat ratkaisevat 16 lukion pitkän matematiikan eri osa-alueiden tehtävää. Tilastoinnin lisäksi tavoitteena on antaa opiskelijalle realistinen käsitys koulutusohjelman yleisestä vaatimustasosta ja siitä, mitkä aihealueet opiskelija hallitsee. Yhteenvedo testituloksista toimitetaan matematiikan peruskurssien opettajille ja koulutusohjelmien johtajille. Testin avulla voidaan myös kerätä pitkän aikavälin tietoa opiskelijoiden lähtötasosta ja siinä tapahtuvista muutoksista. Kerättyä tietoa käytetään hyväksi opetuksen suunnittelussa ja lukion opetussuunnitelmien ja yliopiston sisäänoton kaltaisten asioiden seurannassa. (Pohjolainen et al. 2013)

2.2.2 Opiskelijaprofiilit

Lähtötaitojen lisäksi opintomenestykseen vaikuttavat muun muassa asenteet. TTY:n opiskelijat profiloidaan matematiikan opiskelijoina osaajiin, omin päin opiskeleviin, pintasuuntautuneisiin mallista oppijoihin, vertaisoppijoihin ja tukea tarvitseviin. Osaajat suhtautuvat matematiikkaan positiivisesti ja heillä on myös positiivinen käsitys matematiikantaidoistaan. Osaajat pyrkivät syvälliseen oppimiseen ja käyttävät ulkolukua vähän opiskelussa, he eivät pidä kopiointia ja esimerkkejä niin tärkeinä kuin muut ryhmät. Osaajat ovat myös sinnikkäitä, eivätkä luovuta helpolla. (Pohjolainen et al. 2013)

Kuten osaajilla, myös omin päin opiskelevilla on positiivinen käsitys omasta osaamisestaan. He eivät myöskään turvaudu ulkolukuun, kopiointiin ja pinnalliseen opiskeluun. He eivät kuitenkaan suhtaudu matematiikan opiskeluun yhtä myönteisesti, eivätkä pyri yhtä syvälliseen opiskeluun kuin osaajat. Opiskelu on itsenäistä, eikä muiden opiskelijoiden merkitys korostu niin voimakkaasti kuin muissa ryhmissä. (Pohjolainen et al. 2013)

Pintasuuntautuneet mallista oppijat ovat epävarmoja oman osaamisen suhteen ja heidän opiskelussaan korostuu kopiointi ja esimerkit. He kuitenkin ottavat vastuun

omasta oppimisestaan ja luottavat itseensä. Heidän mukaansa matematiikan opinnoissa menestyminen riippuu heistä itsestään. Opiskelijat eivät kuitenkaan pyri syvälliseen oppimiseen, vaan pitävät opetettavan tiedon kyseenalaistamista vähemmän tärkeänä kuin muut ryhmät. Opiskelun tavoitteena on kurssien läpäiseminen ja tutkinnon suorittaminen. Heillä on matemaattisen osaamisen piirteistä korostunut proseduraalinen sujuvuus. (Pohjolainen et al. 2013)

Vertaisoppijat ovat muihin ryhmiin verrattuna sosiaalisempia ja he suhtautuvat matematiikan opiskeluun myönteisesti. Opettajan tuki, huomio ja esimerkit ovat tärkeitä ja kopiointi, esimerkkien avulla opiskelu ja ulkoluku ovat heidän opiskelumenetelmiään pyrkien kuitenkin myös syvälliseen oppimiseen. Heillä on myönteinen matematiikkakäyttäytyminen, joka tukee proseduraalisen sujuvuuden ja mukautuvan päättelyn kehittymistä. Mukautuva päättely on opiskelijan pystyvyyttä loogiseen ajatteluun, reflektointiin, selittämiseen ja todistamiseen. (Pohjolainen et al.; Silius et al. 2011, s. 245)

Tukea tarvitsevat ovat muihin ryhmiin verrattuna hyvin epävarmoja osaamisestaan, luovuttavat helposti ja ovat heikosti asennoituneita matematiikan opiskeluun. Heillä on kielteinen kuva itsestään matematiikan osajina. Tukea tarvitsevat opiskelevat matematiikkaa ulkoa ja kokevat matematiikan kielen vaikeaksi ymmärtää. He toivovat, että joku opastaisi heitä kädestä pitäen, eivätkä he ota juurikaan vastuuta omasta oppimisestaan. Ryhmän matematiikan osaamisen piirteistä korostuu proseduraalisen sujuvuuden kehittäminen, joka perustuu mallien toistamiseen ilman mainittavaa käsitteellistä ymmärtämistä. (Pohjolainen et al. 2013)

Osaajilla ja omin päin oppijoilla on muihin ryhmiin verrattuna paremmat edellytykset hyvään kurssimenestykseen perinteisen kaltaisilla opetusjärjestelyillä. Kuitenkin pintasuuntautuneet mallista oppijat, tukea tarvitsevat ja vertaisoppijat tulisi ottaa entistä paremmin huomioon matematiikan peruskurssien opetuksessa ja tukijärjestelyjen suunnittelussa. Joskus opiskelijoilla saattaa myös olla epärealistinen ja vääristynyt kuva matematiikan osaamisestaan, jolloin opiskelijat voivat kohdata ongelmia korkeakouluopinnoissaan, mikäli käsitykset omasta osaamisesta eivät vastaa todellisuutta. (Pohjolainen et al. 2013)

2.2.3 Matematiikkajumppa

Perustaitotestin pohjalta osa opiskelijoista ohjataan matematiikan kertausharjoitteluun, matematiikkajumppaan, joka järjestetään verkko-opetuksena ja jonka tarkoituksena on kehittää lukiomatematiikan proseduraalista sujuvuutta. Tampereen teknillisessä yliopistossa ohjataan vuosittain 15 - 20 % opiskelijoista jumppaan. Näille opiskelijoille matematiikkajumppa on pakollinen osa ensimmäistä kurssia, mutta jumppaan osallistuu myös opiskelijoita vapaaehtoisesti. Matematiikkajumppa auttaa koulumatematiikan kertauksessa, mutta ei niinkään tue niitä opiskelijoita, joiden koulumatematiikan osaaminen on puutteellista. (Pohjolainen et al. 2013)

2.2.4 Matematiikkaklinikka ja laskutupa

TTY:llä toimivan matematiikkaklinikan tavoitteena on opiskelijoiden proseduraalisen sujuvuuden, käsitteellisen ymmärtämisen eli matemaattisten käsitteiden, relaatioiden ja operaatioiden ymmärtämisen ja mukautuvan päättelyn kehittymisen tukeminen. Matematiikkaklinikan tukiopetuksen pääpaino on pakollisten matematiikan kurssien lasku- ja harjoitustehtävien ratkaisemisessa ja sen keskeisimpiä toimintaperiaatteita ovat opiskelijoiden henkilökohtainen ohjaus, avoimen ja keskusteleavan ilmapiirin aikaansaaminen, epäformaalin kielen käyttäminen formaalin matematiikan kielen rinnalla ja opiskelijoiden kannustaminen. Näillä toimintaperiaatteilla pyritään siihen, että opiskelijat saisivat positiivisia kokemuksia matematiikasta ja heidän motivaationsa kasvaessa heille syntyisi onnistumisen kehä matematiikan opinnoissa. (Pohjolainen et al.; Silius et al. 2011, s. 245)

Tutkimukset (2009) ovat osoittaneet, että matematiikkaklinikan opiskelijat menestyvät tenteissä yhtä hyvin tai paremmin kuin muut opiskelijat keskiarvolla ja läpäisyprosentilla mitattuna, vaikka pienryhmätoimintaan osallistuneiden opiskelijoiden lähtötaso oli heikompaa kuin muiden samaa kurssia suorittaneiden opiskelijoiden. Opiskelijoiden mielestä matematiikkaklinikka lisäsi heidän osaamistaan matematiikassa ja auttoi kurssien suorittamisessa. Opiskelijoista 62 % ilmoitti myös asenteensa muuttuneen myönteisemmäksi. (Silius et al. 2011, s. 255)

Aalto-yliopistossa toimiva laskutupa on tarkoitettu matematiikan ja fysiikan peruskurssien opiskelijoille laskuharjoitusten tekemistä varten. Laskutupa ei tarvitse ilmoittautua etukäteen, vaan paikalle voi tulla aina halutessaan. Paikalla on myös opettaja tai jatko-opiskelija, jolta voi kysyä apua tehtävien ratkaisemiseen tai tarkennusta luennoilla esille nousseisiin asioihin. Laskutuvan tavoitteena on, että oppilas myös ymmärtäisi, mitä on laskenut. Laskutupa on osoittautunut opiskelijoiden keskuudessa suosituksi, mutta tilastojen valossa näyttää siltä, että laskutupaa käyttävät eniten oppilaat, jotka ovat opinnoissaan muutenkin aktiivisia ja kohtuullisen menestyviä. (Pohjolainen et al. 2013)

2.2.5 Sosiaalinen media tukena opinnoissa

Yksi keskeinen ongelma on opintojen hidas käynnistyminen ensimmäisenä syksynä. Syynä tähän voi olla esimerkiksi se, että monellakaan opiskelijalla ei ole opintojen alussa yhtään tuttua opiskelukaveria. Opiskelijoiden integroitumista opiskelijayhteisöön voidaan tukea monin keinoin ja esimerkiksi sosiaalinen media tarjoaa hyvät mahdollisuudet tähän. TTY:ssä on käytetty verkkoyhteisöä, TTY-piiriä, joka auttaa opintonsa aloittavaa verkostoitumaan ja myöhemmin myös laskuharjoitusryhmien ja opiskelupiirien muodostamiseen. TTY-piirissä kukin opiskelija voi luoda oman profiilin ja näin jakaa tietoa itsestään ja toiminnastaan muille. (Pohjolainen et al. 2013)

2.2.6 Matematiikan verkkotehtävät

Eräs keskeinen painopiste matematiikan perusopetuksen kehittämisessä on ollut tietotekniikan käyttö opetuksessa. Uuden opusteknologian käyttöönotossa yliopistot ovat olleet jopa hitaampia kuin lukiot ja peruskoulut. Vanhanaikaiset käytännöt ja opetusmenetelmät voivat heikentää opiskelijan motivaatiota ja myös opetettavan asian uskottavuutta varsinkin, jos uusi opiskelija on odottanut yliopisto-opetuksen olevan jollain tavalla uutta ja edistyksellistä. (Pohjolainen et al. 2013)

Matematiikan verkkotehtävien pohjaavan harjoitusjärjestelmän ajatuksena on, että opiskelijat voivat ratkaista harjoitustehtäviä kotonaan tietokonetta käyttäen. Järjestelmä mahdollistaa myös tehtävien satunnaisuuden niin, että jokainen opiskelija saa hieman erilaiset tehtävät ja automaattisen tarkastuksen. Verkkopohjainen järjestelmä tarjoaa perinteiseen opetukseen verrattuna monia etuja. Järjestelmä tarjoaa opiskelijalla välitöntä palautetta ratkaisustaan ja järjestelmän käyttäminen onnistuu, missä ja milloin vain, mikä helpottaa varsinkin työssäkäyvien opiskelijoiden aikatauluja. Järjestelmän antama palaute on myös anonyymiä, eikä siihen sisälly sellaista nolaamisen mahdollisuutta kuin ratkaisujen esittämiseen taululla. Toisaalta järjestelmä säästää myös henkilöresursseja mekaanisten harjoituspaperien korjaamisesta mielekkäämpiin tehtäviin. Säästyvä aika voidaan käyttää esimerkiksi kontaktiopetukseen, kuten esimerkiksi laskutupoimintaan. Aalto-yliopistossa on myös havaittu, että harjoitusjärjestelmä aktivoi myös kaikkein heikoimpia ja vähiten opetukseen osallistuvia opiskelijoita, vaikka verkkoharjoitukset ovatkin vapaaehtoisia. Harjoittelemine koneella sopii kuitenkin erityisesti perusasioiden ja laskurutiinin omaksumiseen ja vaativammat matemaattiset ideat vaativat opettajan läsnäoloa. (Pohjolainen et al. 2013)

Verkkopohjaiset järjestelmät mahdollistavat myös uudentyyppisiä opetuksen järjestelyjä, kuten esimerkiksi kurssien jatkuvaa arviointia. Ajatuksena on, että perinteinen tentteihin pohjaava arviointi johtaa usein opiskelijan tekemän työn keskittymiseen juuri ennen tenttiä aloitettavaan lukemiseen. Tällainen opiskelutapa johtaa usein pintasuuntauneeseen oppimisorientaatioon ja erilaisten tärppien ulkoa opetteleminen korostuu. Tällaista järjestelyä on kokeiltu joillakin Aalto-yliopiston matematiikan peruskursseilla hyvällä menestyksellä jo kahden vuoden ajan. Oppimisen kannalta olisikin hyvä, jos opiskelijat työskentelisivät tasaisesti läpi kurssin. Verkkotehtävien avulla myös kotitehtävien kopioimista voidaan vähentää yksilöimällä tehtävät. On myös havaittu, että tehtävien yksilöiminen johtaa pelkkien ratkaisujen kopioimisen sijasta siihen, että opiskelijat tekevät rakentavampaa yhteistyötä keskenään keskustellen ratkaisumenetelmistä ja tehtävien yleisistä ideoista. (Pohjolainen et al. 2013)

2.2.7 Matematiikan kielentäminen

Matemaattisen ajattelun näkyväksi tekeminen vaatii monesti luonnollisen kielen (esimerkiksi suomi) käyttöä matematiikan kielen ohella. Opiskelijan tulisi kyetä ilmaisemaan ajatteluaan myös luonnollisen kielen ja kuvioiden avulla, jotta muut opiskelijat

voisivat seurata hänen ajatteluaan. Matematiikan kielentäminen jäsentää ja selkeyttää opiskelijan ajattelua ja auttaa vertaisryhmää, kuten muita opiskelijoita suhteuttamaan omaa ajatteluaan sekä kehittämään argumentointitaitojaan ryhmän vuorovaikutustilanteissa. Matematiikan kielentämisen kokeilujen tavoitteena on ollut selvittää, miten opiskelijat suhtautuvat luonnollisen kielen käyttöön ja kielentämiseen matematiikan tehtävien ratkaisujen yhteydessä. (Pohjolainen et al. 2013)

2.2.8 Matemaattisen mallinnuksen opiskelu

Matematiikan perusopetus tähtää pääosin proseduraalisen ja konseptuaalisen tietämyksen harjaanuttamiseen strategisen osaamisen jäädessä vähemmälle huomiolle. Insinööriyössä strategisella osaamisella on kuitenkin suuri merkitys, sillä matematiikkaa käytetään reaalia maailman ilmiöiden mallintamiseen. Malli on matematiikan kielellä tehty monimutkaisen todellisuuden yksinkertaistus ja sen rakentaminen vaatii matematiikan ohella muun muassa muiden tieteenalojen asiantuntemusta, sivistynyttä arvausta, tiedon keräämistä, käsittelyä ja testausta. Insinööritieteissä matemaattinen mallinnus ja simulointi muodostavat keskeisen tutkimus- ja suunnittelumenetelmän, jonka avulla matematiikkaa sovelletaan käytännössä. Kansainvälisesti mallinnuksen tärkeys on tunnustettu ja se sisältyykin monen yliopiston tarjontaan esimerkkinä The International Community of Teachers of Mathematical Modelling and Applications (www.ictma.net). Suomessa tarjotaan matemaattisen mallinnuksen yliopistotasosta opetusta matemaattisen mallinnuksen verkostohankkeessa (<http://hlab.ee.tut.fi/mallinnus/>). (Pohjolainen et al. 2013)

Matemaattisen mallintamisen opettaminen on tärkeää yliopistojen opiskelijoille, koska se antaa työelämässä tarvittavia valmiuksia ja valottaa matematiikan käyttöä teollisuudessa ja yhteiskunnassa. Matemaattisen mallintamisen kuuluminen matematiikan perusopintoihin saattaisi havainnollistaa matematiikan tarpeellisuutta insinööriyössä jo opintojen alkuvaiheessa. (Pohjolainen et al. 2013)

3 KORKEAKOULUMATEMATIIKAN TUKEMINEN ISOSSA-BRITANNIASSA

1990-luvun alussa vakavia ongelmia nousi pintaan matematiikan ja insinööriopintojen laitoksien keskuudessa Ison-Britannian yliopistoissa ja opiskelijoiden oppimisen tukemisesta tuli ensisijaisen tärkeää. Ajan kuluessa tämä ongelma on kasvanut ja viime vuodet ovat osoittaneet, että niin sanotun matematiikka-ongelman vaikutukset eri tieteenaloilla ovat laajentuneet ja aiempien tekniikan ja fysiikan lisäksi ongelmia nähdään nyt myös kemian, biologian sekä terveydenhoidon aloilla ja yhteiskuntatieteissä. (Sigma Maths Network b)

3.1 Koulutusjärjestelmä

Koulutusjärjestelmä Isossa-Britanniassa eroaa hieman Englannin, Skotlannin, Walesin ja Pohjois-Irlannin välillä. Esittelen seuraavaksi Ison-Britannian koulutusjärjestelmää pääpiirteittäin lähtien kouluvuosista 7 - 9 (secondary school), jolloin oppilaat ovat 11 - 13 -vuotiaita. Secondary school vastaa Suomen yläkoulua ja oppilaat opiskelevat tällöin 10 - 15 eri ainetta. Seuraavan kahden kouluvuoden kestävä vaihetta kutsutaan Secondary school graduation vaiheeksi. Tämän aikana oppilaat suorittavat ohjelman nimeltään General Certificate of Secondary Education (GCSE). Näiden kahden vuoden aikana opiskelijat opiskelevat jopa 11 valitsemaansa ainetta ja läpäistyään GCSE kokeet, oppilaat voivat jatkaa opiskeluaan kaksi vuotta kestäväälle A-level yliopistokoulutukseen valmistavalle ohjelmalle. (Kings Colleges)

AS/A-level pitää sisällään kouluvuodet 12 - 13. Opiskelijat aloittavat kahden vuoden kestävä Advanced Level (A-level) tutkinto-ohjelman 16-vuotiaina. AS-level tason opinnot voivat olla ensimmäinen osa A-level tason kursseista tai antaa pätevyyden sellaisenaan. AS-tason opiskelijat valmistuvat kouluvuoden 12 lopussa ja A-level tason opiskelijat kouluvuoden 13 lopussa (BBC). Tällöin opiskelijat erikoistuvat kolmesta neljään ja erikoistapauksissa jopa viiteen eri aineeseen, jotka useimmiten ovat merkityksellisiä suunnittelemiensa jatkoylempiopintojen kannalta. A-level tutkinto-ohjelma on kansallinen tutkinto ja se tunnustetaan kaikissa Ison-Britannian yliopistoissa ja myös ympäri maailmaa. Tutkinto-ohjelma vastaa Suomen ylioppilastutkintoa. (Kings Colleges)

Isossa-Britanniassa on kaksi tasoa yliopistokoulutuksessa. Alempi korkeakoulututkinto vastaa Suomen kandidaatintutkintoa tai ammattikorkeakoulututkintoa ja ylempi korkeakoulututkinto pitää sisällään maisteri-, tohtori ja muut jatko-opinnot. Alempi korkeakoulututkinto kestää kolmesta neljään vuotta. Opintojen alussa opiskelijat ovat 18-vuotiaita. Ylempi korkeakoulututkinto kestää yhdestä seitsemään vuotta. Kurssit tuolloin ovat intensiivisempiä ja kestävät 12 kuukautta. Kurssit saattavat kestää myös

pidempään, esimerkiksi taloushallinnon maisterin tutkinto on hyvin vaativa ja arvossa pidetty maisteriopintojen kurssi, joka voi kestää jopa kaksi vuotta. (Kings Colleges)

3.2 Matematiikan tuen tarpeen taustaa

Isossa-Britanniassa 1990-luvun alussa nousi esiin vakavia ongelmia matematiikassa monilla luonnontieteiden aloilla. Raportteja kirjoitettiin siitä, kuinka opiskelijoilta puuttui osaamista peruslaskutaidoissa. Korkeakouluissa oli korkeat tasot matematiikan opintojen keskeytyksissä ja matemaattisia aineita haluavien opiskelijoiden opiskelijalukumäärät olivat pieniä. Vastauksena näihin ongelmiin yliopistot lähtivät kehittämään tapoja, joilla opiskelijoita voitaisiin tukea paremmin heidän opinkeskuissaan. (Croft et al. 2011, s.6.)

Opetussuunnitelmassa tapahtuneet muutokset ja lukuisat vaikutusvaltaiset raportit ja käytänteiden muutokset ovat saattaneet vaikuttaa opiskelijoiden tuen lisääntymiseen yliopistomatematiikassa. Esimerkiksi A-level matematiikka koostui aikaisemmin kuudesta eri kurssista, kolmesta peruskurssista ja kolmesta soveltavasta kurssista. Muutoksia tehtiin kursseihin ja nykyään kolme peruskurssia on hajoitettu neljään kurssiin, jolloin soveltavia kursseja on vain kaksi. Uuden järjestelmän mukaiset matematiikan ylioppilaskirjoitukset pitävät sisällään siis vain viisi kuudesosaa aikaisempien ylioppilaskirjoitusten sisällöstä. Vaikka ylioppilaskirjoitukset nykyisellään, eivät kata yhtä paljon materiaalia kuin aikaisemmin, on kuitenkin mahdollista, että materiaali menee syvemmälle saaden aikaan suurempaa ymmärrystä aiheista. (Perkin et al. 2012, s. 2)

Lisäksi A-level järjestelmä antaa opiskelijoille mahdollisuuden olla suorittamatta joitakin matematiikan aihealueita kuten laskentaa (*calculus*). Myös matematiikan kurssimuotoisuus, missä eri matematiikan osa-alueet jäävät erillisiksi osasiksi, vaikuttaa matematiikan osaamiseen. Noin 70 prosenttia biologian opiskelijoista, 38 prosenttia kemian opiskelijoista ja 20 prosenttia taloustieteiden ja tekniikan opiskelijoista ei ollut suorittanut A-level matematiikkaa vuonna 2009. Telegraph-lehden haastattelussa Lord Wills of Knaresborough (chairman of the Lords science and technology select committee) kommentoi: ”When you have got the Vice Chancellor of Cambridge saying we have got young, bright, A* students coming in and we have to do remedial maths to get them to engage with engineering and physics, there is something seriously wrong with the system.” (The Telegraph 2012)

Vuonna 2010 Nuffieldin säätiö (Hodgen et al. 2010a, s. 4-6) raportoi, että matematiikan opiskelijoiden osuus väkiluvusta 16 ikävuoden jälkeen Englannissa, Walesissä ja Pohjois-Irlannissa on matalampi kuin missään muussa 24 maasta, jossa tutkimus suoritettiin. Englanti, Wales ja Pohjois-Irlanti olivat ainoita maita, joissa vähemmän kuin 20 prosenttia opiskelijoista opiskeli matematiikkaa lukiossa (*upper secondary school*). Englanti, Wales ja Pohjois-Irlanti olivat myös kahdeksan maan joukossa, joissa pitkän matematiikan (*advanced mathematics*) osallistujaluvut olivat alle 15 prosenttia. Esimer-

kiksi Suomessa joka neljäs opiskelija valitsee pitkän matematiikan lukio-opinnoissa. (Hodgen et al. 2010b, s. 31)

3.3 Mitä on matematiikan tuki?

Matematiikan osaaminen tukee kaikkia STEM (*science, technology, engineering, mathematics*) aineita merkittävästi. Monille opiskelijoille ongelmat matematiikassa ja tilastotieteissä voivat olla esteenä menestyksekkääseen STEM-aineiden opiskeluun. Matematiikan tuen yhtenä päätehtävänä on antaa opiskelijoille mahdollisimman hyvät valmiudet matematiikan opiskeluun kasvattamalla opiskelijoiden luottamusta omiin taitoihin antamalla tietoa, taitoa ja ymmärrystä matematiikasta ja tilastotieteistä. (Fletcher 2012, s. 4)

Isossa-Britanniassa matematiikan oppimisen tukemisessa käytetään termiä ”mathematics support”. Termillä viitataan korkeakouluopiskelijoille tarjottaviin toimiin ja resursseihin, joiden avulla pyritään tukemaan ja parantamaan opiskelijoiden oppimista matematiikassa tai tilastotieteissä. Tällainen oppimisen tukeminen on vallinnaista ja sen tavoitteena on auttaa opiskelijoita kehittämään matemaattisia ja/tai tilastotieteellisiä taitojaan sekä itseluottamusta matematiikan ja/tai tilastotieteiden opiskeluun. Useimpien opiskelija ei saa opintopisteitä osallistuessaan toimintaan, jonka tarkoituksena on olla lisätukena opiskelijan matematiikan opinnoissa. (Croft et al. 2011, s.5.). Matematiikan tukitoimissa on ollut suuri kasvu viimeisten vuosien aikana yliopistojen vastattua opiskelijoiden tuomiin haasteisiin matematiikan tuen kehittämisessä (Sigma Maths Network a).

3.4 Yliopistojen eri tukimuodot

Yliopistot voivat tarjota tukipalveluita opiskelijoilleen monin eri tavoin: opiskelijat voivat varata henkilökohtaisia aikoja saadakseen neuvoa ja ohjausta, yliopistot järjestävät matematiikan neuvontaa tiettyinä ajankohtina, jolloin opiskelijat voivat pistäytyä kysymään henkilökunnalta apua ja voivat yhdessä opiskelukavereiden kanssa tehdä tehtäviä, yliopistot tarjoavat paperista ja sähköistä materiaalia opiskelun tueksi, uusia opiskelijoita testataan, jotta saataisiin tietoa mahdollisista tuen tarpeista ja matemaattisesta osaamisesta. Monesti yliopistoilla nämä toimet on keskitetty matematiikan tukikeskuksiin, jotka vastaavat opiskelijoiden tukemisesta heidän matematiikan opinnoissaan.

3.4.1 Matematiikan tukikeskukset

Matematiikan tukikeskuksella (*mathematics support centre*) useimmiten viitataan sitoutuneeseen fyysiseen tilaan, jossa tarjotaan tukea matematiikan opiskeluun. Ohjaajat ovat saatavilla keskuksissa tiettyinä ajankohtina, jolloin opiskelijat voivat tulla kysymään apua ja neuvoa. Keskus toimii monesti myös niin sanotusti materiaalipankkina opiskelijoille. Tarjolla oleva materiaali rohkaisee opiskelijoita toimimaan itsenäisesti, eikä vain luottamaan ohjaajan tarjoamaan apuun ja tietoon. Monet keskuksset tarjoavat lisäksi

opiskelijoille työtilaa tukeakseen oppimisryhmien muodostumista. Keskuksissa on myös usein pääsy tietojenkäsittelylaitteisiin ja muihin matematiikan kannalta merkittäviin tietokoneohjelmiin. (Croft et al. 2011, s.5.)

