



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

ARI-MIKKO MÄKELÄ
VERKKOTYÖKALUT YLIOPISTOMATEMATIIKAN
PERUSKURSSEILLA

Diplomityö

Tarkastajat:
Yliopistonlehtori Simo Ali-Löytty
Lehtori Janne Kauhanen
Dosentti Jorma Joutsenlahti
Tarkastajat ja aihe hyväksytyt
luonnontieteiden tiedekuntaneuvoston
kokouksessa 9.12.2015

TIIVISTELMÄ

ARI-MIKKO MÄKELÄ: Verkkotyökalut yliopistomatematiikan peruskursseilla

Tampereen teknillinen yliopisto

Diplomityö, 92 sivua, 13 liitesivua

Maaliskuu 2016

Teknis-luonnontieteellinen koulutusohjelma

Pääaine: Matematiikka

Tarkastajat: Yliopistonlehtori Simo Ali-Löytty, Lehtori Janne Kauhanen, Dosentti Jorma Joutsenlahti

Avainsanat: STACK, Vertaisarviointi, Verkkotyökalut, Matematiikan opetus, Automaattisesti tarkistettavat matematiikan tehtävät, Moodlen Työpaja

Tampereen teknillisessä yliopistossa pyritään jatkuvaan matematiikan opetuksen kehittämiseen. Matemaattisten ohjelmistojen kehittymisen myötä opiskelijoille voidaan tarjota erilaisia sähköisiä ja verkkopohjaisia työkaluja itsenäisen matematiikan opiskelun tueksi. Tässä työssä tutustutaan kahteen verkko-opetustyökaluun; automaattisesti tarkistettaviin matematiikan tehtäviin suunniteltuun STACK-ohjelmistoon sekä verkossa tapahtuvaan vertaisarviointiin tarkoitettuun Moodlen Työpajaan. Työssä tutkitaan, kokevatko ensimmäisen vuoden matematiikan opiskelijat STACK-tehtävien ja vertaisarvioinnin edesauttavan matematiikan oppimista. Tarkastelun kohteena on myös, kuinka aktiivisesti STACK- ja vertaisarvioitavia Työpaja-tehtäviä tehdään ja miten aktiivisuus vaikuttaa menestymiseen tentissä.

Aluksi tarkastellaan verkko-opetusta ja vertaisarviointia yleisesti. Seuraavaksi perehdytään STACKin taustoihin ja STACK-tehtäviin opiskelijan näkökulmasta. Myöhemmissä luvuissa esitellään matematiikan opintojaksoilla tehtyjä STACK- ja vertaisarviointikokeiluja ja niiden tuloksia. Lopuksi tarkastellaan tutkimuksen luotavuutta ja tiivistetään työn keskeisimmät tulokset.

Opintojaksoilla järjestettyjen mielipidekyselyjen perusteella opiskelijat suhtautuvat STACK-tehtäviin positiivisesti. Opiskelijat pitivät erityisesti välittömästä palautteesta. Mielipiteet Työpajassa tehdystä vertaisarvioinnista olivat neutraalimpia. Menettelyssä nähtiin kehittämisen varaa, mutta vertaisarvioinnin koettiin edesauttavan syvällisempää oppimista. Sekä STACK-tehtävien että vertaisarvioinnin nähtiin tuovan lisäarvoa matematiikan opiskeluun.

ABSTRACT

ARI-MIKKO MÄKELÄ: E-learning methods in the elementary courses of the university mathematics

Tampere University of Technology

Diplomityö, 92 pages, 13 Appendix pages

March 2016

Master's Degree Programme in Science And Engineering

Major: Mathematics

Examiners: University Lecturer Simo Ali-Löytty, Lecturer Janne Kauhanen, Docent Jorma Joutsenlahti

Keywords: STACK, teaching mathematics, teaching and assessment using computer algebra kernel, peer review, e-learning, Moodle Workshop

Teaching in mathematics is continuously being developed in Tampere University of Technology. With advanced software it is possible to deliver students various electronic and web-based learning tools for independent learning. In this study two such tools are introduced, namely STACK that is a computer aided assessment system for mathematics and Moodle Workshop that is meant for peer reviewing between students. The question is whether the first year students feel these tools improve their learning or not. Activity in STACK and Workshop assignments and its influence on success in the exam are also researched.

E-learning and peer review in general are discussed in the beginning of this thesis. After that, the background of the STACK system and STACK assignments in the student's point of view are introduced. Experiments and findings in STACK and peer review in the context of mathematics courses are studied in the subsequent chapters. The reliability and validity of this study are discussed and conclusions are made in two last chapters.

According to survey polls arranged in these courses, students experience STACK assignments in a very positive way. Especially, the instant feedback was considered as a great feature in STACK. Opinions about peer review in the Workshop were more neutral. Some improvements in peer review procedure were suggested. However, students see that peer review leads to deeper learning. Both STACK assignments and peer review are considered to add value in studying mathematics.

ALKUSANAT

Tämä diplomityö on tehty Tampereen teknillisen yliopiston Matematiikan laitokselle. Projekti alkoi kesällä 2015 aloittaessani Matematiikan laitoksella kesätyöntekijänä STACK-tehtävien parissa. STACK- ja Työpajatehtäviin liittyvä tutkimus tehtiin syksyllä 2015. Tulokset analysoitiin loppuvuoden 2015 ja alkuvuoden 2016 aikana.

STACK-tehtävien ja aiheeseen liittyvän tutkimuksen tekeminen on ollut mielenkiintoista, antoisaa ja varmasti myös hyödyllistä tulevaisuutta ajatellen. Haluankin kiittää Matematiikan laitosta ja erityisesti työni ohjaajaa, yliopistonlehtori Simo Ali-Löyttyä mahdollisuudesta tehdä töitä mielenkiintoisen aiheen parissa. Simoa sekä dosentti Jorma Joutsenlahtea ja lehtori Janne Kauhasta haluan kiittää lämpimästi diplomityöni ohjaamisesta, avusta ja rakentavista kommentteista työn aikana.

Kiitos kuuluu myös työkavereilleni Elinalle ja Juholle, joiden kanssa olen jakanut sekä työhuoneen että monet ilon ja surun hetket tätä työtä kirjoittaessani. Eniten haluan kuitenkin kiittää perhettäni ja läheisimpiä ystäviäni, jotka ovat saaneet minut ymmärtämään opiskelun tärkeyden ja tukeneet minua koko opiskelu-urani ajan.

Tampereella, 24.2.2016

Ari-Mikko Mäkelä

SISÄLLYS

1. Johdanto	1
2. Verkko-opetus ja vertaisarviointi	4
2.1 Verkko osana opetusta	4
2.2 Motivoivan verkkotehtävän piirteitä	6
2.3 Matematiikan tehtävät verkkotehtävinä	8
2.4 Verkon oppimisalustat	9
2.5 Opiskelijoiden välinen vertaisarviointi	10
3. STACK-tehtävät osana matematiikan opetusta	14
3.1 Taustaa	15
3.2 STACK opiskelijan käytössä	16
3.2.1 Tehtävän ulkoasu ja eteneminen	16
3.2.2 Kuvien hyödyntäminen	19
3.2.3 Opiskelijan ohjaus väärin vastausten perusteella	20
4. STACK Matematiikan ensimmäisen vuoden opintojaksoilla	21
4.1 Matematiikan opetuksen materiaalipankki	21
4.2 Toteutus opintojaksoilla	22
4.3 Tyypillisiä opiskelijoiden virheitä	24
4.4 Opiskelijakyselyn kvantitatiivinen analyysi	27
4.5 Opiskelijakyselyn kvalitatiivinen analyysi	30
4.5.1 Matematiikka 1	30
4.5.2 Insinöörimatematiikka B1	36
4.6 Opiskelijoiden aktiivisuus STACK-tehtävissä	37
4.6.1 Palautusaktiivisuus	38
4.6.2 Harjoitusaktiivisuuden ja tenttiarvosanojen yhteys	42
4.7 Johtopäätökset	45

5. Vertaisarviointi Moodlen Työpajassa	49
5.1 Työpajan toiminta	49
5.2 Vertaisarviointi TTY:n Matematiikka 1 -opintojaksolla	52
5.2.1 Toteutus opintojaksolla	52
5.2.2 Opiskelijoiden aktiivisuus ja vertaisarvioinnit Moodlen Työpajas- sa Matematiikka 1 -opintojaksolla	55
5.2.3 Vertaisarviointia koskeva tutkimus	58
5.3 Opiskelijakyselyn kvantitatiivinen analyysi	59
5.3.1 Kyselyn yleisiä tuloksia	59
5.3.2 Oppimisprofiilien vaikutus mielipiteisiin vertaisarvioinnista	63
5.4 Laadullinen tarkastelu	70
5.4.1 Sanallisen arvioinnin laadun ja tentissä menestymisen yhteys	70
5.4.2 Opiskelijakyselyn kvalitatiivinen analyysi	73
5.5 Johtopäätökset	80
6. Tutkimuksen luotettavuus	83
7. Yhteenveto	86
Lähteet	88
A. STACK-tehtävän laatimisohje	93
B. STACK-kysely	95
C. STACK-kyselyn opintojaksokohtaiset tulokset	96
D. STACK-tehtäviin käytetty aika	98
E. Matematiikka 1:n Työpajatehtävät	100
F. Työpaja- ja vertaisarviointikysely	101
G. Työpajakyselyn oppimisprofiilikohtaiset tulokset	102
H. Korrelaatiomatriisi Työpajakyselyn väittämille	105

LYHENTEET JA MERKINNÄT

A&O	TTY:llä kehitetty verkko-oppimisalusta
CAL	Computer-assisted learning, tietokonepohjainen oppiminen
EDM	Educational Data Mining, edistyksellinen tiedonlouhinta
Google Chart	Kuvaajien piirtämiseen ja niiden verkkosivustoille upottamiseen tarkoitettu Googlen kehittämä työkalu
IBL	Internet-based learning, Internet-pohjainen oppiminen
IMA1	TTY:n Insinöörimatematiikka B1 -opintojakso
JSXGraph	Interaktiivisten kuvien luomiseen tarkoitettu JavaScript-pohjainen kirjasto
ka	Keskiarvo
L ^A T _E X	Tieteellisten julkaisujen kirjoittamiseen tarkoitettu ladontaohjelma
LTT	TTY:n luonnontieteiden tiedekunta
MA1	TTY:n Matematiikka 1 -opintojakso
Maxima	Symbolinen laskentaohjelmisto
Moodle	Avoimen lähdekoodin virtuaalinen verkkoympäristö, jota käytetään muun muassa TTY:llä
N	Otoksen lukumäärä
p	p -arvo, merkitsevyystaso
PDF	Portable Document Format, Adoben kehittämä tiedostomuoto, jota käytetään sähköiseen julkaisemiseen ja tulostamiseen
r	Korrelaatiokerroin, tilastollisen riippuvuuden mitta
Spearmanin ρ	Spearmanin järjestyskorrelaatiokerroin, tilastollisen riippuvuuden mitta
STACK	System for Teaching and Assessment using Computer algebra Kernel, tietokoneavusteinen järjestelmä matematiikan tehtävien automaattiseen tarkistamiseen
TTY	Tampereen teknillinen yliopisto
WolframAlpha	Selainpohjainen Mathematica-laskentaohjelmistoon pohjautuva haku- ja vastauskone
χ^2 -testi	Tilastollinen testi, joka noudattaa χ^2 -jakaumaa, kun nollahypoteesi on voimassa

1. JOHDANTO

Suomessa on viime vuosina panostettu vahvasti digitalisaatioon. Tämä näkyy ennen muuta kouluissa ja yliopistoissa, joissa on otettu käyttöön erilaisia sähköisiä opetusmenetelmiä ja verkkotyökaluja. Tietotekniikkaa ja Internetin mahdollisuuksia on haluttu kehittää ja valjastaa opetukseen myös Tampereen teknillisessä yliopistossa (TTY). TTY:n tavoitteena on tehostaa opetusta jatkuvasti ja kehittää monipuolisia, oppimista tukevia työkaluja oppimistulosten parantamiseksi.

Opiskelua voidaan tukea ja monipuolistaa verkon opetustyökalujen avulla. Aiemmin verkon oppimisalustoja on TTY:n matematiikan opetuksessa hyödynnetty lähinnä opiskelumateriaalien jakamiseen ja tehtävien vastaanottamiseen. Erilaisiin verkkotyökaluihin liittyviä kokeiluja on toki tehty ennenkin ja esimerkiksi matematiikan perustaitojen testissä on käytetty selainpohjaista ohjelmistoa jo useita vuosia [18]. Keväästä ja laajemmin syksystä 2015 lähtien verkon opetustyökaluja on otettu käyttöön matematiikan perustason opintojaksoille ja jatkossa niitä on tarkoitus ottaa mukaan opetukseen laajemminkin.

Tässä diplomityössä perehdytään kahteen verkkotyökaluun, joita kokeiltiin ensimmäisen vuoden opiskelijoille suunnatuilla opintojaksoilla Matematiikka 1 ja Insinörimatematiikka B1. Ensimmäinen on *STACK* (System for Teaching and Assessment using a Computer algebra Kernel), joka on alunperin Englannissa ja Aaltoyliopistossa kehitetty ohjelmisto automatisoitujen matematiikan tehtävien laatimiseen. Toinen on Moodlen *Työpaja*, jonka avulla voidaan toteuttaa opiskelijoiden välistä vertaisarviointia.

STACK on järjestelmä, jonka avulla voidaan luoda satunnaistettuja, interaktiivisia ja automaattisesti tarkistettavia matematiikan tehtäviä. Se on integroitavissa suoraan oppimisalusta Moodleen. STACKin avulla opiskelijat voivat ratkaista matematiikan tehtäviä ja saada välitöntä palautetta ja vihjeitä vastauksen palauttamisen jälkeen. Moodlen Työpaja on Moodlen oma aktiviteetti, jossa opiskelijat voivat palauttaa ja vertaisarvioida toistensa tehtäviä. Työpaja toimii vaiheittain ja se

voidaan ohjelmoida vaihtamaan työskentelyn vaiheita ja jakamaan tehtäviä vertaisarvioitavaksi automaattisesti. Vertaisarviointi voidaan toteuttaa Työpajan avulla anonyymisti suurellekin opiskelijamäärälle.

Työssä tutkitaan opintojaksoilla järjestettyjen mielipidekyselyjen avulla opiskelijoiden suhtautumista STACK-tehtäviin sekä vertaisarvioitaviin Työpajatehtäviin. Lisäksi tutkitaan, kuinka aktiivisesti opiskelijat tekevät STACK- ja Työpajatehtäviä. Aktiivisuutta on verrattu myös tentissä menestymiseen. STACK-tehtäviin liittyen tarkastellaan, millaisia virheitä opiskelijat tehtävissä tekevät ja milloin aktiivisuus tehtävien aloittamisessa ja palauttamisessa on suurimmillaan. Vertaisarviointiin liittyvässä tutkimuksessa eritellään eri oppimisprofiilien edustajien välisiä eroja suhtautumisessa Työpajatehtäviin. Tarkemmin oppimisprofiileista kerrotaan luvussa 5.3.2.

Tärkeimmät tutkimuskysymykset ovat:

1. Miten STACK-tehtävät ja vertaisarviointi tukevat opiskelua ja oppimista?
2. Miten opiskelijat suhtautuvat STACK-tehtäviin ja vertaisarviointiin?
3. Kokevatko opiskelijat STACK-tehtävien ja vertaisarvioinnin edesauttavan oppimista paremmin kuin perinteiset laskuharjoitustehtävät?
4. Innostavatko verkon opetustyökalut opiskelijoita tekemään matematiikan tehtäviä aktiivisemmin perinteisiin laskuharjoituksiin verrattuna?

Työssä perehdytään aluksi luvussa 2 verkko-opetuksen menetelmiin ja käsitteisiin. Lisäksi tutustutaan vertaisarviointiin liittyvään teoriaan ja pohditaan sen merkitystä opetuksessa. Tämän jälkeen esitellään STACKin taustaa ja tarkastellaan miten STACK-tehtävät näyttäytyvät opiskelijan näkökulmasta (luku 3). Luvuissa 4 ja 5 tarkastellaan, miten STACK- ja vertaisarvioitavat Työpajatehtävät toteutettiin osana ensimmäisen vuoden matematiikan opintojaksoja. Näissä luvuissa eritellään myös tutkimuksessa saatuja tuloksia. Luvussa 6 tarkastellaan tutkimuksen luotettavuutta eli reliabiliteettia ja validiteettia. Lopuksi työn tuloksista ja tutkimuksen havainnoista tehdään yhteenveto luvussa 7.

STACKiin liittyvää tutkimusta on aiemmin tehty muun muassa Aalto-yliopistossa [21] ja TTY:llä [18]. Rasilan, Harjulan ja Zengerin tutkimuksessa [21] havaittiin, että opiskelijat tekivät STACK-tehtäviä aktiivisemmin kuin osallistuivat perinteisiin

laskuharjoituksiin. Lisäksi huomattiin, että aktiivisuus tehtävissä oli suurinta tehtävien palautuksen määräajan lähellä. Panulan tutkimuksessaan tehdyn kokeilun [18] mukaan opiskelijat suhtautuivat STACK-tehtäviin positiivisesti ja erityisesti välitön palaute sai kiitosta. STACK-tehtävät nähtiin kuitenkin enemmän muita laskuharjoituksia täydentävinä kuin korvaavina tehtävinä.

Vertaisarviointia on tutkittu monissa yhteyksissä osana niin luokkahuone- kuin verkopohjaistakin opetusta. Crowe, Silva ja Ceresola totesivat omassa tutkimuksessaan [3], ettei vertaisarvioinnilla ole oppimistuloksia parantavaa vaikutusta. Rourken, Mendelssohnin, Colemanin ja Allenin [23] havainnot olivat positiivisempia. Havolan, Majanderin, Hakulan, Alestalon ja Rasilan [5] sekä Niemelän [14] tutkimusten perusteella opiskelijat suhtautuivat vertaisarviointiin myönteisesti.