Eri keskuksien välillä on monesti vaihtelua siinä, mihin tukikeskukset on sijoitettu. Keskuksat voivat sijaita esimerkiksi matematiikan laitoksella tai kirjastossa (Croft et al. 2011, s.5.). Keskuksen sijainnilla on merkitystä siinä mielessä, onko keskuksen päämäärä tarjota tukea nimenomaan vain matematiikan opiskelijoille, jolloin keskuksen liittäminen matematiikan laitoksen yhteyteen on selvää. Toisaalta, jos tarkoitus on tarjota tukea kenelle vain yliopistossa opiskelevalle opiskelijalle, niin tukikeskuksen sijoittamisella keskeisiin rakennuksiin kuten kirjastoon on merkittäviä etuja. Kuitenkin haastattelut osoittavat, että opiskelijat, riippumatta siitä käyttävätkö he tukikeskuksen palveluja vai eivät, eivät pidä tukikeskuksen sijaintia merkittävänä asiana. (Lawson, D et al. 2003, s. 12)

Monilla tukikeskuksilla on omat palautekaavakkeet, joiden avulla opiskelijat voivat kertoa tukikeskuksien hyödyllisyydestä ja siitä, miten tukikeskuksia voitaisiin kehittää. Palautteen kerääminen ja oman tukikeskuksen arvioiminen on hyvin tärkeää niin oman tukikeskuksen kuin mahdollisesti myös muiden tukikeskusten kehittämisen ja tulevaisuuden kannalta. (Croft et al. 2011, s.7.) Osa tukikeskuksista toimii erillisen, keskuksen toimintaan ja matematiikan tuen tarjoamiseen sitoutuneen palkatun henkilökunnan voimin. Toiset keskuksista toimivat luennoitsijoiden ja jatko-opiskelijoiden turvin. (Croft et al. 2011, s.5.)

Tukikeskukset tekevät yhä kasvavassa määrin erilaisia aloitteita ja testaavat uusien opiskelijoiden matematiikan taitoja. Tukikeskukset tarjoavat lisäksi erityistukea tarvitseville opiskelijoille tukea sekä auttavat ja valmistavat opiskelijoita työntajien vaatimiin matematiikan testeihin ennen työelämään siirtymistä. Esimerkiksi opiskelijoiden, jotka valmistuvat ja haluavat uran koulussa opettajina, täytyy läpäistä matematiikan testi riippumatta heidän omasta alastaan. (Croft et al. 2011, s.5-6.) Erityistarpeiden huomiointiin ottavasta tukimuodosta hyvä esimerkki löytyy Loughboroughin yliopistosta, jossa toimii matematiikan tukikeskus Eureka, joka tarjoaa erityistukea opiskelijoille, joilla on erilaisia oppimisvaikeuksia (Lawson et al. 2012, s.13).

Matematiikan tukikeskukset voivat toimia eri tavoilla. Näitä ovat muun muassa poikkeapaikalle (*drop-in*) malli, matematiikkakahvila (*maths cafe*) ja ajanvarauksella toimiva tukikeskus (*appointment-based*). (Marr et al. 2010, s. 12-28).

Poikkeapaikalle malli

Coventryn yliopistossa perustettiin opiskelijoille matematiikan tukikeskus, jonka kahtena päätarkoituksena oli varhainen matematiikan opiskeluun vaikuttavien ongelmien määrittäminen sekä jatkuvan tuen tarjoaminen. Matematiikan opiskeluun vaikuttavien ongelmien määrittämiseksi yliopistossa otettiin käyttöön laajat diagnostiset testit, joita aluksi tehtiin vain opiskelijoille, jotka määriteltiin kuuluvan riskiryhmään. Riskiryhmä

piti sisällään opiskelijat, joilla oli taustalla vain vähäinen määrä matematiikan opintoja. Nykyään testejä tehdään lähes kaikille opiskelijoille heti yliopiston orientaatioviikolla. Jatkuvan tuen antaminen opiskelijoille mahdollistettiin avaamalla tukikeskus, jossa toimi työntekijöitä 30 tuntina viikossa. Näiden 30 tunnin aikana opiskelijat saattoivat tulla henkilökohtaisesti avustettavaksi. Varauksia ei tehty, vaan opiskelijat ”poikkesivat vain paikalle”. Henkilökohtainen apu on edelleen pääasia tukikeskuksessa, mutta toimintaa on täydennetty sähköisellä ja paperisilla materiaaleilla, jotka ovat vapaasti saatavilla keskuksen internet-sivustolla. (Marr et al. 2010, s. 14)

Aluksi tukikeskuksen tarkoitus oli tavoittaa insinööriopiskelijat. Myöhemmin toiminta laajeni ja drop-in tukikeskuksen nimi muutettiin matematiikan tukikeskukseksi (Mathematics Support Centre) ja keskuksen toimiala laajeni koskemaan kaikkia opiskelijoita, jotka suorittivat matematiikan tai tilastotieteen opintoja. Tukikeskusta pidettiin aiemmin palveluna heikommille opiskelijoille. Heikommat opiskelijat ja heidän tukeminen on edelleen keskeisessä roolissa, mutta muutosta on ollut siihen suuntaan, että taitavat opiskelijat ovat alkaneet pitää tukikeskusta arvokkaana oppimisen lähteenä. Tällaiset opiskelijat työskentelevät keskuksella useimmiten ryhmissä käyttäen apunaan tarjolla olevaa materiaalia ja vain joskus turvautuvat henkilökunnan apuun. (Marr et al. 2010, s. 14-15)

Tällaisen tukikeskuksen mallin etuja ovat muun muassa se, että palvelut ja niiden hyödyntäminen on hyvin pitkälle opiskelijoiden hallinnassa; he voivat tulla ja mennä itselleen sopivan aikataulun mukaan. Myös pysyvä sijainti mahdollistaa laajan materiaalin olemassaolon, mitä opiskelijat voivat hyödyntää esimerkiksi jonottaessaan vuoroaan henkilökunnan puheille. Tukikeskus ei myöskään ole tekemisissä arvioinnin kanssa ja on näin niin sanotusti opiskelijan puolella. Tukikeskuksen peruseriaatteen mukaisesti mikään kysymys ei ole liian helppo kysyttäväksi ja opiskelijoita ei tuomita (tyhmistä) kysymyksistä, sillä keskuksen tärkeänä roolina on rakentaa opiskelijoiden itseluottamusta matematiikan opiskeluun huolimatta heidän aiemmista kokemuksistaan. Tukikeskuksesta voi myös saada tukea opiskelutovereilta. (Marr et al. 2010, s. 14-15)

Yksi huomattava ongelma tällaisen tukikeskuksen perustamisessa voi olla varojen puute. On kallista pitää yllä tukikeskusta 30 tuntia viikossa. On myös kyseenalaista kenen tulisi rahoittaa tukikeskusta. Monesti opiskelijat, jotka tarvitsevat tukea matematiikan opiskelussa jakaantuvat epätasaisesti eri laitoksille. (Marr et al. 2010, s. 15)

Matematiikkakahvila

Portsmouthin yliopistossa toimiva matematiikkakahvila toimi aluksi kahvilan tiloissa ympäri kampusta käyttäen langattomia kannettavia tietokoneita ja materiaaleja, joita pystyi melko helposti kuljettamaan ympäri kampusta matematiikkakahvilan kärryllä. Viiden henkilön tiimi vastasi kahvilan toiminnan näkyvyydestä, materiaalien kehittämisestä sekä ylläpidosta, vuotuisten raporttien tuottamisesta, diagnostisesta testaamisesta, seminaareista sekä kahvilan toiminnan tulevaisuuden suunnittelusta. (Marr et al. 2010, s. 17)

Portsmouthin yliopisto suunnitteli perustavansa opiskelijoilleen matematiikan tukikeskuksen, mutta resurssien puutteen vuoksi yliopisto päätyi perustamaan matematiikka kahvilan, joka toimi yhteistyössä ylioppilaskunnan kanssa. Kahvila oli avoinna neljä tuntia päivässä, kaksi tuntia lounasaikaan ja kaksi tuntia iltapäivällä. Näiden kahden kahvila-ajan välillä matematiikkakahvila toimi tietokoneluokassa, jotta opiskelijat saattoivat hyödyntää tietokoneavusteista ohjelmaa CAL (*Computer-Aided Learning*). (Marr et al. 2010, s. 19-20)

Matematiikkakahvilan tarkoituksena oli tarttua kiinni ongelmakohtiin ja aukkoihin, joita opiskelijoilla oli matematiikassa aritmetiikan, perusalgebran ja yleisimpien geometrian käsitteiden hallinnassa. Tärkeää oli, että opiskeleminen kahvilassa oli opiskelijoille myönteinen kokemus. Paljon huomiota käytettiin mainontaan ja siihen, että kahvilaan oli helppo tulla. Kahvilan ei ajateltu olevan ainoastaan tukipalvelu poisputoaville opiskelijoille, vaan tukipalvelu, jota kaikki opiskelijat tai henkilökunta voisi hyödyntää parantaakseen matematiikan ja tilastotieteiden taitojaan. Nykyään yliopistolla on matematiikan tukikeskus, mutta suuren suosion saavuttaneen matematiikkakahvilan vuoksi tukikeskukselle annettiin nimeksi the Maths Café Base Room. (Marr et al. 2010, s. 20-22; GMAT)

Ajanvarauksella toimiva tukikeskus

Skotlannin St. Andrews'n yliopiston matematiikan tukikeskuksesta kaikki opiskelijat saavat henkilökohtaista neuvoa ja apua mihin tahansa matemaattiseen ongelmaan riippumatta opiskelijan opiskeluasteesta tai vuodesta. Yliopiston matematiikan kurssien pienen lukumäärän ja melko vähäisen tukea tarvitsevan opiskelijamäärän vuoksi ajanvarauksella toimiva tukikeskus tuntui luontevalta toimintamallilta St. Andrews'n yliopiston matematiikan tukikeskuksessa. (Marr et al. 2010, s. 23-25)

Tapaamiset tukikeskuksessa ovat kahdenkeskeisiä ja kestävät tyypillisesti tunnin verran. Opiskelijat tulevat tapaamisiin valmiiden kysymysten kanssa, joita heille on noussut esille opinnoissaan. Tapaamiset ovat tarkasti suunniteltu vastaamaan yksilön tarpeita. Tulokset osoittavat, että opiskelijan ongelmat pystytään selvittämään yhden tai kahden tapaamisen puitteissa. Tämä osoittaa, että ajanvarauksella toimiva malli on tehokasta niin ajan kuin rahan suhteen. On hyvä huomata, että ajanvarauksella toimivan tukikeskuksen toimivuuden kannalta on tärkeää, että opiskelijoilla tai muilla tukea tarvitsevilla on tarkka kuva siitä, mihin he tarvitsevat apua ja että he ovat tarkkaan määrittelleet kysymykset, joihin he kaipaavat vastausta. (Marr et al. 2010, s. 23-25)

3.5 Matematiikan tuen eri toimijat

Isossa-Britanniassa matematiikan tukea kehittää ja tarjoaa yliopistojen lisäksi ja heidän kanssaan yhteistyötä tehden monet eri tahot. Eri toimijoita ovat muun muassa Sigma-network, Mathcentre, Maths, Stats & OR Network, Mathtutor, the Higher Education Academy (HEA), Scottish Mathematics and Statistics Support Network ja the National

HE STEM Programme (*Higher Education science, technology, engineering, mathematics*). Seuraavaksi esittelen näistä muutamia.

3.5.1 Sigma-verkosto

1990-luvulla Loughboroughin yliopisto yhdessä Coventryn yliopiston kanssa toimi johdettavassa asemassa yliopistomatematiikan tuen kehittämisessä ja tarjoamisessa. Nämä yliopistot kehittivät merkittävästi matematiikan tukea ja tarjosivat esimerkillisiä tukipalveluja. Vuonna 2005 Sigma-verkosto perustettiin yhteistyössä CETL (*Centre for Excellence in Teaching and Learning*) kanssa tarjoamaan tukea matematiikan ja tilastotieteiden opiskeluun. Sigma CETL projekti päättyi vuonna 2010 ja projektin internet-sivu (www.sigma-cetl.ac.uk) on tällä hetkellä perintösivuna ja arvokkaana materiaali-lähteenä. Vuodesta 2010 vuoteen 2012 Sigmaa rahoitti kansallinen HE Stem ohjelma (*Higher Education*), joka jatkoi työtä matematiikan ja tilastotieteiden tukemisen saralla. Ohjelma perusti alueellisen keskuksien verkoston tarjoten rahoitusta ja muuta apua uusien matematiikkatukikeskuksien perustamiseen ja jo olemassa olevien keskuksien kehittämiseen. Vuodesta 2012 eteenpäin Sigma-verkoston alueellisen hallinnon henkilöstö pitää yllä Sigman toimintaa. (Sigma Maths Network 2012, s. 1)

3.5.2 Mathcentre

Mathcentre on kansallinen internet-sivusto matematiikan tukemiseen. Mathcentre tarjoaa internet-sivustollaan materiaalia opiskelijoiden tukemiseen GCSE tasolta yliopistotasoon saakka. Materiaalit ovat ilmaisia kaikille opiskelijoille ja luennoitsijoille. Tarjolla on muun muassa itseopiskelumateriaalia, testaa itsesi -diagnostisia testejä ja tehtäviä, videotutoriaaleja sekä iPod ja 3G kännykkäsovelluksia. (Sigma Maths Network 2012, s. 11)

Vuonna 2003 Mathcentre kehitettiin ryhmän toimesta, jossa oli henkilöitä Loughboroughin, Leedsin ja Coventryn yliopistoista sekä the Maths Stats & OR verkostosta ja the Educational Broadcasting Services Trust -säätiöstä. Mathcenter tiimiin kuuluu joukko ihmisiä, jotka ylläpitävät matematiikan tukikeskuksia yliopistoissa, opettavat matematiikkaa ja jotka suunnittelevat uusia mediatuotteita oppimisen tueksi. (Mathcentre)

3.5.3 Maths, Stats & OR Network

MSOR Networkin päätavoitteena (Math, Stats & OR Network) on tukea korkeakouluja ja näin kehittää opiskelijoiden oppimista. Tämä tapahtuu tarjoamalla ystävällisten ja ammattitaitoisten työntekijöiden tukea kollegoille ympäri Isoa-Britanniaa kokoamalla ja levittämällä tietoa ja materiaalia sekä rahoittamalla monenlaista toimintaa. MSOR Network on perustettu pääasiallisesti HEA:n (*the Higher Education Academy*) toimesta. Kuitenkin HEA on muuttanut tarjoamaansa tukea MSOR Networkille ja sen seurauksena MSOR Network ei enää ylläpidä palkattua henkilöstöä. Tämä on ollut voimassa syyskuusta 2012. (Math, Stats & OR Network)

3.6 Matematiikan tuen tilanne tällä hetkellä

Vuonna 2005 Coventryn ja Loughboroughin yliopistot palkittiin CETL (*Centre for Excellence in Teaching and Learning*) arvonimellä. Tällöin myös matematiikan tukikeskus Sigma perustettiin. Viiden vuoden CETL-rahoitus sai jatkoa kahden vuoden kansallisen HE STEM ohjelman rahoituksesta vuoteen 2012 saakka. Tämän jälkeen tehtiin tutkimus matematiikan oppimisen tukemisesta Ison-Britannian korkeakouluopinnoissa vuonna 2012, joka rakentuu vuonna 2000 ja 2004 tehtyjen samankaltaisten itsenäisten tutkimusten perustalle. Vuoden 2012 tehdyn tutkimuksen pohjalta esittelen matematiikan tuen tilannetta Ison-Britannian yliopistoissa tällä hetkellä. (Perkin et al. 2012, s. 2)

Vuonna 2000 tehdyssä tutkimuksessa pyrittiin määrittämään Ison-Britannian yliopistojen tarjoaman tuen laajuus sekä jakaa tietoa löydöksistä eteenpäin. Tutkimuksen rahoitti LTSN (*Learning and Teaching Support Network*). Tutkimuksessa ilmeni, että 46 yliopistoa 95 vastanneesta yliopistosta tarjosi lisätukea matematiikassa. Tutkimuksessa myös korostettiin, että opiskelijat pitivät henkilökohtaista tukea hyödyllisimpänä muotona. Vuonna 2004 tehdyssä samankaltaisessa jatkotutkimuksessa otettiin yhteyttä 106 yliopistoon, joista 101 yliopistoa vastasi kyselyyn. Näistä 101 yliopistosta 66 tarjosi jonkinlaista matematiikan oppimisen lisätukea. Osalle yliopistoista, jotka eivät tarjonneet tukea matematiikan opiskelussa vuoden 2004 tutkimuksen aikoihin, on myönnetty Sigma -rahoitus ja yliopistot tarjoavat tukea nykyään. (Perkin et al. 2012, s. 2)

3.7 Tutkimusmenetelmät

Vuoden 2012 tutkimuksen yliopistojen nimet ja tiedot on saatu hyödyntäen vuoden 2004 tutkimuksen tuloksia sekä nettisivustoja seuraavilta tahoilta: the Higher Education Funding Councils and the Department for Employment and Learning, Pohjois-Irlanti. Yhteensä 119 yliopistoa, joilla on omat tutkintojen myöntämisen valtuudet, Englannissa, Skotlannissa, Walesissa ja Pohjois-Irlannissa, valittiin. Nämä tutkimukseen osallistuneet yliopistot on lueteltu liitteessä 2. (Perkin et al. 2012, s. 3)

Aluksi tutkimuksessa selvitettiin ja etsittiin merkkejä matematiikan tuen tarjoamisesta yliopistojen internet-sivuilta. Jos merkkejä tuen antamisesta löytyi, kirjattiin muistiin kyseisten tukimuotojen yhteyshenkilön nimi, sähköpostiosoite sekä yksityiskohdat annettavasta tuesta. Myös internet-osoite kirjattiin muistiin. Yliopistoista, joista ei löydetty näyttöä tuen antamisesta, valittiin yhteyshenkilöksi henkilökunnan jäsen, joka opetti matematiikkaa tai oli matematiikan insinööri. Kaikkiin työntekijöihin, joiden nimet valittiin, otettiin yhteyttä sähköpostitse ja pyydettiin vastaamaan tutkimukseen. Yliopistoihin, joista vastausta ei saatu, otettiin uudelleen yhteyttä, tällä kertaa toiseen laitokseen tai henkilökunnan jäseneseen, joka oli tutkimukseen soveltuva. Jos vastausta ei saatu, otettiin yhteyttä kolmanteen osapuoleen ja tarpeen mukaan myös neljälle. Lopuksi Sigman aluekeskuksen jäsenet ottivat yhteyttä jäljelle jääneisiin yliopistoihin, jotka eivät olleet vielä vastanneet kyselyyn. (Perkin et al. 2012, s. 3)

3.8 Tutkimuksen tulokset

Isossa-Britanniassa yliopistot ovat järjestäytyneet eri ryhmiin muun muassa yhteisen alkuperän tai yliopiston määrittelemien tavoitteiden mukaan (Scott 2013). Tutkimukseen osallistuneet 119 yliopistoa jaettiin näihin ryhmiin ja lisäksi yliopistot, jotka eivät kuuluneet mihinkään ryhmään, sijoitettiin ryhmään Unaligned Universities (*riippumattomat yliopistot*). Ryhmiä ovat Russell Group, 1994 Group, University Alliance, million+ ja Cathedrals Group. Kolme yliopistoa kuului molempiin million+ ja Cathedrals Group -ryhmään. Tutkimuksen tarkoituksen vuoksi nämä yliopistot on sisällytetty Cathedrals Group -ryhmään. Olen koonnut seuraavaan taulukkoon yliopistojen kokonaislukumäärän sekä vastauksen antaneiden yliopistojen lukumäärän yliopistoryhmittäin. (Perkin et al. 2012, s. 4)

Taulukko 3.1. Matematiikan oppimisen tuen tutkimukseen vastanneiden yliopistojen lukumäärä yliopistoryhmittäin.

	Russell	1994	Alliance	million+	Cathedrals	Unaligned	Yhteensä
Lukumäärä yhteensä	24	12	20	25	12	26	119
Vastauksien lukumäärä	22	9	18	24	6	24	103

Vastauksia saatiin 103 yliopistolta vastausprosentin ollen tällöin 87.

3.8.1 Matematiikan tuen tarjonta yliopistoissa

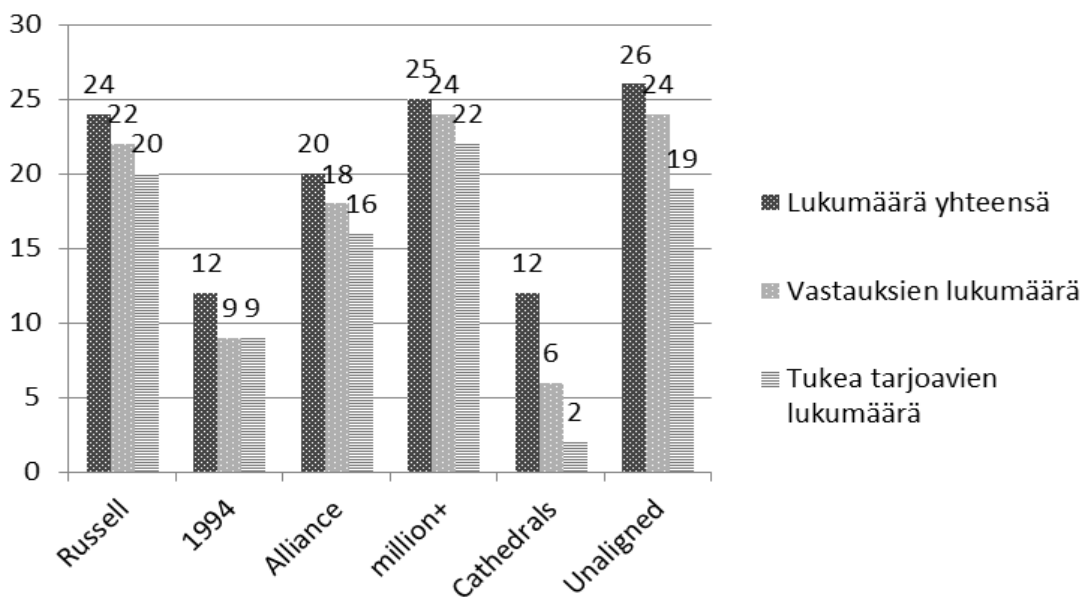
Tutkimuksen kysely toteutettiin sähköpostiviestillä, jossa yhtenä kysymyksenä oli: tarjotaanko yliopistossanne tukea matematiikan ja/tai tilastotieteiden opiskeluun lukujärjestyksen mukaisten luentojen ja harjoitustuntien lisäksi. Jos tukea tarjotaan, niin kertoisitko tarkempaa tietoa tuesta (missä tukea annetaan, mahdolliset tuntimäärät, kuka voi päästä tuen piiriin, tilastoja tuen käytöstä, internet-osoitteita ja niin edelleen) tai välittäisitkö matematiikan tuesta vastaavan yhteyshenkilön nimen ja sähköpostiosoitteen. (Perkin et al. 2012, s. 3)

Kyselyyn vastanneista 103 yliopistosta 88 tarjoaa jonkinlaista tukea matematiikan opiskeluun. Nämä tulokset eivät välttämättä esitä täydellistä kuvaa siitä, miten ja millaista tukea Isossa-Britanniassa kokonaisuudessaan tarjotaan, mutta voidaan katsoa antavan hyvän kuvan vuoden 2012 tilanteesta. Vertailu aikaisempiin tuloksiin osoittaa, että tukea tarjoavien yliopistojen lukumäärä on kasvanut. Taulukossa 4.2 on esitetty tarkemmin tuen määrän lisääntyminen yliopistoissa. (Perkin et al. 2012, s. 5)

Taulukko 3.2. Taulukossa on esitetty prosenttimäärä tukea antavista laitoksista vuosina 2000, 2004 ja 2012.

Tutkimusvuosi	Tukea antavien yliopistojen lukumäärä	Tukea antavien yliopistojen prosenttiosuus vastanneista yliopistoista (%)
2000	46	48
2004	66	65
2012	88	85

Seuraavassa kuvassa 4.1 on esitetty yliopistojen kokonaislukumäärä, vastanneiden yliopistojen lukumäärä ja tukea antavien yliopistojen lukumäärä ryhmittäin. Tutkimukseen osallistuvista 119 yliopistosta 74 prosenttia antaa jonkinlaista tukea ja vastaavasti 103 vastanneesta yliopistosta 85 prosenttia antaa jonkinlaista tukea matematiikan opiskelussa. (Perkin et al. 2012, s. 5)



Kuvio 3.1. Kuvassa on esitetty yliopistojen kokonaislukumäärä sekä vastanneiden ja tukea antavien yliopistojen lukumäärät ryhmittäin.

Matematiikan oppimisen tuen taso vaihtelee laajasti yliopistoittain. Tuen taso vaihtelee alemman korkeakoulututkimuksen suorittaneiden opiskelijatovereiden muutaman tunnin viikossa antamasta tuesta yliopistoissa toimiviin matematiikan tukikeskuksiin. Toisissa yliopistoissa tukea tarjotaan vain ensimmäisen vuoden alemman korkeakoulu-

tutkinnon suorittaville opiskelijoille, kun taas toisissa yliopistoissa tukea tarjotaan kaikille opiskelijoille ja henkilökunnalle. (Perkin et al. 2012, s. 5)

Taulukkoon 4.3 on koottu prosenttiosuudet jokaisesta yliopistoryhmästä, jotka ilmoittivat tarjoavansa normaaliluentojen ja muiden lukujärjestyksen mukaisten tuntien ylittävää tukea matematiikan opiskelussa. (Perkin et al. 2012, s. 6)

Taulukko 3.3. Taulukossa on esitetty yliopistojen kokonaislukumäärä ryhmittäin ja tukea antavien yliopistojen prosenttiosuus ryhmittäin.

	Russell	1994	Alliance	million+	Cathedrals	Unaligned
Lukumäärä yhteensä	24	12	20	25	12	26
Tukea tarjoavien yliopistojen prosenttiosuus (%)	83	75	80	88	17	73

Kaikkien yliopistoryhmien, lukuun ottamatta Cathedrals ryhmän, prosenttiosuudet ovat melko samansuuruisia. Cathedrals ryhmän yliopistoista vain puolet vastasi kyselyyn ja kuudesta ei-vastanneesta yliopistosta neljä ei tarjoa lainkaan matematiikan tai muita insinöörialan kursseja. Osa yliopistoista tarjoaa tukea matematiikan opiskeluun, vaikka heillä ei tarjottaisikaan alemman korkeakoulutason kursseja matematiikkaan tai insinööriopintoihin. Kuitenkin suurin osa yliopistoista, jotka tarjoavat tukea matematiikan opiskeluun, tarjoavat myös matematiikan ja insinööritieteiden kursseja. (Perkin et al. 2012, s. 6)

Lisäksi tutkimuksessa 88 tukea tarjoavan yliopiston lukumäärä pitää sisällään viisi yliopistoa, joissa tarjottavan tuen taso on rajallista. Näistä viidestä yliopistosta kahdessa tarjotaan tukea vain ennen kokeita, yhdessä apua voidaan järjestää erikseen opiskelijoille, jotka ovat vaikeuksissa opintojensa kanssa ja kaksi yliopistoa tarjoaa vain tarvittaessa tukiovetusta (*optional support classes*). Yksi yliopisto, jota ei ole luokiteltu tukea tarjoavien yliopistojen joukkoon, tarjoaa erikoistukea vain tutkijoille ja ylemmän korkeakoulututkinnon suorittaville opiskelijoille. (Perkin et al. 2012, s. 6)

3.8.2 Millaista tukea yliopistot tarjoavat

Russell Group-ryhmän 24 yliopistosta 22 vastasi kyselyyn ja näistä 22 yliopistosta 20 ilmoitti tarjoavansa tukea matematiikan opiskelussa. Tuen muoto vaihtelee opintojensa kanssa kamppaileville opiskelijoille tarjottavasta tuesta tukikeskuksiin, jotka ovat auki viisi päivää viikossa. Kahdesta yliopistosta, joita ei määritelty tukea antaviksi yliopistoiksi, toisessa tarjotaan tukea ylemmän korkeakoulututkinnon opiskelijoille ja tutkijaopiskelijoille ja toinen yliopisto kommentoi seuraavasti: ”...we do not provide any University-wide support for Mathematics/Statistics as an Institution. Broadly speaking there has not been any suggestion or requirement for this over-and-above that provided internationally by individual schools.” Seuraavaan taulukkoon on koottu tietoa siitä, millais-

ta tukea yliopistot tarjoavat ja kuinka moni yliopisto tarjoaa tämän tyyppistä tukea. (Perkin et al. 2012, s. 7)

Taulukko 3.4. Russell Group yliopistojen tarjoaman tuen yleiskuvaus ja kyseisen tuen tarjoavien yliopistojen lukumäärä.