Tämän tutkimuksen perusteella ensimmäisen vuoden opiskelijat suhtautuvat STACK-tehtäviin erittäin positiivisesti. Opiskelijat pitivät erityisesti ohjelmiston antamasta välittömästä palautteesta. Lisäksi havaittiin, että opiskelijat tekevät STACK-tehtäviä jonkin verran ahkerammin kuin osallistuvat perinteisiin laskuharjoituksiin. Suhtautuminen Työpajaa ja vertaisarviointia kohtaan on hieman neutraalimpaa, mutta kuitenkin niin ikään myönteistä. Vertaisarvioinnin avulla tehtäviin tuli paneutua huolellisemmin, minkä koettiin edesauttavan oppimista.

2. VERKKO-OPETUS JA VERTAISARVIOINTI

Sähköiset ja erityisesti verkossa sijaitsevat oppimisympäristöt ovat yleistyneet viime vuosina kouluissa ja yliopistoissa tieto- ja viestintätekniiikan sekä etenkin Internetin kehittymisen myötä. [31] Muun muassa Tampereen teknillisessä yliopistossa kehitetään tieto- ja viestintätekniiikan opetusta ja opiskelua osana tutkinto-opetusta. TTY:llä tarjotaan myös kokonaan verkossa suoritettavia kursseja, esimerkkinä Puheviestinnän ja neuvottelutaidon kurssi [32]. Myös koulujen opetussuunnitelmissa korostetaan yhä enemmän digitaalisten opiskeluympäristöjen ja työvälineiden hyödyntämistä eri muodoissa. Esimerkiksi lukion vuonna 2016 käyttöön otettavassa opetussuunnitelmassa todetaan, että opiskelijoiden omia tietoteknisiä laitteita voidaan käyttää oppimisen tukena ja opiskelijoiden verkko-opiskelutaitojen kehittymistä tuetaan tarjoamalla opiskelijoille mahdollisuuksia suorittaa opintoja myös etäopiskeluna [16].

2.1 Verkko osana opetusta

Verkko-opetuksella viitataan opetukseen ja oppimiseen, jota tuetaan tai jonka jokin osa perustuu tietoverkkojen, erityisesti Internetin, kautta saataviin aineistoihin. Verkko-opetus yhdistää lähiopetuksen ja verkkopohjaisen opetuksen toisiaan tukevaksi monimuoto-opetuksiksi, joka on enemmän kuin osiensa summa. Verkko-opetuksen tavoitteena on ollut siirtyminen tekniikan painotuksesta ja tietokonekeskisyydestä inhimillisempää lähestymistapaa kohti. Verkko-opetusta tarkastellessa voidaan kysyä, millaista apua ja tukea verkko-opetusmenetelmät voivat tarjota. Tellan ym. [31] mukaan verkko-opetuksen tavoitteena tulee olla kokemuksellisuus — opetuksen kannalta ei ole riittävää, että käytetään pelkästään verkkoympäristön tekstuaalisuutta ja sen tarjoamaa informaatiota. Verkko-opetuksen ja verkkoympäristöjen keskiössä on oltava ihminen tekniikan käyttäjänä ja aktiivisena toimijana.

Verkko-opetuksesta käytetään kirjallisuudessa monia erilaisia termejä. Englanninkielinen nimitys *e-learning* on vakiintunut myös suomenkieliseen keskusteluun. E-

learning tai e-oppiminen on enemmän yritysmaailman suosima nimitys verkko-oppimiselle. Tavallisesti e-oppimisella viitataan sähköisiin laitteisiin ja sovelluksiin, joita käytetään opetuksen, opiskelun ja oppimisen tukena. Se voi tarkoittaa esimerkiksi sisältöjen siirtämistä ja jakamista sähköisesti vaikkapa Internetin tai videoneuvottelun avulla. Usein termillä tarkoitetaan yksinkertaisesti tietoverkkoihin rakennettua itseopiskelukokonaisuutta ja niiden jakelujärjestelmää. [31]

E-learning-termi voidaan käsittää myös laajemmaksi kokonaisuudeksi. Sillä voidaan viitata myös tietokoneiden, tietoverkkojen ja niihin liittyvien palveluiden soveltamiseen koulutuksessa ja opetus-opiskelu-oppimisprosessissa. Tällöin siihen sisältyy monia erilaisia sovelluksia, kuten Internet-perustainen opetus (IBL = *Internet-based learning*), tietokoneavusteinen opetus (CAL = *computer-assisted learning*) ja muita erilaisia digitaalisia ympäristöjä. Tällä tavalla määriteltynä e-learningin voidaan katsoa tukevan monimuoto-opiskelua ja varsinkin yhteisöllisyyden ja vuorovaikutuksen mahdollistamista. [31]

Adjektiivilla *virtuaalinen* tarkoitetaan yleensä jonkinlaista vastakohtaa fyysiselle tai konkreettiselle ja jota käytetään verkon kautta tietoteknisten laitteiden avulla. Verkko-opetuksessa on keskeistä laajamittainen Internetin käyttö sekä opetuksen että opiskelun tukena. Tämä linkittyy juuri virtuaalisuuteen, sillä työskentely tapahtuu verkon ja tieto- ja viestintäteknikan välineiden avulla. Tärkeä seikka verkko-opetuksessa on myös mahdollisuus sen tarjoamaan erilaisten käyttäjäryhmien väliseen yhteistyöhön. Erilaiset ryhmätyöohjelmat ovat hyvä esimerkki tällaisista yhteistyötä tukevista ohjelmistoista. [12]

Kuvaan 2.1 on koottu hyvän verkko-opetuksen kriteerejä ja mahdollisuuksia. Verkkokurssia tai verkko-opetusta käyttävän opettajan tulee verkkoympäristöä suunnitellessaan pohtia tarkasti sen käytännön toteutusta. Miten esimerkiksi verkko-ohjaus mitoitetaan — kuinka paljon opiskelijoita tulee tukea? On syytä muistaa, että opiskelijat tarvitsevat usein kurssin alussa teknistä ja myös pedagogista ohjausta verkkoympäristöissä toimimiseen myös yliopistossa, sillä verkon opetusmenetelmät saattavat tulla ainakin osalla opiskelijoista täysin uutena asiana. Realistisuus, omien resurssien ja tavoitteiden arviointi sekä innostus ja motivaatio ovat myös olennaisia onnistuneen verkkokurssin tai osittain verkossa tapahtuvan opetuksen edellytyksiä. [31]

Verkko-opetus myös mahdollistaa ainakin joissakin tapauksissa asynkronian eli eriaikaisuuden sekä liikkuvuuden ja liikuteltavuuden eli mobiiliuden. Vaikka sosiaalisuus

ja yhteinen toiminta vaativatkin ajallista rytmitystä myös verkossa, voivat opiskelijat tehdä henkilökohtaiseksi tarkoitettuja tehtäviä milloin ja missä vain mahdollisesti jonkin määräajan puitteissa. [31]



Kuva 2.1 Onnistuneen verkko-opetuksen kriteerejä ja mahdollisuuksia, Tellaa ym. muokailleen [31].

Huomioitava seikka kuitenkin on, että verkko-opetus voi joskus viedä opettajalta jopa enemmän aikaa kuin tavallinen lähiopetus. Sen sijaan, että verkko-opetus vapauttaisi ajasta ja paikasta riippumattomaan työskentelyyn, se saattaakin sitoa opettajan koneen äärelle pitkiksikin ajoiksi. Lisäksi verkko-opetus saattaa vaatia paljon kirjoittamista ja opiskelijoiden ohjaamista. Monissa tapauksissa opettajan verkko-opetukseen suunnitteluun, toteutukseen ja arviointiin käyttämä kokonaisaika on samaa luokkaa kuin lähiopetuksessakin, mutta ajankäytön painotus siirtyy prosessissa eri aikoihin. Kyse onkin lähinnä opettajan ja opiskelijan valinnanvapaudesta — molemmilla on vapaammat kädet valita työskentelyaikansa verrattuna tavalliseen lähiopetukseen. Tämä vaikuttaa luonnollisesti sekä opiskelutehtävien että koko opetus-opiskelu-oppimisprosessin luonteeseen ja toteutukseen. [31]

2.2 Motivoivan verkkotehtävän piirteitä

Opiskelumotivaatio on yksi keskeisimmistä kysymyksistä myös tieto- ja viestintäteknikan opetuskäytön ja verkko-opetuksen näkökulmasta. Motivaatiota voidaan yrittää kohentaa erilaisilla teknisillä ratkaisuilla. On kuitenkin muistettava, että kuten

normaalissa opetuksessakin, myös verkkokurssin tai -tehtävän suorittaminen edellyttää motivoitunutta opiskelijaa, sillä opiskelijalla itsellään on suurin vastuu työnteostaan ja oppimisestaan. Käytännön kokemukset tarjoavat luultavasti parhaat lähtökohdat opetuksen ja sitä tukevan teknologian tai verkkoympäristön kehittämiseen. Erilaisiin opetuksellisiin ja oppimiseen liittyviin haasteisiin tulee pystyä vastaamaan monipuolisten opetusmenetelmien avulla [12]. Esimerkiksi matematiikassa mekaanisempi laskutehtävä on mahdollista toteuttaa verkkotehtävänä, johon opiskelija antaa vastauksen ja saa palautteen ja viiheitä vastauksen mukaan. Toisaalta tietyn tyyppiset, esimerkiksi todistustehtävät on hankala toteuttaa automaattisesti tarkistettavana verkkotehtävänä.

Motivaatioon vaikuttavat monenlaiset tekijät. Opiskelijan motivaatio voi olla joko ulkoista tai sisäistä. Ulkoisella motivaatiolla tarkoitetaan sitä, että opiskelija työskentelee ennalta asetettuja tavoitteita kohti muilta, yleensä opettajalta saamansa palautteen perusteella. Sisäisellä motivaatiolla tarkoitetaan opiskelijan oppimisen halua — opiskelija on sitoutunut tehtävään ja haluaa tehdä sen mahdollisimman hyvin, koska tehtävällä on hänelle omakohtaista merkitystä. Opiskelijan sisäinen motivaatio on opiskelun onnistumisen ja jatkuvan etenemisen kannalta tärkeää [12]. Lieneekin perusteltua todeta, että onnistunut (verkko)tehtävä herättää opiskelijan sisäisen motivaation.

Välitön palaute on hyvän verkkotehtävän keskeinen kriteeri. On tärkeää antaa opiskelijoille palautetta välittömästi suorituksen jälkeen. Esimerkiksi matematiikan tehtävistä puhuttaessa opiskelijat saavat nopean palautteen perusteella heti tietää, ratkaistiinko tehtävä oikein ja mitkä kohdat menivät väärin. Palautteen avulla opiskelijoita ohjataan tunnistamaan virheet ja korjaamaan ne sekä arvioimaan suoritustensa tasoa myös itsenäisesti. Rakentava palaute motivoi opiskelijaa yrittämään virheelisen yrityksen jälkeen uudestaan. Palautetta voi antaa opettajan lisäksi opiskelutoverit tai verkkotehtävän tapauksessa vastauksen perusteella vaikkapa tarkoitusta varten ohjelmoitu tietokoneohjelma. [12]

Tehtävien tekemisessä motivoivat luonnollisesti myös onnistumiset ja palkkiot. Esimerkiksi tehtävien tekemisestä mahdollisesti saatavat bonuspisteet ovat itsestään selvä motivaatiokeino. Myös tehtävän ratkaiseminen ja onnistuminen on opiskelijalle tärkeä motivaattori ja palkkio itsessään. Mitä haasteellisempi tehtävä on ollut, sen voimakkaampi on myös onnistumisen elämys. Toisaalta epäonnistumiset heikentävät motivaatiota, joten tehtävät eivät saa olla liian vaikeita [12]. Siten hankalam-

man tehtävän tapauksessa olisi suotavaa edetä askel kerrallaan ja mahdollisesti ohjata opiskelijaa välivaiheiden avulla. Tehtävien ei kuitenkaan tule olla myöskään liian helppoja ja rutiininomaisia.

Verkkotehtäviä suunnitellessa on aiheellista pohtia muun muassa seuraavia pedagogisia ja didaktisia kysymyksiä [31]

- Millaista opiskelua halutaan tukea?
- Onko tehtävän tarkoitus olla yhteistoiminnallinen vai itsenäinen?
- Miten opiskelijaa ohjataan tehtävien suorittamiseksi?
- Millä tavalla tehtävä aktivoi opiskelijaa?
- Millaisia haasteita tehtävään liittyy arvioinnin osalta?

Yllä esitettyihin kysymyksiin pureudutaan tämän diplomityön myöhemmissä luvuissa STACK- ja Työpajatehtäviä käsiteltäessä.

2.3 Matematiikan tehtävät verkkotehtävinä

Edellä käsitellyt hyvän verkkotehtävän piirteet soveltuvat monenlaisiin eri oppiaineiden verkkotehtäviin ja soveltuvat hyvin matematiikan verkkotehtävän suunnittelun ja toteuttamisen lähtökohdiksi. Matematiikassa voidaan luoda myös sellaisia korkeakoulutasoisia tehtäviä, jotka voidaan tarkistaa koneellisesti, sillä matematiikan tehtävät ovat usein laskennallisia tehtäviä, jolla on äärellinen määrä oikeita vastauksia.

Koneellinen tarkistaminen on luonnollisesti suuri etu: tehtävän tarkistamiseen ei tarvita ihmistä, vaan tietokone tarkistaa vastauksen automaattisesti, joten opiskelijoiden on mahdollista saada välitön palaute tehdyistä tehtävistä. Symbolisten laskentaohjelmistojen ansiosta voidaan tarkistaa myös sellaisia tehtäviä, joiden vastaus ei ole numeerinen lukuarvo. Tehtävä on mahdollista ohjelmoida siten, että opiskelija saa tietää, mitkä kohdat tehtävästä menivät väärin ja voi yrittää tehtävän ratkaisemista välittömästi uudestaan [25]. Kun palaute tulee heti, saattaa se motivoida

opiskelijaa pohtimaan tehtävää niin kauan, kunnes tehtävä on ratkaistu. Laskuharjoituksissa tarkistettavien tehtävien kohdalla voi hyvin käydä niin, että tehtävän tekeminen luovutetaan, jos väärästä ratkaisusta ei löydetä sitä kriittistä kohtaa, joka menee pieleen — tai ei edes huomata, että tehtävä on ratkaistu väärin.

Verkossa palautettavan ja tietokoneella tarkastettavan tehtävän kohdalla tulee kuitenkin muistaa, että ohjelmistoilla on tarkasti määritellyt syntaksinsa, jotka eivät yleensä tunnista käyttäjän virheitä. Ensimmäisen vuoden yliopisto-opiskelijoille syntaksi saattaa olla täysin vierasta. Siksi on tärkeää muistaa ohjeistaa opiskelijoita vastauksen kirjoittamiseen tarvittavasta syntaksista riittävästi.

2.4 Verkon oppimisalustat

Opiskelu ympäristöllä tarkoitetaan niitä fyysisiä ja sosiaalisia olosuhteita, joissa opiskellaan, tapahtuupa se sitten koululuokassa, kotona tai Internetissä. Moderneja opiskelu ympäristöjä kuvataan kirjallisuudessa muun muassa avoimiksi, joustaviksi, moniviestinvälitteisiksi, virtuaalisiksi, dialogisiksi ja yhteistoiminnallisiksi. Tieto- ja viestintätekniiikan osuus osana opiskelu ympäristöä on kasvanut viime vuosina nopeasti. Sen voidaan katsoa toimivan opiskelun mahdollistajana – nykyään on mahdollista suorittaa opintoja, vaikka oppilaitos tai yliopisto olisi toisella puolella maapalloa – sekä lisäksi opiskelun tukijana ja rikastuttajana. [31]

Oppimisalusta on opiskelu ympäristön osa, joka sijaitsee verkossa. Sen avulla voidaan muun muassa jakaa oppimateriaaleja ja palauttaa tehtäviä sähköisesti. [31] Opetuskäyttöön on kehitetty monia oppimisalustoja, joiden avulla on pyritty uudistamaan ja monipuolistamaan opetusta ja edistämään oppimista. Muun muassa sellaisia yhteisöllisen oppimisen tapoja kuin tiedon ulkoistaminen ja argumentointi voidaan tukea erilaisten kommunikointivälineiden ja jaettujen työtilojen muodossa. [8]

Suomen korkeakouluissa yksi suosituimmista oppimisalustoista on Moodle. Se on avoimen lähdekoodin virtuaalinen oppimisalusta, jonka avulla voidaan luoda verkkokursseja. Moodlen tarkoituksena on tukea *sosiaalista konstruktivismia* opetuksessa ja opiskelussa eli sellaisia opetus- ja opiskelumetodeja, jotka korostavat tiedon aktiivista konstruointia yhteisöllisesti ja toiminnallisesti [13, 34]. Moodlessa voidaan luoda opiskelijoille paljon erilaisia tehtäviä ja tarjota kurssin materiaaleja sähköisesti. Siellä voidaan kerätä järjestelmällisesti opiskelijoiden tehtävistä saamia

pisteitä, joten se sopii mainiosti kurssien verkkotyökaluksi myös arvioinnin näkökulmasta. Keskustelupalsta kuuluu myös Moodlen ominaisuuksiin, joten ilmoitusluontoiset asiat ja avun kysyminen onnistuvat siellä kätevästi.

Työssä käsiteltävät STACK ja Työpaja ovat niin ikään Moodlessa käytettäviä verkkotyökaluja — STACK on kehitelty Moodlesta erillisenä ohjelmistona ja integroitu Moodleen myöhemmin, Työpaja puolestaan on Moodlen oma aktiviteetti. Moodlen lisäksi on kehitetty paljon muitakin verkko-oppimisalustoja, joista osa on kaupallisia ja osa ilmaisia. Yliopistot ovat myös itse kehitelleet omia oppimisalustojaan — esimerkiksi TTY:llä on joillakin kursseilla ollut käytössä Hypermedialaboratorion kehittämä A&O, jossa on samanlaisia ominaisuuksia kuin Moodlessa. Moodle on kuitenkin noussut selvästi käytetyimmäksi ja siten tärkeimmäksi oppimisalustaksi myös TTY:llä. [1, 32]

Verkossa järjestettävät tehtävät mahdollistavat opiskelijoiden suoritettujen tehtävien lukumäärän sekä opiskelijoiden aktiivisuuden seuraamisen sekä monenlaisen muun datan keräämisen suurtenkin opiskelijamäärien tapauksessa. Dataa voidaan kerätä ja analysoida *edistyksellisen tiedonlouhinnan* (EDM) menetelmin. Kiinnostunut lukija voi katsoa EDM:stä tarkemmin esimerkiksi Peña-Ayalan kirjasta [19].