Russell Group	
Tukimuoto	Lukumäärä
Voidaan järjestää opiskelijoille, joilla on vaikeuksia (<i>Can be arranged for students who are struggling</i>)	1
Opiskelijoiden tarjoamaa tukea (<i>Support provided by undergraduates / postgraduates</i>)	6
Tarvittaessa tukiovetusta (<i>Optional support classes</i>)	2
Poikkeapaikalle tukea ennen koetta (<i>Drop-in support prior to examinations</i>)	1
Henkilökunnan ylläpitämää poikkeapaikalle tukea (<i>Drop-in support provided by staff</i>)	10

1994 Group -ryhmän 12 yliopistosta yhdeksän vastasivat kyselyyn ja kaikki vastanneista yliopistoista tarjoavat tukea matematiikan opiskelussa. Tukimuodot vaihtelevat ennen koetta tarjottavasta poikkeapaikalle tukimuodosta tukikeskuksiin, jotka ovat avoinna viisi päivää viikossa. Yhdessä yliopistossa alemman korkeakoulutason opiskelijat ovat järjestäneet oman viikoittaisen tukisession, jota henkilökunnan jäsenet tukevat. Henkilökunta useimmiten järjestää ohjaajan tai opettajan paikalle, jotta opiskelijat voivat kysyä häneltä, mikäli heillä on sellainen kysymys, johon he eivät löydä vastausta keskenään. Tyypillisesti osallistujia on 15 - 20 opiskelijaa joka viikko. Taulukossa 4.5 on esitelty eri tukimuodot, joita 1994 Group -yliopistoissa tarjotaan sekä lukumäärät siitä, kuinka moni yliopisto tarjoaa kyseistä tukea. (Perkin et al. 2012, s. 7)

Taulukko 3.5. 1994 Group yliopistojen tarjoamat tukimuodot sekä kyseisiä tukimuotoja tarjoavien yliopistojen lukumäärät.

1994 Group	
Tukimuoto	Lukumäärä
Poikkeapaikalle tukea ennen koetta (<i>Drop-in support prior to examinations</i>)	1
Kerran viikossa tarjottavaa poikkeapaikalle tukea (<i>Once weekly drop-in support</i>)	1
Jatko-opiskelijoiden ylläpitämää poikkeapaikalle tukea (<i>Drop-in advisory service run by postgraduate students</i>)	1
Henkilökunnan ylläpitämää poikkeapaikalle tukea (<i>Drop-in support provided by staff</i>)	6

University Alliance -yliopistojen 20 yliopistosta 18 yliopistolta saatiin vastaus ja näistä 16 ilmoitti antavansa tukea matematiikan opiskelussa. Tukimuodot vaihtelivat tuen antamisesta pyydettyä tukikeskuksiin, jotka ovat avoinna viidesti viikossa ja joskus myös iltaisin. Yliopistossa, jossa tukea tarjotaan vain pyydettyä, on suunnitella kasvattaa saatavilla olevan tuen määrää. Yliopistossa on tarkoitus järjestää kesäkoulu ja palkata matematiikan taidot omaava ohjaaja. Seuraavassa taulukossa 4.6 on esitetty eri yliopistojen tarjoamat tukimuodot ja kyseisen tuen tarjoavien yliopistojen lukumäärät. (Perkin et al. 2012, s. 8)

Taulukko 3.6. University Alliance yliopistojen tarjoamat tukimuodot ja yliopistojen lukumäärät, jotka tarjoavat kyseistä tukea.

University Alliance	
Tukimuoto	Lukumäärä
Vain ajanvarauksella (<i>Bookable slots only</i>)	1
Pyydettyä (<i>On request</i>)	1
Henkilökunnan ylläpitämää poikkeapaikalle tukea kerran viikossa (<i>Once weekly drop-in support provided by staff</i>)	1
Jatko-opiskelijoiden ylläpitämää poikkeapaikalle tukea (<i>Drop-in support run by postgraduate students</i>)	1
Henkilökunnan ylläpitämää poikkeapaikalle tukea (<i>Drop-in support provided by staff</i>)	12

25 Million+ yliopistosta 24 vastasi kyselyyn ja näistä vastanneista 24 yliopistosta 22 yliopistoa tarjoaa tukea matematiikan opiskelussa. Tukimuodot vaihtelevat ylimääräisistä resurssien mukaan järjestettävistä harjoitus- tai esimerkkitunneista tukikeskuksiin, jotka ovat avoinna seitsemän päivää viikossa ja joskus myös iltaisin. Yksi yliopisto, joka nyt tarjoaa tukea vain sovitusti, ylläpiti aiemmin poikkeapaikalle matematiikkaklinikkaa jo nyt eläkkeelle jääneen luennoitsijan toimesta. Uusi matematiikan luennoitsija ei ole vielä päättänyt jatkaako vai ei matematiikkaklinikan pitämistä. Taulukossa 4.7 on esitelty yliopistojen tarjoamat eri tukimuodot ja yliopistojen lukumäärät, jotka tarjoavat eri tukimuotoja. (Perkin et al. 2012, s. 8)

Taulukko 3.7. Million+ yliopistojen tarjoaman tuen eri muodot ja yliopistojen lukumäärät.

million+	
Tukimuoto	Lukumäärä
Lisätunteja resurssien mukaan (<i>Extra classes when resources available</i>)	1
Henkilökohtaista tukea ajanvarauksella (<i>One-to-one by appointment</i>)	2
Lisätukea matematiikan opintoja sisältävien opinto-ohjelmien opiskelijoille (<i>Additional support for modules with mathematics content</i>)	2
Henkilökunnan ylläpitämää poikkeapaikalle tukea (<i>Drop-in support provided by staff</i>)	17

Kahdestatoista Cathedrals Group yliopistosta kuusi vastasi kyselyyn ja näistä vastanneista kaksi yliopistoa ilmoitti tarjoavansa opiskelijoille henkilökunnan ylläpitämää poikkeapaikalle tukea. Yksi ei-tukea tarjoavista yliopistoista kommentoi, että he eivät enää tarjoa tukea matematiikassa tai tilastotieteissä. Matematiikan opiskelun tukeminen loppui vuonna 2010 palvelujen rakenneuudistuksen seurauksena. Tällä hetkellä tuen antaminen riippuu ohjaajista ja siitä, kuinka he tarjoavat tukea osana lukujärjestyksen mukaisia luentoja ja harjoitustunteja. (Perkin et al. 2012, s. 9)

Riippumattomia, mihinkään ryhmään kuulumattomia yliopistoja oli tutkimusta tehdessä 26, joista 24 vastasi kyselyyn ja näistä vastanneista 19 yliopistoa tarjoaa tukea matematiikan opiskelussa. Tukimuodot vaihtelevat kerran viikossa annettavasta poikkeapaikalle muotoisesta tuesta tukikeskuksiin, jotka ovat avoinna viitenä päivänä viikossa. Yksi yliopisto, joka aiemmin tarjosi tukea sopimuksesta, ei enää tarjoa tämänkaltaista tukea henkilökunnan ja rahoituksen puutteen vuoksi. Yliopisto kuitenkin ilmoitti haluavansa jatkaa tuen antamista mahdollisuuksien mukaan. Seuraavassa taulukossa 4.8 esitellään riippumattomien yliopistojen tarjoamia tukimuotoja ja kerrotaan, kuinka moni yliopisto tarjoaa kyseistä tukea. (Perkin et al. 2012, s. 9)

Taulukko 3.8. Riippumattomien yliopistojen tarjoamat tukimuodot ja yliopistojen lukumäärät, jotka tarjoavat kyseistä tukea.

Riippumattomat yliopistot	
Tukimuoto	Lukumäärä
Henkilökohtaista tukea ajanvarauksella (<i>One-to-one by appointment</i>)	2
Kerran viikossa tarjottavaa poikkea-paikalle tukea (<i>Drop-in support one day per week</i>)	2
Jatko-opiskelijoiden ylläpitämää poikkea-paikalle tukea (<i>Drop-in support by postgraduate students</i>)	2
Henkilökunnan antamaa poikkea-paikalle tukea (<i>Drop-in support provided by staff</i>)	13

Liitteeseen 3 on koottu joidenkin Ison-Britannian yliopistojen internet-sivuja, joissa kuvataan matematiikan ja tilastotieteiden tukimuotoja tarkemmin ja liitteeseen 6 olen kerännyt tekstissäni käsiteltävien maiden lisäksi muiden maiden tukikeskusten internet-sivuja.

3.8.3 ”Highly Visible” -tukikeskukset

Eri yliopistojen tarjoamat tukimuodot vaihtelevat laajasti yliopistoittain ja korkean tason tukea tarjoavien yliopistojen lukumäärän mittaamiseksi, tutkimuksessa määriteltiin käsite: ”highly visible support centre”. Ansaitakseen tämän nimikkeen, yliopiston tarjoaman matematiikan tuen tulee pitää sisällään seuraavat ominaisuudet:

- Tukimuodossa on oltava henkilöstöä paikalla vähintään kymmenen tuntia viikossa.
- Erillisen internet-sivuston tulee antaa tietoa matematiikan tuesta.

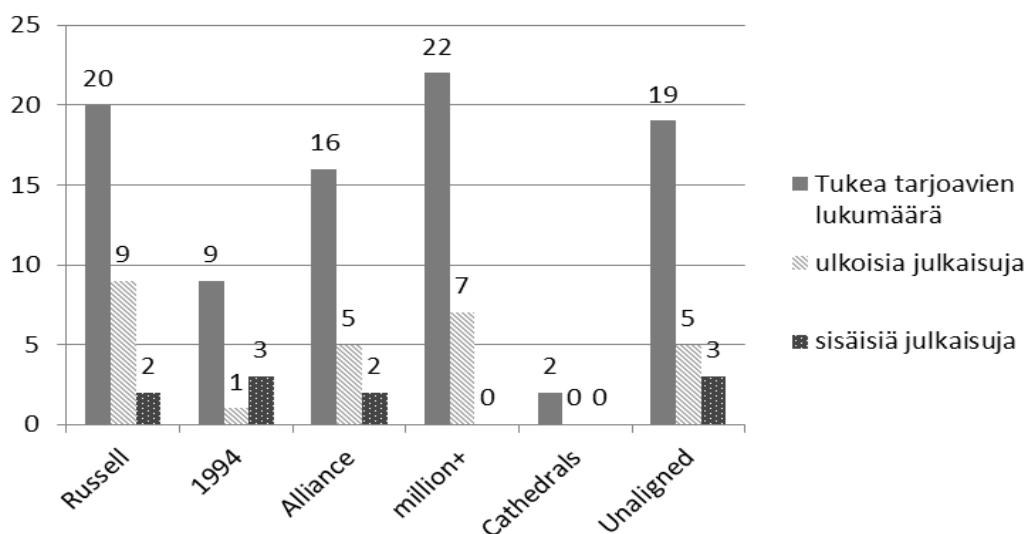
Käyttäen tätä määritelmää taulukkoon 4.9 on koottu korkean tason tukea antavien yliopistojen lukumäärät suhteutettuna tutkimukseen osallistuneiden, vastanneiden sekä tukea tarjoavien yliopistojen lukumäärään. (Perkin et al. 2012, s. 10)

Taulukko 3.9. ”Highly visible support centre” tukikeskusten lukumäärä ja jakaantuminen yliopistoryhmittäin.

	Russell	1994	Alliance	million+	Cathedrals	Unaligned	Yhteensä
Lukumäärä yhteensä	24	12	20	25	12	26	119
Vastauksien lukumäärä	22	9	18	24	6	24	103
Tukea tarjoavien lukumäärä	20	9	16	22	2	19	88
Highly visible support centre	8	4	8	5	0	5	30

3.8.4 Julkaisuja

Tutkimuksessa lähetetyssä sähköpostissa pyydettiin vastausta myös kysymykseen, ovatko yliopistot tehneet julkaisuja koskien matematiikan opetuksen tukemisen arviointia tai tukimuotojen kuvaamista (Perkin et al. 2012, s. 3). Tukea antavista 88 yliopistosta 86 vastasi tähän toiseen kysymykseen. Näistä vastanneista 27 yliopistoa kertoi, että heillä on ulkoisia julkaisuja koskien matematiikan tukemista. Vuoden 2004 ja sen jälkeen ilmestyneet julkaisut on listattu liitteeseen 4. Tämän lisäksi kymmenen yliopistoa ilmoitti julkaisseensa artikkeleita yliopiston sisäisesti. Kuitenkaan ei ole varmaa, ovatko yliopistot, jotka ovat julkaisseet kirjoituksia ulkoisesti, myös julkaisseet kirjoituksia sisäisesti. Tämän vuoksi yliopistot kuuluvat vain yhteen ryhmään, joko siihen, joilla on ulkoisia julkaisuja tai sisäisiä julkaisuja. Kuvaan 4.2 on koottu sisäisten ja ulkoisten julkaisujen lukumäärä yliopistoryhmittäin. (Perkin et al. 2012, s. 11)



Kuva 3.2. Kuvassa on esitetty sisäisten ja ulkoisten julkaisujen lukumäärä yliopistoryhmittäin.

3.8.5 Tutkimuksen yhteenveto

Verrattuna vuonna 2004 tehtyyn tutkimukseen tukea tarjoavien yliopistojen lukumäärä on kasvanut merkittävästi. Lähes kaikki yliopistot, jotka kertoivat tarjoavansa tukea matematiikan opiskelussa jatkaa yhä tuen antamista. Näyttää kuitenkin siltä, että tukea tarjoavien yliopistojen lukumäärä ei pysy muuttumattomana. Monesti tuen lakkauttaminen tai vähentäminen on seurausta resurssien puutteesta tai riittämättömästä strategisesta johdosta. Yliopistojen internet-sivujen tutkiminen on myös paljastanut, että monissa tapauksissa matematiikan tukimuotojen löytäminen on hankalaa ja vaikka tarjottavan matematiikan tuen paikantaisikin, on monesti vaikea tietää kuka on yhteyshenkilö. Ollisikin hyvä, jos yliopistot, jotka tarjoavat tukea matematiikan opiskelussa, antaisivat tietoa annettavasta tuesta yliopiston internet-sivustolla. (Perkin et al. 2012, s. 10)

3.9 Mitä vaikutuksia tukikeskuksilla on ollut yliopisto-opintoihin?

On selvää, että matematiikan tukikeskuksien palvelujen käyttäjien lukumäärä ei välttämättä mittaa tarjottujen tukipalvelujen vaikutusta. On tärkeää miettiä tukipalvelujen vaikutusta opiskelijoiden arvosanoihin ja koulussa pysymislukuihin. Tukipalvelujen toimintaa on haastavaa arvioida käyttäen ainoastaan opiskelijoiden matematiikan arvosanoja, sillä monet muut tekijät vaikuttavat myös opiskelijan saamiin arvosanoihin ja opiskelumenestykseen. Esimerkiksi opiskelijan aineen opiskeluun käyttämää aikaa on mahdotonta mitata. On siis mahdollista, että opiskelijat, jotka käyttävät tukipalveluja pärjäävät paremmin kokeissa pelkästään siksi, että he tekevät enemmän töitä opiskelun eteen. Tämän huomioon ottaen monet tutkimukset havainnoivat nykyisten arvosanojen lisäksi aikaisempien kokeiden tuloksia, kun verrataan tukipalvelujakäyttävien opiskelijoiden arvosanoja opiskelijoiden, jotka eivät käytä tukipalveluja, arvosanoihin. (Gill et al. 2010, s. 56)

Loughboroughin yliopistossa arvioitiin, että ensimmäisen vuoden insinööriopiskelijoiden osallistuminen matematiikan tukipalveluihin paransi opiskelijoiden läpäisyastetta noin kolme prosenttia (Pell et al. 2008, s.1). Toisaalta on arvioitu myös, että tentin läpäisemättömistä noin puolet (noin neljä prosenttia kokonaisuudesta) olisivat hyvin voineet päästä läpi, jos he olisivat hyödyntäneet matematiikan tukipalveluja säännöllisesti. On myös mielenkiintoista huomata, että suurin osa opiskelijoista, jotka käyttivät tukipalveluja, eivät olleet vaarassa pudota.

Lee et al. (2008, s. 44) kuvailevat tekstissään erilaisia tilastollisia regressiomalleja, joita käytettiin ennustamaan opiskelijoiden ensimmäisen vuoden suorituksia. Näiden mallien tulokset korostavat, että matematiikan diagnostiset testit eivät ole ainoastaan käyttökelpoisia antamaan tietoa opiskelijan aikaisemmasta matemaattisesta ymmärryksestä, vaan on myös yksi parhaimmista ennustajista tulevaisuuden menestykselle. Malleista ilmeni, että opiskelijoiden arvosanat saattoivat parantua, jos opiskelija etsi apua yliopiston matematiikan tukikeskukselta opintojen suorittamiseen. Parsons (2005, s. 4)

kuvailee tekstissään, kuinka insinöörimatematiikan kursseille tehdyt muutokset esimerkiksi kurssien sisältöjen osalta ja matematiikan tuen tarjoaminen ovat tehneet todellisia parannuksia opiskelijoiden menestykseen ja koulussa säilymiseen tehtyjen muutosten vakiinnuttamisen jälkeen vuonna 2001.

Tärkeitä kysymyksiä tutkimukseen liittyen ovat: millaiset opiskelijat hyödyntävät matematiikan tukipalveluja, saavuttaako matematiikan tuki kohderyhmänsä ja miksi jotkin opiskelijat eivät hyödynnä matematiikan tukipalveluja. Matematiikan tuen tuomista hyödyistä opiskelijoille, joilla on heikko matematiikan osaamisen tausta, on dokumentoitu esimerkiksi seuraavissa teksteissä: Lee et al. (2008) ja Symonds et al. (2007), jossa tukea saavien heikommin osaavien opiskelijoiden läpäisytaaso nousi 19 prosentilla. Myös Pell et al. (2008) havaitsivat tutkimuksessaan, että opiskelijat, jotka saivat parhaimpia arvosanoja olivat todennäköisempiä ottamaan osaa matematiikan tukipalveluihin kuin opiskelijat, jotka juuri ja juuri läpäisivät kurssin tai saivat hylätyn arvosanan kurssista.

On myös havaittu, että opiskelijat eivät sitoudu matematiikan tukipalveluiden käyttöön. Grehan et al (2010, s. 255-258) käsittelevät tätä aihetta tekstissään ja ovat havainneet, että suurin syy siihen, että opiskelijat eivät sitoudu tukipalveluihin ovat pelko, tietämättömyys tukipalveluista, henkilökohtaiset hankaluudet ja oman motivaation puute. Tekstissään he keskittyvät tutkimaan pelkoa syynä sitoutumattomuuteen matematiikan tukipalveluissa. Pelko oli johtavin syy opiskelijoiden sitoutumattomuuteen ja se tuli ilmi neljällä eri tavalla: epäonnistumisen pelkona, pelkona näyttää osaamattomuutensa, pelko tulla esille ja erottua joukosta sekä tuntemattoman pelko. Kolme ensimmäistä näistä peloista näyttää sisältyvän pelkoon paljastaa omia puutteita itselleen, luennoitsijoille, ohjaajille ja opiskelutovereille.

4 KORKEAKOULUMATEMATIIKAN TUKEMINEN YHDYSVALLOISSA JA NÄKÖKULMIA KANADASTA

Yliopistot Yhdysvalloissa ja Kanadassa ovat lähteneet tukemaan yliopisto-opiskelijoitaan matematiikan opinnoissa. Tässä luvussa tarkastelen oppimisen tukemista yliopistoissa sekä erilaisia tukikursseja, joilla pyritään kaventaa kuilua korkeakoulumatematiikan ja koulumatematiikan välillä.

4.1 Koulutusjärjestelmä

Kanadan ja Yhdysvaltojen koulutusjärjestelmät ovat pääpiirteittäin hyvin samankaltaiset. Tekstissäni keskityn käsittelemään vain Yhdysvaltojen koulutusjärjestelmää. Ensimmäiset pakolliset kouluvuodet alkavat viiden vuoden iässä. Tällöin oppilaat käyvät elementary- tai primary school -kouluja, jotka vastaavat Suomen peruskoulun alakoulua. Toisen asteen koulutus on ikävuosina 12 – 18 ja useimmiten suoritetaan high school -koulutuksena. High school jakaantuu useimmiten kahteen osaan junior ja senior high schooleihin. Junior high ts. Middle school vastaa Suomen yläkoulua ja pitää sisällään kouluvuodet 6 - 8. Tällöin oppilaat ovat 12 – 14 vuotiaita. Senior high school vastaa Suomen koulutusjärjestelmässä lukiokoulutusta ja on 15 – 18 vuotiaalle oppilaille vuosiluokilla 9 - 12. (University of Minnesota)

Lukiossa opiskelijat, jotka toivovat jatkavansa yliopistoon, valitsevat kurseja seuraavista osa-alueista: akateemiset tieteet (biologia, kemia ja fysiikka), pitkä matematiikka (algebra, geometria, trigonometria sekä differentiaali ja integraalilaskenta), vieraat kielet, kirjallisuus (*advanced English literature*), säveltäminen (*composition*) ja sosiaalitieteet. Opiskelijat, jotka ovat kiinnostuneita taloudesta tai teollisuudesta, voivat myös valita esimerkiksi konekirjoituksen, pikakirjoituksen, kirjanpidon tai business englannin kurseja. Opiskelijan suoritettua 12 vuosiluokan, valmistuu hän ja saa diplomin suorituista opinnoistaan (*high school diploma*). Tällöin heillä ei kuitenkaan ole loppukokeita, kuten monessa muussa maassa. Osa opiskelijoista suorittaa kahden viimeisen high school vuoden aikana yliopisto-opintojen soveltuvuustestin, joka mittaa opiskelijan verbalisia ja matemaattisia taitoja. Yliopistot arvioivat testin avulla potentiaalisia opiskelijoita. (University of Minnesota)

Lukion jälkeen opiskelijoilla on mahdollisuus valita, jatkavatko he kaksivuotiselle koulutuslinjalle community college koulutukseen (*tai junior college*) ennen hakemistaan neljä vuotta kestävään yliopistokoulutukseen. Sisäänpääsy community college oppilaitokseen on helpompaa, lukukausimaksut matalampia ja luokkakoot usein pienempiä kuin yliopistossa. Community college opiskelijat valmistuessaan saavat osatutkintoto-

distuksen (*associate's degree*) ja voivat siirtää opintoja enentään kahden vuoden opiskelijan verran yliopisto-opintoihin. Yliopisto-opiskelijoita, jotka tavoittelevat kandidaattitutkintoa, kutsutaan nimellä ”undergraduates” ja opiskelijoita, jotka tavoittelevat maisterin tai tohtorin tutkintoa kutsutaan nimellä ”graduate students”. Kandidaattitutkinto on useimmiten neljän vuoden mittainen ja maisteritutkinto kahden vuoden mittainen (Universities in the USA and Canada). (Hume)

4.2 Taustaa matematiikkakuilusta

Korkeakouluopinnot ovat merkittävässä roolissa hyvän työpaikan takaamiseksi Yhdysvalloissa nykypäivänä. Kuitenkaan opinpolku lukiosta yliopistoon ei välttämättä takaa opiskelijalle yliopistokoulutusta. Sadasta opiskelijasta, jotka menevät lukion yhdeksännelle luokalle, vain 67 valmistuu ajallaan lukiosta ja vain 38 opiskelijaa jatkaa heti opintojen jälkeen yliopistoon. Vain 26 opiskelijaa on ensimmäisen vuoden yliopisto-opintojen jälkeen edelleen kirjoilla yliopistossa. Vielä harvempi valmistuu lopulta ja saa korkeakoulututkinnon. (Ewell et al. 2007, s. 5)

Attewell et al. (2006, s. 915) osoittavat, kuinka he pystyivät erottamaan huonon lukion aikaisen akateemisen valmentumisen erilaisten yliopistojen tarjoaman tuen vaikutuksista. Ilmeni, että suurella kuilulla valmistumisluvuissa on vain vähän tekemistä yliopiston tukikurssien kanssa. Sen sijaan kuilu kuvastaa jo ennestään olleita taitotasoeroja, jotka ovat peräisin lukiosta. Yhdysvalloissa ja Kanadassa monet yliopistot ovat yhdessä muiden yhteistyökumppaneiden kanssa lähteneet kehittämään opiskelijoiden valmiuksia luonnontieteisiin jo ennen yliopisto-opiskelua ja monet hankkeet ja projektit kohdistuvat peruskouluopiskelijoihin tai lukio-opiskelijoihin. Lisäksi toisen asteen koulutuksen suuret pois putoamisluvut vaikuttavat korkeamman asteen koulutukseen.

Lukio-opintojen valmistumistaso on ollut laskemaan päin ja on tällä hetkellä Yhdysvalloissa noin 75 prosenttia (Finn-Foley 2013). Esimerkkinä olen kerännyt liitteeseen 5 julkaisun, joka käsittelee matalan matematiikan taitotason vaikutuksia lukio-opintojen keskeyttämisessä. Tekstissä (Cortes et al. 2013, *Intensive Math Instruction and Educational Attainment: Long-Run Impacts of Double-Dose Algebra*) kerrotaan, kuinka algebran osaaminen voi olla portti myöhempään akateemiseen osaamiseen, joten lukioaikaisella epäonnistumisella matematiikassa saattaa olla merkittäviä vaikutuksia myöhempään akateemiseen osaamiseen ja saavutuksiin sekä valmistumislukumääriin.