2.5 Opiskelijoiden välinen vertaisarviointi

Luvussa 5 tarkasteltavassa Moodlen Työpajassa keskeisenä elementtinä on vertaisarviointi. Tässä kappaleessa käsitellään vertaisarviointia tarkemmin ja pohditaan sen merkitystä opetuksessa.

Arviointi on tärkeä osa opetusta ja oppimista. Sitä ei pitäisi tarkastella muusta pedagogisesta toiminnasta irrallisena, vaan sen tulisi olla aidosti osa oppimisprosessia. Arvioinnilla selvitetään oppimisen määrää ja laatua sekä tutkitaan, miten opetuksen tavoitteissa on onnistuttu. Arviointia tekevä henkilö oppii antamaan palautetta toisten aikaansaannoksista ja toisaalta arvioinnin kohteena olevan työn tekijä oppii saamastaan palautteesta. Perinteisesti arviointia on tehnyt opettaja, joka arvioi opiskelijoiden töitä ja kokeita ja antaa näiden perusteella arvosanan. Arvioinnista on tullut oppimismetodi ja nykyään myös oppilaat ja opiskelijat tekevät itse- ja vertaisarviointia. Opiskelijoiden itsearviointitaitoja ja palautteenantokykyä on mahdollista kehittää antamalla opiskelijoille mahdollisuus osallistua arviointityöhön. [12, 34]

Kun arviointia tekee opettaja tai ohjaaja, opiskelijat ovat vain passiivisesti muka-

na arviointiprosessissa. Opiskelija yleensä tyytyy saamaansa arvosanaan suhteellisen kriitikittömästi. Opiskelijoiden välisessä arvioinnassa puolestaan saattaa helpommin muodostua tilanne, jossa jostakin asiasta ollaan eri mieltä, kun opiskelijoiden käsitykset ovat ristiriidassa toistensa kanssa. Se johtaa opiskelijan kriittisempään ajatteluun. Lisäksi opiskelija, jonka työtä arvioidaan voi saada sellaista palautetta, jota hän ei muuten saisi. [28]

Opiskelijoiden välinen vertaisarviointi on vastavuoroisuuteen perustuvaa arviointia. Opiskelijat tekevät töitä tai tehtäviä ja arvioivat toistensa tuotoksia. Esimerkiksi matematiikan tehtävästä puhuttaessa opiskelija saa nähdä muita tapoja ratkaista tehtävä. Vertaisarviointia tehdessä opiskelijan tulee tietää arviointikriteerit. Nähdessään mahdollisesti tehtävän malliratkaisun ja arvioidessaan toisen tekemää työtä, opiskelija pääsee kertaamaan oppimaansa ja oppii myös mahdollisesti uutta. Antaessaan palautetta opiskelijat tukevat myös toistensa oppimista.

Racen, Brownin ja Smithin [22] mukaan mikään ei vaikuta opiskelijoiden opiskelumotiivaatioon ja -tapoihin enemmän kuin arviointi, vaikka he ovatkin yleensä tietämättömiä opettajien tai muiden arvioijien arvostelumetodeista. Vertais- ja itsearviointi tutustuttavat opiskelijat arviointiin ja lisäävät ymmärrystä arviointiprosessista — arviointiprosessista tulee läpinäkyvä ja opiskelijat oppivat, mikä tehtävässä tai työssä on tärkeää ja olennaista. Vertaisarviointia käytetään yhä enemmän opetuksessa, jotta opiskelijat pystyisivät paremmin ymmärtämään, mitä heiltä vaaditaan ja mitä heidän tulisi oppia. Racen ym. mukaan vertaisarvioinnilla opetusmetodina on monia perusteltuja syitä. Näitä ovat muiden muassa seuraavat:

1. Opiskelijat tekevät sitä joka tapauksessa jatkuvasti. He vertaavat omia töitään ja arvosanojaan opiskelijatovereidensa kanssa ja saavat sitä kautta paremman käsityksen omasta oppimisen tasostaan. Järjestetty vertaisarviointi antaa vielä enemmän arvostusta toiminnalle, mihin he ovat jo luonnostaan vihkiytyneet.
2. Vertaisarviointia tehdessä opiskelija oppii syvemmin opittavan asian, koska tällöin hänellä on tunne *omistajuudesta* omaan oppimiseensa. Opiskelijan tulee arvioida toisten työtä arviointikriteerien mukaisesti, mutta muuten opiskelijalla itsellään on vastuu arvioinnista ja hän päättää itse, kuinka sen tekee.

3. Arviointi on yksi syvällisimmistä oppimismetodeista. Annettu arviointikriteerien soveltaminen kanssaopiskelijan työhön on yksi tuottavimmista tavoista kehittää ja syventää omaa ymmärrystä opittavaan asiaan. ”Tuomion” antaminen on paljon tiukempi ja täsmällisempi prosessi kuin pelkkä työn lukeminen tai kuunteleminen.
4. Vertaisarvioinnin avulla opiskelijat oppivat toistensa vahvuuksista ja onnistumisista sekä virheistä ja epäonnistumisista. Opiskelijat huomaavat usein, milloin toinen on tehnyt jonkin tehtävän tai työn paremmin. Toisaalta vertaisarvioitaessa huomataan herkemmin myös muiden tekemät virheet. Opiskelijat saavat käsityksen siitä, millaisia virheitä tulee välttää.

Opettajan ei tule vertaisarviointiprosessissa jäädä myöskään toimeettomaksi. On tärkeää ohjeistaa opiskelijoita arvioinnissa ja matematiikan tehtävien vertaisarviointia toteutettaessa on syytä laatia mallivastaus ja arvostelukriteerit. Opettajan tulee myös seurata, että vertaisarviointia tehdään objektiivisesti ja reilusti, jotta arviointi on kaikille tasapuolista [22]. On tärkeää rohkaista opiskelijoita antamaan arvioinnissa pisteytyksen lisäksi sanallista palautetta. Esimerkiksi Wooleyn tutkimuksen perusteella opiskelijat, jotka saivat numeroarvosanan lisäksi kirjallista palautetta, paransivat suorituksiaan enemmän kuin verrokkiryhmä, jonka opiskelijat eivät saaneet kirjallista palautetta [37].

Vertaisarvioinnilla voi olla myös haittapuolensa. Voi käydä niin, että arvioija ei ota arviointia tarpeeksi vakavasti tai että ei osata antaa rakentavaa ja korrektia palautetta toisen opiskelijan tehtävästä. Tämä tuskin kuitenkaan osoittautuu ongelmaksi yliopistossa. Toisaalta arvioitavan itsetunto saattaa kärsiä, kun palaute tulee toiselta opiskelijalta. Yksi ratkaisu voisikin olla anonyymi vertaispalaute, jonka verkossa työskentely mahdollistaa. Tällöin vertaisarvioija ei tiedä, kenen työtä arvioidaan. Kilpailullisesti orientoituneiden opiskelijoiden keskuudessa voi esiintyä kovaakin kilpailua ja kateutta, mikä saattaa johtaa siihen, että muiden opiskelijoiden tuotoksia arvioidaan ankarammin kuin olisi tarpeen. [2] Toisaalta voi käydä niinkin, että opiskelijatovereille annetaan pisteitä liian herkästi, vaikka tehtävässä olisi virheitä. Tässä diplomityössä esiteltävässä Moodlen Työpajassa arvioidaan opettajan toimesta myös opiskelijoiden tekemät vertaisarviot, mikä motivoinee opiskelijoita tekemään myös vertaisarvion mahdollisimman hyvin.

Vertaisarvioinnilla on monia hyviä puolia, mutta se on samalla myös vaativaa ja joidenkin opiskelijoiden mielestä kiusallistakin. Kritiikkiä ei ole helppo osoittaa kaverin

työtä kohtaan eikä ylipäättään ole helppoa arvioida jotakin työtä tai tehtävää, jota itsekin on vasta opiskelemassa. Kaikilla opiskelijoilla lienee kuitenkin kokemusta opiskelijatoverin antamasta palautteesta, ja vaikka se olisikin tuntunut palautetta saadessa ikävältä, se on silti voinut olla hyödyllistä ja opettavaista. [2, 10]

Vertaisarviointia on kokeiltu ja tutkittu eri oppiaineissa runsaasti osana luokkahuoneessa tapahtuvaa opetusta kuin verkkokursseillakin. Tutkimusten mukaan kokemukset vertaisarvioinnista ja sen vaikutuksesta oppimiseen vaihtelevat. Crowe, Silva ja Ceresola tutkivat vertaisarviointia luokkahuoneopetuksessa kvantitatiivisiin tutkimusmenetelmiin liittyvällä kurssilla [3]. He eivät havainneet vertaisarvioinnilla olevan oppimistuloksia parantavaa vaikutusta.

Rourken, Mendelssohnin, Colemanin ja Allenin [23] tutkimuksen mukaan vertaisarviointi puolestaan tuki opiskelijoiden oppimisprosessia mainiosti. Heidän tutkimuksessaan opiskelijat opiskelivat tutkimusartikkelin kirjoittamista ja vertaisarvioivat toistensa kirjoitelmia. Vertaisarviointia on kokeiltu myös matematiikan parissa. Aalto-yliopistossa syksyllä 2010 matematiikan peruskurssilla luokkahuoneopetuksessa tehdyn vertaisarviointikokeilun perusteella opiskelijat kokivat vertaisarvioinnin miellyttäväksi [5].

Niemelä on tutkinut vertaisarviointia niin peruskoulun matematiikan opetuksessa kuin yliopiston tietotekniikan peruskurssillakin [14]. Niemelän mukaan vertaisarviointi sopii hyvin korkeakoulutasoiselle massakurssille, sillä aikuiset opiskelijat suhtautuvat vertaisarviointiin kypsästi ja pystyvät antamaan kehittävää palautetta toistensa tehtävistä. Vastaavasti peruskoulussa vertaisarviointimenettelyn sisäänajoon tulee nähdä paljon enemmän vaivaa. Niemelän tutkimuksen mukaan opiskelijoiden mielipiteet vertaisarvioinnista vaihtelivat osan suhtautuessa negatiivisesti ja monien vastaavasti nähdessä menettelyssä useita hyviä puolia. Tietotekniikan peruskurssin opettajien mielestä vertaisarviointi vaikutti positiivisesti oppimistavoitteisiin [14].

3. STACK-TEHTÄVÄT OSANA MATEMATIIKAN OPETUSTA

STACK eli *a System for Teaching and Assessment using a Computer algebra Kernel* on tietokoneavusteinen järjestelmä, jolla voidaan luoda erilaisia, satunnaistettuja ja monimutkaisiakin matematiikan tehtäviä. STACK on integroitavissa Moodleen. STACK-tehtävissä voidaan

- esittää tehtävänanto, jonka parametrit ovat satunnaistettu
- vastaanottaa opiskelijan vastaus ja tarkistaa, onko se oikein,
- antaa automaattisesti palautetta vastauksen perusteella; mikä meni väärin? lisäksi voidaan antaa vihjeitä tehtävän ratkaisemiseksi ja
- esittää tehtävän malliratkaisu satunnaistetuilla tehtävänannon parametreilla.

STACKin etu on, että opiskelijat saavat palautteen vastauksistaan välittömästi niiden palauttamisen jälkeen. STACK mahdollistaa myös tehtävän parametrien satunnaistamisen, mikä vähentänee opiskelijoiden välistä tehtävien kopioimista. Sen sijaan satunnaistetut tehtävien parametrit rohkaisevat opiskelijoita keskustelemaan itse tehtävien ratkaisuprosessista, minkä toivotaan olevan oppimisen kannalta selvästi palkitsevampaa.

STACK käyttää laskemisessa hyödyksi symboliseen laskentaan soveltuvaa, avoimen lähdekoodin matematiikkaohjelmisto Maximaa, jossa matemaattinen teksti voidaan kirjoittaa \LaTeX -koodina. STACKiin voidaan lisätä myös sekä tavallisia että dynaamisia eli tehtävän parametrien mukaan muuttuvia kuvia, taulukoita kaavioita JavaScript-pohjaisen JSXGraphin sekä Google Chartin avulla. [24]

Tässä luvussa esitellään lyhyesti STACKin historiaa, toiminnallisuutta ja miltä se näyttää opiskelijan näkökulmasta. Lisäksi pohditaan STACKin vaikutuksia opetuksessa ja oppimisessa.

3.1 Taustaa

STACK on englantilaisen Chris Sangwinin kehittelemä ohjelmisto, jonka ensimmäinen versio julkaistiin vuonna 2005. Sittenkin kehitystyöhön on osallistunut myös muita tahoja, esimerkiksi Aalto-yliopisto on ollut mukana kehittämässä ja testaamassa ohjelmistoa. STACKista on julkaistu kolme pääversiota, STACK 1, STACK 2 ja STACK 3 sekä useita päivitysversioita. STACK on ilmainen, avoimen lähdekoodin ohjelmisto ja se on asennettavissa Moodleen. [30] STACK 3 julkaistiin tammikuussa 2013 ja tällä hetkellä käytössä ja testauksessa on versio 3.4.

STACKin kehittämisen alkuperäisenä tavoitteena oli helpottaa opiskelijoiden matematiikan tehtäviin antamien vastausten tarkistamista. Järjestelmä kehitettiin nimenomaan korkeakoulukäyttöön tuomaan lisäarvoa opettamiseen ja oppimiseen. Sen oli tarkoitus pystyä tarkistamaan myös vaikeampia, korkeakoulutasoisia matematiikan tehtäviä. Monissa olemassaolevissa ohjelmistoissa on mahdollista konstruoida tehtävä, jossa on opettajan antamat vastausvaihtoehdot, joista yksi on oikein. STACKin etu on, että se pystyy tarkistamaan matemaattisia lausekkeita — toisin sanoen opiskelijalle ei tarvitse antaa vastausvaihtoehtoja, vaan opiskelijan tulee itse kirjoittaa tehtävän ratkaisu. Koska laskentaohjelmisto tarkistaa vastauksen, STACK tunnistaa myös eri muodoissa annetut oikeat vastaukset.

Mahdollisuus pyytää opiskelijaa kirjoittamaan tehtävän ratkaisu omin sanoin vähentää, tehtävän tyypistä riippuen, huomattavasti opiskelijan mahdollisuuksia arvata oikein. Lisäksi monivalintatehtävissä on yleensä sellaisia vääriä vaihtoehtoja, jotka ovat tavanomaisia opiskelijoiden virheellisiä vastauksia. Sangwinin ja Groven mukaan [25] vaarana on, että opiskelijat muistavat juuri nämä virheelliset vaihtoehdot, mikä johtaa siihen, että opiskelijat oppivat tietyn asian väärin. Monivalintatehtävissä on myös se ongelma, että vastaus pystytään joissain tapauksissa päättelemään käänteistoimituksen avulla, esimerkiksi oikea integraalifunktio voidaan löytää derivoimalla vastausvaihtoehdot. STACKissa voidaan kuitenkin luoda myös monivalintatehtäviä.

Tärkeä päämäärä STACKin kehittämisessä oli myös luoda ohjelmisto, jolla opet-

tajat voivat pienellä opettelulla luoda tietokoneavusteisia verkkotehtäviä itse. Siinä missä aiemmat vastaavat ohjelmistot ja tehtävien kehittäminen niihin vaativat tehtävien tekijältä suhteellisen paljon kokemusta ohjelmoinnista, STACK-tehtäviä voi luoda myös vähemmän ohjelmointia harrastaneet. Ohjelmiston oppiminen vaatii luonnollisesti opettelua ja sellaisten ohjelmistojen kuin Maxima ja $\text{L}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ tuntemista. Yleensä matematiikan parissa työskentelevillä $\text{L}^{\text{A}}\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ on ennestään tuttu ja ainakin jonkin matemaattisen ohjelman syntaksi on tuttua, mikä helpottaa huomattavasti STACKiin tutustumista. Yksinkertaisempien tehtävien luominen on mahdollista oppia melko nopeasti. [25]

Liitteestä A löytyy tiivistelmä STACK-tehtävän rakenteesta ja laatimisesta. Kiinnostunut lukija voi tutustua aiheeseen myös STACKin dokumentaation avulla [29]. Tarkemmin STACK-tehtävien laatimiseen ei tässä työssä paneuduta.

3.2 STACK opiskelijan käytössä

STACK on kehitetty opiskelijoiden oppimisen tehostamiseksi. Tässä luvussa esitellään, miltä STACK näyttää opiskelijalle ja miten tehtävät tehdään. Lisäksi pohditaan, miten opiskelijoita tulee ohjata tehtävien teossa ja mitä lisäarvoa STACK-tehtävät tuovat matematiikan opiskeluun.

3.2.1 Tehtävän ulkoasu ja eteneminen

Esitellään STACK-tehtävän suorittamista sellaisen raja-arvot tehtävän avulla, jossa tulee käyttää niin sanottua l'Hôpitalin sääntöä. Kuvassa 3.1 kuvassa näkyy, miltä tehtävä näyttää opiskelijalle vastauksia syötettäessä.

Kuten kuvasta nähdään, STACK tarkistaa heti vastauksen antamisen jälkeen opiskelijan syötteen ja näyttää luettavassa muodossa, miten tulkitsee sen. Näin opiskelija voi vielä ennen vastausten lähettämistä tarkistaa, onko vastaus kirjoitettu siten kuin se on tarkoitettu. STACK myös kertoo, jos syötteessä on syntaksivirheitä. Esimerkiksi $3x$ täytyy kirjoittaa $3*x$ — jos unohtaa tähden välistä, STACK ilmoittaa virheellisestä syötteestä. Tehtävässä on annettu syntaksivihjeenä äärettömän kirjoittaminen. Muut, kuten tähden käyttäminen kertomerkinä, eksponenttifunktio, jakaminen $/$ -merkillä ja trigonometrinen funktio oletetaan tehtävässä jo opiskelijalle ennestään tutuiksi.

Laske seuraavat raja-arvot l'Hospitalin sääntöä käyttäen. Anna myös välivaiheena se lauseke, johon voidaan sijoittaa se arvo, jota x lähestyy, kun olet käyttänyt l'Hospitalin sääntöä.
 ∞ kirjoitetaan muodossa inf ja $-\infty$ kirjoitetaan minf .

(a) $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{e^{2x} - 1}{3x} = \lim_{x \rightarrow 0} \frac{(2 * e^{(2*x)})/3}{3} = \frac{2}{3}$

(b) $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{1 - \cos(x)}{x^3 + x} = \lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin(x)/(3x^2+1)}{3} = \frac{2}{3}$

(c) $\lim_{x \rightarrow \infty} \frac{8x^2 - 1}{x \ln(x)} = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{16x}{x \ln(x)} = \frac{16}{\ln(x)}$

Vastauksesi tulkittiin muodossa:

$$\frac{2 e^{2x}}{3}$$

The variables found in your answer were: $[x]$

Vastauksesi tulkittiin muodossa:

$$\frac{2}{3}$$

Vastauksesi tulkittiin muodossa: $\sin(x) / (3x^2+1)$

Tämä vastaus ei kelpaa.

*-merkkejä puuttuu. Tarkoititko: $\sin(x) / (3*x^2+1)$?

Kuva 3.1 STACK tarkistaa opiskelijan syötteen ja näyttää luettavassa muodossa, miten se tulkitaan. Tehtävänannon oheen kannattaa lisätä syntaksivihjeitä.

Kuten aiemmin todettiin, STACK-tehtäviä voidaan satunnaistaa. Toisin sanoen parhaimmillaan jokaiselle opiskelijalle voidaan luoda hieman erilainen tehtävä, joskin tehtävän teema on kaikilla sama. Esimerkiksi yllä esitellyssä esimerkkit tehtävässä funktiot, joiden raja-arvoja lasketaan, voisivat olla opiskelijoilla erilaiset ja täten vastaukset myös toiset. Näin ollen opiskelijat eivät voi kopioida vastauksia toisiltaan.

Tehtävien palauttamisen ja tarkistamisen jälkeen annetaan opiskelijalle palaute tehtävistä ja kerrotaan, paljonko hän sai pisteitä tehtävästä. Lisäksi näytetään niin halutessa myös tehtävän mallivastaus. Tilanne on havainnollistettu kuvassa 3.2. Syötteen tarkistus näkyy todellisuudessa myös tehtävien palauttamisen jälkeen. Se on kuitenkin leikattu tästä kuvasta pois tilan säästämiseksi.

Laske seuraavat raja-arvot l'Hospitalin sääntöä Tidy question | Suorita testitapaukset... käyttäen. Anna myös välivaiheena se lauseke, johon voidaan sijoittaa se arvo, jota x lähestyy, kun olet käyttänyt l'Hospitalin sääntöä.

∞ kirjoitetaan muodossa inf ja $-\infty$ kirjoitetaan minf.

(a) $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{e^{2x} - 1}{3x} = \lim_{x \rightarrow 0} \frac{(2^* \% e^{(2^* x)}) / 3}{3} = \frac{1}{3}$

(b) $\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\sin(x)}{x^2 + x} = \lim_{x \rightarrow 0} \frac{\cos(x) / (2^* x + 1)}{2x + 1} = 1$

(c) $\lim_{x \rightarrow \infty} \frac{8x^2 - 1}{x \ln(x)} = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{16^* x / \log(x)}{x \ln(x)} = 0$

Lukitsen vastaukseni

Vastauksesi on osittain oikein.

(a):n raja-arvo on väärin.

(c):n välivaiheena annettu lauseke on väärin.

(c):n raja-arvo on väärin.

l'Hopitalin sääntö:

jos $\lim_{x \rightarrow a} f(x) = \lim_{x \rightarrow a} g(x) = 0$ tai $\pm \infty$, ja $g'(x) \neq 0$,

niin $\lim_{x \rightarrow a} \frac{f(x)}{g(x)} = \lim_{x \rightarrow a} \frac{f'(x)}{g'(x)}$.

Kuva 3.2 Tehtävä vastausten palauttamisen jälkeen. Palaute vastauksista tulostetaan vastausten alle. Palautteen alla voidaan näyttää myös mallivastaus.

Vastausten palauttamisen jälkeen tehtävä lukitaan ja STACK tarkistaa vastaukset. Sen jälkeen opiskelija voi halutessaan yrittää väärin menneitä kohtia uudestaan. Palautekentässä kerrotaan, mitkä kohdat menivät väärin. Tässä tapauksessa palautteessa on myös annettu l'Hôpitalin sääntö muistin virkistykseksi, koska kaksi raja-arvoa on laskettu väärin. Tehtävässä on kolme kohtaa oikein kuudesta mahdollisesta, joten pistemäärä on 0,5 eli puolet täydestä pistemäärästä.

Opettaja voi määritellä tehtävän asetuksista, milloin palaute vastauksien perusteella tai mallivastaus näytetään opiskelijalle. Vaihtoehtoina on, että palaute ja / tai mallivastaus näytetään heti tehtävän palauttamisen jälkeen tai kun tehtävien tekemisen määräaika on ohi. Järkevintä lienee näyttää palaute vastauksien perusteella eli kertoa, mitkä kohdat menivät väärin heti tehtävien palauttamisen jälkeen ja mal-

livastaus määrääjän jälkeen. Asetuksista voidaan myös määrittää, voiko opiskelija yrittää uudelleen täysin samaa tehtävää, vai arvotaanko tehtävään uudet, satunnaisesti parametrit.

3.2.2 Kuvien hyödyntäminen

Muun interaktiivisuuden ohella STACKissa voidaan hyödyntää myös interaktiivisia kuvia. Tämän mahdollistaa *JSXGraph*, joka kuuluu STACK-ohjelmistoon vakiolisäosana. Se on JavaScript-ohjelmointikielellä toteutettu selaimesta riippumaton, niin sanottu *cross-browser*-kirjasto, joka on tarkoitettu muun muassa interaktiiviseen geometrian ja funktioiden kuvaajien piirtämiseen. JSXGraph on kehitetty saksalaisen Bayreuthin yliopiston matematiikan laitoksella [7].

JSXGraph mahdollistaa tehtävän luonteesta riippuen tehtävänannon tilanteen havainnollistamisen kuvan muodossa. Koska JSXGraph perustuu interaktiivisuuteen, ei tehtävän parametrien satunnaistaminen tuota ongelmia, vaan kuvissa voidaan käyttää myös satunnaistettuja arvoja kuvan yksityiskohtien luomisessa. Interaktiiviset kuvat voivat olla tärkeä yksityiskohta eritoten niin sanotuille visuaalisille oppijoille, jotka ovat taipuvaisia oppimaan kuvien avulla [27]. Toisaalta se voi myös auttaa sellaisia opiskelijoita, joille tehtävänannon tilanteen kuvallinen havainnollistaminen tuottaa ongelmia.

Kenties vielä tärkeämpää kuin tehtävänannon havainnollistaminen kuvan avulla, lie nee kuvan konstruoiminen opiskelijan vastausten perusteella. Myös tämä on mahdollista toteuttaa JSXGraphin avulla STACK-tehtävän vastauspuussa. Sen avulla opiskelijan on mahdollista nähdä nopeasti kuvan avulla, millä tavalla vastaus on väärin — tai miltä tilanne puolestaan näyttää oikean vastauksen tapauksessa.

Ajatellaan esimerkiksi tehtävää, jossa tulee laskea jonkin funktion tangenttivektori tietyssä pisteessä. Funktion kuvaaja on piirretty tehtävänannon oheen. Opiskelijalta kysytään kyseessä olevan pisteen tangenttivektoria. Kun opiskelija syöttää ja lukitsee vastauksen, tehtävänannon kuvaan voidaan piirtää opiskelijan vastauksen mukainen vektori. Jos vektori on väärin, se nähdään välittömästi kuvasta ja opiskelija saa mahdollisesti paremman käsityksen siitä, millainen vastauksen tulisi olla.

Opiskelija voisi piirtää tehtävästä kuvan itse kynällä ja paperilla tai toisella ohjelmistolla. Lieneekin monesti suositeltavaa, että opiskelija tekee tämän nimenomaan itse.

Tällaisen tehtävän idea on kuitenkin auttaa opiskelijaa ja rohkaista piirtämään kuva tilanteesta, kun samantapainen tehtävä tulee jossain toisessa yhteydessä kohdalle. Lisäksi on vain hyvä, että kuva voidaan piirtää STACKilla, eikä tarvitse välttämättä käyttää muita apuohjelmia, jos kuva on nimenomaan tarkoitus piirtää tietokoneella.

3.2.3 Opiskelijan ohjaus väärin vastausten perusteella

Palaute on yksi STACKin tärkeimmistä ominaisuuksista [25]. Palaute luodaan Vastauspuussa, jossa tarkistetaan opiskelijan vastauksien oikeellisuus ja luodaan palaute vastausten mukaan (katso liite A). Palautepuissa voidaan luoda teoriassa rajaton määrä solmuja erilaisten palautteiden luomiseen. Palautepuiden avulla opiskelijalle voidaan kertoa, menivätkö vastaukset oikein, paljonko hän sai pisteitä ja mikä syöte meni väärin. Lisäksi tehtävän laatijan niin halutessa palautepuihin voidaan lisätä myös vihjeitä tehtävän ratkaisemiseksi.

Vihjeet voivat olla yleisluontoisia (esimerkiksi ”Eksponttifunktion derivointikaava on ...”) tai tarkempia, opiskelijan vastauksen mukaan konstruoituja. Vastauspuuhun voidaan ohjelmoida esimerkiksi vihje merkkivirheestä syötteessä. Monimutkaisempien virheiden huomioon ottaminenkin on mahdollista. Tällöin tehtävän laatijan tulee pystyä ennakoimaan, millaisia virheitä opiskelijat mahdollisesti tekevät. Spesifien palautteiden laatiminen on usein paitsi hankalaa, myös työlästä. Jokaisen tietynlaisen virheen varalta vastauspuuhun tulee luoda uusi solmu, jossa tarkistetaan, onko vastauksessa juuri jokin tietty virhe. Jos kyseinen virhe havaitaan, tulostetaan opiskelijalle juuri sitä varten kirjoitettu palaute.

STACK-tehtäviä laatiessa on hankala osata varautua kaikkiin mahdollisiin virheisiin, joita opiskelijat tekevät, ja ohjelmoida vihjeitä tietynlaisten virheiden varalta. Siten STACKin antamat vihjeet eivät aina ole riittävän tarkkoja. Tästä huolimatta vastauspuu on käyttämisen arvoinen osa tehtävää. Niiden avulla on helpohko auttaa opiskelijat ainakin alkuun hankalimmissakin tehtävissä, joten motivoituneiden opiskelijoiden tehtävien ratkaisemisen ei ainakaan alkutekijöihin jäädä. Ohjelman tulostama palaute on hyödyllinen erityisesti silloin, jos kaverin apua ei ole saatavilla. STACKin vihjeissä on myös se ajatus, että opiskelijat pohtisivat tehtäviä ensin nimenomaan itse, ennen kuin kysyvät apua muilta.

4. STACK MATEMATIIKAN ENSIMMÄISEN VUODEN OPINTOJAKSOILLA

Tätä työtä varten STACK-tehtäviä testattiin osana laskuharjoituksia Tampereen teknillisen yliopiston opintojaksoilla Matematiikka 1 ja Insinöörimatematiikka B1. Insinöörimatematiikka B1 on TTY:n tieto- ja sähkötekniikan opiskelijoille suunnattu matematiikan perustason opintojakso, jolla käsitellään muun muassa funktio-oppia, todistamistekniikkaa sekä kompleksilukuja. Opintojakson Matematiikka 1 teemat ovat samankaltaiset, joskin matematiikkaan tutustutaan hieman Insinöörimatematiikan opintojaksoa syvällisemmin. Matematiikka 1 on suunnattu luonnontieteiden tiedekunnan (LTT) opiskelijoille. Matematiikan pää- ja sivuaineopiskelijat valitsevat oletusarvoisesti tämän opintojakson [33].

Opintojaksojen lopuksi opiskelijoille järjestettiin STACK-tehtäviin liittyvä kysely, jonka tarkoitus oli muun muassa selvittää opiskelijoiden mielipidettä niistä ja vaikutusta oppimiseen. Tässä luvussa esitellään tekniikan alan yliopistojen matematiikan opetuksen materiaalipankkihanketta yhteisen STACK-tehtäväpankin kokoamiseksi sekä syksyllä 2015 matematiikan ensimmäisillä opintojaksoilla tehdyn kokeilun toteutus ja siitä saatuja tuloksia.

4.1 Matematiikan opetuksen materiaalipankki

Matematiikan opetuksen materiaalipankki on tekniikan yliopistojen yhteinen kehityshanke, jonka tavoitteena on tietotekniikka-avusteisen opetuksen kehittäminen tekniikan alan korkeakoulumatematiikassa. Hankkeen koordinaattorina toimii Aalto-yliopisto, jossa on kehitetty STACK-järjestelmää vuodesta 2006 lähtien. Aallon ja TTY:n lisäksi materiaalipankkia olivat vuonna 2015 viisi muuta yliopistoa sekä ammattikorkeakoulu Metropolia. Hankkeen tärkeimpinä tavoitteina on matematiikan tehtävien esittäminen ja erityisesti harjoitustehtävien automaattinen tarkistaminen verkossa. Pankin materiaalit ovat pääasiassa STACK-tehtäviä. [11]

Hankkeen idea on, että yhteistyössä mukana olevat oppilaitokset laativat tehtäviä eri matematiikan osa-alueista. Kullakin oppilaitoksella on oma aihealueensa, jolle tehtäviä luodaan — esimerkiksi matriisilaskenta tai analyysi. Kun tehtävät ovat valmiit ja riittävästi testattuja, ne on tarkoitus sijoittaa Abacus-materiaalipankkiin, missä ne ovat kaikkien yhteistyökumppaneiden vapaasti ladattavissa ja käytettävissä [11]. TTY:llä tehtiin kesällä ja syksyllä 2015 tehtäviä ensimmäisen vuoden peruskursseille, joissa perehdytään useisiin eri matematiikan aiheisiin. Lisäksi tehtäviä tehtiin myös Matriisilaskennan opintojaksolle.

4.2 Toteutus opintojaksoilla

Esitellään lyhyesti, miten STACK-tehtävät integroitiin osaksi matematiikan opintojaksoja. STACKia oli testattu TTY:llä jonkin verran jo aiemmin, mutta laajempaan käyttöön se otettiin syksyllä 2015 TTY:n matematiikan peruskursseilla. Tehtäviä on ollut käytössä myös myöhemmillä kursseilla, mutta tässä työssä tutkimus kohdistuu vain opintojaksoista Insinöörimatematiikka B1 ja Matematiikka 1 saatuihin tuloksiin.

Matematiikka 1 -opintojaksolla opiskelijoilla oli viikoittaiset laskuharjoitukset, jotka koostuivat Moodleen palautetuista STACK-tehtävistä, kotona tehdyistä ja laskuharjoituksissa tarkastetuista tehtävistä sekä laskuharjoituksissa paikan päällä tehdyistä tehtävistä. Laskuharjoituksia opintojaksolla oli yhteensä kuusi. Jokaisella harjoitusviikolla oli neljä STACK-tehtävää. Kunkin viikon STACK-tehtävät tehtiin samalla viikolla kuin niitä käsittelevien aiheiden luennot pidettiin. STACK-tehtävät julkaistiin maanantaisin ja niiden ratkaisemisen määräaika oli sunnuntai-iltaisina kello 23.55. Tavalliset laskuharjoitustehtävät tehtiin ja tarkistettiin luentoviikon jälkeisellä viikolla.

Matematiikka 1:ssä (MA1) opiskelijoiden tuli palauttaa myös STACK-tehtävien ratkaisut välivaiheineen PDF-dokumenttina Moodleen. Tausta-ajatuksena oli se, että opiskelijat joutuisivat todella näyttämään, että ovat ratkaisseet tehtävän itse alusta alkaen. Toisin sanoen haluttiin, että opiskelijat eivät vain arvailisi vastauksia tai laskisi tehtäviä matemaattisten ohjelmistojen avulla — tai vaikka ratkaisisivatkin, tulisi heidän kuitenkin tajuta, miten ratkaisuun päästään. Opiskelijat antoivat käytetystä menettelystä runsaasti palautetta. Palautetta ja menettelyn tematiikkaa eritellään tarkemmin luvuissa 4.5 ja 4.7.

Opintojaksolla Insinöörimatematiikka B1 (IMA1) viikoittaiset laskuharjoitukset koostuivat kolmesta Moodlessa ratkaistavasta STACK-tehtävästä sekä kuudesta perinteisestä laskuharjoitustehtävästä. Myös IMA1:ssä tehtävät julkaistiin luentoviikon aikana ja ne tuli palauttaa ennen laskuharjoitusryhmien alkua eli maanantaisin kello 12. IMA1:ssä STACK-tehtävien ratkaisudokumentteja ei tarvinnut palauttaa, vaan tehtävät tuli ainoastaan ratkaista Moodlessa. Sen sijaan niiden ratkaisut käytiin läpi viikon ensimmäisellä luennolla. STACK-tehtävät olivat luonteeltaan yleensä mekaanisempia laskutehtäviä, jotka liittyivät kunkin viikon luentojen aiheisiin. Haastavammat todistustehtävät jätettiin laskuharjoituksiin. Tehtävät toimivat siten ikään kuin nopeana kertauksena luentoviikon aiheisiin ennen varsinaisia yliopistolla laskettavia laskuharjoituksia.