Kanadassa matematiikan ja tilastotieteiden dosentti sekä Memorial yliopiston matematiikan tukikeskuksen johtaja Sherry Mantyka kommentoi CBC uutisten haastattelussa: ”...there are fundamental issues with students' math skills when they begin their post-secondary education — and it's largely not their fault.” Muun muassa muutokset matematiikan opetussuunnitelmassa ovat vaikuttaneet opiskelijoiden matemaattiseen osaamiseen. Viimeisimmät muutokset tulivat vuonna 2008, kun koulutusalan sidosryhmät esittivät tarpeen matematiikan perusasioiden opiskelun sekä matematiikan prosessin käsitteellisen ymmärtämisen tasapainottamisesta. Opetussuunnitelman pääpaino on-

gelmanratkaisussa ja matematiikan käsitteellisten mallien käytössä, mikä jättää vähälle huomiolle laskusääntöjen tehokkaan käyttämisen. Peruskoulussa opiskelijat eivät saa tarvittavaa perustaa perusmatematiikan taidoille ja opiskelijoiden on vaikeaa siirtyä käsitteellisen ymmärtämisen yli asioiden keksimiseen. Monesti yliopisto-opiskelijat käyttävät strategioita tehtävien ratkaisemiseen, jotka heidän tulisi osata tehdä matemaattisten laskusääntöjen pohjalta. (CBCnews, 2012)

Yhdysvaltojen tavoin Kanadassa on lähdetty kehittämään opiskelijoiden matemaattista valmiutta jo ennen yliopistovuosia. Esimerkiksi Sheridan College on allekirjoittanut aiesopimuksen yhdessä Cisco Canda and Partners in Research (*PIR*) kanssa kehittääkseen tieteen ja teknologian urapolkua sekä tarkoituksena muuttaa tapaa, jolla K-12 (käsittää kouluvuodet ennen kolmannen asteen opintoja) opiskelijat oppivat tieteitä, teknologiaa, tekniikkaa ja matematiikkaa luokkahuoneissa. Yhteistyöllä pyritään laajentamaan ja rikastuttamaan VROC (*Virtual Research on Call*) ohjelman tuomia mahdollisuuksia ympäri Kanadaa. VROC ohjelma innostaa opiskelijoita STEM aineisiin tuomalla asiantuntijoita luokkahuoneeseen kaksisuuntaisilla videoneuvotteluilla ja –istunnoilla, interaktiivisilla esityksillä sekä koko lukuvuoden mittaisten ohjaajatapaamisten avulla. (Sheridan, 2013)

Monet yliopistot tarjoavat tukipalveluja ja tukikurseja, jotka valmentavat yliopistokoulutukseen ennen varsinaista yliopistokoulutusta. Matematiikan oppimisen tukeminen ja kehittäminen ei kuitenkaan keskity vain yliopistokoulutusta aiemmin tapahtuvaan koulutukseen, vaan monet yliopistot tarjoavat lisäksi jatkuvaa lisätukea opiskelijoille heidän yliopisto-opinnoissaan.

4.3 Yliopisto-opintoihin valmistavat kurssit

On havaittu, että vain 70 prosenttia Yhdysvaltalaisista lukio-opiskelijoista (*public high school*) valmistuu ja vain 32 prosenttia kaikista opiskelijoista lopettaa lukion kelpoisena aloittamaan neljän vuoden yliopisto-opinnot (Greene et al. 2003). Monet opiskelijat, jotka valmistuvat lukiosta ja jatkavat yliopistoon, suorittavat ainakin yhden yliopisto-opintoihin valmentavan kurssin. Yliopisto-opintoihin valmentavat kurssit (*College readiness partnership programs*) ovat yksi keino kaventaa yliopisto-opintojen ja lukio-opintojen välistä kuilua. Yliopistot ja lukiot tekevät yhteistyötä taatakseen, että opiskelijat ovat valmiita yliopisto-opintoihin. Yhteistyötä on monenlaista, osa kursseista on lyhyitä ja intensiivisiä, osa järjestetään kesäisin, osa pitää sisällään paljon toimintaa ja kestävät koko vuoden ajan, toiset kurssit keskittyvät akateemiseen osaamiseen ja toiset yliopistojen käytänteisiin, normeihin ja odotuksiin, kuten yliopisto-opintoihin hakemisen käytänteisiin ja taloudelliseen tukeen. (Barnett et al. 2012a, s. ix)

Näitä erilaisia yliopisto-opintoihin valmistavia ohjelmia ovat muun muassa: summer bridge programs, school year transition programs ja early assessment / intervention programs. Summer bridge programs-kesäohjelmat pyrkivät parantamaan opiskelijoiden kirjoittamisen, lukemisen ja matematiikan taitoja. Ohjelmat ovat useimmiten neljästä

kuuteen viikkoon kestäviä intensiivisiä kursseja, jotka pidetään yliopiston kampuksilla. Esimerkiksi Texasin Arlington yliopiston kurssi pitää sisällään matematiikkaa, lukemista ja STEM-aineiden tutkimusta painottavia aiheita. School year transition programs ohjelmat eroavat kesäohjelmista siten, että toiminta tapahtuu kouluvuoden aikana. Early assessment / intervention programs ohjelmat sen sijaan tarjoavat opiskelijoille mahdollisuuden suorittaa yliopiston kelpoisuustestejä heidän ollessaan vielä lukiossa ja näin opiskelijoille tarjotaan tietoa heidän valmiudestaan yliopisto-opintoihin. (Barnett et al. 2012a, s. ES-3)

4.3.1 Esimerkki Summer Bridge Program kesäohjelmasta

Wisconsin-Milwaukee yliopiston teknillinen tiedekunta (*College of Engineering and Applied Science*) on yleisesti onnistunut houkuttelemaan paljon opiskelijoita tekniikkaa opiskelemaan. Valmistumislukumäärät ovat olleet kuitenkin hyvin pieniä. Esimerkiksi syksyllä 2004 tulleista opiskelijoista vain 26,3 prosenttia valmistui yliopistosta kuudessa vuodessa. Yliopistossa onkin lähdetty toimiin ongelman ratkaisemiseksi ja yliopisto on aloittanut siltaohjelman yliopistoon tuleville opiskelijoille, joilla ei ole akateemisia valmiuksia tekniikan ja tietojenkäsittelyn yliopisto-opinnoille. Siltaohjelmalla on kaksi päämäärää. Toinen on tarjota opiskelijoille toimintaa koskien tekniikan alaa innostaakseen heitä tulevaisuuden opinnoista ja tarjota motivaatiota opiskeluun, jotta he jatkaisivat opintojaan. Pääpainona on kuitenkin parantaa opiskelijoiden matemaattisia valmiuksia ja erityisesti matematiikan tasokokeessa pärjäämistä (*math course placement*). Math course placement on testi, jonka opiskelijat suorittavat tullessaan opiskelemaan yliopistoon. Testi määrittää opiskelijan matemaattisen osaamisen tason ja sen, mille matematiikan kurssille he osallistuvat. (Reisel et al. 2010, s. 1-2)

Aikaisempiin tutkimuksien pohjalta on havaittu, että opiskelijat, jotka sijoittuvat matematiikan tasokokeessa keskitasoisen algebran eli matematiikka 105 kurssin alapuolelle (*Intermediate Algebra*) eivät lähes koskaan valmistu yliopistosta. Opiskelijoista, jotka asettuvat Intermediate Algebra tasolle, 13 prosenttia valmistumistuu. Opiskelijoiden, jotka ovat College Algebra / Trigonometry tasolla, valmistumisprosentti on 43 ja vastaavasti Calculus-tasoisien matematiikan opiskelijoilla valmistumisprosentti on 44. Opiskelijoilla on havaittu puutteita matematiikan alempien tasojen materiaalien osaamisessa. Näin ollen tukiohjelman tarkoituksena ei ole opettaa opiskelijoille täysin uutta materiaalia, vaan vahvistaa tuttuja käsitteitä lisäharjoitusten ja ohjauksen avulla. (Reisel et al. 2010, s. 1-2)

Osa opiskelijoista ei valmistu yksinkertaisesti siksi, että heidän matemaattiset valmiudet eivät riitä menestykseen matemaattisilla tieteenaloilla. Toisaalta yhtä tärkeä tekijä on myös se, että matala tulos matematiikan tasokokeessa viivästyttää opiskelijoiden mahdollisuuksia suorittaa kursseja. Opetussuunnitelma on suunniteltu siten, että monet kurssit vaativat Calculus I -kurssin suorituksen esitietona ja opiskelijoiden tulisi aloittaa ensimmäinen opiskeluvuosi suorittamalla tämä kurssi. Jos kuitenkin opiskelija joutuu odottamaan lukukauden tai koko lukuvuoden tai enemmän suorittaakseen Calculus-

lus I -kurssin, niin on hyvin vaikeaa ylläpitää opiskelijan mielenkiintoa opiskeluaikaa kohtaan. Opiskelijoiden matematiikkaan tasokokeiden tuloksia nostamalla pyritään vaikuttamaan sekä valmistumislukumääriin että valmistumiseen kuluvaan aikaan. Vuonna 2010, ohjelman myötä, 83 prosenttia opiskelijoista paransi tasokokeen tulosta ja vuonna 2009 kyseinen prosentti oli 68. Liitteeseen 5 olen koonnut julkaisuja koskien Summer-bridge-ohjelmaa. (Reisel et al. 2010, s. 1-2)

Texasin osavaltiossa tehdyssä tutkimuksessa (Barnett et al. 2012b, s. 3-4) havaittiin, että Summer-bridge kesäohjelmilla oli myönteinen vaikutus ensimmäisen vuoden matematiikan opintojen suorittamiseen, ohjelmilla ei kuitenkaan näyttänyt olevan pitkän aikavälin vaikutusta opiskelijoiden kokonaissuorituksissa. On mahdollista, että lyhyillä kesäohjelmilla ei voida olettaa olevan vaikutuksia pitkäaikaiseen opiskeluun ja opintojen kurtumiseen. Pitäen tämän mielessä, tutkimuksessa tuodaan esille kaksi ehdotusta siitä, kuinka kehittää opiskelijoiden tukemista. Ensimmäinen ehdotus on uudenlaisen yhteistyön aloittaminen korkeakoulujen ja toisen asteen koulutuksen välillä. Yhteistyön tarkoituksena on yliopistoajankautisen tuen tarpeen vähentäminen. Toisaalta tarjoamalla enemmän tukea ja siirtymäajan kokemuksia opiskelijoille, opiskelijoita voidaan auttaa saavuttamaan ja ylläpitämään saavutettuja tavoitteita.

4.4 Tukikurssien vaikutukset opintojen suorittamiseen

Yhdysvalloissa tehdyn tutkimuksen mukaan noin 40 prosenttia opiskelijoista suorittaa yliopistossa ainakin yhden tukikurssin. Matematiikka oli tavallisimmin tuettava aine 28 prosenttiyksikön osuudella kaikista tuettavista aineista. Kaksivuotisella yliopistokoulutuksella ei havaittu olevan yhteyttä heikompaan opiskelumenestykseen. Sitä vastoin kaksivuotiset tukea käyttäneet opiskelijat valmistuivat todennäköisemmin kuin vastaavat opiskelijat, jotka eivät suorittaneet tukikursseja. Tukikurssien suorittamisen havaittiin kuitenkin viivyttävän hieman valmistumisaikaa kaksivuotisessa koulutuksessa. Toisin kuin kaksivuotisessa, neljävuotisessa yliopistokoulutuksessa tukikurssien suorittaminen laski hieman opiskelijoiden valmistumistodennäköisyyttä, vaikka tutkimuksessa huomiointiin aiemmat akateemiset valmiudet ja taidot sekä niiden vaikutukset. Tällöin opiskelijoiden valmistumistodennäköisyys laski 6 - 7 prosenttia. Tämä tulos heijastaa kuitenkin enemmän toisen asteen koulutuksesta tuotuja ongelmia opiskelijan osaamisessa kuin sitä, että valmistumistodennäköisyyden lasku olisi seurausta tukikurssien negatiivisesta vaikutuksesta. Jos opiskelija suoritti tukikursseja lukemisesta, oli sillä selvä negatiivinen yhteys valmistumisen todennäköisyyteen, matematiikan tukikurssien vaikutus jäi tutkimuksessa kuitenkin epäselväksi. (Attewell et al. 2006, s. 897-898, 915-916)

On mahdollista, että harvempi opiskelija tarvitsisi tukikursseja pyrkiessään yliopistoon, jos korkeakoulut ottaisivat aktiivisemmän roolin helpottaakseen opiskelijoiden siirtymistä lukio-opinnoista yliopisto-opintoihin. Parantamalla yhteensopivuutta toisen ja kolmannen asteen opintojen välillä, yliopisto saattaisi parantaa opiskelijoiden valmiutta yliopisto-opintoihin ja opiskelutuloksia. (Barnett, et al. 2012, s. ES-1)

4.5 Yliopistojen tukimuodot

Esittelen seuraavaksi yliopistoissa käytettäviä tukimuotoja tutustumieni internet-sivujen kautta löytämäni tiedon pohjalta. Esittelen tukimuotoja muutamien esimerkkien kautta. Monissa yliopistoissa oli hyvin samankaltaisia tukimuotoja käytössä, vaikka toimintatavat saattavatkin hieman vaihdella yliopistojen kesken. Joissakin oli todella laaja tarjonta, kun taas toisissa yliopistoissa oli tarjolla vain yhtä matematiikan tuen muotoa tai ei lainkaan. Liitteeseen 6 olen kerännyt joidenkin tukikeskusten internet-sivuja myös muualta kuin Yhdysvalloista tai Kanadasta.

4.5.1 Ajanvarauksella toimiva tukipalvelu

Ajanvarauksella toimiva matematiikan tuki sisälsi monesti puolen tunnin tai tunnin mittaisia tapaamisia ohjaajan kanssa. Useimmiten tuki oli henkilökohtaista, jollei opiskelija varannut aikaa esimerkiksi opiskelijakaverin kanssa. Joissakin yliopistoissa oli myös rajoitettu, kuinka paljon opiskelija saa hyödyntää ajanvarauksella toimivaa tukea. Esimerkiksi Georgian yliopistossa opiskelija saattoi tehdä maksimissaan kaksi ajanvarausta viikossa ainetta kohden (University of Georgia).

4.5.2 Henkilökohtainen tukeminen

Pennsylvanian yliopiston tukikeskuksessa (The Tutoring Center, University of Pennsylvania) tarjottiin tukea ajanvarauksella henkilökohtaisesti. Tukea annettiin moniin eri aineisiin matematiikan lisäksi. Jotta opiskelija saisi henkilökohtaista tukea olisi hänen oltava kandidaatin tutkinnon opiskelija. Tukea on mahdollista saada yhden tunnin verran kerran viikossa ja enimmillään kahteen eri kurssiin lukukaudessa. Jotta opiskelija voi saada henkilökohtaista apua, on hänen ensin käytävä haastattelussa, jossa selvitetään, opiskelijalle, mitä tukea antavalta henkilöltä voidaan odottaa sekä paljonko kyseinen opiskelija tarvitsisi tukea. Haastattelun tarkoituksena on siis selvittää mahdollisen tuen laajuus ja kertoa opiskelijalle, mitä tuki pitää sisällään.

4.5.3 Poikkea-paikalle tuki

Poikkea-paikalle (*drop-in*) tukea tarjottiin monissa yliopistoissa. Useimmiten poikkea-paikalle tuki oli tarkoitettu nopeille kysymyksille ja apua oli mahdollista saada vain sovittuun ajankohtaan. Monesti tukea antoivat opiskelijat ja joskus myös luennoitsijat ja professorit (Boston University). Jos opiskelijat antoivat tukea, olivat he monesti suorittaneet erillisen ohjaajakoulutuksen toimiakseen ohjaajina tukikeskuksessa. Esimerkiksi Arizonan yliopiston (Arizona State University) matematiikan tukikeskuksessa tukea antoivat tehtävään koulutetut opiskelijat. Monesti tukikeskukset olivat Arizonan yliopiston tapaan päättäneet, missä kursseissa tukea annetaan. Useimmiten tukea annettiin peruskurssien matematiikan opiskelijoille.

Poikkeapaikalle tukea annettiin paikassa, johon saattoi myös tulla opiskelemaan ryhmässä. Tarjolla saattoi olla opiskelumateriaalia kuten tekstikirjoja sekä laskimia ja joskus myös tietokoneita tietokonetehtävien tekemiseen (Eastern Michigan University). Monesti keskuksset olivat avoinna arkipäivisin. Joissakin yliopistoissa paikalla oli jopa kahdeksasta kymmeneen ohjaajaa (Student Learning Center).

4.5.4 Tukea ryhmissä

Brownin yliopistossa (Brown University) tarjotaan matematiikan oppimisen tukea ryhmissä. Opiskelijat ilmoittautuvat ryhmään, joka tapaa viikottain ohjaajan kanssa. Ryhmässä opiskelijat käyvät läpi vaikeita asioita, joita luennoilla on käyty kyseisellä viikolla. Myös Berkeleyn yliopiston tukikeskus (Student Learning Center) tarjosi tukea ryhmässä. Ryhmän ohjaaja tarjoaa ryhmän jäsenille lisämateriaalia. Hän käy myös läpi avainkäsitteet luennoilta ja arvostelee luentotehtäviä sekä ottaa vastaan henkilökohtaisia kysymyksiä. Tällaista tukea tarjottiin vain tietyillä matematiikan kursseilla.

4.5.5 Workshops

Ohion yliopiston matematiikan tukikeskusten (Mathematics and Statistics Learning Center) sivuilla kuvattiin työpajaa paikaksi, jossa muun muassa teknologiaa apuna käyttäen pyritään parantamaan opiskelijoiden teoriaymmärrystä ja oppimista. Työpajoja tarjottiin esimerkiksi vaikeista aiheista. Työpajoissa annetaan apua ja ohjeistusta ongelmien ratkaisemiseen ja työskentelyyn ryhmissä. Työpajoja suositellaan opiskelijoille, joista tuntuu, että he eivät ymmärrä kyseistä aihetta täysin, opiskelijoille, joilla on vaikeuksia tietyn osa-alueen kanssa tai opiskelijoille, jotka haluavat olla varmoja siitä, etteivät jää paitsi mistään tiedosta tai osaamisesta. Opiskelijoiden tuli ilmoittautua työpajatoimintaan, mikäli halusivat osallistua siihen.

4.5.6 Exam Reviews

Tukikeskukset tarjosivat myös exam reviews tukea, jossa ohjaajat arvioivat opiskelijoiden harjoituskokeita. Esimerkiksi Ohion yliopiston tukikeskuksessa (Mathematics and Statistics Learning Center) tarjottiin opiskelijoille harjoituskokeita ratkaisuihin tukikeskuksen internet-sivustolla. Ratkaisut annettiin sekä pdf-tiedostoina että videoina, joissa kerrottiin ratkaisun kulusta. Berkeleyn yliopistossa (Student Learning Center) tarjotaan exam review tukea, jossa ohjaaja tiivistää kurssin tärkeät teemat ja aiheet sekä antaa opiskelijoille harjoituskokeen, jonka avulla he voivat itse arvioida omaa osaamistaan. Tällaista tukea tarjottiin vain tietyillä matematiikan kursseilla.

4.5.7 Verkkopohjainen tukeminen

Opiskelijoille tarjottiin myös internetin kautta tapahtuvaa neuvontaa ja matematiikan oppimisen tukea. Monesti tällainen tukimuoto oli tarjolla tiettyyn aikaan ja täydensi poikkeapaikalle toimintaa ja lisäsi tällä tavalla tukipalvelujen ajankohtia. Tukipal-

veluun tuli kirjautua internet-sivuston kautta ja valita haluttu kurssi, jossa tukea tarvitsisi (University of Georgia). Monilla tukikeskuksilla oli myös laaja materiaalipankki omalla internet-sivustolla, jolta opiskelijat saattoivat hakea tietoa koskien jotakin tiettyä aihealuetta tai saada apua esimerkiksi laskimen käytössä (Mathematics and Statistics Learning Center). Liitteeseen 7 olen lisäksi koonnut ulkoisten tukipalvelujen ja materiaalien internet-sivuja.

4.6 Esimerkki matematiikkakeskuksista

Kanadan Memorial yliopiston matematiikan tukikeskuksessa työskentelee ohjaajina opettajia kaikilta K-12 koulutustasoilta. Joillakin heistä on vuosien työkokemus ja toiset ovat vastavalmistuneita tai vielä opiskelemassa kasvatustieteitä. Tämä mahdollistaa tukikeskuksen jatkuvan kehityksen, joka ei ainoastaan heijasta tulevien opiskelijoiden tarpeita, vaan myös heidän opettajiensa. Keskuksessa työskentelee myös kandidaatin tason opiskelijoita, mikä mahdollistaa opiskelijatoverimaisen opetuksen tuomien voimavarojen hyödyntämisen oppimisessa. (Memorial University, Mathematics Learning Centre)

Matematiikka on aine, joka rakentuu aiemman tiedon perustalle. Tämän vuoksi, jos opiskelija ei ymmärrä jotakin matematiikan aihetta varhaisessa vaiheessa, niin hänen on hyvin vaikea oppia matematiikkaa, johon aiemmin opetettua tietoa tarvittaisiin. Tämä on perussy siihen, että matematiikkaa osataan heikosti. Memorial yliopistossa tämän ongelman välttämiseksi matematiikkaa opiskellaan Mastery concept of learning –ohjelman mukaisesti. Tämä tarkoittaa sitä, että opiskelija ei voi opiskella matematiikan seuraavaa tasoa ennenkuin hän on osoittanut omaavansa hyvät tiedot kaikilta matematiikan osa-alueilta, joita tarvitaan seuraavalla tasolla. Tämä vaatii jatkuvaa arviointia ja korkeaa usein jopa 80 prosentin tasoa läpikäytyssä. (Memorial University, Mathematics Learning Centre)

Keskuksen tavoitteena on (Memorial University, Mathematics Learning Centre):

1. Tunnistaa ja dokumentoida ongelmia liittyen siirtymistä koulumatematiikasta (K-12) korkeakoulumatematiikkaan.
2. Kehittää ja arvioida erilaisia toimenpiteitä K-12 tason matematiikan opiskeluun.
3. Tarjota yhteys yliopiston ja yhteisön välillä matematiikan koulutuksen ongelmien käsittelemiseen.
4. Tarjota siltaohjelmia käsittelemään ongelmia, joita on tunnistettu kolmessa edellisessä kohdassa.
5. Tarjota matematiikan ohjausta tuleviin opintoihin sekä palveluja matematiikan taitojen arvioimiseksi tulevaisuuden korkeakoulumatematiikan opiskelijoille.

5 KORKEAKOULUMATEMATIIKAN TUKEMINEN SAKSASSA

Monet Euroopan talousjärjestelmät ovat korkeasti koulutetun työvoiman, kuten insinöörien, fyysikoiden ja monien muiden tieteenalojen osajien varassa. Pitääkseen yllä tai kehittääkseen nykytilaa, monet Euroopan valtiot haluavat kasvattaa insinööriopiskelijoiden lukumäärää, mutta kohtaavat ongelman keskeyttävien opiskelijoiden suurissa luvuissa. Keskeyttävien insinööriopiskelijoiden määrä on korkea Euroopassa ja esimerkiksi Saksassa opintonsa keskeyttäneiden opiskelijoiden määrä on jopa 35 prosenttia. Insinööriopiskelijoilla ei monesti ole riittävää tietoa ja valmiuksia opintoihinsa, eikä tarvittavia matemaattisia taitoja. (Europe's Information Society 2010)

5.1 Koulutusjärjestelmä

Saksassa oppivelvollisuus alkaa seitsemänvuotiaana ja on pakollinen seuraavat yhdeksän tai kymmenen vuotta. Ensimmäisestä neljänteen luokkavuoteen saakka oppiaineet ovat kaikille oppilaille samat. Neljännen luokan jälkeen oppilaat jakaantuvat eri kouluihin taitojensa ja toiveidensa mukaan. Tällöin oppilaat ja heidän vanhempansa valitsevat koulun kolmesta ja joissakin osa-valtioissa neljästä eri vaihtoehdosta. Nämä kolme yleisintä vaihtoehtoa ovat: Hauptschule, Realschule ja Gymnasium. (How to Germany, 2013a)

Hauptschule-kouluissa (luokat 5-9) opetetaan samoja aineita kuin Realschule- ja Gymnasium-kouluissa, mutta hitaammassa tahdissa. Koulu tarjoaa myös muutamia käytännön ammattiin valmentavia kursseja. Hauptschule-koulun jälkeen opiskelijat koulutautuvat 18 ikävuoteen saakka koulutuksessa, joka koostuu osa-aikaisesta ammattikoulusta ja oppisopimuskoulutuksesta. Toisin kuin Hauptschule, Realschule sisältää luokkavuodet 5-10. Suoritettuaan Realschule-koulun opiskelija menee koulutukseen, joka koostuu osa-aikaisesta ammattikoulusta sekä ammattikorkeakoulusta. Opiskelijoiden, jotka ovat pärjänneet hyvin akateemisesti, on mahdollista vaihtaa lukioon Realschule-koulusta valmistuttuaan. (How to Germany, 2013a)

Gymnasium- eli lukiokoulutuksen lopuksi opiskelija saa Abitur tutkintotodistuksen. Lukio-opinnot valmistavat opiskelijoita yliopisto-opintoihin tai kaksoistutkintoon, jossa on yhdistettynä akateemisen ja ammatillisen tutkinnon piirteitä. Lukion yleisimmät koulutuslinjat ovat kielet, matematiikka ja luonnontieteet. Monet osavaltiot Saksassa ovat muuttaneet koulutusta siten, että opiskelijat voivat valmistua lukiosta 12 luokkavuoden jälkeen eli vuotta aiemmin kuin normaalisti. (How to Germany, 2013a)

Riippumatta siitä, minkä koulun opiskelija suorittaa, on hänen suoritettava opintoja vähintään yhdeksän vuotta. Esimerkiksi opiskelijan, joka keskeyttää lukion, on jatkettava opintojaan esimerkiksi Realschule-koulussa, kunnes yhdeksän vuotta opintoja on

täynnä. Lisäksi kaikkien opiskelijoiden tulee opiskella vähintään yhtä vierasta kieltä viiden vuoden ajan. Toinen vieras kieli on pakollinen lukio-opiskelijoille. (How to Germany, 2013a)

Korkeakoulut Saksassa jakautuvat yliopistoihin ja muihin ammattillisiin korkeakouluihin, kuten kauppatieteiden, taiteen tai musiikin alan korkeakouluihin. Yliopisto-opinnot jakautuvat kahteen osaan: kandidaatin tutkintoon ja maisterin tutkintoon. Joissakin yliopisto-opinnoissa on mahdollisuus suorittaa vain maisterin tutkintoja. Kandidaatin tutkinto kestää kolmesta neljään vuotta ja maisterin tutkinto viidestä kuuteen vuotta. Teknillispainotteisia yliopistoja kutsutaan nimellä Technische Universität (*TU*). (How to Germany, 2013b)

Ammatilliset korkeakoulut (*Fachhochschulen*) kestävät useimmiten neljä vuotta ja vastaavat kandidaatin tutkinnon tasoa. Koulutuslinjat ovat enemmän käytännön aloja kuin yliopistokoulutuksessa. Yleisiä koulutuslinjoja ovat tekniikka, liiketalous, yhteiskuntatieteet ja muotoilu. Yhä useammat ammatilliset korkeakoulut tarjoavat myös maisterin tutkintoja. Koulut eivät kuitenkaan tarjoa tohtorin tutkintoja tai lääketieteen ja oikeustieteen tutkintoja. Opiskelijat voivat halutessaan hakeutua opintojensa jälkeen toiseen kouluun suorittaakseen esimerkiksi tohtorintutkinnon. Taide-, musiikki- ja elokuvakorkeakoulut (*Kunst, Musik- ja Filmhochschule*) vastaavat asemaltaan yliopistokoulutusta. (How to Germany, 2013b)

5.2 Miksi tukea tarvitaan?

Matematiikan oppiminen korkeakouluissa on saanut paljon huomiota niin matematiikan pääaineopiskelijoiden keskuudessa kuin myös matematiikkaa sivuaineena opiskelevien keskuudessa. Insinööriopiskelijoiden on suoritettava laajan matematiikan opinnot, vaikka matematiikka ei olisikaan heidän pääaineensa. (Griese et al. 2011, s. 1)