STACKiin liittyvässä tutkimuksessa oltiin kiinnostuneita siitä, miten opiskelijat kokevat tehtävien tekemisen STACKin avulla. Ensisijaisen tärkeä kysymys ja tutkimuskohde on, koettiinkö STACKin edesauttavan oppimista. Tutkimuksessa tarkasteltiin myös, onko Insinöörimatematiikan sekä laajemman ja syvällisemmän oppimateriaalin sisältävän Matematiikan opiskelijoiden mielipiteissä eroavaisuuksia.

Insinöörimatematiikan opiskelijoille järjestettiin opintojakson lopuksi viimeisissä laskuharjoituksissa STACKiin liittyvä opiskelijakysely (liite B). Kysely toteutettiin paperisena lomakkeena. Matematiikka 1:ssä samaan kyselyyn sai vastata Moodlessa opintojakson lopuksi. Se koostui 10 väittämästä, joihin vastattiin valitsemalla omaa mielipidettä parhaiten kuvaava vaihtoehto neliportaisen Likertin asteikon avulla. Kyselyn lopussa oli myös neljä avointa kysymystä, joilla pyrittiin selvittämään tarkemmin opiskelijoiden mielipiteitä STACKin hyvistä ja huonoista puolista. Lisäksi opiskelijoilta tiedusteltiin, miten STACK-tehtävät sopivat osaksi matematiikan harjoituksia yliopiston peruskursseilla.

Opiskelijakyselyn lisäksi tarkasteltiin kuinka aktiivisesti opiskelijat tekivät STACK-tehtäviä ja tutkittiin aktiivisuuden yhteyttä tentissä pärjäämiseen. Lisäksi oltiin kiinnostuneita, millaisia virheitä opiskelijat tekivät tietyn tyyppisissä tehtävissä. Virheillä tarkoitetaan nyt matematiikan ymmärtämistä; syntaksiin liittyviä ongelmia ei tässä tarkastella.

4.3 Tyypillisiä opiskelijoiden virheitä

Koska STACK-tehtävien vastaukset tallentuvat Moodlen lokeihin, voi opettaja tarkastella kätevästi opiskelijoiden vastauksia. Tämä voi osoittautua hyödylliseksi, sillä opettaja saa tärkeää informaatiota siitä, millaisissa tehtävissä opiskelijat tekevät virheitä ja minkä tyyppisiä virheet ovat. Kyseisen tiedon avulla opettaja voi kerrata ongelmakohtia kontaktiopetuksessa.

Koska opintojaksojen aikana tehtiin useita tehtäviä ja niitä tekivät 250 opiskelijaa joka viikko, olisi virheiden yksityiskohtainen analysointi kaikissa tehtävissä työläs projekti. Aiheesta voisi kirjoittaa laajastikin. Tässä luvussa tarkastellaan opiskelijoiden STACK-tehtävissä tekemiä virheitä yleisemmällä tasolla. Tarkastelussa on tutkittu tarkemmin muutamia tehtäviä, joihin opiskelijat ovat käyttäneet enemmän aikaa ja joista on saatu keskimäärin heikommin pisteitä kuin muista tehtävistä.

Puuston harvennuksen yhteydessä kaadetut puut Tidy question | Suorita testitapaukset...
 kuivataan kasassa ja toimitetaan lämpövoimalaan poltettavaksi. Tuoreen pöllin painosta on vettä **37 %** ja kasassa kuivatun pöllin painosta on vettä **25 %**. Täysin vedettömän puuaineksen poltosta saadaan energiaa 5,3 kWh/kg. Kosteaa puuta polttaessa aiheuttaa vesi 0,7 kWh:n energiahävikin vesikiloa kohti.

(a) Montako kiloa alkuaan **22,0** kg painoinen pölli keveni kasassa kuivattaessa?

(b) Montako prosenttia enemmän energiaa saadaan kuivatusta pöllistä verrattuna siihen, että sama pölli olisi poltettu tuoreena? Pöllin massaa ei tunneta.

Ilmoita molemmat vastaukset yhden desimaalin tarkkuudella. Käytä desimaalierottimena pistettä. Anna **(b)** -kohdan vastaus nimenomaan prosenttina desimaaliluvun sijasta - älä käytä prosenttimerkkiä. Esim. jos vastaus on mielestäsi 95,7 %, kirjoita vastauskenttään " 95.7 ".

(a) kg.

(b) %.

Kuva 4.1 MA1:n ensimmäisen viikon neljäs STACK-tehtävä.

Kuvassa 4.1 on tarkasteltu opintojakson Matematiikka 1 ensimmäisen laskuharjoituksen neljättä STACK-tehtävää. Opiskelijoiden pistekeskiarvo 0,84 oli selvästi

pienempi kuin muissa tehtävissä, joissa kaikissa keskiarvo nousi yli 0,96:n. Varsinkin b-kohta oli monille vaikea. Tehtävä on myös esimerkki sikäli erinomaisesta STACK-tehtävästä, että opiskelijan tulee ymmärtää ja osata itse muodostaa ratkaisu vastaukseen päästäkseen, sillä matemaattiset ohjelmistot tuskin pystyvät antamaan tehtävään suoraa vastausta.

Yllä esitellyssä tehtävässä tehtiin monenlaisia virheitä. Joissakin vastauksissa on hankala ymmärtää opiskelijoiden ajatuskulkua, mutta toisissa virheen syy on selvä. Tässä moni teki pyöristysvirheitä. Luultavasti opiskelijat ovat laskeneet välituloksia, minkä takia lopullinen vastaus on hieman virheellinen. Toisaalta voi olla, että lopullista vastausta ei vain osattu pyöristää oikein. Pyöristysvirheen varalta STAC-Kiin on helppoa räätälöidä vihje opiskelijalle. Vihje nopeuttaa opiskelijan oikean vastauksen löytämistä, sillä opiskelija saa heti tietää, että virhe on vain vastauksen tarkkuudessa, mutta ratkaisu lienee muuten oikein.

Tässä ja monissa muissakin tehtävissä havaittiin, että moni opiskelija ei lue tehtävänantoa ainakaan aluksi riittävän tarkasti. Se on pääteltävissä siitä, että tehtävässä osa opiskelijoista syötti vastauksen ensin kahden desimaalin tarkkuudella. Palautteessa huomautettiin vielä erikseen vastauksen syöttämisestä yhden desimaalin tarkkuudella.

Tehtävän b-kohdassa tuli ratkaista tuoreesta ja kuivatusta pölistä saatu energia oikeaan vastaukseen päästäkseen. Näissä piti huomioida myös kosteuden aiheuttama energiahäviö. Tehtävässä on siis yllättävän monta seikkaa, jotka tulee ottaa huomioon. Osalle opiskelijoista tehtävä osoittautuikin liian vaikeaksi, sillä jotkut vastaukset erosivat useita kymmeniä prosenttiyksiköitä oikeasta vastauksesta. Tällaisissa tapauksissa on hankala nopeasti havaita, mitä opiskelija ei ole tehtävää ratkaistessaan huomannut. Mukana oli myös epärealistisia vastauksia, muun muassa lähelle 100 % tai sen yli. Jälkimmäisessä tapauksessa tehtävänannossa on saattanut jäädä huomaamatta sana ”enemmän”.

MA1:n kolmannen viikon kolmannessa tehtävässä tuli ratkaista toisen asteen yhtälö $x^2 - 2ix - 2 - i = 0$ tai vastaava satunnaisuudesta riippuen. Yhtälö tulee ratkaista toisen asteen ratkaisukaavalla ja diskriminantiksi muodostuu kompleksiluku, jonka juuret tulee ratkaista. Vaikka tehtävässä oli erikseen vihje, millaista muotoa vastauksen tulisi olla, oli se opiskelijoille erityisen vaikea. Tehtävän pistekeskiarvo oli 0,81.

Opiskelijat pääosin ymmärsivät soveltaa toisen asteen yhtälön ratkaisukaavaa, mutta ongelma tuli diskriminantin neliöjuuren laskemisessa. Vaikka saman viikon luennoilla käsiteltiin kompleksiluvun juurten laskemista, monelta jäi ymmärtämättä, miten neliöjuuri lasketaan. Muissa tehtävissä oli onnistuneesti laskettu jonkin kompleksiluvun kolmansia, neljänsiä jne. juuria. Ilmeisesti hämmennyksen aiheutti se, että nyt tehtävänannossa ei puhuttu ”toisista juurista”, vaan juurten laskeminen tuli eteen neliöjuurena tehtävää ratkaistaessa. Eräs opiskelija kysyikin apua tehtävään Moodlen keskustelupalstalla ja mainitsi, ettei vastausta ole mahdollista kirjoittaa ilman neliöjuurta. Ongelmaksi joillakin opiskelijoilla siis oli, ettei tehtävää osattu sijoittaa oikeaan kontekstiin — toisin sanoen ei ymmärretty, millä luennoilla ja opintomonisteissa esitellyillä matemaattisilla ”*työkaluilla*” tehtävä tulisi ratkaista.

IMA1:ssä virheitä tehtiin herkemmin myös hieman helpommissa tehtävissä. Seuraava tehtävä on mielenkiintoinen. Tehtävänanto oli: ”Tiedetään, että $\sin(\theta) = \frac{4}{5}$ ja $\frac{\pi}{2} \leq \theta \leq \pi$. Määritä $\cos(\theta)$ ja $\tan(\theta)$. Huom! Anna vastauksesi **tarkkoina arvoina!**” Tehtävän pistekeskiarvo oli 0,89, joka on toki melko korkea, mutta suhteessa muihin tehtäviin yllättävän matala. Sama tehtävä oli myös MA1:ssä, jossa sen pistekeskiarvo oli 0,98.

Suurin osa IMA1:ssä tehtävään väärin vastanneista oli saanut kosinin arvoksi oikean vastauksen vastaluvun. Tämä johtunee joko siitä, että tehtävänantoa ei luettu tarkasti tai sen merkitystä ei yksinkertaisesti ymmärretty. Laskinhan antaa kosinille positiivisen arvon. Nyt pitää kuitenkin ottaa huomioon, että nyt kysytään kulmaa, joka sijaitsee yksikköympyrän toisessa neljänneksessä. Tätä osa opiskelijoista ei selvästi ollut huomannut tai ymmärtänyt. Väärän vastauksen tapauksessa palautteessa ei erikseen muistutettu kulman sijaitsevan nyt toisessa neljänneksessä. Jälkikäteen ajateltuna kyseinen vihje olisi hyvä ollut olla, jos opiskelija ei ollut tätä huomannut.

Tämän sinänsä suppean tarkastelun perusteellakin voidaan siis havaita muutamia tyypillisiä virheitä, joita opiskelijat tehtävissä tekevät. Useimmiten syy väärälle vastaukselle lienee se, että tehtävää ja miten se ratkaistaan, ei yksinkertaisesti ymmärretä. Se voi johtua laiskuudesta opiskella teoriaa tai kuten edellä eräässä tehtävässä, ei osata yhdistää tehtävää luennolla käsiteltyyn teoriaan. Lienee myös yleistä, että opiskelija ei varsinkaan hieman laajempaa tehtävää ratkaistessaan huomaa jotakin yksityiskohtaa tai tekee laskussaan huolimattomuusvirheen. Tarkastelun perusteella vaikuttaa myös siltä, että osa opiskelijoista ei lue tehtävänantoa riittävän tarkasti aloittaessaan tehtävän ratkaisemisen. Pyöristysvirheet ovat myös yleinen syy vää-

rään vastaukseen, kun vastaus on desimaaliluku.

4.4 Opiskelijakyselyn kvantitatiivinen analyysi

Tässä luvussa tarkastellaan STACKiin liittyvän opiskelijakyselyn tuloksia kvantitatiivisen analyysin työkaluja hyödyntäen. Tutkimuksessa on tarkasteltu muun muassa eri opintojaksojen opiskelijoiden vastausten välistä eroa. Näiden erojen tilastollista merkitsevyyttä voidaan arvioida *p-arvon* avulla. Se kertoo, kuinka todennäköistä on, että ryhmien välillä havaittu ero on saatu täysin sattumalta. Tämän työn luvuissa 4.6.2 ja 5.3.1 on tutkittu myös eri muuttujien välistä riippuvuutta eli korrelaatiota ja niiden tilastollista merkitsevyyttä. Tarkemmin kvantitatiivisen tutkimuksen analyysiin ja tunnuslukuihin voi tutustua esimerkiksi Nummenmaan teoksen *Käytettytymistieteiden tilastolliset menetelmät* avulla [15].

Taulukossa 4.1 on esitetty STACK-kyselyn 10 väittämän tulokset. Otos koostuu kaikkiaan 248-251 opiskelijasta kysymyksestä riippuen. Vaihtelu johtuu virheellisistä tai puutteellisista vastauksista. Matematiikka 1:n 129 osallistujasta kyselyyn vastasi 110 opiskelijaa ja Insinöörimatematiikka 1:n 194:stä opiskelijasta vastasi 141 opiskelijaa. Yhteensä 72 opiskelijaa jätti siis vastaamatta kyselyyn.

Tulosten perusteella opiskelijat suhtautuvat STACKiin varsin positiivisesti. Jopa 92,3 % opiskelijoista on joko osittain tai täysin sitä mieltä, että STACK-tehtävät ovat mielekäs tapa tarkistaa matematiikan tehtäviä. Lisäksi erityisen paljon on pidetty siitä, että STACK-tehtävät voi määrääjän ja internet-yhteyden puitteissa tehdä missä tahansa silloin, kun itselle parhaiten sopii (väittämät 2 ja 3). Positiivinen tulos on myös se, että enemmistö opiskelijoista ei kokenut vastausten syöttämistä STACKissa liian hankalaksi (väittäjä 4) — tosin 37,3 % oli osittain ja 4,0 % täysin sitä mieltä, että vastausten syöttäminen oli liian hankalaa. Avointen kysymysten vastauksista selviää, että vastausten syöttäminen saattoi olla ajoittain hankalaa tehtävästä riippuen. Tätä on eritelty tarkemmin seuraavassa luvussa.

Tehtävien laatimisessa pyrittiin panostamaan myös ohjelmiston antamiin vihjeisiin, mikäli opiskelija vastaa väärin. Väittämän 5 perusteella ohjelman antama palautte autoikin valtaosaa opiskelijoista tehtävien ratkaisemisessa. 45,0 % oli väittämän kanssa osittain ja 43,0 % täysin samaa mieltä. Osa opiskelijoista oli tosin sitä mieltä, että vihjeet olivat liian paljastavia, jolloin tehtävät olivat liian helppoja. Tätä tarkastellaan tarkemmin seuraavassa luvussa.

Taulukko 4.1 STACK-kyselyn tulokset. 0 = Täysin eri mieltä, 1 = Osittain eri mieltä, 2 = Osittain samaa mieltä, 3 = Täysin samaa mieltä. Taulukkoon on merkitty vihreällä STACKille edulliset mielipiteet. $N = 248 - 251$.

Väite	0	1	2	3	Moodi	N
1. STACK-tehtävät ovat mielekäs tapa tarkistaa matematiikan tehtäviä.	1,2 %	6,0 %	48,6 %	44,2 %	2	249
2. STACKissa oli hienoa, että saatoin tarkistaa tehtävän milloin vain.	2,0 %	0,8 %	16,7 %	80,5 %	3	251
3. STACKissa oli hienoa, että saatoin tarkistaa tehtävän missä vain.	1,6 %	6,0 %	24,8 %	67,6 %	3	250
4. STACK-tehtävissä vastausten syöttäminen oli liian vaikeaa.	18,5 %	40,2 %	37,3 %	4,0 %	1	249
5. STACK-ohjelman väärin vastausteni perusteella antama palaute auttoi tehtävien ratkaisemisessa.	1,6 %	10,4 %	45,0 %	43,0 %	2	251
6. Koin STACK-tehtävien mallivastaukset omaa oppimista edistäviksi.	1,6 %	15,2 %	62,0 %	21,2 %	2	250
7. Mielestäni STACK-tehtävät eivät edesauta oppimista sen enempää kuin yliopistolla laskuharjoituksissa laskettavat / tarkistettavat tehtävät.	18,3 %	52,6 %	26,3 %	2,8 %	1	251
8. Teen STACK-tehtäviä mielelläni jatkossakin tulevilla kursseilla.	2,0 %	7,2 %	37,5 %	53,4 %	3	251
9. Kertaan STACK-tehtävien avulla tenttiin.	7,3 %	29,8 %	47,6 %	15,3 %	2	248
10. Laskin tehtävät usein jollakin matematiikkaohjelmistolla (esim. WolframAlpha) ja syötin vastauksen vain STACKiin.	64,7 %	26,1 %	8,0 %	1,2 %	0	249

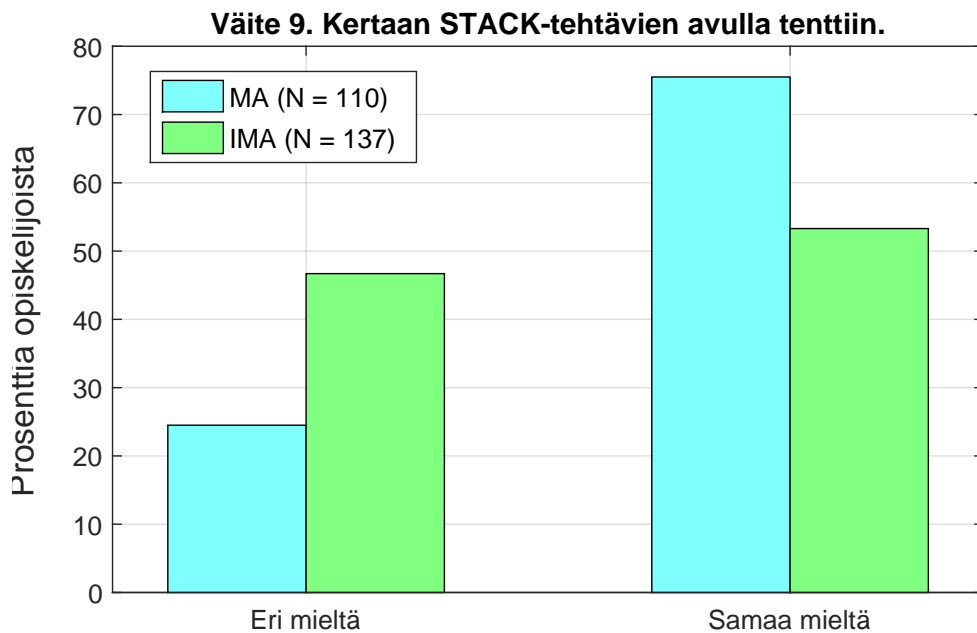
STACKissa olleita tehtävien mallivastauksia pidettiin myös hyvänä lisänä. Väittämän ”Koin STACK-tehtävien mallivastaukset omaa oppimista edistäviksi.” kanssa oli täysin samaa mieltä hieman yli viidennes opiskelijoista ja osittain samaa mieltä 62,0 %. 70,9 % opiskelijoista oli puolestaan osittain tai täysin eri mieltä väittämän 7 kanssa (”Mielestäni STACK-tehtävät eivät edesauta oppimista sen enempää kuin yliopistolla laskuharjoituksissa laskettavat / tarkistettavat tehtävät.”). STACKilla koettiin siis yleisesti ottaen olleen positiivinen vaikutus oppimiseen.