Matematiikan opinnoissa tapahtuu merkittävä käsitteellinen harppaus siirryttäessä toisen asteen koulutuksesta kolmannen asteen koulutukseen. Siirtymiseen liittyy merkittäviä muutoksia siinä, millaista matematiikkaa opiskelijoiden tulisi hallita uusissa opinnoissaan. Korkeakoulumatematiikka ja koulumatematiikka eroavat toisistaan, koska käsiteltävät aiheet ovat erilaisia. Lisäksi korkeakoulumatematiikan opinnoissa mennään syvemmälle, niin teknisessä valmiudessa kuin taustalla vaikuttavassa käsittellisessä ymmärtämisessä. Teknisillä valmiuksilla tarkoitan opiskelijan kykyä muokata ja soveltaa eri matematiikan aiheita ja elementtejä. (Guzman et al. 1998, s. 752)

5.3 Miten Saksa vastasi kansainväliseen ongelmaan?

Saksassa korkeat keskeyttämisluvut yliopistomatematiikkaa opiskelevien opiskelijoiden määrässä ovat hälyttäviä. Yliopistot ovatkin lähteneet toimiin ongelman ratkaisemiseksi. Esimerkiksi Ruhr Bochumin yliopistossa käynnistettiin MP² (*Mathe/Plus/Praxis*) projekti, joka tähtäsi opiskelijoiden tukemiseen insinööriopinnoissa ensimmäisen opiskelu-

vuoden aikana. Projektin avulla pyrittiin selvittämään, mikä saa opiskelijat motivoitua tavoittelemaan hyvää tulosta heidän ollessaan haastavalla kurssilla, mitkä oppimisstrategiat osoittautuvat matematiikan opinnoissa menestyksekkäiksi, mitkä kognitiiviset piirteet ja uskomukset näyttävät edullisilta opintojen suorittamisen kannalta ja miten yliopistot voivat tukea oppilaitaan. Esittelen projektia ja sen vaikutuksia tarkemmin luvussa 5.5. (Griese et al. 2011, s. 1)

Joissakin yliopistoissa opiskelijoita tuetaan tukikeskusten avulla. Esimerkiksi Tübingenin yliopisto tarjoaa tukea opiskelijoilleen matematiikassa ja fysiikassa. Yliopiston matematiikan ja fysiikan neuvontakeskus tarjoaa tukea kaikille opiskelijoille lukukaudesta riippumatta. Neuvontakeskus suunnittelee myös lukuisia tapahtumia lukukausittain. Neuvontakeskus on avoinna sovitun aikataulun mukaisesti ja tällä hetkellä tarjoaa apua matematiikassa kaksi tuntia kerrallaan viisi kertaa viikossa, jolloin opiskelijat voivat poiketa kysymään apua koskien matematiikan opintojaan. (Universität Tübingen)

Myös muissa yliopistoissa on lähdetty ratkaisemaan matematiikkaongelmaa, joka nousee esille matematiikan opinnoissa opiskelijan siirtyessä koulusta yliopistoon. Esimerkiksi matematiikan peruskursseille on täydentäviä kursseja ensimmäisenä opiskeluvuonna. Kasselin yliopistossa tarjotaan siltakursseja opiskelijoille ja Paderbornin yliopiston kurssi Johdatus matematiikan kulttuuriin (*Einführung in die Kultur der Mathematik*) johdattelee ensimmäisen vuoden opiskelijat uudenlaiseen matematiikan opiskelun kulttuuriin. Myös monia muita projekteja on tehty ongelman ratkaisemiseksi. Telekom-säätiö, jonka tehtävänä on edistää koulutusta, tiedettä ja tutkimusta matematiikassa, tekniikassa, tieteissä ja teknologiassa (Telekom), on rahoittanut muun muassa seuraavia projekteja: Uudenlainen matemaattinen ajattelu (*Mathematik Neu Denken*) ja Parempi matemaattinen ymmärrys (*Mathematik Besser Verstehen*). Myös Kasselin ja Paderbornin yliopistojen yhteistyössä perustettu osaamiskeskus Kompetenzzentrum Hochschuldidaktik Mathematik, KHDM on ollut mukana useissa hankkeissa, joiden avulla yritetään ratkaista matematiikan oppimisen ongelmaa. (Biehler et al. 2011, s.1)

5.4 KHDM-osaamiskeskus

KHDM on Kasselin ja Paderbornin yliopistojen yhteinen laitos, jota johtavat Rolf Biehler ja Reinhard Hochmuth. Osaamiskeskus on Mercatorin ja Volkswagenin säätiöiden perustama ja sponsoroima yhdessä Bologna – Tulevaisuuden opettajuus (*Bologna – Zukunft der Lehre*) hankkeen kanssa. Osaamiskeskuksen toiminta koskee muun muassa tieteidenvälisiä aiheita, kuten empiiristen menetelmien ja työkalujen opetuksen ja oppimisen tutkimusta, korkeakoulu opetuksen oppimismetodeja ja e-kurssien käyttöä yliopisto-opinnoissa. Tarkoituksena on parantaa yliopistokoulutuksen matematiikan kursien sisältöä. Keskukseen projektit tähtäävät opetussuunnitelmien ja oppimisstrategioiden kehittämiseen sekä erilaisten visuaalis-kokeellisten lähestymistapojen kehittämiseen formaalissa esityksessä. Lähestymistavoilla tähdätään erityisesti kaventamaan kuilua tiedon ja didaktiikan välillä sekä koulu- että yliopistomatematiikan ja eri kurssien välil-

lä. Matematiikan oppimisen kuilun kaventamiseksi kehitetään myös erilaisia silta- ja liitântäkursseja. Keskeisiksi kehittämishaasteiksi on noussut seuraavia kysymyksiä: miten voittaa kulttuurishokki siirryttäessä koulumatematiikasta yliopistomatematiikkaan, miten voidaan tehokkaasti edistää erikoistuneita tekniikoita ja oppimisstrategioita heterogeenisissä oppimisryhmissä, miten matemaattinen mallinnus edistää matematiikan oppimista ja päinvastoin sekä miten matematiikan työkalut voivat edistää tieteidenvälisää oppimista. Seuraavaksi esittelen joitakin osaamiskeskuksen projekteja. (Biehler et al. 2011, s. 1-3)

5.4.1 KHDM-projekteja

Opetussuunnitelman uudistus eli LIMA-projekti, joka toteutettiin vuosina 2009 - 2012, Matemaattisen perustan kurssi eli VEMINT-projekti sekä MathBridge EU-projekti, jossa osaamiskeskus KHDM oli mukana yhteistyössä monen muun maan ja tahon kanssa, ovat osaamiskeskuksen projekteja, joilla on pyritty ratkaisemaan matematiikan opiskelun ja oppimisen ongelmaa yliopistokoulutuksessa. (KHDM; LIMA)

5.4.1.1 LIMA-projekti

LIMA-projektin (*LehrInnovation in der Studieneingangsphase 'Mathematik im Lehramtsstudium' – Hochschuldidaktische Grundlagen, Implementierung und Evaluation*) yleisenä tavoitteena on helpottaa tulevaisuuden matematiikan opettajien lähtötilannetta tarjoamalla heille hyvän tieteellisen perustan ja kehittämällä koulutusjärjestelmää. Monia opetusnovaatioita on kehitetty ja toteutettu. Muun muassa laskuharjoituskäytäntöä muutettiin ja matematiikan tehtävien tarkistamista hyödynnettiin oppimisen tukena, kannustavaa palautetta annettiin ja matematiikkaklubin toiminta tarjosi lisätukea opiskelijoille. Lisäksi laskuharjoitusryhmien ohjaajille tarjottiin tukea lukukauden aikana. (LIMA)

5.4.1.2 VEMINT-projekti

VEMINT-projekti (*Virtuelles Eingangstutorium für Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik*) on Kasselin, Paderbornin ja Darmstadtin yliopistojen kanssa yhteistyössä toimitettu hanke. Vuonna 2003 käynnistettiin VEMA-projekti (*Virtuelles Eingangstutorium Mathematik*) ja vuonna 2012 nimi muutettiin VEMINT-projektiksi, josta on kehittynyt myös projekti VEMINT-mobile. VEMINT-mobile -projekti kehittää oppimateriaalia, joita voidaan hyödyntää myös tablet-tietokoneilla. VEMINT-hankkeen myötä lähdettiin kehittämään multimediasursseja ja ensisijaisesti tukemaan ennen lukukautta käytäviä siltakursseja.

VEMINT-materiaali koostuu eri osista, jotka keskittyvät eri matematiikan osa-alueisiin. Tällä hetkellä oppimateriaali koostuu kuudesta eri luvusta, joita ovat: aritmetiikka, potenssit, funktiot, funktio-ohjelmointi, analyysi ja vektorit. Eri osa-alueisiin jaottelu tukee itsenäistä opiskelua ja auttaa opettajaa valitsemaan oikeat sisällöt halualle koulutusosalalle ja sen opiskelijoille. (KHDM; Biehler et al. s. 1-2; VEMA).

VEMINT-projektin sekä MathBridge-projektin aineistoa on tarkoitus laajentaa ja käyttää ei ainoastaan siltakursseilla, vaan myös ensimmäisen vuoden kursseilla tukemistaroituksessa (Biehler et al. 2011b, s. 27).

5.4.1.3 MathBridge-projekti

Keskeyttävien opiskelijoiden määrä euroopan laajuisesti on suuri insinööriopinnoissa. Eräs merkittävä syy suureen keskeyttävien määrään on se, että insinööriopiskelijoilta puuttuu tarvittava matemaattinen osaaminen heidän uusiin opintoihinsa. Perinteisessä tukiopetuksessa henkilökohtainen apu matematiikan aukkojen korjaamiseksi on mahdollista ja tällaiset kurssit harvoin ratkaisevat osaamisen ongelman. Monesti yliopistoissa on suuri tarve räätälöidylle matematiikan tuelle. Verkkopohjaista matematiikan tukimateriaalia on saatavilla hajallaan, eri muodoissa ja eri merkinnöillä, yhdellä kielellä ja materiaali on monesti hankalasti löydettävissä ja räätälöitävissä opiskelijan tarpeisiin. MathBridge-projekti pyrkii vastaamaan tähän ongelmaan ja muuttamaan tilannetta tarjoamalla matematiikan siltakursseja ehkäisemään matematiikan kuilua yliopistopintojen ja koulumatematiikan välillä. MathBridge tarjoaa monikielistä ja –kulttuurista matematiikan tukimateriaalia, jota on helppo sovittaa opiskelijoiden henkilökohtaisiin tarpeisiin. (Europe's Information Society 2010)

MathBridge on ensimmäinen yleiseurooppalainen verkkopohjainen e-oppimisympäristö, joka tarjoaa matematiikan kurseja koulumatematiikan ja yliopistomatematiikan kuilun kuromiseen. MathBridge on perustettu yhteistyössä seitsemästä eri valtiosta tulevien yhdeksän yliopiston kanssa. MathBridge oppimisympäristön avulla opettajien ja opiskelijoiden on mahdollista vuorovaikuttaa tuhansien matemaattisten oppimistyökalujen, tehtävien ja muiden sovellusten kanssa seitsemällä eri kielellä. MathBridge ympäristön käyttäjät voivat valita esivalmisteltuja kurseja, rakentaa omia kurseja tai hyödyntää mukautuvaa kurssigeneraattoria. MathBridge tukee monipuolista oppimista ja opetusta tarjoamalla monentyyppisiä oppimisobjekteja aina teoreemista, todistuksista ja määritelmistä havainnollistaviin esimerkkeihin ja interaktiivisiin tehtäviin saakka. Ympäristö pitää sisällään materiaalia aiheista logiikka, joukko-oppi, lukumäärän käsite, perusaritmetiikka, lukuteoria, kombinatoriikka, yhden ja useamman muuttuja funktiot sekä yhden muuttujan yhtälöt. (Math-Bridge)

Mukana MathBridge-projektissa ovat seuraavat yliopistot (Europe's Information Society 2010): Deutsches Forschungszentrum Fuer Kuenstliche Intelligenz GMBH, Saksa, Universitaet Wien, Itävalta, Tampereen teknillinen yliopisto, Suomi, Universite Montpellier 2 Sciences et Techniques, Ranska, Universitaet Paderborn, Saksa, Universitaet Kassel, Saksa, Universitaet Des Saarlandes, Saksa, Eurotype OHG, Saksa, Eötvös Loránd Tudományegyetem, Unkari, Universidad Carlos III de Madrid, Espanja, Open Universiteit Nederland, Alankomaat. (Europe's Information Society 2010)

5.5 MP²-projekti

MP²-projektin tarkoituksena oli estää tarpeettomia keskeytyksiä ensimmäisenä opiskeluvuonna matematiikan, tietotekniikan, luonnontieteiden ja tekniikan alalla. Opiskelijoiden ongelmat matematiikan opiskelussa siirryttäessä koulumatematiikasta korkeakoulumatematiikan opintoihin, näyttävät muodostuvan kahdesta eri syystä. Yliopistoon siirryttäessä opiskelijat siirtävät mukanaan oppimisen malleja, joiden kanssa he onnistuivat koulussa ja siten epäonnistuvat matematiikan opinnoissa yliopisto-opintojen alussa. Esimerkiksi opiskeleminen juuri ennen koetta, on saattanut olla hyvä oppimisen malli koulumatematiikan opinnoissa, mutta ei toimi enää yliopisto-opinnoissa. Toisaalta opiskelijat voivat menettää motivaation matematiikan opiskeluun, koska he eivät näe maattisten menetelmien yhteyttä käytännön sovelluksiin. Opiskelijat ovat kiinnostuneita tekniikasta, mutta eivät näe yhteyttä matematiikan laskujen ja metodien sekä käytännön tekniikan välillä. Tämä motivaation aleneminen tapahtuu useimmiten toisen lukukauden aikana. Ensimmäisen lukukauden aikana opiskelijat vielä hyväksyvät, että heidän tulee oppia perusperiaatteita matematiikasta myöhempää käyttöä varten. (Roosch et al. 2013, s. 3; MP² = Mathe/Plus/Praxis a)

Näiden molempien ongelmien korjaamiseksi MP²-projekti jakautuu kahteen osaan MathePlus- ja MathePraxis-hankkeisiin (MP² = Mathe/Plus/Praxis a). MathePlus-hankkeen eli MP²-projektin ensimmäinen vaihe on suunnattu opiskelijoille, joilla on vaikeuksia opinnoissaan heidän siirtyessä yliopistokoulutukseen (MP² = Mathe/Plus/Praxis b). MathePlus rohkaisee ja auttaa ensimmäisen vuoden opiskelijoita oppimisen strategioissa. MathePraxis-hanke, MP²-projektin toinen vaihe, antaa opiskelijoille mahdollisuuden soveltaa ensimmäisen vuoden matematiikan opintoja käytännön tekniikan ongelmiin. MathePlus-hanke toteutettiin ensimmäisen lukukauden aikana ja MathePraxis lukuvuoden toisella puoliskolla. (Griese et al. 2011, s. 4)

MathePlus-hanke aloitettiin keväällä 2010 ja toteutettiin syksyllä ja talvella 2010/2011, jota seurasi arviointi. MathePraxis aloitettiin puoli vuotta myöhemmin. Molemmat hankkeet toistettiin seuraavana lukuvuonna. Kohderyhmä koostui ensimmäisen vuoden insinööriopiskelijoista Ruhr Bochumin yliopistossa. (Griese et al. 2011, s. 4)

5.6 MathePlus

MathePlus-hankkeeseen hyväksyttiin 180 opiskelijaa. Heidät jaettiin satunnaisesti kolmeen ryhmään. SLG-ryhmä (*Supported Learning Group*) koostui kolmesta ohjattavasta ryhmästä, joissa jokaisessa oli 20 opiskelijaa. Toiset 60 opiskelijaa olivat SDG-ryhmässä (*Self-Directed Group*) ja loput 60 opiskelijaa olivat kontrolliryhmässä MG (*Monitored Group*). (Griese et al. 2011, s. 4)

5.6.1 SLG- ja SDG-ryhmä

Molemmat ryhmät, SLG ja SDG, pitivät päivittäistä oppimispäiväkirjaa. Päiväkirja piti sisällään asioita ennen oppimista ja oppimisen jälkeen, kuten myös kysymyksiä psyykkisestä tilasta ja motivaatiosta. Päiväkirja palveli niin tallennuspaikkana oppimisstrategioille kuin myös välineenä itsesääntelyyn. Vain SLG-ryhmän opiskelijat tapasivat ohjaajaa kerran viikossa. Tapaamiset keskittyivät tiettyihin oppimistrategioihin, kuten työympäristöön tai muistiinpanojen tekemiseen. SLG-ryhmän opiskelijoilla oli pääsy Helpdesk-pisteeseen, missä ohjaajat tarjosivat apua ja neuvoa, tarkastivat tehtäviä ja antoivat vihjeitä työn jatkamiselle. Lisäksi e-learning-kurssit olivat auki ympäri vuorokauden SLG- ja SDG-ryhmän opiskelijoille. E-oppimiskurssit tarjosivat monia tenttikysymyksiä, joihin sai välittömän vastauksen. Sivulla oli myös arkistointimahdollisuus ja keskustelufoorumi. (Griese et al. 2011, s. 4)

SLG-ryhmän toiminta koostui siis kokonaisuudessaan kahdeksasta eri osa-alueesta, joita olivat Learngruppe, Paten, Arbeitsbuch, Helpdesk, Learning-Log, eLearning, Repetitorium sekä Probeklausur. SDG-ryhmä piti sisällään samat toimintamuodot kuin SLG-ryhmä lukuun ottamatta Learngruppe, Paten ja Probeklausur -toimintaa. Learngruppe jakaantui kolmeen ryhmään, joista jokaisessa oli 25 opiskelijaa. Ryhmissä tarjottiin metodologista sekä teknistä apua ja annettiin henkilökohtaista palautetta. Paten toiminnan kummit olivat entisiä MP² opiskelijoita, jotka tarjosivat henkilökohtaista neuvoa ja antoivat kommentteja työkirjaan (*Arbeitsbuch*). Arbeitsbuch piti sisällään vinkkejä ja eri tekniikoita koskien oppimismetodeja sekä -tekniikoita. Työkirjaa täydettiin ennen Learngruppe-tapaamisia ja kokemukset kirjattiin Paten-toimintaa varten. Helpdesk oli toimipiste, jossa työskenteli kolme palkattua opiskelijaa 12 tuntia viikossa. Työskenteleminen Helpdesk-pisteessä tapahtui ryhmissä. Learning-Log -toimintaa oli kerran viikossa. Toiminnassa suunniteltiin omaa oppimista ja toimintoja. Learning-log -toimintamuoto kuvasti työprosesseja ja niiden suunnittelua työelämässä. Internetissä tapahtuvan eLearning-toiminnan avulla opiskelija saattoi harjoitella erilaisia tehtäviä saaden tekemästään palautetta. Materiaalia eLearning-toimintaan sai myös Learninggruppe-toiminnasta. Toiminnalla oli yhteys jo olemassa olevaan sosiaaliseen verkostoon, kuten moodle-ympäristöön, facebookiin, twitteriin sekä google+:-aan. Repetitorium-kertaustunnit pidettiin luentosalissa, jossa käytiin tiivistetysti läpi luennoilla käytyt asiat. Probeklausur oli testi eli tenttitilaisuus, joka toimi stressitilanteena oikean tentin kaltaisesti. (Glasmachers et al.)

5.6.2 Tulokset

Testi muodostui kysymyksistä, jotka jakaantuivat kolmeen pääryhmään: kongnitiivisiin oppimisstrategioihin, metakognitiivisiin oppimisstrategioihin ja resurssien hallintastrategioihin. Tekstissäni keskityn kuitenkin vain kahteen ensimmäiseen pääryhmään. Kognitiivinen oppimisstrategia koostuu jäsentely-, syventämis-, toistamis- ja kriittisen

tarkastelun strategiasta. Metakognitiiviset oppimisstrategiat jakaantuvat kolmeen eri osa-alueeseen: suunnitteluun, säätelemiseen ja tarkkailuun. (Griese et al. 2011, s. 3, 6-7)

Testi osoitti, että kognitiivisista oppimisstrategioista suunnittelu- ja toistamisstrategioiden sekä metakognitiivisten oppimisstrategioiden osa-alueilla opiskelijat saivat matalampia tuloksia kysymyksistä, jotka tehtiin ennen tutkimusta. Kun otetaan huomioon, että tulos on opiskelijoiden itsensä sanomaa, niin tulkinta, että yliopistomatematiikka eroaa huomattavasti koulumatematiikasta, tuntuu järkevältä. Toinen mahdollinen tulkinta on, että opiskelijat eivät opiskelleet todellisuudessa vakavasti ennen projektia, vaikka he näin uskoivatkin. Tämän tutkimuksen nojalla opiskelijoilla ei näyttänyt olevan muita ongelmia oppimisessa kuin riittämättömien oppimisstrategioiden käyttö sekä yliopistomatematiikan korkea taso. (Griese et al. 2011, s. 3, 6-7)

Tärkein ero SLG- ja SDG-ryhmien välillä oli, että SLG-ryhmän opiskelijat tapasivat ohjaajaa kerran viikossa toisin kuin SDG-ryhmän opiskelijat. Molemmilla ryhmällä oli pääsy e-oppimiskurssille ja he pitivät oppimispäiväkirjaa. SLG-ryhmän opiskelijoilla oli korkeammat tulokset oppimisstrategioissaan kuin SDG-ryhmän opiskelijoilla. Ohjaaja mahdollisti siis merkittävästi korkeammat tulokset opiskelijoilla jäsentelyoppimisstrategiassa. SLG-ryhmän opiskelijoilla oli kuitenkin alhaisemmat tulokset toistamisoppimisstrategian kohdalla kuin muilla tutkimukseen osallistuneilla opiskelijoilla, mikä saattaa viitata siihen, että SLG-ryhmän opiskelijat keskittyivät korkeatasoisempiin oppimisstrategioihin kuin toistamiseen. Kolmas ja viimeinen eroavaisuus tuloksissa oli SLG-ryhmän korkeammat tulokset metakognitiivisissa oppimisstrategioissa kuin SDG-ryhmällä. Koska metakognitio on ensimmäinen askel muuttavaan ja säätelevään käyttäytymiseen, viittaa tulos siihen, että henkilökohtainen tuki, jota tarjottiin SLG-ryhmälle, on merkittävä apu opiskelijoille uusien oppimistrategioiden sisäistämiseksi. (Griese et al. 2011, s. 7-8)

Tutkimuksessa ilmeni myös, kuinka e-oppimiskurssin ja oppimispäiväkirjan toimintatavat voivat lisätä opiskelijoissa turhautuneisuuden tunnetta, mikä ilmenee melko alhaisena tuloksena metakognitiivisissa strategioissa. Näin ollen on harkittava tarkoin, mikäli opiskelijat altistetaan tukitoimiin ilman henkilökohtaisen tuen tarjoamista. (Griese et al. 2011, s. 8)

5.6.3 Yhteenveto

Siirtyminen koulumatematiikasta yliopistomatematiikkaan vaatii erilaista ja suunnitelmallisempia oppimiskäytänteitä kuin mitä koulussa käytetään. Korkeamman osaamisen tason saavuttaminen matematiikassa vaatii tietoa omista kognitiivisista prosesseista. Tulokset osoittavat, että työskentely oppimisstrategioiden parissa yhdistettynä henkilökohtaiseen ja verkossa tapahtuvaan tukeen, voi edistää kognitiivisten oppimisstrategioiden osaamista huomattavasti. On vielä tutkittavana, mitkä tukimuodot ovat kaikkein tehokkaimpia, mutta näyttää kuitenkin siltä, että henkilökohtaisen tuen

tarjoaminen näyttää olevan merkittävässä roolissa opiskelijan matematiikan opintojen tukemisessa. (Griese et al. 2011, s. 8)

5.7 MathePraxis

Saksassa 34 prosenttia kaikista ensimmäisen vuoden konetekniikan insinööreistä keskeyttää opintonsa (Heublein et al. 2009, s. 8). Yli puolet keskeyttäneistä opiskelijoista ilmoittaa keskeytyksen syyksi väärät ennako-odotukset opiskeltavasta aineesta sekä opiskelun kiinnostuksen vähentymisen tai halun työskennellä käytännössä (Minsk 2000, s. 10). Ilmiön torjumiseksi kehitettiin MathePraxis-hanke, jotta ensimmäisen vuoden opiskelijat huomaisivat matematiikan kursseilla opettavien metodien ja todellisten teknisten sovellusten väliseen yhteyden (Rooch et al. 2012a, s. 2).

MathePraxis on MP²-projektin hanke, joka tarjoaa tukea ensimmäisen vuoden opiskelijoille kone-, rakennus- ja ympäristötekniikan koulutusohjelmissa opiskeleville. MathePraxis toteutettiin ensimmäisen kerran vuonna 2011 Ruhr Bochumin yliopistossa ja projektia tuki Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft and Heinz Nixdorf -järjestö. Projekti toteutettiin ylimääräisen kurssin muodossa. Kurssilla opiskelijoiden tuli ratkaista jokin käytännön ongelma, joka yhdistää käytännön tekniikan sovelluksen ja matemaattiset menetelmät toisiinsa. (Rooch et al. 2012a, s. 2).

Koska useimmat koulutusohjelmat eivät jätä paljoa aikaa ylimääräisille projekteille, projektissa ei keskitytty matemaattiseen mallintamiseen tai yleisiin ongelmaratkaisutaitojen kehittämiseen, vaan käytännön ongelmia otettiin arkielämän sovelluskohteista. Tärkeää oli, että sovellukset vastasivat ensimmäisen vuoden matematiikan kurssien tasoa. Ensimmäisen vuoden matematiikka pitää sisällään aihealueet: lineaarialgebran perusteet, geometria, yhden tai useamman muuttujan differentiaali- ja integraalilaskenta sekä differentiaaliyhtälöt. Tarkastelen lähemmin MathePraxis-projektin onnistumista sen toisella toteutuskerralla vuonna 2012. (Rooch et al. 2012a, s. 2-3)

5.7.1 Osallistujat

Hankkeeseen osallistuivat kurssin matematiikkaa insinööreille II (*Mathematics II for Mechanical Engineering, Civil Engineering and Environmental Engineering*) opiskelijat. Projektia esiteltiin ja mainostettiin lyhyillä mainoksilla ympäri kampusta. Hakijoiden tuli olla läpäissyt aiempi matematiikkaa insinööreille kurssi I (*Mathematics I for Mechanical Engineering, Civil Engineering and Environmental Engineering*) ja heidän tuli kirjoittaa vapaamuotoinen teksti hakemukseen. Koska projekti merkitsee lisätyötä osallistujille, saivat opiskelijat kaksi tai kolme opintopistettä riippuen koulutusohjelmasta. Hakemuksia tuli yhteensä 58, mikä ei ainoastaan kerro opiskelijoiden kiinnostuksesta tällaista kurssia kohtaan, vaan myös ensimmäisen suorituskerran ja toisaalta myös aiemmin suoritetun MathePlus-rinnakkaishankkeen menestyksestä. Kiinnostus tällaista kurssia kohtaan ilmeni myös opiskelijoiden vapaamuotoisissa teksteissä. Tässä joitakin esimerkkejä: ”Matematiikka ja käytäntö ovat minulle kaksi sanaa, jotka eivät

ole missään yhteydessä keskenään.”, ”Olisi mielenkiintoista nähdä, että aineella [matematiikka] on merkitystä, eikä sen tarkoitus ole vain ahdistaa opiskelijoita.”, ”Usein mietin, mitä olen oikeastaan laskemassa. Abstraktien kaavojen käsitteleminen on minulle todella haastavaa, kun en näe sovellusta.” sekä ”Kuten melkein kaikki opiskelijat, myös minä mietin, mitä ovat matematiikan viimeaikaisimmat käyttökohteet ja kuinka voin soveltaa sitä käytäntöön.” (Rooch et al. 2012a, s. 3-4)

Vuoden 2012 projektissa toistettiin Segway yrityksen valvonnassa vuoden 2011 projekti, jonka aiheena oli nosturien värähtely ja ohjausjärjestelmä sekä kehitettiin uusi massavaimentimen suunnitteluprojekti. Hankkeeseen valittiin 36 opiskelijaa, jotka jaettiin kuuteen eri ryhmään siten, että jokaisessa ryhmässä oli sekä mies- että naisopiskelijoita kaikista kolmesta eri koulutusohjelmasta sekä kaikilta taitotasoilta matematiikka I kurssin menestyksen mukaisesti. Kolme opiskelijaa lähti pois projektista, koska he halusivat keskittyä muihin kursseihin tai he eivät pitäneet annetuista ajankohdista. Siispä 33 opiskelijaa osallistui vuoden 2012 projektiin. Kaksi 4-6 hengen ryhmää työskenteli itsenäisesti yhdessä Segway yrityksen kanssa nosturin ohjausjärjestelmän ja massavaimentimen parissa. (Rooch et al. 2012a, s. 3-4)

5.7.2 Projektin rakenne

Aluksi kaikille ryhmille esiteltiin ongelma: Miten voidaan vaimentaa värähtely rakennuksessa esimerkiksi maanjäristyksen sattuessa? On selvää, että yrityksen ja erehdyksen lähestymistapa ei olisi ollut menestyksenkäs tapa hankkeen toteuttamiseksi, vaan opiskelijoiden tuli ratkaista tämä ongelma yksinkertaisen mallin pohjalta lukukauden aikana. Ryhmät työskentelivät suurimmaksi osaksi itsenäisesti. Kerran viikossa ryhmille tarjottiin tunnin mittainen tapaaminen, jossa opiskelijat saattoivat kysyä kysymyksiä ja keskustella luonnoksistaan ja saaduista tuloksista. Ohjaajat myös ohjasivat opiskelijoita oikeaan suuntaan, sillä aikaa ei ollut antaa (nuorten ja kokemattomien) opiskelijoiden suunnitella omillaan. Opiskelijoiden ohjenuorana hankkeessa toimivat viikottaiset tehtävät. Tässä eräs esimerkki viikottaisesta tehtävästä:

- Määritä massa-jousi systeemin liikeyhtälö, kun sitä jännitetään sähkömoottorin avulla.
 - Aluksi laske voima, joka poikkeuttaa jousen yläkohdan eli saa heilurin liikkeeseen.
 - Ota tämä voima mukaan voimien tasapainoyhtälöön ja määritä (epähomogeenisen systeemin) differentiaaliyhtälö, joka kuvaa liikettä massa-jousi systeemissä.
 - Anna systeemin yleinen ratkaisu. Lopuksi esitä yleinen ratkaisu yhtälölle sekä yksittäisratkaisu yhtälölle.
- Määrittele ja kirjaa ylös kaikki käsitteet, jotka tulivat ilmi prosessissa, kuten jousivakio, liikeyhtälö ja differentiaaliyhtälö. Mikä on yksikkö, jos sellainen

on? Mitä se tarkoittaa? Missä ongelma voidaan havaita jokapäiväisessä elämässä?

Nosturiprojektissa opiskelijoille annettiin lisäksi lyhyt tekstikirja, jossa ei ollut ratkaisuja, jotta kokonaiskuva ei katoaisi, koska laskelmat saattoivat olla hieman hämmentäviä nimenomaisessa aiheessa. Tämän askel askeleelta ohjeistuksen ansiosta opiskelijat pystyivät ratkaisemaan alkuperäisen tehtävän kymmenessä viikossa. Lisäksi, jotta työ voitiin arvostella, opiskelijoiden tuli esittää ratkaisunsa opiskelijatovereilleen sekä kiinnostuneille ei-ammattilaisille julkisen esityksen muodossa lukukauden lopuksi. (Rooch et al. 2012a, s. 4)

5.7.3 Kyselylomake opiskelijoiden motivaatiosta

Aikaisemmat tutkimukset ovat osoittaneet, että MathePraxis lähestymistapa on käyttökelpoinen ja tehokas, ja sen avulla on mahdollista yhdistää käytännön sovelluksia perusmatematiikkaan (Rooch et al. 2012a, s. 9) ja parantaa opiskelijoiden asennetta matematiikkaa kohtaan (Rooch et al. 2012b, s. 12). Nyt tarkoituksena oli tutkia MathePraxis-hankkeen vaikutusta opiskelijoiden motivaatioon sekä heidän asenteitaan matematiikkaa kohtaan tarkemmin. (Rooch et al. 2012a, s. 9)

Hankkeen lopuksi suoritettiin kyselytutkimus opiskelijoille. Kyselytutkimus tehtiin projektiin osallistuneille opiskelijoille sekä kontrolliryhmälle eli opiskelijoille, jotka eivät olleet mukana MathePraxis-projektissa (Rooch et al. 2012a, s. 9). Tutkimuksessa pyrittiin vastaamaan kysymykseen: kuinka käytännön sovellukset vaikuttavat insinööriopiskelijoiden motivaatioon matematiikassa. Gómez-Chacón ja Haines (2008, s.1) ovat tutkineet melko samanlaisia kysymyksiä – kuinka tietokoneiden käyttö vaikuttaa opiskelijoiden motivaatioon matematiikassa peruskursseilla – ja koska heidän kyselylomakettaan on käytetty monissa tutkimuksissa vuodesta 1998 nykypäivään, päätettiin kyselylomaketta hyödyntää myös tässä tutkimuksessa.

Kyselylomake kattaa kolme näkökulmaa koskien asenteita:

- Luottamus matemaattisiin taitoihin (*mathematics confidence*). Tuntuuko opiskelijoista matematiikka aineena hyvältä? Odottavatko he saavansa hyviä arvosanoja? Ovatko he huolissaan hankalista aiheista?
- Motivaatio matematiikkaan (*mathematics motivation*). Käyttävätkö opiskelijat aikaa ongelmien ratkaisemiseen? Pitävätkö he matematiikasta aineena? Onko matematiikka houkutteleva haaste heille?
- Matemaattinen sitoutuminen (*mathematics engagement*). Oppivatko opiskelijat mieluummin esimerkkien kautta kuin ulkoapettelemalla? Tarkastavatko he käsitöksensä / ymmärryksensä tehtävien avulla / tekemällä tehtäviä? Kommentoivatko he / arvostelevatko he omia töitään?

Gómez-Chacónin ja Hainesin (2008, s.11-12) kyselylomakkeen kysymyksiä muokattiin vastaamaan tutkimuksen tarkoitusta; käännettäessä tekstiä saksan kielelle joitakin

sanoja ja sanamuotoja muokattiin sopivimmiksi ja kolme kysymystä jätettiin tutkimuksen ulkopuolelle. Kyselylomakkeessa käytettiin viisiportaista Likert-asteikkoa: (1) täysin eri mieltä, (2) jokseenkin eri mieltä, (3) ei osaa sanoa, (4) jokseenkin samaa mieltä ja (5) täysin samaa mieltä. Kyselylomake toteutettiin lukukauden alussa ja lopussa. Vastauksia saatiin projektiin osallistuneilta 19 kappaletta ja 43 kappaletta kontrolliryhmältä. (Rooch et al. 2012a, s. 9-10)

5.7.4 Tulokset

Kyselylomakkeista ilmeni, että muutoksia lukukauden aikana ei tapahtunut luottamus matemaattisiin taitoihin osa-alueessa kummassakaan kontrolli- tai projektiryhmässä. Tämä viittaa siihen, että MathePraxis-hanke vetää puoleensa enemmän opiskelijoita, jotka ovat itsevarmoja matemaattisen tekemisen suhteen tai että projektiin hyväksyminen antaa opiskelijoille itsevarmuutta. (Rooch et al. 2012a, s. 12-13)

Motivaatio matematiikkaa kohtaan laski kontrolliryhmällä kohtalaisesti lukukauden aikana. Projektiin osallistuneilla motivaatio matematiikkaa kohtaan oli korkeampi lukukauden alussa kuin kontrolliryhmällä, heillä myös motivaatio kasvoi lukukauden aikana toisin kuin kontrolliryhmällä. MathePraxis-projektin nähtiinkin voivan ylläpitää sekä kasvattaa opiskelijan motivaatiota matematiikkaa kohtaan. (Rooch et al. 2012a, s. 13)

Seuraavaksi esittelen lyhyesti joihinkin yksittäisiin ongelmiin ja aiheisiin saatuja tuloksia. Ongelmat on esitetty alla väitteinä (Rooch et al. 2012a, s. 13-14):

- Voin saada hyviä tuloksia matematiikasta: lukukauden aikana itsearviointi ei muuttunut kummankaan ryhmän kohdalla.
- Minulla on pelko matematiikkaa kohtaan suurempi kuin mitään muuta ainetta kohtaan: kontrolliryhmässä ei tapahtunut muutosta, mutta projektiin osallistuneiden opiskelijoiden keskuudessa tapahtui hienoista kasvua matematiikkapelossa. Matematiikkapelko oli kuitenkin hyvin vähäistä. Matematiikan peruskurssit eivät näytä muuttavan opiskelijoiden mielipidettä matematiikan haastavuudesta. Toisaalta voidaan otaksua, että projektiin osallistuneiden opiskelijoiden saama realistinen kuva matematiikan monimuotoisuudesta käytännön ongelmiin ja sovelluksiin on syynä matematiikkapelon kasvuun projektin jälkeen.
- Jos jokin matematiikassa askarruttaa minua, haluaisin mielummin saada vastauksen siihen kuin selvittää sen itse: molemmat ryhmät aloittavat suunnilleen samalta tasolta, mutta lukukauden jälkeen ryhmien välillä oli selkeä ero; kontrolliryhmän opiskelijoilla oli suurempi halu saada vastaus matematiikan ongelmaan ilman omaa yritystä. Käytännön sovelluskeskeinen lähestymistapa näyttää säilyttävän innon tavoitella syvempää ymmärrystä matematiikan opiskelussa.

- Matematiikan ymmärtäminen ei tunnu houkuttelevalta haasteelta: kontrolliryhmä ei osoita kovinkaan suurta mielenkiintoa matematiikan ymmärtämistä kohtaan, mikä taas on havaittavissa projektiin osallistuneiden opiskelijoiden keskuudessa.
- Jos jokin matematiikassa askarruttaa minua, huomaan ajattelevani sitä jälkeenpäin: MathePraxis-projektiin osallistuneet opiskelijat osoittautuivat olevan kiinnostuneita ajattelemaan matematiikkaa. Tämä ominaisuus säilyi koko projektin ajan projektiin osallistuneiden opiskelijoiden keskuudessa. Kontrolliryhmän opiskelijat olivat vain kohtalaisen kiinnostuneita ajattelemaan matematiikkaa. Lisäksi kontrolliryhmän opiskelijat menettivät tämän kohtalaisen kiinnostuksen matematiikan ajattelemista kohtaan lukuvuoden aikana.
- Minusta on hyödyllistä testata osaamistani yrittämällä ratkaista tehtäviä ja ongelmia: projekti auttoi opiskelijoita huomaamaan käytännön esimerkkien käytön merkityksen. Tämä ominaisuus oli jo projektin alkuun melko korkealla tasolla projektiin osallistuneiden keskuudessa ja projektin aikana alun melko korkea taso nousi edelleen. Kontrolliryhmän opiskelijat, jotka myös aloittivat korkealta tasolta lukukauden alussa, kokivat lukukauden lopussa esimerkkien käytön merkittävyyden vähemmän merkittävänä.
- Kun opiskelen uutta matemaattista materiaalia, teen muistiinpanoja ymmärtääkseni ja muistaakseni paremmin aiheita: kontrolliryhmän opiskelutottumukset eivät näyttäneet muuttuvan lukukauden aikana. Projektiin osallistuneet opiskelijat olivat hieman enemmän tietoisia siitä, että muistiinpanot tukevat ymmärrystä. Hajonnan ja pienen otoskoon vuoksi tätä tulkintaa ei voitu varmistaa t-testin avulla.
- En usein varaa aikaa tehtävien tarkistamiseen ja korjaamiseen: selkeä ero on havaittavissa kontrolliryhmän ja projektiin osallistuneiden opiskelijoiden välillä. Kontrolliryhmän opiskelijat ovat koko lukukauden ajan enemmän tai vähemmän neutraaleja tehtävien tarkastamisen suhteen. Kontrolliryhmässä tapahtui kuitenkin sellainen lievä kehitys, että he korjasivat tehtäviä enemmän. Projektiopiskelijoiden kohdalla tapahtuu suuri muutos parempaan lukuvuoden aikana. Voidaan olettaa, että tämä muutos johtuu itseluottamuksen lisääntymisestä matematiikassa käytettävien tekniikoiden ymmärtämisessä. Projektin jälkeen opiskelijat, jotka olivat mukana projektissa, eivät näytä pelkäävän virheitä samalla tavalla kuin lukuvuoden alussa.

5.7.5 Yhteenveto

Tekniikan alalla on suuri tarve sovelluskeskeisempään koulutukseen ensimmäisen opiskeluvuoden aikana, jotta korkeat keskeyttävien opiskelijoiden lukumäärät saadaan kuriin insinööriopinnoissa. Monet opiskelijat valittavat matematiikan abstraktisuutta. Ma-

tematiikka itsessään ei kuitenkaan ole ongelma, vaan ennemminkin houkuttelevien esimerkkien ja käytännön sovelluksiin keskittyvien ongelmien puuttuminen. (Rooch et al. 2012a, s. 14-16)

MathePraxis-projektin myötä pyrittiin vastaamaan tähän. Projekti osoitti, kuinka on mahdollista yhdistää perusmatematiikan aiheita mielenkiintoisiin, eikä mitenkään vähäpätöisiin tekniikan alan ongelmiin. Esimerkiksi differentiaaliyhtälöiden opiskeleminen massavaimentimen avulla on helppo, mutta mielenkiintoinen tutkimus, jonka avulla opiskelijat voivat tarkistaa laskelmiaan ja nähdä joidenkin abstraktien käsitteiden kuten ominasiarvojen merkityksen. (Rooch et al. 2012a, s. 16)

Projektin jälkeinen arviointi osoitti, että MathePraxis-projektin avulla on mahdollista ylläpitää kiinnostusta ja motivaatiota sekä, että sen avulla voidaan opiskelijoille tarjota realistisempi kuva matematiikan käytöstä sekä käytännön ongelmien monimuotoisuudesta. Tutkimuksessa havittu motivaation kasvu ei ollut kuitenkaan korkeaa, mikä saattaa johtua pienestä otoskoosta sekä kyselylomakkeen soveltuvuudesta. (Rooch et al. 2012a, s. 16)

5.8 MP²-projektin vaikutukset

MP²-projekti ja sen MathePlus- ja MathePraxis-hankkeet ovat onnistuneet viimeisten kolmen vuoden aikana vähentämään luonnon- ja insinööritieteiden opiskelunsa aloittaneiden opiskelijoiden keskeyttäneiden lukumäärää. Opiskelijat, jotka eivät ole vielä kehittäneet oppimisstrategioitaan vastaamaan yliopisto-opintoja, saavat tukea MathePlus-ohjelmasta. Mathe Praxis ohjelma tarjoaa tilaisuuden matematiikan opintojen suorittamiseen opiskelijoille, joiden motivaatio ja toimintakyky heikkenee matematiikan sovelluksien puutteen vuoksi. (Dreissen 2013)

Molemmat hankkeet olivat räätälöity kone-, rakennus- ja ympäristötekniikan koulutusohjelmille. Tutkimuksissa on kuitenkin havaittu, etteivät hankkeet ole erityisesti suunniteltu Ruhrin yliopistolle, vaan niitä voidaan siirtää samankaltaiseen käyttöön MINT (*mathematik, ingenieur-, naturwissenschaften und technik*) -aineissa muihin yliopistoihin. Tutkijat haluavat välittää kokemuksia projektista muille kiinnostuneille yliopistoille ja antaa neuvoa sekä auttaa uusien hyviksi havaittujen mallien siirrossa ja täytäntöönpanossa muihin yliopistoihin. Tutkijat haluavat kehittää projektia ja tarjota materiaalia samanlaisten projektien suunnitteluun ja toteutukseen. (Dreissen 2013)

Lisäksi yhteistyössä muiden yliopistojen kanssa MathePlus-hankkeen tarkka arviointi on laajemmalla perustalla ja uusien käytännön projektien kehittäminen voidaan toteuttaa yhteistyökumppaneiden avulla (Dreissen 2013). Tavoitteena voi olla kokoelma parhaista käytännön esimerkeistä monilta eri aloilta. Tyypillisiä haasteita käsikirjoituksen laatimisen lisäksi ovat tiedon ja kokemusten yhdistäminen. Käsikirjoituksen laatimiseen kuuluu muun muassa aikataulujen laatiminen, henkilökunnan kouluttaminen tarjoamalla heille sekä tekniset että didaktiset valmiudet sekä tarvittavien henkilöresursien saaminen. (Dreissen 2013)

6 YHTEENVETO JA PÄÄTELMIÄ

Kansainvälisesti on ymmärretty matematiikan osaamisen merkitys taloudellisen osaamisen kehityksen perustekijänä. Valitettavasti matemaattinen osaaminen länsimaissa on laskussa ja teknillisiin yliopistoihin tulevien opiskelijoiden matemaattisten taitojen hajonta on suuri. Kaikissa tutustumissani valtioissa ongelmaan on havahduttu ja matemaattisten taitojen osaamisen parantamiseksi on kehitetty edellä esitettyjen tukitoimien mukaisia toimia, joiden painopiste näyttää olevan lähinnä lukiomatematiikan kertaamisessa, proseduraalisen sujuvuuden parantamisessa ja opiskelumotivaation lisäämisessä. Koska matemaattisen osaamisen heikkoudet näyttävät periytyvän yliopistoihin kouluista ja vaikka valtaosa pitkän matematiikan lukijoista suuntautuu luonnontieteellisille aloille, on vuoropuhelu matematiikan oppimistavoitteiden ja sisältöjen osalta opetushallituksen ja muiden asioista päättävien tahojen kanssa ollut liian vähäistä.

Etenkin Isossa-Britanniassa monet korkeakoulut ovat lähteneet kehittämään ja arvioimaan tukekeskuksien toimintaa opiskelijoiden matematiikan osaamisen parantamiseksi. Arvioinnissa on havaittu, että tukitoimet näyttävät parantavan heikommin pärjäävien opiskelijoiden läpäisyä. Kuitenkin on myös havaittu, että tukipalveluja käyttävät opiskelijat eivät monesti ole niitä heikommin pärjääviä, vaan opiskelijoita, jotka eivät ole vaarassa pudota pois kursseilta. Tämä havaittiin myös Aalto yliopiston laskutupatoiminnassa, jota hyödynsivät suurelta osin opiskelijat, jotka olivat muutenkin aktiivisia ja kohtuullisesti menestyviä. Muodostuukin kysymys siitä, mihin tukipalveluilla pyritään ja saavutetaanko haluttuja tavoitteita. Ovatko tukipalvelut tarkoitettu korjaamaan ongelmakohtia heikompien opiskelijoiden matematiikan osaamisessa, vai halutaanko tukipalveluista muodostuvan paikka, jossa jo hyvät opiskelijat voivat parantaa ymmärrystään ja kehittää omaa osaamistaan, vai kenties molempia? Yliopistoiden olisikin tärkeä tunnistaa omat tavoitteet opiskelijoiden tukemisessa ja arvioidea oikeat toimintatavat siihen. Matematiikan tuen arvioiminen niin yliopiston kuin opiskelijoiden kannalta näyttää olevan hyvin monimutkainen, mutta tärkeä asia.

Toisaalta myös tukikeskuksien mahdollisuudet vastata matematiikan ongelmaan tuntuvat monesti rajallisilta. Aikaa yhden opiskelijan ohjaamiseen saattaa olla hyvin vähän, jolloin ohjaus jää pintatasolle, joka ei auta opiskelijaa saamaan kokonaiskuvaa matematiikasta, vaan lähinnä palasia täyttämään aukkoja. Saattaa olla, että poikkeapaikalle tuessa opiskelijat tulevat vain hakemaan vastauksia yksittäisiin ongelmiin ja heille tärkeämpää voi olla kurssin suoritus tai arvosanojen parantaminen kuin itse matematiikan ymmärtäminen. Toisaalta myös ohjaajan antamat neuvot saattavat olla pieniä luentoja, jotka opiskelija on jo kertaalleen kuullut, mutta ei kuitenkaan auta opiskelijaa oivaltamaan ja ymmärtämään kyseistä aihetta. Onkin tunnettua heidän keskuudessaan, jotka työskentelevät tällaisissa keskuksissa, että tukikeskukset eivät tavoita ongelman juurta (SEFI 2002, s.4). Heikommat valmiudet omaavat opiskelijat tarvitsevat syste-

maattisen opiskeluohjelman, jotta heille voitaisiin tarjota johdonmukainen kokonaiskuva matematiikasta, eikä vain palasia matematiikasta täyttämään aukkoja. Ohjaajana tulisi pyrkiä tarjoamaan, ei vain nopeita ratkaisuja tehtäviin, vaan enemmän rohkaista opiskelijoita tutkimaan ja löytämään ratkaisuja itse.

Opiskellessani matematiikkaa Tampereen teknillisessä yliopistossa olen törmännyt moniin eri tapoihin pitää luentoja ja laskuharjoituksia sekä nähnyt sivusta opiskelutoverini toimintaa matematiikkaklinikalla. Erytisen tärkeää ja mahdollisesti myös ensisijainen kehittämiskohde näyttäisi olevan luentojen toimivuus. Muun muassa perusasioiden kuten luennoitsijan äänen kuuleminen, luennoitsijan vuorovaikutus opiskelijoihin oppijoina, eikä niinkään yleisönä ovat hyvin tärkeitä oppimisen kanalta sekä opiskelijoiden motivaation säilymisen kannalta. Esimerkiksi, jos opiskelija saa mielikuvan, että luennoitsija tekee jotain yksin edessä, on opiskelijalle haastavaa seurata oppituntia mielenkiinolla ja myös ymmärtää uutta asiaa. Seurauksena saattaa olla, että opiskelijan kurssisuoritus jää myöhemmäksi, kun on enemmän aikaa itse paneutua ja perehtyä aiheeseen ja tehdä työ, jonka useimmiten luennoitsija tekee opiskelijan puolesta opettaessaan uutta aihetta.

Lisäksi laskuharjoitusten toimivuus on hyvin tärkeää, sillä laskuharjoituksissa opiskelija pääsee toteuttamaan matematiikkaa konkreettisesti ja käytännössä, ja onnistuminen tehtävissä on palkitsevaa ja antaa opiskelulle enemmän motivaatiota. Laskuharjoitukset ovat toimivia, kun muun muassa opiskeluryhmät ovat sopivan kokoisia, luokkahuoneet eivät aiheuta pyörtymisvaaraa huonon ilmanvaihdon tai ryhmäkokojen vuoksi, tehtävien ratkaisut käydään hyvin läpi ja ratkaisut jaetaan mahdollisesti sähköisesti, varsinkin, jos tehtävän tekijöiden käsialasta ei saa selvää. On myös tärkeää, että harjoitusten ohjaaja menee mahdollisuuksien mukaan heikoimman opiskelijan tahdissa ja toisaalta myös tarjoaa lisätietoa ja antaa ajattelemista myös taitavammille opiskelijoille. Jonkinlainen harjoitusassistentin koulutus antaisi ainakin opiskelija-assistenteille itsevarmuutta ja tukea toimia harjoitusassistenttina.

Lisäksi olisi hienoa, jos ohjaajan onnistuu luomaan opiskeluilmapiiri, jossa on normaalia tehdä virheitä ja kysyä apua. Monesti opiskelijat tulevat laskuharjoitusryhmiin eri koulutusohjelmilta ja monet opiskelijat eivät tunne toisiaan. Jos ohjaaja luo ilmapiirin, jossa ennako-oletuksena on tietty opiskelijoiden osaamisen taso ja tällöin ainoat kysymykset tulevat huippuopiskelijoilta, niin monesti heikommat opiskelijat tyytyvät oikeiden ratkasuiden kopioimiseen ja itsenäiseen opiskeluun ilman apua. Lisäksi tehtyjen tehtävien markitseminenkin, joiden tekemisestä saa lisäpisteitä tenttiin, saattaa jäädä väliin heikommilla opiskelijoilla, vaikka tehtäviä olisikin tehty, sillä ei haluta mennä muiden eteen näyttämään osaamattomuuttaan. Osaamattomuus tai virheiden tekeminen tulisi kuitenkin olla normaalivaihe oppimisen tiellä, eikä hävettävä asia. Isossa-Britanniassa oli tutkittu, että opiskelijoiden pelko vaikuttaa jopa siihen, että he eivät sitoudu tukipalvelujen käyttöön, vaikka niitä olisikin tarjolla.

Toisaalta on myös tärkeää, että luennoitsijat toimisivat esimerkiksi laskuharjoituksissa, jotta he näkisivät, missä kohtaan opiskelijoilla on vaikeuksia ja millaiselta pohjal-

ta opiskelijat opiskelevat, jotta he voivat opettaa uutta asiaa ymmärrettävästi ja opiskelijalähtöisesti. Lisäksi laskuharjoitukset, joissa lasketaan yhdessä opiskelijoiden kanssa ja harjoitusohjaajan läsnäollessa, tarjoaa erityisesti niin motivaation kuin osaamisen suhteen heikommassa asemassa oleville opiskelijoille mahdollisuuden ratkaista tehtäviä, jos he itsenäisesti eivät siihen pysty.

Monesti ongelmat matematiikan opiskelussa tulevat myös opiskelijoiden omasta ajatusmaailmasta ja jaksamisesta. Millaisena opiskelija näkee itsensä oppijana vaikuttaa opiskelijan suoriutumiseen hänen opinnoissaan varsinkin haastavimmilla kursseilla. Matematiikkaklinikalla toiminut opiskelijatoverini kertoikin haasteena monesti olevan opiskelijan oman ajatusmallin muuttumisen tarpeen ja toisaalta sen hankaluuden, sillä oppiminen tapahtuu opiskelijassa itsessään ja siihen on hyvin vähän mahdollista vaikuttaa ulkoisesti. Sisäisen motivaation muutos lähtee opiskelijasta itsestään. Voi olla, että hankalimmassa tapauksessa matematiikan tuki ei ole lainkaan oikea tuki opiskelijan ongelmiin, jotka näkyvät myös hänen opinnoissaan. Opiskelijoiden sisäiseen motivaatioon on hankala vaikuttaa ja esimerkiksi Saksan MathePraxis-projektissa havaittiin, että opiskelijat, jotka lähtivät mukaan projektiin, olivat jo projektin alkuun motivoituneempia kuin kontrolliryhmän opiskelijat.