Suurin osa opiskelijoista (90,8 %) haluaisi tehdä STACK-tehtäviä jatkossakin ja selvästi yli puolet (62,7 %) aikoi kerrata myös tenttiin STACK-tehtävien avulla. Matemaattiset apuohjelmistotkaan eivät vaikuta kyselyn perusteella olevan suuri ongelma. Väittämän 10 tuloksia voitaneen tulkita siten, että 64,7 % opiskelijoista

ei käyttänyt ollenkaan tai käytti hyvin vähän matemaattisia apuohjelmia tehtäviä ratkaistessaan ja hieman yli neljäsosakin (26,1 %) harvemmin.

Kyselyn vastauksia verrattiin Insinöörimatematiikan ja Matematiikan opintojaksojen opiskelijoiden välillä. Likertin asteikko tiivistettiin kaksiportaiseksi (Eri mieltä – Samaa mieltä) χ^2 -testin vaatimusten vuoksi. Tällä tavalla saatiin riittävästi frekvenssejä ristiintaulukoinnin jokaiseen soluun. Neliportaisen Likertin asteikon opintojaksokohtaiset tulokset löytyvät liitteestä C.

Merkittäviä eroja eri opintojaksojen opiskelijoiden välillä ei juurikaan havaittu, sillä niin IMA1:n kuin MA1:n opiskelijoiden vastaukset jakautuivat hyvin samalla tavalla. Ainoa väittämä, jonka vastauksissa oli hieman eroa IMA1:n ja MA1:n opiskelijoiden välillä oli väittämä 9. Tätä eroa on havainnollistettu kuvassa 4.2. Matematiikka 1:n opiskelijoista yli kolme neljäsosaa aikoi kerrata myös tenttiin STACK-tehtävien avulla, kun Insinöörimatematiikka 1:n opiskelijoista tenttiin STACKin avulla aikoi kerrata vain vähän yli puolet opiskelijoista. Ero on tilastollisesti *erittäin merkitsevä*. Tilastollisesti merkitsevän ja *erittäin merkitsevän* eron rajoina pidetään p -arvoja 0,01 ja 0,001. Mitä pienempi p -arvo, sen suurempi on tilastollinen merkitsevyys [15].



Kuva 4.2 Vastausten jakautuminen väittämässä 9 ($p < 0,0005$).

Vastauksia verrattiin samaan tapaan myös eri oppimisprofiilien välillä, kuten vertaisarviointiin liittyvässä tutkimuksessa luvussa 5.3.2. Vertailua tehtiin siten, että

kunkin tietyn oppimisprofiilin edustajien vastauksia verrattiin muiden oppimisprofiilin opiskelijoiden vastauksiin. Näin saatiin riittävästi frekvenssejä ristiintaulukoinnin jokaiseen soluun. Eri oppimisprofiilien vastauksissa ei kuitenkaan havaittu juurikaan eroja, sillä jokaisen profiilin opiskelijoiden vastaukset STACK-kyselyn väittämässä jakautuivat hyvin samanlaisesti. Pieniä eroja toki havaittiin, mutta nämä eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Erilaisia oppimisprofileja ja näiden eroavaisuuksia on tutkittu muun muassa Pohjolaisten, Raassinan, Siliuksen, Huikkolan ja Turusen tutkimusraportissa [20], Linnusmäen diplomityössä [9] sekä tämän työn luvussa 5.3.2.

4.5 Opiskelijakyselyn kvalitatiivinen analyysi

Tässä luvussa analysoidaan opiskelijoiden vastauksia STACK-kyselyn avoimiin kysymyksiin laadullisen analyysin keinoin. Vastausten sisältöä on kuvattu kvantitatiivisesti eli avoimissa kysymyksissä on tutkittu, kuinka usein tietyt teemat toistuvat opiskelijoiden vastauksissa. Erilaisia näkemyksiä on pyritty erittelemään objektiivisesti. Tutkimuksen luotettavuutta on tarkasteltu luvussa 6. Kvalitatiivisia tutkimusmenetelmiä on eritelty tarkemmin esimerkiksi Eskolan ja Suorannan teoksessa *Johdatus laadulliseen analyysiin* [4].

Kysymyksissä 11 ja 12 tiedusteltiin niitä asioita, jotka opiskelijat kokivat hyväksi ja toisaalta ikäviksi STACK-tehtävissä. Kysymyksessä 13 kartoitettiin opiskelijoiden mielipidettä siitä, ovatko STACK-tehtävät hyvä tapa harjoitella matematiikkaa. Viimeinen kysymys tiedusteli vielä opiskelijoiden kokonaisvaltaista mielipidettä STACK-tehtäviin liittyen. Tätä kysymystä ei ole erikseen analysoitu, sillä havaittiin, että opiskelijoiden suhtautuminen selviää pääasiassa kysymyksen 13 vastauksista. Opiskelijoiden vastauksia tähän kysymykseen on kuitenkin referoitu kysymyksen 13 analyysin yhteydessä.

Analyysi on tehty erikseen Matematiikan ja Insinöörimatematiikan opiskelijoille opintojaksojen erilaisten järjestelyjen vuoksi. Järjestelyjen vuoksi erot vastauksissa tulevat esiin varsinkin STACK-tehtäviin liittyvissä negatiivisissa seikoissa. Näin voidaan myös vertailla eri opintojaksojen opiskelijoiden näkemystä STACK-tehtävistä.

4.5.1 Matematiikka 1

Matematiikka 1:n opiskelijoiden mielipide STACK-tehtävistä on hyvin positiivinen. Se käy ilmi kysymyksen 13 vastauksista, jotka on kategorisoitu tauluk-

koon 4.2.

Taulukko 4.2 Kysymys 13: ”Ovatko STACK-tehtävät mielestäsi hyvä tapa harjoitella matematiikan tehtäviä? Miksi ovat tai miksi eivät ole?” $N = 106$

Kysymys 13		
Kyllä ovat.	N %	87 82,1 %
En osaa sanoa / neutraali.	N %	15 14,2 %
Eivät ole.	N %	4 3,8 %

Yli neljä viidestä Matematiikka 1:n opiskelijasta on sitä mieltä, että STACK-tehtävät ovat hyvä ja vaihtelua tuova lisä matematiikan harjoitteluun. Eräs opiskelija oli jopa sitä mieltä, että kaikki harjoitustehtävät voisi toteuttaa STACKilla. Toisaalta moni totesi, että sillä on vaikeaa tai jopa mahdotonta toteuttaa tietynlaisia tehtäviä, esimerkiksi todistustehtäviä.

”Stackit tarjosivat hyvän rajapinnan harjoitella matematiikan perustointoja.” (MA17)

”STACK-tehtävät ovat hauskaa vaihtelua perinteiseen ’kynä-paperi-vastaukset kirjan takana’ -tyyliin. Tuovat mielekkyyttä ja vaihtelevuutta ja sitä kautta myös motivaatiota laskujen tekemiseen.” (MA18)

”Ovat, opiskelija joutuu itse miettimään ratkaisua ja miten siihen pääsisi. - -” (MA19)

Vastauksissa mainittiin kivana myös se, että tehtäviä sai tehdä omassa rauhassa ja ne sai tarkistaa itsekseen ilman ”paineita” epäonnistumisesta.

”Ovat, koska ne ovat nopeita ja niissä saa palautteen heti, eikä myöskään ole turhia paineita, että ’nyt joku näkee, jos teen jotain väärin’. Ja kuten normaaleissakin tehtävissä, jos tulee väärä vastaus eivätkä tehtävän antamat vihjeet auta, niin ainahan voi kysyä opettajalta tai assarilta.” (MA20)

Vaikka STACK-tehtävien ratkaisemisesta pidettiin, mainittiin vastauksissa myös seikkoja, jotka voivat joidenkin opiskelijoiden kohdalla osoittautua ongelmallisiksi. Moni olikin sitä mieltä, että ne sopivat hyvin osaksi laskuharjoituksia, mutta niin sanottuja perinteisiä tehtäviä ei sovi unohtaa.

”Ne ovat hyvä osa opiskelua, mutta eivät korvaa perinteisiä tehtäviä. Ne myös kannustavat välivaiheiden pois jättämiseen ja matikkaohjelmistojen käyttöön.” (MA7)

Neutraalimmin STACK-tehtäviin suhtautuneistakin monet kääntyvät enemmän positiivisen kuin negatiivisen suhtautumisen suuntaan. Muun muassa seuraavan vastauksen olisi voinut sijoittaa ’kyllä ovat’ -vastanneiden joukkoon. Negatiivisesti suhtautuneiden vastauksissakaan STACKia ei varsinaisesti tyrmätä. Niissä mainittiin, että tehtävien tekeminen ja vastausten syöttäminen tietokoneella ei miellytä.

”Ovat, mikäli ne toimivat vaan ikäänkuin kunkin aihealueen helpohkojen peruslaskujen läpikäymisenä ja ns. johdantona laskuharjoitustehtäviin. Eivät, mikäli niiden tulisi toimia enemmistönä kaikista annetuista laskuista.” (MA21)

Yllä tuli jo esille muutamia asioita, jotka miellyttävät STACKissa ja toisaalta, mitkä seikat koetaan ongelmallisiksi. Seuraavassa tarkastellaan, mitkä teemat nousivat eniten esille STACKin hyvistä puolista kysyttäessä. Monissa vastauksissa nousi useitakin asioita – näissä tapauksissa vastaus on liitetty siihen teemaan, jota vastauksessa on avattu eniten. Useimmin mainitut teemat on koottu taulukkoon 4.3.

Taulukko 4.3 *Opiskelijoiden vastauksissa esiintyneitä teemoja kysyttäessä STACKin hyviä puolia. (Kysymys 11: ’Mitä hyvää STACK-tehtävissä mielestäsi oli?’) N = 107*

Teema	N	%
1. Välitön tarkastus ja palaute.	34	31,8 %
2. Toimivat hyvin perehdyttävänä ja toisaalta luentoja kertaavina tehtävinä.	27	25,2 %
3. Vapaus ajan ja paikan suhteen.	22	20,6 %
4. Vihjeet väärin vastauksiin.	15	14,0 %
5. Muut.	9	8,4 %

Useimmin vastauksissa mainittiin STACK-tehtävien välitön tarkastus ja palaute, joka onkin STACK-tehtävien yksi tärkeimmistä ydinideoista. Opiskelijoiden mielestä

on hienoa, että saa heti tietää, onko vastaus oikein. Välitön palaute motivoi monia yrittämään heti uudelleen eikä opiskelijalle jäänyt epävarmuutta vastauksen oikeellisuudesta.

”Oli kivaa, että sai heti tietää, oliko vastaus oikein vai väärin. Se kannusti löytämään ratkaisun itse sen sijaan, että olisi myöhemmin vain katsonut mallivastauksen tai kuullut, miten tehtävä olisi pitänyt ratkaista.” (MA22)

STACK-tehtävissä pidettiin myös siitä, että ne olivat saatavilla heti aihetta koskevien luentojen jälkeen, jolloin luennon asiat olivat vielä hyvin muistissa. Monet saattoivatkin tehdä tehtäviä jo ennen luentoja tai niiden aikana. STACK-tehtävät olivat pääosin laskutaitoa harjoittavia tehtäviä, eivätkä siten monille niin haastavia kuin esimerkiksi todistustehtävät. Siksi monet pitivät niitä hyvinä perehdyttävinä ja luentoja kertaavina tehtävinä.

Noin viidennes vastaajista mainitsi tärkeimmäksi sen, että tehtävät sai tehdä silloin kuin itse halusi ja missä vain. Näin on toki muiden laskuharjoitusten osalta muuten, mutta ne täytyy olla valmis esittämään erikseen myös yliopistolla laskuharjoituksissa. STACK-tehtäviä ei tarvinnut erikseen tarkistaa, vaan tehtävät tarvitsi tehdä vain verkossa laskuharjoituspisteet saadakseen. Myös väärin vastausten jälkeen tulleet vihjeet ilahduttivat opiskelijoita. Vihjeet olivat pääosin sellaisia, jotka auttoivat tehtävissä alkuun pääsemiseen.

”Väärin vastausten korjaaminen ohjelman antamien vihjeiden avulla pakotti kertaamaan asioita kalvoista ja tätä kautta edisti oppimista.” (MA23)

Taulukkoon 4.4 on vastaavasti koottu seikkoja, joihin opiskelijat suhtautuivat negatiivisesti.

Huonoista puolista kysyttäessä eniten mainittiin vastausten syöttäminen. Se onkin luonnollista varsinkin, jos opiskelija ei ole tottunut käyttämään matemaattisia ohjelmia aiemmin. Usein vastauksissa mainittiin, että vastausten syöttäminen oli hankalaa *ajoittain*, lähinnä silloin, kun tuli syöttää pidempiä lausekkeita. Tehtävien syöttäminen koettiin siis lähinnä ikäväksi, mutta ei liian vaikeaksi. Tätä päätelmää

Taulukko 4.4 Opiskelijoiden vastauksissa esiintyneitä teemoja kysyttäessä STACKin huonoja puolia. (Kysymys 12: 'Mitä huonoa STACK-tehtävissä mielestäsi oli?') $N = 106$

Teema	N	%
1. Vastausten syöttäminen hankalaa.	27	25,5 %
2. Palaute ja vihjeet olisivat voineet olla parempia.	21	19,8 %
3. Tehtävien PDF-palautus.	15	14,2 %
4. Tehtävien aikataulut.	13	12,3 %
5. Muut.	30	28,3 %

tukee kyselyn neljännen väittämän tulokset, joiden mukaan yli puolet kaikista opiskelijoista ei pitänyt vastausten syöttämistä liian hankalana.

Jotkut näkivät STACKissa myös joitain sellaisia huonoja puolia, joita toiset opiskelijat pitivät hyvinä. Erityisesti STACK-tehtävien vihjeet jakoivat mielipiteitä — toki monet pitivät siitä, että vihjeitä ylipäätään oli ja niiden avulla pääsi vähintään alkuun, mutta 21 opiskelijan (19,8 %) mielestä ne olisivat voineet olla tarkempia.

”STACK-tehtävien antama palaute väärästä ratkaisusta ei ollut juurikaan hyödyllinen. Usein tehtävässä oli päässyt jo pidemmälle, kun oli kuitenkin joku vastaus jo sijoittaa.” (MA24)

Kritiikki on sinänsä aiheellista, että tehtäviä ei yleensä oltu tehty niin tarkasti, että opiskelijalle voitaisiin kertoa tarkemmin, mikä vastauksessa on väärin. Jotta tällainen tarkempi palaute voitaisiin tehdä, olisi tehtävän laatijan etukäteen tiedettävä, millaisia virheitä opiskelijat saattavat vastauksissaan tehdä. STACK-tehtävään on suhteellisen helppo koodata opiskelijalle vihje siitä, että vastaus on muuten oikein, mutta siinä on esimerkiksi jokin merkkivirhe tai vastaus on kaksi kertaa liian iso. Monimutkaisempia virheitä olisikin jo huomattavasti vaikeampi ennakoita. Lisäksi monien eri virhetyyppien huomioon ottaminen ja palautteen koodaaminen niiden perusteella olisi todella suuri urakka, sillä jokainen erilainen virhe vaatisi oman erillisen solmunsa vastauspuussa. On otettava myös huomioon, että tällä opintojaksolla tehtävät olivat ensimmäistä kertaa käytössä. Siksi tehtävien laadinnassa olisi pitänyt käytännössä pystyä ennakoimaan, millaisia virheitä opiskelijat tekevät. Muutamissa tehtävissä näin yritettiin tehdä, mutta yleensä ei. Kun tehtäviä on riittävästi testattu ja tiedetään, millaisia virheitä vastauksissa ilmenee, on helpompi lisätä tehtäviin vihjeitä.

Monia opiskelijoita ei harmittanut itse STACK-tehtävissä vastaan tulleet hankaludet niin paljon kuin siihen liittyvät järjestelyt opintojaksolla. Erityisesti tehtävien PDF-palautus aiheutti monissa vastustusta.

”Itse tehtävissä ei paljon moitittavaa, syöttötapa välillä hankala. Sekä se että välivaiheet pitää palauttaa erikseen on todella ärsyttävää, aikaavievää sekä hankalaa saada kaikki yhteen PDF tiedostoon.” (MA25)

”– On älytöntä, että pitää tehdä STACK-tehtävät, mutta sen lisäksi aina palauttaa viikon päätteeksi välivaiheet PDF:ssä. Eikö se vie koko idean STACK-tehtävästä?” (MA13)

Kritiikki PDF-palautuksista ei liene kovin yllättävää, sillä se aiheuttaa luonnollisesti lisätöitä opiskelijoille. PDF-palautuksilla haluttiin kontrolloida sitä, että opiskelijat eivät suoraan ratkaisisi tehtäviä matemaattisilla ohjelmistoilla ja syöttäisi vain vastauksia pohtimatta tehtävää itse sen enempää. Monille tehtävien saaminen PDF-muotoon oli myös hankalaa, sillä monet eivät olleet tottuneet konvertoimaan matemaattista tekstiä sähköiseen muotoon. Yliopistossa opiskelijoiden tulee tähän kuitenkin viimeistään opetella, joten tästä näkökulmasta PDF-palautusten laatimisen opettelu on myös sikäli hyödyllistä. Jälkimmäisessä lainauksessa esitetty kysymys on kuitenkin aiheellinen. STACK-tehtävien yksi idea nimittäin on, että tehtävät voi tarkistaa nopeasti. Opiskelijakyselyn vastauksissa valitettiin, että ratkaisujen konvertoiminen PDF-muotoon vei enemmän aikaa kuin itse tehtävän ratkaiseminen, mikä turhautti monia.