Herääkin kysymys, missä mielessä yliopistojen kannattaa lähteä projekteihin, joissa pyritään kasvattamaan opiskelijoiden motivaatiota ainetta kohtaan, jos tarkoituksena on nimenomaan tavoittaa opiskelijoita, joilla ei ole motivaatiota matematiikan opiskeluun ja millaisia projektien tulisi olla. Jos tarkoituksena on opiskelijoiden motivaation kasvattaminen yleisesti, niin tällöin kyseessä on tietysti eri tilanne. Herää myös mielenkiintoinen kysymys siitä, kuinka erilaisilla projekteilla, joilla pyritään vaikuttamaan opiskelijoiden motivaatioon ulkoisesti, on vaikutusta opiskelijoiden motivaation kasvuun ja kuinka pitkäkestoisesti. MathePraxis-projektissa havaittiin, että projektiin osallistuneiden motivaatio kasvoi projektin myötä ja tutkimuksessa päädyttiin siihen, että projekti voi ylläpitää ja kasvattaa opiskelijan motivaatiota, mutta motivaation kasvun pysyvyyttä ei tutkimuksissa mitattu. Onko motivaation kasvu vain hetkellistä projektin aikana ja vähän sen jälkeen, vai voidaanko opiskelijoiden motivaatioon vaikuttaa pysyvästi?

Itse näen matematiikan oppimisen tukemisen hyvin tärkeänä ja moniulotteisena asiana, johon tulisi kiinnittää enemmän huomiota jo peruskoulussa, sillä myöhemmin johdonmukaisen matematiikan kokonaiskuvan tarjoaminen vaikeutuu ja korkeakoulussa tarjottava tuki saattaa tarjota vain palasia täyttämään aukkoja matematiikan osaamisessa. Yhteistyö eri instituutioiden ja tahojen kesken on tärkeää, jotta opiskelijoille voidaan rakentaa kestävä pohja mahdollisten syventävien opintojen perustaksi. Havaitsin työtä tehdessäni, että yliopistot ja korkeakoulut Yhdysvalloissa ja Kanadassa ovat lähteneet tukemaan opiskelijoita jo ennen korkeakouluopintoja erilaisilla tukikursseilla, jotka valmistavat opiskelijoita korkeakouluopintoihin. Myös Saksassa opiskelijoiden tukeminen tapahtuu yliopistoissa monesti ensimmäisen opiskeluvuoden aikana suoritettavien siltakurssien ja projektien avulla, joissa pyritään takaamaan opiskelijoille valmiudet korkeakoulujen vaatimiin uusiin oppimisstrategioihin, syvempään matemaattiseen ym-

märrykseen ja motivaatioon. Myös koulutusjärjestelmää kehittämällä, kuten laskuharjoituskäytäntöjen muuttamisella on pyritty tarjoamaan opiskelijoille paremmat lähtökohdat matematiikan opiskeluun Saksassa.

Laadukkaan opetuksen ja opiskelijoiden tasolle (opetusmenetelmien kannalta ei matematiikan opintoja karsimalla) tuleminen korkeakouluopetuksessa on tärkeää, jotta opiskelijat voivat nousta uudelle tasolle matematiikan osaamisessa. En pidä matematiikan käsitteellistä harppausta siirryttäessä koulumatematiikasta korkeakoulumatematiikkaan itsessään ongelmallisena matematiikan opiskelussa. Uskoisin että, kun luennoitsijalla on näkökykyä nähdä opiskelijoiden lähtökohdat ja perusta, jossa he ovat matemaattisessa osaamisessaan tullessaan yliopisto-opintoihin, voivat he tällöin silloittaa ja ohjata opiskelijat uuteen syvempään matemaattiseen ymmärrykseen, jonka perustana on koulumatematiikan osaaminen. Suomessa yliopistoissa perustaitotestien tulokset välitetäänkin matematiikan peruskurssien opettajille, jotka tätä kautta saavat tärkeää tietoa opiskelijoiden taitotasosta. Toisaalta on hyvin haastavaa auttaa opiskelijaa ponnistamaan korkeammalle osaamisen tasolle, jos ei ole perustaa, jolta ponnistaa.

On tärkeää, että korkeakoulut takaavat mahdollisimman hyvät lähtökohdat myös luennoitsijoilleen toimia niin asiantuntija- kuin opetustehtävissä. Tulevaisuuden kehityksen kannalta olisi myös tärkeää, että luennoitsijan osaamisesta ja itsessään koko yliopiston matematiikan opinnoista tulisi opiskelijoiden osaamisen lattia, eikä katto, miten monesti matematiikan oppinot ja niiden suorittaminen ymmärretään.

Jatkuvan tuen ja erityistuen kannalta pidän tärkeänä, että korkeakoulut tarjoavat opiskelijoilleen tukea eri muodoissa, jotka nähdään toimiviksi juuri kyseisessä yliopistossa ja opiskelijapopulaatiossa. Kun lähtökohdat ovat hyvät eli opetus on toimivaa, niin sen jälkeen opiskelijoille tarjottavan tuen arvioiminen ja tarjoaminen on tärkeää. Vaikka Isossa-Britanniassa ei kovin suuria lukuja nähtykään tukipalvelujen merkittävyudessa ja esimerkiksi Loughboroughin yliopistossa arvioitiin matematiikan tukipalvelujen parantaneen opiskelijoiden läpäisyastetta noin kolme prosenttia, niin yksilöille yliopistojen tarjoamat tukipalvelut ovat merkittäviä.

Olen myös samaa mieltä monien yliopistojen kanssa siinä, että opiskelijoiden oppimisen kannalta on tärkeää tarjota opiskelijoille henkilökohtaista tukea. Ilman henkilökohtaista tukea on hyvin vaikea kohdata opiskelijoita, jotka oikeasti tarvitsevat tukea. Myös Saksassa suoritettussa MathePlus-hankkeessa havaittiin, että henkilökohtainen neuvo on merkittävä apu opiskelijoille uusien oppimisstrategioiden sisäistämisessä. Lisäksi henkilökohtainen tuki näyttää olevan erittäin merkittävää juuri heikoimmille opiskelijoille. Esimerkiksi Isossa-Britanniassa havaittiin, että heikompien opiskelijoiden lisäksi myös taitavat opiskelijat hyödyntävät tukipalveluja, mutta taitavat opiskelijat eivät turvaudu ohjaajan apuun yhtä paljoa, vaan ratkaisevat tehtäviä mielummin ryhmässä ja tarjolla olevan materiaalin avulla.

Eri tutkimuksista on selvinnyt, kuinka matematiikan oppimisen tukemiseen ei ole vain yhtä ratkaisua. Osa opiskelijoista tarvitsee tukea koulumatematiikan kertaamisessa,

osa opiskelijoista tarvitsee motivointia matematiikan opiskeluun käytännön ongelmien tai todellisten työelämätilanteiden kautta ja osa opiskelijoista tarvitsee tukea, joka ei liity akateemisten valmiuksien lisäämiseen. Miten Suomen yliopistoissa voitaisiin sitten lähteä tukemaan opiskelijoita kaikissa näissä tarpeissa. Monia tapoja on jo kehitetty ja eri tukimuotoja on tarjolla opiskelijoille. Jo käytössä olevat laskutuvat ja matematiikka-klinikat tukevat varmasti opiskelijoita, joilla on vaikeuksia matematiikan opinnoissa johtuen aukoista matematiikan osaamisessa ja etenkin koulumatematiikan osa-alueilla. Monesti, jos opiskelijat tarvitsevat apua uuden asian ymmärtämisessä, saavat he siihen apua laskuharjoituksissa. Opiskelijoille, jotka kaipaavat kosketusta matematiikkaan ja todellisuuteen siitä, miten matematiikkaa hyödynnetään teollisuudessa ja yhteiskunnassa, saattaisi olla apua matemaattisen mallinnuksen kurssien suorittamisesta jo ensimmäisen vuoden opinnoissaan. Yliopistojen tulisi saada opiskelijat, jotka tarvitsevat jostain muuta kuin matematiikan tukea opinnoissaan, ohjattua opiskelijat oikean tuen piiriin mahdollisimman varhaisessa vaiheessa. Tiedotuksella eri tukimuodoista on myös suuri vastuu opiskelijoiden osallistumisesta eri tukimuotoihin. Aktiivisemmat opiskelijat löytävät varmasti tukea, mutta suurimmat tuen tarvitsijat usein ovat opiskelijoita, jotka tarvitsevat sen, että tuki löytää heidät.

Matematiikan osaaminen ja sen tukeminen voi tuntua ideaalilta haastelta, mutta niin kuin C. S. Lewis kirjoittaa kirjassaan *Mere Christianity* (1952): ”Perfect behavior may be as unattainable as perfect gear changing when we drive; but it is a necessary ideal prescribed for all men by the very nature of the human machine just as perfect gear-changing is an ideal prescribed for all drivers by the very nature of cars... In reality you might just as well expect to be congratulated whenever you do a sum, you try to get it quite right. To be sure, perfect arithmetic is ”an ideal”; you will certainly make some mistakes in some calculations. But there is nothing very fine about trying to be quite accurate at each step in each sum. It would be idiotic not to try; for every mistake is going to cause you trouble later on.”

LÄHTEET

Arizona State University. School of Mathematical & Statistical Sciences. [WWW]. [viitattu 17.6.2013]. Saatavissa: <http://math.asu.edu/mathtutors>.

Attewell, P., Lavin, D., Domina, T., Levey, T. 2006. New evidence on college remediation. [verkkojulkaisu]. *Journal of Higher Education* Vol. 77, No. 5. 886-924 s. [viitattu 22.7.2013]. Saatavissa: http://www.gse.uci.edu/person/domina_t/docs/JHE%20remediation%20final.pdf.

Barnett, E. A., Corrin, W., Nakanishi, A., Hare Bork, R., Mitchell, C., Sepanik, S. 2012a. Preparing High School Students for College: An Exploratory Study of College Readiness Partnership Programs in Texas. [verkkojulkaisu]. National Center for Postsecondary Research (NCPR). [viitattu 22.7.2013]. Saatavissa: http://www.postsecondaryresearch.org/i/a/document/22458_NCPR_CRPFullReport_051712.pdf.

Barnett, E. A., Hare Bork, R., Mayer, A. K., Pretlow, J., Wathington, H. D., Weiss, M. J., Weissman, E., Teres, J., Zeidenberg, M. 2012b. Bridging the Gap: An Impact Study of Eight Developmental Summer Bridge Programs in Texas. [verkkojulkaisu]. National Center for Postsecondary Research (NCPR). [viitattu 31.7.2013]. Saatavissa: <http://www.postsecondaryresearch.org/i/a/document/NCPR-BridgingtheGapBrief.pdf>.

BBC. Learning Parents Support your child's education. [WWW]. AS and A levels. [viitattu 17.7.2013]. Saatavissa: <http://www.bbc.co.uk/schools/parents/alevels/>.

Biehler, R., Fischer, P. R., Hochmuth, R., Wassong, Th. Designing and evaluating blended learning bridging courses in mathematics. [verkkojulkaisu]. University of Paderborn, University of Kassel, Germany. [viitattu 20.7.2013]. Saatavissa: http://www.mathematik.uni-kassel.de/didaktik/HomePersonal/fischer/home/CERME_Biehler_BridgingCourses_revised-PlcommentsTW.pdf.

Biehler, R., Hochmuth, R., Fischer, P. R., Wassong, T. 2011. Transition von Schule zu Hochschule in der Mathematik: Probleme und Lösungsansätze. [verkkojulkaisu]. Paderborn, Kassel. [viitattu 19.7.2013]. Saatavissa: http://www.mathematik.uni-kassel.de/didaktik/HomePersonal/fischer/home/BzMU_2011_BIEHLER_Rolf_Transition.doc.pdf.

Biehler, R., Hoppenbrock, A., Klemm, J., Liebendörfer, M., Wassong, T. 2011b. Training of student teaching assistants and e-learning via math-bridge – Two projects at the German Centre for Higher Mathematics Education. [verkkojulkaisu]. CETL-MSOR Conference. [viitattu 20.7.2013]. 21-27 s. Saatavissa: <http://www.mathstore.ac.uk/headocs/Proceedings2011.pdf#page=23>.

Boston University. Mathematics and Statistics. [WWW]. [viitattu 17.6.2013]. Saatavissa: <http://www.bu.edu/math/undergraduate/resources/extra-math-help/>.

Brown University. [WWW]. [viitattu 17.6.2013]. Saatavissa: http://brown.edu/Administration/Dean_of_the_College/tutoring/.

CBCnews. 2012. Why N.L.'s math curriculum is failing students. [verkkoartikkeli]. CBCnews 6.9.2012. [viitattu 30.7.2013]. Saatavissa: <http://www.cbc.ca/news/canada/newfoundland-labrador/story/2012/09/06/nl-sherry-mantyka-math-questions-906.html>.

Collins, N. 2012. Top Universities forced to introduce remedial maths classes. [verkkoartikkeli]. The Telegraph 24.7.2012. [viitattu 1.8.2013]. Saatavissa: <http://www.telegraph.co.uk/education/educationnews/9420771/Top-universities-forced-to-introduce-remedial-maths-classes.html>.

Croft, A.C., Gillard, J.W., Grove, M.J., Kyle, J., Owen, A., Samuels, P.C., Wilson, R.H. 11/2011. Tutoring in a mathematics support centre, a guide for postgraduate students. [verkkajulkaisu]. The National HE STEM Programme, University of Birmingham, B15 2TT, Loughborough University on behalf of the National HE STEM Programme. 29 s. [viitattu 10.6.2013]. Saatavissa: <http://www.mathcentre.ac.uk/resources/uploaded/46836-tutoring-in-msc-web.pdf>.

Dreissen, M. 20.2.2013. Mathe im Studium – Knackpunkt entschärfen, Lehren zeichnet RUB-Projekt MP² – Mathe/Plus/Praxis aus Erfolgreiches Bochumer Programm soll übertragbar werden. [lehdistötiedote No 52]. Pressestelle RUB. [viitattu 6.7.2013]. Saatavissa: <http://aktuell.ruhr-uni-bochum.de/pm2013/pm00052.html.de>.

Eastern Michigan University. [WWW]. [viitattu 17.6.2013]. Saatavissa: <http://www.emich.edu/math/tutoring/>.

Europe's Information Society. 2010. Math-Bridge: European Remedial Content for Mathematics. [verkkoartikkeli]. [viitattu 9.7.2013]. Saatavissa: http://ec.europa.eu/information_society/apps/projects/factsheet/index.cfm?project_ref=ECP-2008-EDU-428046.

Ewell, P. T., Jones, D. P., Kelly, P. J. 2007. Conceptualizing and researching the educational pipeline. [verkkajulkaisu]. Boulder, CO. National Center for Higher Education Management Systems. 8 s. [viitattu 22.7.2013]. Saatavissa: <http://www.nchems.org/pubs/docs/Pipeline%20Article.pdf>.

Finn-Foley, J. 2013. The calculus of Extra Math. [verkkoartikkeli]. Harvard Kennedy School. [viitattu 22.7.2013]. Saatavissa: <http://www.hks.harvard.edu/news-events/publications/impact-newsletter/archives/summer-2013/extra-math>.

Fletcher, L. 11/2012. The Mathematics Support Community of Practice. [verkkajulkaisu]. Sigma network. 59 s. [viitattu 10.6.2013]. Saatavissa: <http://www.sigma-network.ac.uk/wp-content/uploads/2012/11/sigma-final-report.pdf>.

Gill, O., Mac An Bhaird, C., Ní Fhloinn, E. 2010. The Origins, Development and Evaluation of Mathematics Support Services. [verkkojulkaisu]. Irish Math. Soc. Bulletin 66. S. 51-63. [viitattu 16.7.2013]. Saatavissa: <http://www.maths.tcd.ie/pub/ims/bull66/ME6602.pdf>.

Glasmachers, E., Kallweit, M., Griese, B., Rösken-Winter, B., Dehling, H. MP² Mathe/Plus/Praxis. [verkkojulkaisu]. Fakultät für Mathematik, Ruhr-Universität Bochum. [viitattu 6.7.2013]. Saatavissa: <http://www.ruhr-uni-bochum.de/mp2/material/matheplus.pdf>.

GMAT. Graduate Management Admission Council. [WWW]. Quantitative Section. [viitattu 29.7.2013]. Saatavissa: <http://www.mba.com/the-gmat/test-structure-and-overview/quant-section.aspx>.

Gómez-Chacón, I. M., Haines, C. (2008). Students Attitudes to Mathematics and Technology. Comparative Study Between the United Kingdom and Spain. [verkkojulkaisu]. ICME-11, 11th International Congress on Mathematical Education. 12 s. [viitattu 7.7.2013]. Saatavissa: <http://tsg.icme11.org/document/get/924>.

Greene, J. P., Forster, G. 2003. Public High School Graduation and College Readiness Rates in the United States. [verkkojulkaisu]. Education Working Paper No. 3. New York, NY: Manhattan Institute for Policy Research, Center for Civic Innovation. [viitattu 22.7.2013]. Saatavissa: http://www.manhattan-institute.org/html/ewp_03.htm.

Grehan, M., Mac an Bhaird, C., O'Shea, A. (2010). Why do students not avail of mathematics support? A case study of first year students at the National University of Ireland Maynooth. [verkkojulkaisu]. Proceedings of the British Congress of Mathematics Education 2010, s. 254-258. [viitattu 16.7.2013]. Saatavissa: <http://www.bsrlm.org.uk/IPs/ip30-1/BSRLM-IP-30-1-33.pdf>.

Griese, B., Glasmachers, E., Härterich, J., Kallweit, M., Roesken, B. 2011. Engineering Students and Their Learning of Mathematics. [verkkojulkaisu]. Ruhr-Universität Bochum. 11 s. [viitattu 5.7.2013]. Saatavissa: http://www.ruhr-uni-bochum.de/imperia/md/content/stochastik/griese_mavi_article.pdf.

de Guzmán, M., Hodgson, B. R., Robert, A., & Villani, V. (1998). Difficulties in the passage from secondary to tertiary education. In G. Fischer & U. Rehmann (Eds.), *Proceedings of the International Congress of Mathematicians – Documenta Mathematica Extra Volume III*, 747-762. [viitattu 5.7.2013]. Saatavissa: <http://www.mat.ucm.es/catedramdeguzman/drupal/sites/default/files/mguzman/00edumatuniv/icmberlin1998.html>.

Heublein, U., Hutzsch, C., Schreiber, J., Sommer, D., Besuch, G. Ursachen des Studienabbruchs in Bachelor- und in herkömmlichen Studiengängen - Ergebnisse einer bundesweiten Befragung von Exmatrikulierten des Studienjahres 2007/08. 12/2009. [verkkojulkaisu]. HIS GmbH, Hannover, Forum Hochschule. 184 s. [viitattu 5.7.2013]. Saatavissa: http://www.hrk-bologna.de/bologna/de/download/dateien/HIS_studienabbruch_ursachen2009.pdf.

Hodgen, J., Pepper, D., Sturman, L., Ruddock, G. 2010a. Is the UK an outlier? An international comparison of upper secondary mathematics education. [verkkojulkaisu]. Nuffield Foundation. [viitattu 17.7.2013]. 52 s. Saatavissa: http://www.nuffieldfoundation.org/sites/default/files/files/Is%20the%20UK%20an%20Outlier_Nuffield%20Foundation_v_FINAL.pdf.

Hodgen, J., Pepper, D., Sturman, L., Ruddock, G. 2010b. An International comparison of upper secondary mathematics education 24 Country Profiles. [verkkojulkaisu]. Nuffield Foundation. [viitattu 17.7.2013]. 100 s. Saatavissa: http://www.nuffieldfoundation.org/sites/default/files/files/Country_profiles_outlier_NuffieldFoundation18_04_11.pdf.

How to Germany. 2013a. German School System. [WWW]. [viitattu 3.7.2013]. Saatavissa: <http://www.howtogermany.com/pages/germanschools.html>.

How to Germany. 2013b. Higher Education in Germany. [WWW]. [viitattu 3.7.2013]. Saatavissa: <http://www.howtogermany.com/pages/education.html>.

Hume, S. E. The American Education System. [WWW]. International student guide to the United States of America. [viitattu 23.7.2013]. Saatavissa: http://www.internationalstudentguidetotheusa.com/articles/american_education_system.php.

Hähkiöniemi, M. & Viholainen, A. (2004). Lukion ja korkeakoulujen matematiikka, lukion pitkä matematiikka pohjana korkeakoulutason matematiikan opinnoille pohjalta. Jyväskylän yliopisto.

KHDM. [WWW]. [viitattu 6.8.2013]. Saatavissa: <http://www.khdm.de/assozierte-projekte/>.

Kings Colleges. [WWW]. [viitattu 7.6.2013]. Saatavissa: <http://www.kingscolleges.com/courses/university-preparation/uni-courses/british-education-system>.

Lawson, D., Croft, T., Halpin, M. 2003. Good practice in the provision of Mathematics Support Centres, Second edition of a guide for those interested in the establishment and development of Mathematics Support Centres in institutes of higher education. [verkkojulkaisu]. The authors. 30 s. [viitattu 10.6.2013]. Saatavissa: <http://newukmlsc.lboro.ac.uk/resources/Good%20Practice%20Guide/goodpractice2E.pdf>.

Lawson, D., Croft, T. 2012. Celebrating success in mathematics and statistics support. [verkkojulkaisu]. Sigma, centre for excellence in mathematics & statistics support. 30 s. [viitattu 11.6.2013]. Saatavissa: <http://www.sigma-network.ac.uk/wp-content/uploads/2012/11/41267-sigma-report-6.pdf>.

Lee, S., Harrison, M., Pell, G., Robinson, C. (2008). Predicting performance of first year engineering students and the importance of assessment tools therein. [verkkojulkaisu]. Engineering education, Vol. 3,

s. 44-51. [viitattu 16.7.2013]. Saatavissa:

<http://journals.heacademy.ac.uk/doi/pdfplus/10.11120/ened.2008.03010044>.

Lewis, C. S. 1952. Mere Christianity. [verkkojulkaisu]. alt.binaries.e-book. [viitattu 3.8.2013]. (Book III. Christian Behaviour) Saatavissa: <http://usminc.org/images/MereChristianitybyCSLewis.pdf>.

LIMA. Paderborn Kassel. [WWW]. Muokattu 16.5.2012. [viitattu 20.7.2013]. Saatavissa:

<http://www.lima-pb-ks.de/>.

LUMA-keskus. [WWW]. Helsingin yliopisto. [viitattu 26.6.2013]. Saatavissa:

<http://www.helsinki.fi/luma/>.

LUMATE-keskus. [WWW]. Tampereen teknillinen yliopisto & Tampereen yliopisto. [viitattu 22.8.2013].

Saatavissa: <http://www.lumate.fi/>.

MAOL ry. [WWW]. [viitattu 26.6.2013]. Saatavissa: <http://www.maol.fi/>.

Marr, C. M., Grove, M. J. (toim.) 2010. Responding to the Mathematics Problem: The Implementation of Institutional Support Mechanisms. [verkkojulkaisu]. The Maths, Stats & OR Network. 5/2010. 104 s.

[viitattu 10.6.2013]. Saatavilla:

<http://www.mathcentre.ac.uk/resources/uploaded/mathssupportvolumefinal.pdf>.

Math-Bridge. [WWW]. [viitattu 9.7.2013]. Saatavissa: <http://www.math-bridge.org/>.

Mathcentre. [WWW]. [viitattu 11.6.2013]. Saatavissa: <http://www.mathcentre.ac.uk/about/>.

Mathematics and Statistics Learning Center. The Ohio State University. [WWW]. [viitattu 17.6.2013].

Saatavissa: <http://mslc.osu.edu/about/tutoring>.

Math, Stats & OR Network. [WWW]. [viitattu 11.6.2013]. Saatavissa: <http://mathstore.ac.uk/>.

Memorial University, Mathematics Learning Centre. [WWW]. Memorial University of Newfoundland.

[viitattu 1.8.2013]. Saatavissa: <http://www.mun.ca/mlc/home/>.

Minks, K.-H. 2000. Studienmotivation und Studienbarrieren. HIS-Kurz-Information A8/2000. [verkkojulkaisu]. HIS GmbH, Hannover. 24 s. [viitattu 5.7.2013]. Saatavissa:

http://www.his.de/pdf/pub_kia/kia200008.pdf.

MP² = Mathe/Plus/Praxis a. Hochschulstrategien für mehr Mint-Absolventen. Startseite. [WWW]. [viitattu 5.7.2013]. Saatavissa: <http://www.ruhr-uni-bochum.de/mp2/index.html>.

Opetushallitus. 2010. LUMA-ohjelma. [verkkojulkaisu]. [viitattu: 26.6.2013]. Saatavissa: <http://www.oph.fi/kehittamishankkeet/luma>.

Parsons, S. (2005). Success in engineering mathematics through mathematics support and changes to engineering maths lectures at Harper Adams. [verkkojulkaisu]. MSOR Connections, Vol. 5, Numero 1, s. 1-4. [viitattu 16.7.2013]. Saatavissa: <http://journals.heacademy.ac.uk/doi/pdfplus/10.11120/msor.2005.05010015>.

Pell, G., Croft, T. 2008. Mathematics Support – Support for all? [verkkojulkaisu]. Loughborough University. [viitattu 16.7.2013]. Saatavissa: https://dspace.lboro.ac.uk/dspace-jspui/bitstream/2134/9062/1/Mathematics%20Support%20_%20Support%20for%20all-April29.pdf.

Perkin, G., Lawson, D., Croft, T. 11/2012. Mathematics learning support in UK higher education the extent of provision in 2012. [verkkojulkaisu]. Sigma. The National HE STEM Programme, University of Birmingham, B15 2TT, Loughborough University on behalf of the National HE STEM Programme. 21 s. [viitattu 7.6.2013]. Saatavissa: <http://www.mathcentre.ac.uk/resources/uploaded/52789-mls-in-uk.pdf>.

Pohjolainen, S., Rasila, A. & Silius, K. 2013 Matematiikan oppimisen tukeminen teknillisessä yliopistokoulutuksessa. Julkaisematon moniste.

Reisel, J. R., Rineck, L., Jablonski, M., Munson, E., Hosseini, H. 2009. Evaluationa of the Impacts of Math Course Placement Improvement Achieved through a Summer Bridge Program. [verkkojulkaisu]. University of Wisconsin-Milwaukee. 12 s. [viitattu 30.7.2013]. Saatavissa: https://pantherfile.uwm.edu/reisel/www/FORTE/Math_Paper_Final.pdf.

Rooch, A., Kiss, C., Härterich, J. 2012b. Brauchen Ingenieure Mathematik? – Wie Praxisbezug die Ansichten über das Pflichtfach Mathematik verändert. [verkkojulkaisu]. Ruhr-Universität Bochum, Fakultät für Mathematik. 13 s. [viitattu 5.7.2013]. Saatavissa: http://www.ruhr-uni-bochum.de/imperia/md/content/mathematik/lehrstuhlxii/rooch__haerterich__kiss__brauchen_ingenieure_mathematik__preprint.pdf.

Rooch, A., Junker, P., Härterich, J., Hackl, K. 26.10.2012a. Making maths more attractive – how real applications increase first year students' motivation. [verkkojulkaisu]. Ruhr-Universität Bochum. 18 s. [viitattu 5.7.2013]. Saatavissa: http://www.ruhr-uni-bochum.de/imperia/md/content/mathematik/lehrstuhlxii/rooch__junker__haerterich__hackl__making_maths_more_attractive__preprint.pdf.

Scott, P. 2013. University mission groups: what are they good for. Guardian [verkkojulkaisu]. [viitattu 7.6.2013]. Saatavissa: <http://www.guardian.co.uk/education/2013/mar/04/university-mission-groups-comment>.

SEFI. 2002. Mathematics for the European engineer: A curriculum for the twenty-first century. Mustoe, L., Lawson, D. (toim.) [verkkojulkaisu]. A report by the SEFI (European Society for Engineering Education) Mathematics Working Group. 54 s. [viitattu 2.8.2013]. Saatavissa: <http://sefi.htw-aalen.de/Curriculum/sefimarch2002.pdf>.