”Tehtävien palautus pdf:nä oli turhan vaivalloista (saattoi mennä pidempään kuin itse tehtävässä), varsinkin, jos ne teki paperilla, kuten suurin osa ymmärtääkseni teki.” (MA26)

Muita mainittuja negatiivisia seikkoja olivat muiden muassa tehtävissä silloin tällöin ilmenevät bugit, jotka olivat yleensä tehtävän laatijan tekemiä virheitä. Ne saatiin tosin myös yleensä nopeasti korjattua. Muutama opiskelija koki tehtävät liian helpoiksi. Myös tehtävien välivaiheiden syöttömahdollisuutta toivottiin muutamissa vastauksissa sekä virheiden löytämisen helpottamiseksi että PDF-palautusten välttämiseksi.

4.5.2 Insinöörimatematiikka B1

Insinöörimatematiikan opiskelijoiden suhtautuminen STACK-tehtäviin on nähtävissä taulukosta 4.5. Suurin osa myös IMA1:n opiskelijoista suhtautuu STACK-tehtäviin positiivisesti, joskaan ei aivan niin positiivisesti kuin Matematiikka 1:n opiskelijat. IMA1:n opiskelijoista 72,3 %:n mielestä STACK-tehtävät ovat hyvä tapa harjoitella matematiikan tehtäviä, siis 9,8 %-yksikköä vähemmän kuin MA1:n opiskelijoita. Vastaavasti neutraalisti suhtautuvia on suhteellisesti hieman enemmän kuin MA1:n opiskelijoiden joukossa. Negatiivisesti suhtautuvia IMA1:n opiskelijoiden joukossakin vain muutama, kahdeksan opiskelijaa jätti kysymykseen vastaamatta.

Taulukko 4.5 Kysymys 13: ”Ovatko STACK-tehtävät mielestäsi hyvä tapa harjoitella matematiikan tehtäviä? Miksi ovat tai miksi eivät ole?” $N = 141$

Kysymys 13		
Kyllä ovat.	N	102
	%	72,3 %
En osaa sanoa / neutraali.	N	28
	%	19,9 %
Eivät ole.	N	3
	%	2,1 %
Tyhjä vastaus.	N	8
	%	5,7 %

IMA1:n opiskelijoiden vastaukset ovat hyvin samankaltaisia kuin MA1:n opiskelijoiden, joten heidän vastauksiaan ei liene tarpeen erikseen siteerata. Teemojen jakautuminen vastauksissa vain vaihtelee hieman. Insinöörimatematiikan opiskelijoiden STACK-tehtävien useimmin hyviksi puoliksi mainitsemia teemoja on koottu taulukkoon 4.6.

Taulukko 4.6 IMA1:n opiskelijoiden vastauksissa esiintyneitä teemoja kysyttäessä STACKin hyviä puolia. (Kysymys 11: ’Mitä hyvää STACK-tehtävissä mielestäsi oli?’) $N = 141$

Teema	N	%
1. Välitön tarkastus ja palaute.	46	32,6 %
2. Vapaus ajan ja paikan suhteen.	30	21,3 %
3. Vihjeet väriin vastauksiin.	27	19,1 %
4. Helppokäyttöinen ja nopea tapa tehdä tehtäviä.	11	7,8 %
5. Muut.	38	19,2 %

Vastauksissa toistuvat melko paljon samat teemat kuin MA1:n opiskelijoiden vastauksissa. Isoimpana erona on, että IMA1:n opiskelijat eivät muutamaa opiskelijaa lukuunottamatta maininneet STACK-tehtävien merkitystä perehdyttävänä tai kertaavina tehtävinä, mikä oli toiseksi useimmin toistunut vastaus MA1:n opiskelijoilla. Sen sijaan insinöörimatematiikan opiskelijat pitivät STACK-tehtäviä ehkä hieman tavallisia tehtäviä helpompina, mutta kuitenkin riittävän haastavina harjoituksina.

STACK-tehtävien huonoista puolista kysyttäessä IMA1:n opiskelijoiden vastausten jakautuminen eroaa jonkin verran MA1:n opiskelijoiden vastauksista. Suurimpana syynä tähän on oletettavasti se, että IMA1:n opiskelijat eivät joutuneet palauttamaan tehtävien ratkaisuja erikseen PDF:nä. Tästä syystä muut teemat painottuvat vastauksissa vahvemmin, kuten taulukosta 4.7 havaitaan.

Taulukko 4.7 IMA1:n opiskelijoiden vastauksissa esiintyneitä teemoja kysyttäessä STACKin huonoja puolia. (Kysymys 12: 'Mitä huonoa STACK-tehtävissä mielestäsi oli?') $N = 139$

Teema	N	%
1. Vastausten syöttäminen hankalaa.	57	41,0 %
2. Bugit, oikea vastaus ei aina kelvannut.	20	14,4 %
3. Ei mitään.	18	12,9 %
4. Epäselvä tehtävänanto joissain tehtävissä.	8	5,8 %
5. Muut.	36	25,9 %

Vastauksen syöttäminen oli vielä selvemmin IMA1:n opiskelijoiden mielestä (41,0 % vastauksista) STACK-tehtävien ikävä puoli, kun verrataan MA1:n opiskelijoihin (25,5 %). Insinöörimatematiikan opiskelijat kokivat matemaattisen tekstin kirjoittamisen selvästi hankalammaksi. Myös tehtävissä silloin esiintyneet bugit saivat selvästi enemmän mainintoja. Luultavasti juuri näiden kahden seikan takia IMA1:n opiskelijoiden mielipide STACK-tehtävistä ylipäätään oli hieman neutraalimpi (taulukko 4.5) kuin MA1:n opiskelijoiden. Ilahduttavan monessa vastauspaperissa tähän kysymykseen oli myös vastattu "Ei mitään".

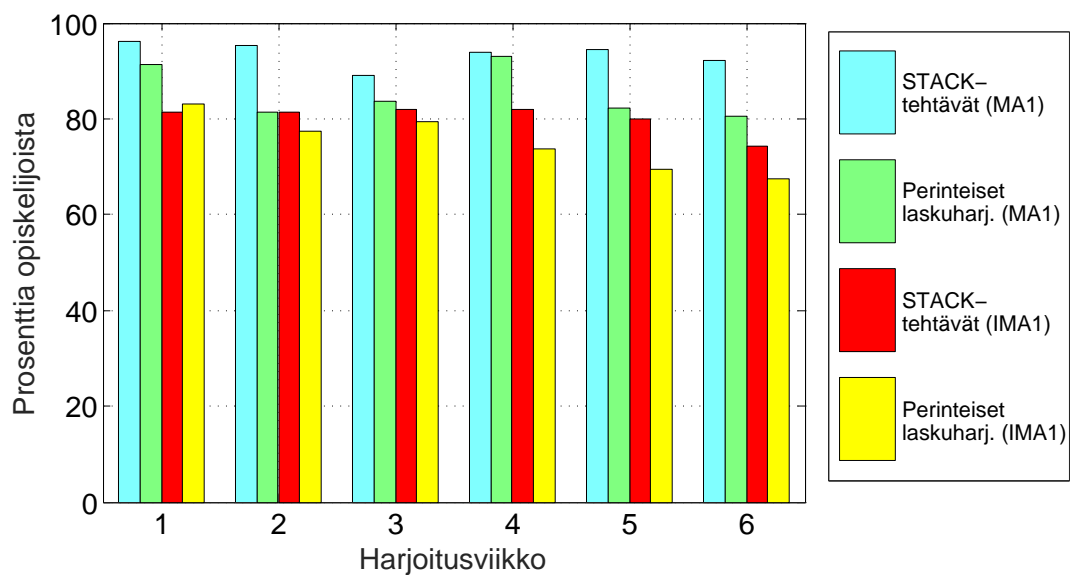
4.6 Opiskelijoiden aktiivisuus STACK-tehtävissä

Tässä luvussa tarkastellaan, kuinka aktiivisesti opiskelijat tekivät STACK-tehtäviä syksyn opintojaksoilla ja miten aktiivisuus jakautuu harjoitusviikkojen aikana eli

tehdäänkö STACK-tehtäviä hyvissä ajoin vai vähän ennen määräaika. Lisäksi opiskelijoiden aktiivisuutta tehtävissä on verrattu heidän tentissä saamiinsa arvosanoihin ja tutkittu näiden välistä korrelaatiota. Tarkastelu on tehty erikseen Insinöörimatematiikan ja Matematiikan opiskelijoille. Näin voidaan verrata eri opintojaksojen opiskelijoiden aktiivisuutta.

4.6.1 Palautusaktiivisuus

Kuvaan 4.3 on koottu opiskelijoiden osallistuminen STACK-tehtäviin ja perinteisiin laskuharjoituksiin MA1:n ja IMA1:n opintojaksoissa.

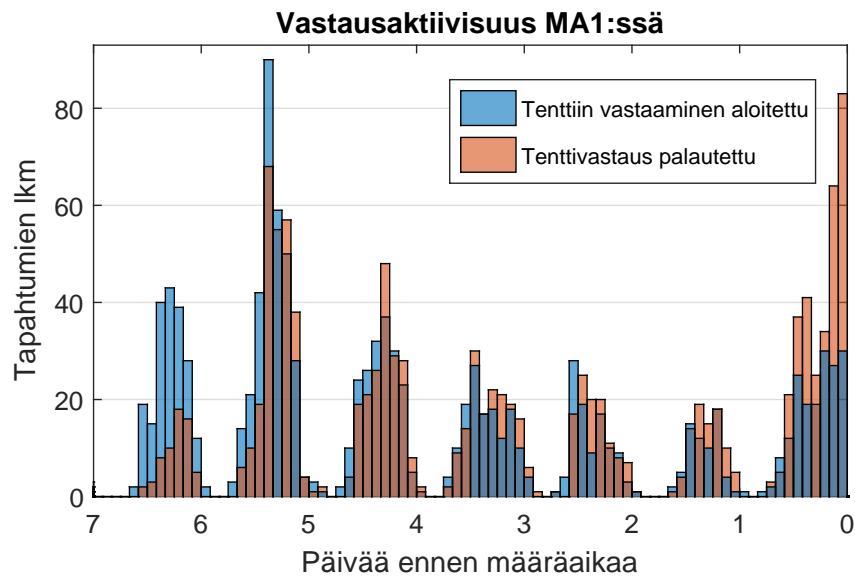


Kuva 4.3 Opintojaksojen Moodle-kursseille ilmoittautuneiden opiskelijoiden aktiivisuus opintojaksojen laskuharjoituksissa.

Kuvasta havaitaan, että opiskelijat palauttivat STACK-tehtäviä hieman ahkerammin kuin osallistuivat paikan päällä laskettaviin laskuharjoituksiin. Opintojakson loppua kohti varsinkin osallistuminen laskuharjoituksiin vähenee jonkin verran, mutta STACK-tehtäviä tehtiin melko tasaisesti kullakin harjoitusviikolla. Insinöörimatematiikan ja Matematiikan opintojaksojen välillä on selvä ero. MA1:n opiskelijat sekä tekivät enemmän STACK-tehtäviä että osallistuivat laskuharjoituksiin suhteellisesti ahkerammin. Yhtä viikkoa lukuunottamatta jokaisella viikolla MA1:n opiskelijoista yli 90 % palautti STACK-tehtävät. IMA1:n opiskelijoista noin 80 % palautti STACKit viikoittain. Insinöörimatematiikan opiskelijat osallistuivat harvemmin

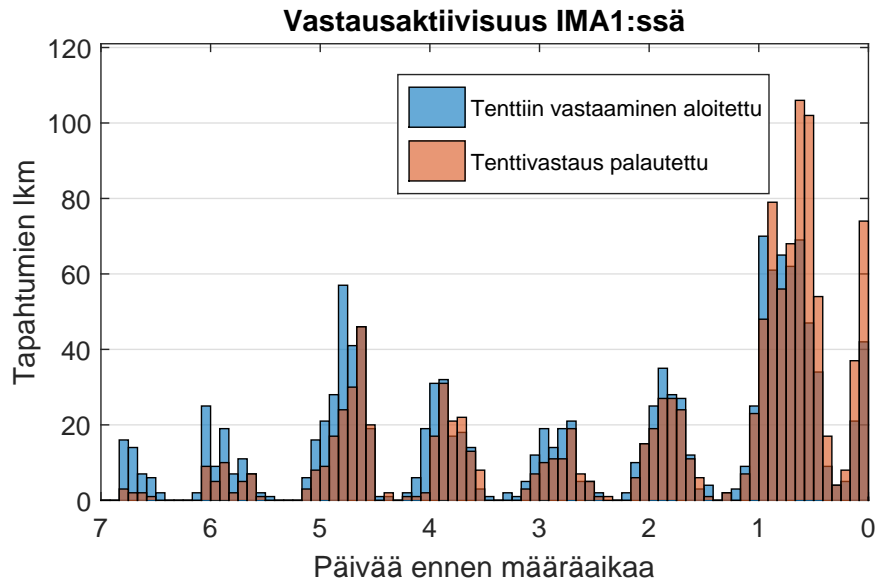
myös perinteisiin laskuharjoituksiin.

Kuvissa 4.4 ja 4.5 näkyy, mihin aikoihin painottuvat opiskelijoiden STACK-tehtäviin vastaamisen aloittaminen ja tehtävien palauttaminen. MA1 ja IMA1 ovat jälleen erikseen vertailun vuoksi. Lisäksi opintojaksojen tehtävien palautuksilla oli eri määräjät — MA1:ssä sunnuntaisin kello 23.55 ja IMA1:ssä maanantaisin kello 12. Aika ennen määräaikaa on jaoteltu kahden tunnin välein. Lukijaa on myös syytä muistuttaa, että opiskelijat saivat aloittaa ja palauttaa kunkin viikon STACK-tehtävät halutessaan useita kertoja.



Kuva 4.4 MA1:n opiskelijoiden tehtävien aloittamisen ja palauttamisen aktiivisuuden jakaantuminen harjoitusviikkojen aikana. Luennot sijoittuvat kuvassa 6,3; 5,5 ja 4,5 päivää ennen määräaikaa. STACK-tehtäviä on selvästi tehty luentojen aikana.

Kuvista on selvästi havaittavissa erot opintojaksojen välillä. MA1:n opiskelijat aloittivat ja myös palauttivat tehtäviä aktiivisesti jo harjoitusviikon alussa vain vähän aikaa sen jälkeen, kun STACK-tehtävät on julkaistu. Tehtäviä on selvästi tehty myös luentojen aikana. Sen jälkeen tehtäviä ei tehty niin aktiivisesti ennen kuin taas määräajan lähestyessä. Eniten STACK-tehtäviä palautettiin viimeisten kahden tunnin aikana.

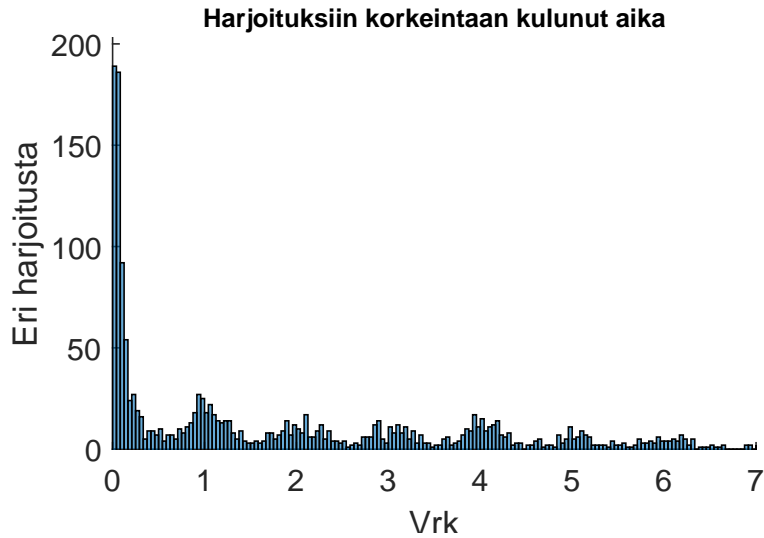


Kuva 4.5 IMA1:n opiskelijoiden tehtävien aloittamisen ja palauttamisen aktiivisuuden jakaantuminen harjoitusviikkojen aikana. Luennot sijoittuvat kuvassa noin 6,9; 6,1 ja 5,1 päivää ennen määräaika.

IMA1:n opiskelijat eivät aloittaneet tehtäviä niin ahkerasti heti tehtävien tullessa julki kuin MA1:n opiskelijat. Myös tehtävien palauttamisessa ero on selvä — STACK-tehtävien tekeminen painottui selvästi enemmän määräajan lähelle. Eniten tehtäviä sekä aloitettiin että palautettiin palautuspäivää edeltävänä iltana ja aamupäivisin juuri ennen määräaika. Myös viikon viimeisen luennon jälkeisenä iltana on havaittavissa tavallista korkeampi piikki aktiivisuudessa.