Sheridan. 2013. Sheridan College, Cisco Canada and Partners In Research Collaborate to Promote Science, Technology, Engineering and Math. New MoU to promote science, technology, engineering and math in the classroom. [verkkoartikkeli]. Sheridan. [viitattu 30.7.2013]. Saatavissa: <http://www.sheridancollege.ca/news-and-events/media-releases/media-release-archive-2013/sheridan-and-partners-sign-mou-to-promote-science-and-technology-careers.aspx>.

Sigma Maths Network a. [WWW]. [viitattu 11.6.2013]. Saatavissa: <http://www.sigma-network.ac.uk/about/what-is-mathematics-statistics-support/>.

Sigma Maths Network b. [WWW]. [viitattu 4.8.2013]. Saatavissa: <http://www.sigma-network.ac.uk/about/why-is-mathematics-statistics-support-needed/>.

Sigma Maths Network. 2012. [verkkojulkaisu]. Celebrating success in mathematics and statistics support. [viitattu 11.6.2013]. Saatavissa: <http://www.sigma-network.ac.uk/wp-content/uploads/2012/11/41267-sigma-report-6.pdf>.

Silius, K., Pohjolainen, S., Miilumäki, T., Kangas, J. & Joutsenlahti, J. (2011). Korkeakoulumatematiikka teekkarin kompastuskivenä? [verkkojulkaisu]. University of Tampere. [viitattu 15.4.2013]. Saatavissa: http://uta17-kk.lib.helsinki.fi/bitstream/handle/10024/66175/korkeakoulumatematiikka_teenkarin_kompastuskivena_2011.pdf?sequence=1.

Student Learning Center. Berkeley University of California. [WWW]. [viitattu 17.6.2013]. Saatavissa: http://slc.berkeley.edu/math_stat/index.htm.

Symonds, R. J., Lawson, D. A., Robinson, C. L. (2007). The effectiveness of support for students with non-traditional mathematics backgrounds. [WWW]. Loughborough University. [viitattu 4.8.2013]. Saatavissa: <http://teamat.oxfordjournals.org/content/26/3/134.abstract>.

Telekom. [WWW]. Inspired for education. [viitattu 1.8.2013]. Saatavissa: <https://www.telekom.com/corporate-responsibility/social-commitment/deutsche-telekom-foundation/65148>.

The Tutoring Center, University of Pennsylvania. [WWW]. [viitattu 17.6.2013]. Saatavissa: <http://www.vpul.upenn.edu/tutoring/privatetutoring>.

Universities in the USA and Canada. The North American Higher Education system. [WWW]. [viitattu 23.7.2013]. Saatavissa: <http://www.universitiesintheusa.com/american-education.html>.

University of Minnesota. Guide to the US Education System. [WWW]. University of Minnesota. ISSS International Student & Scholar Services. [viitattu 22.7.2013]. Saatavissa: <http://www.iss.umn.edu/publications/USEducation/>.

University of Georgia. Division of Academic Enhancement. [WWW]. [viitattu 17.6.2013]. Saatavissa: <http://tutor.uga.edu/arc/tutoring/#tutoring-by-appointment>.

Universität Tübingen. Mathematisch- Naturwissenschaftliche fakultät, Fachberatungszentrum Mathematik & Physik. [WWW]. [viitattu 7.7.2013]. Saatavissa: <http://www.fbz.mathematik-physik.uni-tuebingen.de/>. (Muokattu 4.7.2013)

VEMA. Multimedia-Vorkurs Mathematik. [WWW]. [viitattu 20.7.2013]. Saatavissa: <http://www.mathematik.uni-kassel.de/~vorkurs/Willkommen1.html>.

Western Carolina University. [WWW]. [viitattu 17.6.2013]. Saatavissa: <http://www.wcu.edu/academics/departments-schools-colleges/cas/casdepts/mathcsdept/about-the-mathematics-and-computer-science-department/mathematics-and-computer-science-facilities/mathematics-tutoring-center.asp>.

LIITE 1: HÄHKÖNIEMI ET AL. TUTKIMUKSEN MATERIAALI

Kirjassa Lukion ja korkeakoulujen matematiikka, lukion pitkä matematiikka pohjana korkeakoulutason matematiikan opinnoille (Hähköniemi et. al. s. 50 - 68) luokiteltiin lukion pitkän matematiikan Tammen (yksi harjoituskirja Kirjayhtymän kustantama) Pyramidin (1999 - 2001) ja WSOY:n Lukion pitkä matematiikka (1995 - 1998) –kirjasarjojen kaikkien kurssien tehtävistä joka kymmenes tehtävä.

Kirjassa jaoteltiin myös Jyväskylän ammattikorkeakoulun tekniikan ja liikenteen alan (TELI) matematiikan tehtäviä. Luokitteluun valittiin peruskursseilla käytettävistä Matematiikka 1 (2001) ja Matematiikka 2 (1998) kirjoista joka kolmas tehtävä.

Teknillisen korkeakoulun sähkö- ja tietoliikennetekniikan osaston (TKK SO) kaikille opiskelijoille pakollisista matematiikan peruskurssien S1, S2 ja S3 (2001 - 2002) harjoitustehtävistä valittiin joka toinen.

Jyväskylän yliopiston matematiikan tehtävät luokiteltiin laitoksen kolmen ensimmäisen kurssin (cum laude -linja) tehtäviä käyttäen. Mukana luokittelussa olivat harjoitus- ja ohjaustehtävät seuraavilta kursseilta: Analyysi 1 (syksy 2000 ja 2001), Analyysi 2 (kevät 2001 ja 2002) sekä Vektorit ja matriisit (syksy 2001 ja kevät 2002). Kurseista Analyysi 2 ja Vektorit ja matriisit mukaan luokitteluun otettiin mukaan joka toinen tehtävä, kun taas Analyysi 1 kurssista luokiteltiin kaikki tehtävät.

**LIITE 2: ISON-
BRITANNIAN TUT-
KIMUKSESSA OL-
LEET YLIOPISTOT**

Aberdeen
Abertay Dundee
Aberystwyth
Anglia Ruskin
Aston
Bangor
Bath
Bath Spa
Bedfordshire
Birmingham
Birmingham City
Bolton
Bournemouth
Bradford
Brighton
Bristol
Brunel
Buckinghamshire New
Cambridge
Canterbury Christ Church
Cardiff
Cardiff Metropolitan
Central Lancashire
Chester
Chichester
Coventry
Cumbria
De Montfort
Derby
Dundee
Durham
East Anglia
East London
Edge Hill
Edinburgh
Edinburgh Napier
Essex
Exeter
Glamorgan

Glasgow
Glasgow Caledonian
Gloucestershire
Glyndŵr
Goldsmiths, University of
London
Greenwich
Harper Adams University
College
Heriot Watt
Hertfordshire
Huddersfield
Hull
Imperial College London
Keele
Kent
King's College London
Kingston
Lancaster
Leeds
Leeds Metropolitan
Leicester
Lincoln
Liverpool
Liverpool Hope
Liverpool John Moores
London Metropolitan
London School of Econom-
ics
London South Bank
Loughborough
Manchester
Manchester Metropolitan
Middlesex
Newcastle
Northampton
Northumbria
Nottingham
Nottingham Trent
Oxford
Oxford Brookes
Plymouth
Portsmouth
Queen Margaret
Queen Mary, University of
London

Queen's University Belfast
Reading
Robert Gordon
Roehampton
Royal Holloway, University
of London
Royal Veterinary College,
University of
London
St. Andrews
St. Mary's University Col-
lege
Salford
Sheffield
Sheffield Hallam
Southampton
Southampton Solent
Staffordshire
Stirling
Strathclyde
Sunderland
Surrey
Sussex
Swansea
Swansea Metropolitan
Teesside
Ulster
University College London
University College Plymouth
Marjon
University of Wales, New-
port
University of Wales, Trinity
Saint David
Warwick
West London
West of England, Bristol
West of Scotland
Westminster
Winchester
Wolverhampton
Worcester
York
York St. John

LIITE 3: MATEMATIIKAN TUKIMUODOISTA YLIOPISTOJEN INTERNET-SIVUILLA ISOSSA-BRITANNIASSA

University of Aberdeen	www.abdn.ac.uk/sls/
Aston University	www1.aston.ac.uk/current-students/academic-support/ldc/maths-centre/
University of Bath	www.bath.ac.uk/study/mash/
University of Bedfordshire	http://lrweb.beds.ac.uk/help/pad/one2one
Birmingham City University	http://library.bcu.ac.uk/learner/Academic%20Skills%20Centre.htm
University of Bradford	www.brad.ac.uk/learner-development
University of Brighton	www.brighton.ac.uk/cem/environment/learningsupport.php?PageId=200
University of Bristol	www.bris.ac.uk/pls/helpdesk/
Brunel University	www.brunel.ac.uk/services/library/ask
Cardiff University	www.cardiff.ac.uk/mathssupport/
University of Central Lancashire	www.uclan.ac.uk/students/wiser/wiser_summer_workshops.php
Coventry University	wwwm.coventry.ac.uk/mathssupportcentre/Pages/MathsSupportCentre.aspx
De Montfort University	www.library.dmu.ac.uk/Services/LSS/index.php?page=352
University of Derby	www.derby.ac.uk/computing/maths/the_maths_society
University of Dundee	www.maths.dundee.ac.uk/teaching/mathbase.shtml
University of East Anglia	www.uea.ac.uk/services/students/let/maths_stats
University of Glamorgan	edic.glam.ac.uk/subjects/maths/
University of Glasgow	www.gla.ac.uk/services/sls/informationforstudents/mathsadvice/
University of Gloucestershire	http://insight.glos.ac.uk/departments/ss/studentachievement/Pages/default.aspx
Harper Adams University College	www.harper-adams.ac.uk/learner-support/maths-support.cfm

University of Hertfordshire	www.herts.ac.uk/news-and-events/latest-news/Problem-with-mathematics.cfm
University of Hull	www2.hull.ac.uk/student/studyadvice.aspx
University of Kent	www.kent.ac.uk/learning/academic-advice/maths.html
University of Leeds	http://skills.library.leeds.ac.uk/topic_improving_your_maths.php17
Leeds Metropolitan University	http://skillsforlearning.leedsmet.ac.uk/workshops/index.shtml
University of Leicester	http://www2.le.ac.uk/offices/ld/appt/mathshelp
Liverpool John Moores University	www.ljmu.ac.uk/studysupport/75948.htm
London South Bank University	www.lsbu.ac.uk/clsd/skills/maths/index.shtml
Loughborough University	http://mlsc.lboro.ac.uk
Middlesex University	http://unihub.mdx.ac.uk/study/ldu/facetoface/maths-stats-numeracy/index.aspx
Newcastle University	www.ncl.ac.uk/students/mathsaid/
University of Northampton	http://www.northampton.ac.uk/students/academic-support
Nottingham Trent University	www.ntu.ac.uk/student_services/study_support/maths/index.html
Oxford Brookes University	www.brookes.ac.uk/services/upgrade/
University of Plymouth	www.plymouth.ac.uk/pages/view.asp?page=30109
University of Portsmouth	www.port.ac.uk/departments/academic/maths/mathscafe/
Queen Mary, University of London	www.qmul.ac.uk/undergraduate/schools/educationliaison/wp/pass/
Queen's University Belfast	www.qub.ac.uk/directorates/sgc/learning/AcademicSkills/MathsSkills/
University of Reading	www.reading.ac.uk/internal/mathssupport/about/ms-about.aspx
Robert Gordon University	www.rgu.ac.uk/living/student-advice-and-support/study-support/maths-stats-and-numeracy-support

University of St Andrews	http://www.standrews.ac.uk/students/academic/ advice/studysupport/mathssupportcentre/
University of Sheffield	www.shef.ac.uk/mash
Sheffield Hallam University	http://libguides.shu.ac.uk/maths
University of Strathclyde	www.strath.ac.uk/mathsskills/
University of Ulster	http://scm.ulster.ac.uk/marcs/
University of the West of England	www.cems.uwe.ac.uk/mslc/
University of Wolverhampton	www.wlv.ac.uk/default.aspx?page=30285
University of Worcester	www.worcester.ac.uk/studyskills/657.htm
University of York	www.york.ac.uk/maths-skills-centre/

LIITE 4: YLIOPISTOJEN JULKAISUJA MATEMATIIKAN TUKEMISESTA ISOSSA-BRITANNIASSA

University of Abertay Dundee

Kelly, J. (2011) Supporting Students learning in Statistics and Research Methods: ways of coping with a diverse student population. In Ahmed, S., Barnes, S. & Durkacz, K. (2011). [verkkojulkaisu]. MSOR Connections, 12 (1), s. 43-45. [viitattu 15.8.2013]. Saatavissa: http://mathstore.ac.uk/headocs/Connections_12_1_Ahmed.pdf.

Cardiff University

Wilson, R. & Gillard, J. (2008) Some problems associated with running a Maths Support Service. In Green, D. (ed.), CETL-MSOR 2008 Conference Proceedings, s. 94-98. [verkkojulkaisu]. [viitattu 15.8.2013]. Saatavissa: http://mathstore.ac.uk/repository/CETLMSOR2008_Proceedings.pdf.

Coventry University

Lawson, D.A. (2010) The Drop-In Centre Model of Mathematics Support. In Responding to the Mathematics Problem: The Implementation of Institutional Support Mechanisms, C.M. Marr & M.J. Grove (eds.), The Maths, Stats & OR Network, s. 12 -16. [verkkojulkaisu]. [viitattu 15.8.2013]. Saatavissa: <http://www.mathcentre.ac.uk/resources/uploaded/mathssupportvolumefinal.pdf>.

Lawson, D.A. (2004) Supporting the Transition from School Mathematics to University Mathematics. In Demlová, M. and Lawson, D.A. (eds.), Proceedings of 12th SEFI Maths Working Group Seminar, s. 95-100, ISBN: 2-87352-048-5. [verkkojulkaisu]. [viitattu 15.8.2013]. Saatavissa: <http://sefi.htw-aalen.de/Seminars/sefi2004.pdf>.

Coventry University and Loughborough University

Lawson, D.A. & Croft, A.C. (2010) Enhancing the Quality of Mathematics Support throughout the UK: The Role of sigma. In Responding to the Mathematics Problem: The Implementation of Institutional Support Mechanisms. C.M. Marr & M.J. Grove (eds.), [verkkojulkaisu]. The Maths, Stats & OR Network, s. 6-10. [viitattu 15.8.2013]. Saatavissa: <http://www.mathcentre.ac.uk/resources/uploaded/mathssupportvolumefinal.pdf>.

Carpenter, S., Croft, T. & Lawson, D. (2006) Developments in Mathematics Support in the United Kingdom. In Demlová, M. and Lawson, D. (eds.), [verkkojulkaisu]. Proceedings of the 13th SEFI European Seminar on Mathematics in Engineering Education, s. 20-28. [viitattu 15.8.2013]. Saatavissa: http://sefi.htw-aalen.de/Seminars/SEFI_2006.pdf.

University of Exeter, Cardiff University, Plymouth University and University of Bath

Cooper, B., Gillard, J., Graham, D., White, J. & Wilson, R. (2011) Summer Internships in sigma-sw. In Waller, D. (ed.), CETL-MSOR 2011 Conference. Proceedings, s. 39-48. [verkkojulkaisu]. Coventry University. [viitattu 15.8.2013]. Saatavissa: <http://mathstore.ac.uk/headocs/Proceedings2011.pdf>.

University of Glasgow

Ahmed, S. and Love, L. (2010) Provision and Evaluation of Mathematics Support at the University of Glasgow. In Green, D. (ed.), CETL-MSOR 2010 Conference Proceedings, s. 9-11. [verkkojulkaisu]. University of Birmingham. [viitattu 15.8.2013]. Saatavissa: http://www.mathstore.ac.uk/repository/CETL-MSOR_Proceedings_2010.pdf.

University of Greenwich

Bradshaw, Noel-Ann. (2011) The University of Greenwich Maths Arcade. [verkkojulkaisu]. MSOR Connections, 11(3), s. 26-29. [viitattu 15.8.2013]. Saatavissa: http://mathstore.ac.uk/headocs/Connections_11_3_Bradshaw.pdf.

Harper Adams University College

Parsons, S.J. (2010) Mathematics Support in a University College and Research in Students' Experiences of Learning Mathematics and Statistics. In Responding to the Mathematics Problem: The Implementation of Institutional Support Mechanisms. C.M. Marr & M.J. Grove(eds.), The Maths, Stats and OR Network, s. 59-63. [verkkojulkaisu]. [viitattu 15.8.2013]. Saatavissa: http://itsn.mathstore.ac.uk/headocs/responding_to_the_maths_problem.pdf.

Parsons, S. (2008) Overview of the provision of mathematics support to students in a University College. [verkkojulkaisu]. MSOR Connections, 8 (2), s. 29-35. [viitattu 15.8.2013]. Saatavissa: http://mathstore.ac.uk/headocs/8229_parsons_s_mathsupport.pdf.

Parsons, S. (2005) Success in engineering mathematics...through maths support and changes to engineering maths lectures at Harper Adams. [verkkojulkaisu]. MSOR Connections, 5 (1), s. 31-34. [viitattu 15.8.2013]. Saatavissa: <http://mathstore.ac.uk/headocs/51successengmaths.pdf>.

London South Bank University

Starkings, S. (2004) Maths for Business and Computing Students. [verkkojulkaisu]. MSOR Connections, 4 (2), s. 22-24. [viitattu 15.8.2013]. Saatavissa: <http://mathstore.ac.uk/headocs/42business.pdf>.

Loughborough University

Croft, T., Solomon, Y. & Bright, D. (2008) Developing academic support for mathematics undergraduates – the students' views. In Green, D. (ed.), Proceedings of CETL-MSOR Conference, s. 22-27, ISBN: 9780 9555914-1-9. [verkkojulkaisu]. University of Birmingham. [viitattu 15.8.2013]. Saatavissa: http://mathstore.ac.uk/repository/CETLMSOR2007_Proceedings.pdf.

University of Manchester

Steele, C.D.C. (2010) The Manchester Mathematics Resource Centre. In Responding to the Mathematics Problem: The Implementation of Institutional Support Mechanisms, C.M. Marr & M.J. Grove (eds.), The Maths, Stats & OR Network, s. 33-37. [verkkojulkaisu]. [viitattu 15.8.2013]. Saatavissa: <http://www.mathcentre.ac.uk/resources/uploaded/mathssupportvolumefinal.pdf>.

Newcastle University

Foster, B. (2005) Maths-Aid. [verkkojulkaisu]. MSOR Connections, 5 (3), s. 1-8. [viitattu 15.8.2013]. Saatavissa: <http://www.mathstore.ac.uk/headocs/53mathsaid.pdf>.

University of Northampton

Rice, P. (2012) Pilot of on-line maths tutorials: you can lead a horse to water... [verkkojulkaisu]. Research active Library and Learning Services. University of Northampton. [viitattu 15.8.2013]. Tiivistelmä saatavissa: <http://llsconference2012.wordpress.com/presentations/pilot-of-on-line-maths-tutorials-you-can-lead-a-horse-to-water/>.

Nottingham Trent University

Woodhouse, S. (2004) Developing Maths Support. [verkkojulkaisu]. MSOR Connections, 4 (4), s.1-5. [viitattu 15.8.2013]. Saatavissa: <http://www.mathstore.ac.uk/headocs/44mathssupport.pdf>.

University of Portsmouth

Pevy, L. (2010) The Portsmouth University Maths Café: Making a Virtue of Necessity. In *Responding to the Mathematics Problem: The Implementation of Institutional Support Mechanisms*, C.M. Marr & M.J. Grove (eds.), The Maths, Stats & OR Network, s.17-22. [verkkojulkaisu]. [viitattu 15.8.2013]. Saatavissa: <http://www.mathcentre.ac.uk/resources/uploaded/mathssupportvolumefinal.pdf>.

Queen's University of Belfast

Cole, J.S., Crawford, T.J., Zubairi, M.S. (2012) Implementing a maths support system for first-year engineering students. In Kapranus, P. (ed.), *ISEE 2012 4th International Symposium of Engineering Education*, Paper 55. [verkkojulkaisu]. University of Sheffield. [viitattu 15.8.2013]. Saatavissa: <http://isee2012.group.shef.ac.uk/proceedings.html>.

Robert Gordon University

Little, J. (2010) Maths support tuition provided remotely via Wimba classroom built into a moodle VLE, using a graphics tablet and MS Paint. [verkkojulkaisu]. [viitattu 15.8.2013]. Saatavissa: http://www.heacademy.ac.uk/assets/evidencenet/case_studies/little_rgu_moodle_maths.pdf.

Little, J. (2009) Maths and Stats Support. In *Scottish Maths & Stats Network Meeting*, Glasgow. [verkkojulkaisu]. [viitattu 15.8.2013]. Saatavissa: <http://www.st-andrews.ac.uk/mathsnetwork/events/2009events/>.

University of Sheffield

Patel, C. & Rossiter, J.A. (2011) Encouraging engagement with mathematics through course change and additional support. [verkkojulkaisu]. *MSOR Connections*, 11 (2), s. 24-28. [viitattu 15.8.2013]. Saatavissa: <http://mathstore.ac.uk/headocs/Patel.pdf>.

Patel, C. & Rossiter, J.A. (2009) Student Engagement and Non-engagement with Mathematics and Statistics Support. [verkkojulkaisu]. In Green, D. (ed.), *CETL-MSOR Conference Proceedings*, s. 99-104. Open University. [viitattu 15.8.2013] Saatavissa: http://www.mathstore.ac.uk/headocs/Proceedings_2009_Upload_0.pdf.

Swansea Metropolitan University

Marotin, A. (2012) Mathematical skills of new entrants to engineering courses. [verkkojulkaisu]. *EE2012*. Coventry University. [viitattu 15.8.2013]. Saatavissa: http://cede.lboro.ac.uk/ee2012/papers/ee2012_submission_142_gp.pdf.

University College London

Angelini, M. (2011) Measuring the effects of Peer-Assisted Learning on the development of students in transition to maths-based teaching programmes. [verkkojulkaisu]. *CETL-MSOR 2011*. Coventry University. [viitattu 15.8.2013]. Saatavissa: http://www.ucl.ac.uk/transition/research-evaluation/Measuring_the_effects_of_Peer_Assisted_Learning.pdf.

University of the West of England

Henderson, K. and Swift, T. (2011) *expressoMaths: a drop-by station*. [verkkojulkaisu]. *MSOR Connections*, 11 (2), s. 10-13. [viitattu 15.8.2013]. Saatavissa: <http://mathstore.ac.uk/headocs/Henderson.pdf>

LIITE 5: JULKAISUJA YHDYVALLOISTA

Summer Bridge Program:

Barnett, E. A., Corrin, W., Nakanishi, A., Hare Bork, R., Mitchell, C., Sepanik, S. 2012. Preparing High School Students for College: An Exploratory Study of College Readiness Partnership Programs in Texas. [verkkojulkaisu]. National Center for Postsecondary Research (NCPR). [viitattu 22.7.2013]. Saatavissa: http://www.postsecondaryresearch.org/i/a/document/22458_NCPR_CRPFullReport_051712.pdf.

Barnett, E. A., Hare Bork, R., Mayer, A. K., Pretlow, J., Wathington, H. D., Weiss, M. J., Weissman, E., Teres, J., Zeidenberg, M. 2012. Bridging the Gap: An Impact Study of Eight Developmental Summer Bridge Programs in Texas. [verkkojulkaisu]. National Center for Postsecondary Research (NCPR). [viitattu 31.7.2013]. Saatavissa: <http://www.postsecondaryresearch.org/i/a/document/NCPR-BridgingtheGapBrief.pdf>.

Gilmer, T. C. 2007. An Understanding of the Improved Grades, Retention and Graduation Rates of STEM Majors at the Academic Investment in Math and Science (AIMS) Program of Bowling Green State University (BGSU). [verkkojulkaisu]. Bowling Green State University. 11 s. [viitattu 31.7.2013]. Saatavissa: <http://www.bgsu.edu/downloads/provost/file49754.pdf>.

Reisel, J. R., Rineck, L., Jablonski, M., Munson, E., Hosseini, H. 2009. Evaluationa of the Impacts of Math Course Placement Improvement Achieved through a Summer Bridge Program. [verkkojulkaisu]. University of Wisconsin-Milwaukee. [viitattu 30.7.2013]. Saatavissa: https://pantherfile.uwm.edu/reisel/www/FORTE/Math_Paper_Final.pdf.

Muita julkaisuja:

Beyond the Rhetoric, Improving College Readiness Through Coherent State Ploicy. 2010. [verkkojulkaisu]. SREB the National Center for Public Policy and Higher Education. [viitattu 1.8.2013]. Saatavissa: http://www.highereducation.org/reports/college_readiness/CollegeReadiness.pdf.

Cortes, K., Goodman, J., Nomi, T. 2013. Education Attainment: Long-Run Impacts of Double-Dose Algebra. [verkkojulkaisu]. Harvard Kennedy School Research Working Paper Series RWP13-009, April 2013. 27 s. [viitattu 31.7.2013]. Saatavissa: <https://research.hks.harvard.edu/publications/workingpapers/citation.aspx?PubId=8969&type=FN&PersonId=250>.

LIITE 6: ERI MAIDEN TUKIKESKUKSIEN INTERNET-SIVUJA

The Ohio State University	http://mslc.osu.edu/
The University of Adelaide	http://www.adelaide.edu.au/mathlearning/
National University of Ireland, Maynooth	http://supportcentre.maths.nuim.ie/
Dublin City University	http://www.dcu.ie/math/mlc/index.shtml
University College Dublin	http://mathsci.ucd.ie/mathsupportcentre/ucdwebpage/index.html
University of Limerick	http://www3.ul.ie/~mlc/
Loughborough University	http://www.lboro.ac.uk/departments/mlsc/
Coventry University	http://www.coventry.ac.uk/study-at-coventry/student-support/academic-support/sigma-maths-and-stats-support/

LIITE 7: ULKOISIA TUKIPALVELUJA JA MATERIAALIA

Just Math Tutorials – Paljon ilmaisia videoita matematiikasta.

<http://patrickjmt.com/>

Khan Academy – Laaja valikoima videoita matematiikasta ja muista aineista.

<https://www.khanacademy.org/>

Math Tutor – Verkkomateriaalia yliopistomatematiikan ja koulumatematiikan välisen kuilun kaventamiseksi.

<http://www.mathtutor.ac.uk/>

Mathematical Study Skills – Internet-sivusto, jossa on materiaalia aiheista: matematiikan lukeminen ja kirjoittaminen, matemaattinen mallintaminen ja niin edelleen.

<http://maths-study-skills.open.ac.uk/>

MacTutor History of Mathematics archives – Paljon historian tieto matematiikasta.

<http://www-history.mcs.st-and.ac.uk/>

WisWeb – Freudenthal instituution internet-sivu toisenasteen matematiikalle Alankomaissa. Hyödyllinen myös korkeakoulumatematiikan opiskelussa. Sovellukset ovat hyvin laajoja ja interaktiivisia ja vaativat Java sovelluksen.

<http://www.fi.uu.nl/wisweb/en/>

nrich – Interaktiivinen sivusto, jossa tuodaan esille matematiikan sovelluksien hyödyntäminen luonnontieteissä.

<http://nrich.maths.org/6298>

MathCenter – Ilmaista verkkomateriaalia, kuten videoita ja tekstiä eri matematiikan aiheista.

<http://www.mathscentre.ac.uk/>