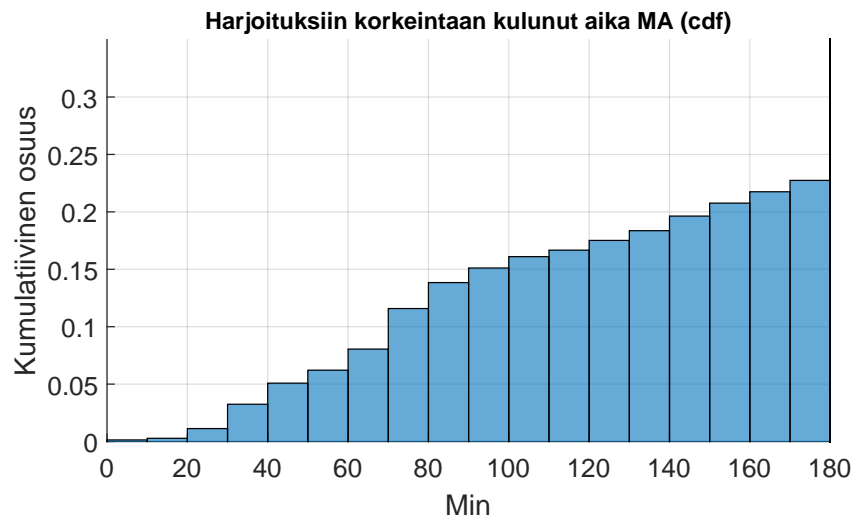
Tarkastellaan seuraavaksi opiskelijoiden STACK-tehtävien palautuksissa kulunutta aikaa. Se on nyt tehtäväpaketin aloittamisen ja palauttamisen välinen aika. Huomioitava on, että opiskelija on saattanut tehdä tehtäviä osissa. Kulunut aika ei siis välttämättä kerro, kuinka paljon opiskelijat ovat käyttäneet tehtäviin aikaa yhteensä. On kuitenkin mielenkiintoista tarkastella, kuinka suuri osa opiskelijoista palauttaa tehtävät nopeasti ja paljonko aikaa tällöin kuluu. Toisaalta nähdään, palautetaanko tehtäviä pidemmänkin ajan jälkeen.

Kuvassa 4.6 on molempien tarkasteltujen opintojaksojen opiskelijoiden STACK-tehtäviin korkeintaan käyttämä aika. Siitä nähdään, että selvästi useimmin tehtäviä palautetaan ensimmäisen 24 tunnin aikana tehtävien aloittamisesta. Useampiakin päiviä palautusten tekemiseen on saatettu käyttää.



Kuva 4.6 MA1:n ja IMA1:n opiskelijoiden käyttämä aika tehtävien aloittamisesta niiden palauttamiseen.

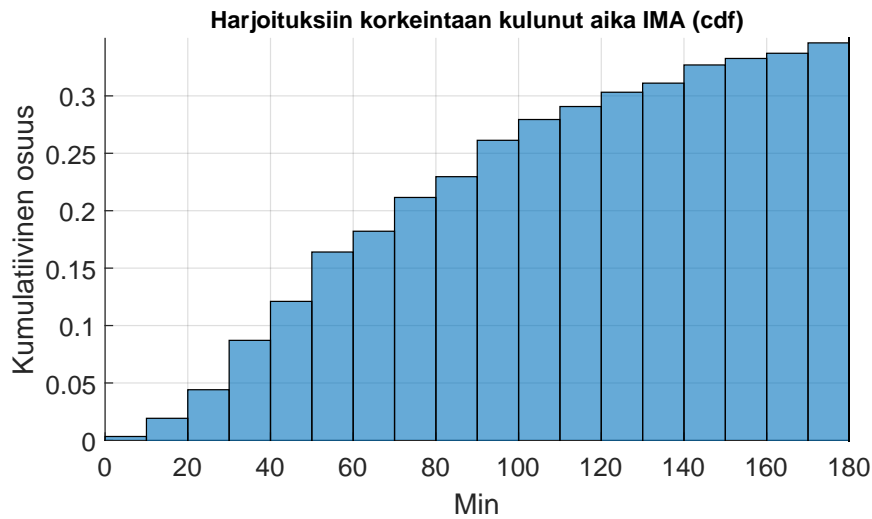
Kuvissa 4.7 ja 4.8 näkyy opintojaksottain niiden opiskelijoiden kumulatiiviset osuudet STACK-tehtävien palautusajoissa, jotka palauttivat tehtävät alle kolmessa tunnissa.



Kuva 4.7 MA1:n opiskelijoiden kumulatiivinen osuus tehtävien palautusajoissa niiden osalta, jotka palauttivat tehtävät alle kolmessa tunnissa.

Matematiikka 1:ssä tehtävistä noin 6 % palautettiin tunnin kuluessa aloittamisesta ja kolmen tunnin kuluessa 23 %. IMA1:ssä tehtiin alle tunnissa yli 15 % kaikista

palautuksista ja kolmessa tunnissa niistä oli tehty lähes 35 %. On kuitenkin huomattava, että IMA1:ssä STACK-tehtäviä tehtiin kerralla kolme, kun MA1:ssä niitä oli ratkaistavana neljä kappaletta.



Kuva 4.8 IMA1:n opiskelijoiden kumulatiivinen osuus tehtävien palautusajoissa niiden osalta, jotka palauttavat tehtävät alle kolmessa tunnissa.

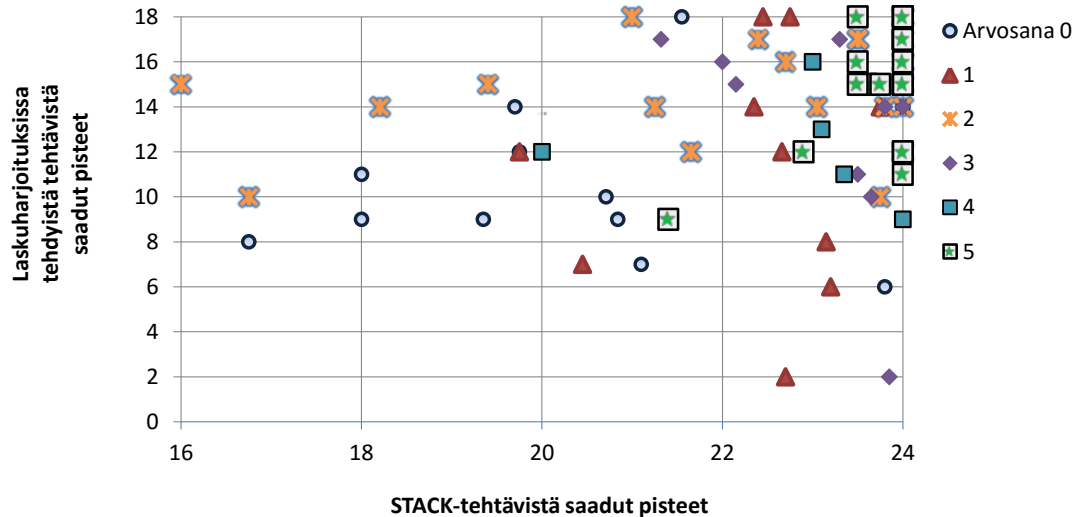
Paremmiin palautusten osuutta voisi luultavasti vertailla, jos MA1:n kohdalla tarkasteltaisiin neljää ensimmäistä tuntia. Tällöin molempien opintojaksojen osalta nähtäisiin, kuinka suuri osa palautuksista tehtiin käyttäen keskimäärin yksi tunti tehtävää kohden. Alle neljässä tunnissa kaikista palautuksista MA1:ssä tehtiin noin 26 % (katso liite D). MA1:n opiskelijat vaikuttavat siis käyttäneen enemmän aikaa palautuksen tekemiseen myös yhtä tehtävää kohden.

Liitteestä D löytyy kuvat, joissa on opintojaksoittain tarkasteltu kumulatiivisia osuuksia kaikista palautuksista, jotka on tehty alle vuorokaudessa aloituksesta. Trendi on niissä sama. Vuorokauden aikana kaikki tehtävät palautettiin IMA1:ssä 54 %:sti ja MA1:ssä vastaava osuus oli 43 %.

4.6.2 Harjoitusaktiivisuuden ja tenttiarvosanojen yhteys

Seuraavassa tutkitaan opiskelijoiden laskuharjoitusaktiivisuuden ja tentistä saatujen arvosanojen yhteyttä. Tarkastelussa ovat mukana vain ne opiskelijat, jotka suorittivat laskuharjoituspaketin hyväksytysti, sillä muiden arvosana oli automaattisesti 0. Kuvan 4.9 havaintopisteet vastaavat eri arvosanoja saaneiden opiskelijoiden

laskuharjoitusaktiivisuutta. Vaaka-akselilla on STACK-tehtävistä saadut pisteet ja pystyakselilla on paikan päällä tarkistettavien / laskettavien tehtävien pisteet. Työpajatehtävät on jätetty tästä tarkastelusta pois.

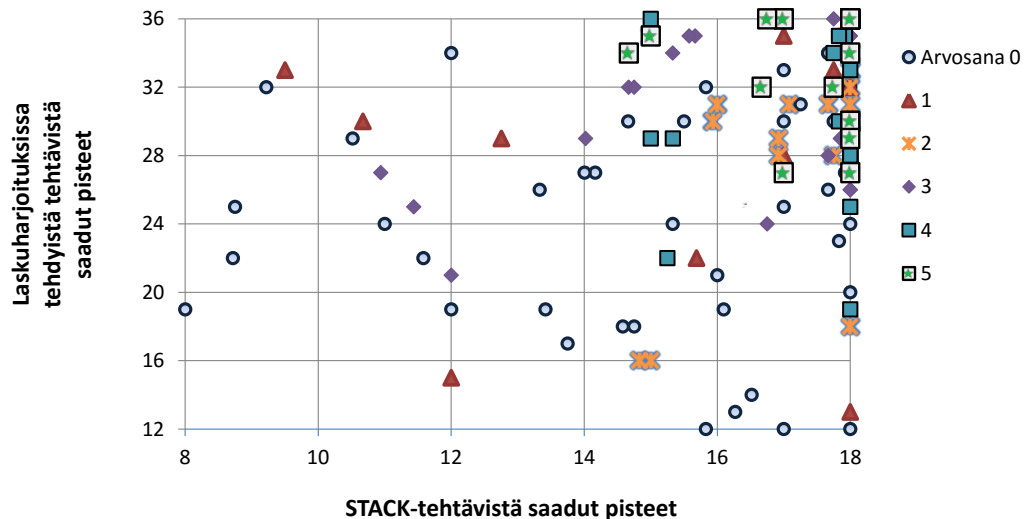


Kuva 4.9 MA1:n hyväksytysti laskuharjoituspaketin suorittaneiden opiskelijoiden ($N = 106$) laskuharjoitusaktiivisuuden ja tenttiarvosanan vertailua.

Jokainen hyväksytysti Matematiikka 1:ssä laskuharjoituspaketin suorittanut opiskelija sai STACK-tehtävistä vähintään 16 pistettä 24:stä mahdollisesta. Kuvasta voidaan myös havaita yhteys aktiivisen tehtävien laskemisen ja tenttiarvosanan välillä. Useimmat sekä STACK- että tavallisia tehtäviä vähemmän laskeneet menestyivät muita heikommin tentissä. Vastaavasti muutamaa poikkeusta lukuunottamatta hyvin tentissä menestyneet olivat tehneet ainakin suurimman osan laskuharjoituksista. Aktiivisesti laskuharjoituksia tehneiden joukossa on kuitenkin jonkin verran myös tentissä heikommin menestyneitä.

Tenttiarvosanalle ja tehdyille tehtäville laskettiin korrelaatio. Korrelaatiot laskettiin STACK- ja muille tehtäville erikseen. Lasketut korrelaatiot ovat Spearmanin järjestykorrelaatiokertoimia, sillä laskuharjoituspisteet eivät jakaudu normaalijakauman mukaisesti. STACK-tehtävistä saatujen pisteiden ja tenttiarvosanan korrelaatioksi saatiin $r = 0,40$ ($p < 0,0005$). Laskuharjoituksissa tehdyistä tai tarkistetuista tehtävistä saatujen pisteiden ja tenttiarvosanan korrelaatio oli puolestaan $r = 0,32$ ($p = 0,001$). Aktiivisuus laskuharjoituksissa ja STACK-tehtävissä korreloi siis jonkin verran tenttiarvosanan kanssa ja korrelaatiot ovat tilastollisesti merkitseviä.

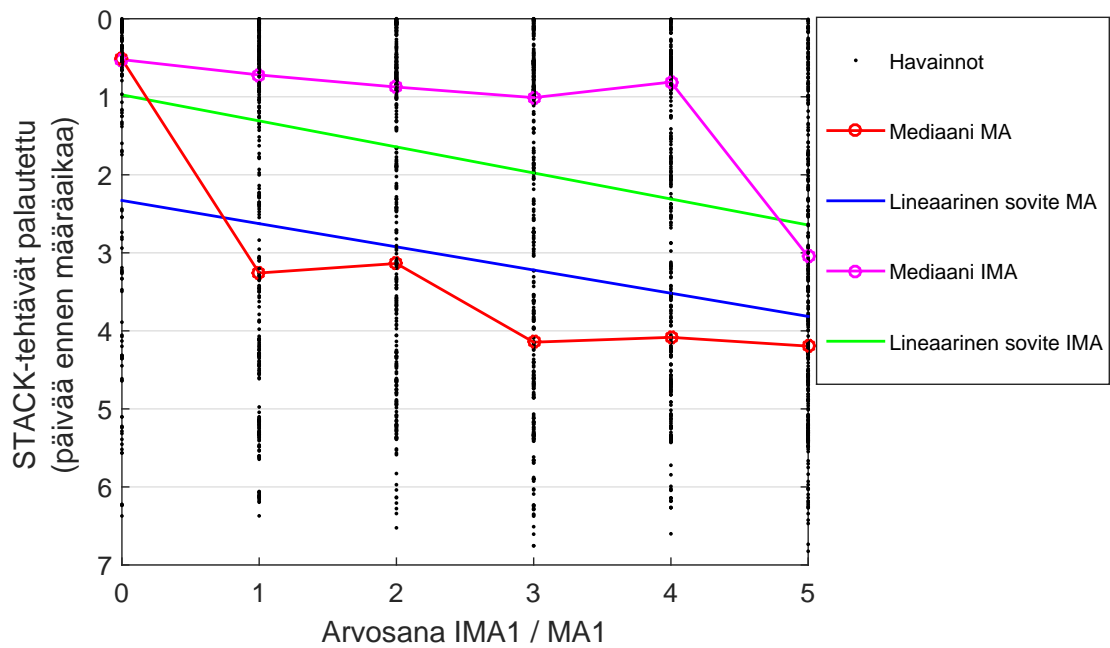
Vastaava laskuharjoitus- ja STACK-pisteiden vertailu IMA1:n opiskelijoille on tehty kuvassa 4.10. Yhteys laskuharjoitusaktiivisuuden ja tenttiarvosanan välillä on samankaltainen kuin Matematiikka 1:n opiskelijoillakin. Vähemmän tehtäviä tehneet eivät ole yltäneet korkeimpiin arvosanoihin ja hyvän arvosanan saaneet ovat tehneet lähes poikkeuksetta suurimman osan sekä STACK- että muista tehtävistä. Erona on, että suurimman osan STACK-tehtävistä tehneiden joukosta löytyy jonkin verran myös tentissä heikosti menestyneitä.



Kuva 4.10 IMA1:n hyväksytysti laskuharjoituspaketin suorittaneiden opiskelijoiden ($N = 150$) laskuharjoitusaktiivisuuden ja tenttiarvosanan vertailua.

Spearmanin järjestyskorrelaatiokertoimeksi IMA1:lle STACK-tehtävipisteiden ja tenttiarvosanan välille saatiin $r = 0,40$ ($p < 0,0005$). Korrelaatio on siis kahden desimaalin tarkkuudella sama kuin MA1:n tapauksessa. Muista laskuharjoituksista saatujen pisteiden ja tenttiarvosanan korrelaatio on $r = 0,43$ ($p < 0,0005$). Aktiivisuus laskuharjoituksissa vaikuttaa siis korreloivan tenttiarvosanan kanssa vielä vahvemmin kuin Matematiikka 1 -opintojaksolla.

Työssä tutkittiin myös opiskelijoiden STACK-tehtävien palautusaikojen ja tenttiarvosanojen yhteyttä. Kuva 4.11 havainnollistaa, kuinka paljon ennen tehtävien palautuksen määräaikaa eri arvosanoja saaneet opiskelijat ovat palauttaneet STACK-tehtävypaketit. Kaikki havainnot näkyvät kuvassa mustina pisteinä. Kutakin arvosanaa vastaavalle palautusajalle on myös laskettu mediaanit ja keskiarvot. Mediaani ja keskiarvoista laskettu lineaarinen sovite näkyy myös kuvassa.



Kuva 4.11 Tenttiarvosanojen ja STACK-tehtävien palautusaikojen välinen yhteys.

Kuvasta havaitaan, että tentissä paremmin menestyneet ovat palauttaneet STACK-tehtävät keskimäärin muita aiemmin. Esimerkiksi MA1:ssä tentistä arvosanan 0 saaneiden keskiarvo tehtävien palautuksessa oli 1,95 ja mediaani 0,52 päivää ennen määräaikaa. Vastaavasti arvosanan 5 saaneiden keskiarvo oli 3,73 päivää ja mediaani 4,20 päivää. Ero näiden välillä on siis selvä. Palautusaikojen ero eri arvosanan saaneiden välillä on tilastollisesti erittäin merkitsevä ($p < 0,0005$).

Myös kahden tutkitun opintojakson välillä ero on selvä: Matematiikka 1-opintojakson opiskelijat palauttivat tehtävät selvästi Insinöörimatematiikan opiskelijatovereitaan aiemmin. Kaikkien MA1:n opiskelijoiden keskiarvopalautusaika oli 3,04 ja mediaani 3,31 päivää ennen määräaikaa. IMA1:n opiskelijoiden keskiarvo oli 1,92 ja mediaani 0,92 päivää ennen määräaikaa. Ero selittynee Matematiikka 1:n opintojakson opiskelijoiden suuremmalla kiinnostuksella matematiikkaa kohtaan.

4.7 Johtopäätökset

Opiskelijakyselyn tulosten perusteella sekä IMA1:n että MA1:n opiskelijat suhtautuvat STACK-tehtäviin osana opintojaksoja positiivisesti. Mielenpiteissä ei havaittu

suuria eroja eri opintojakson opiskelijoiden eikä eri oppimisprofileihin lukeutuvien välillä. Palaute oli pääosin positiivista, mutta myös kehityskohteita mainittiin. Vastauksen kirjoittaminen tietokoneella nousi useimmin esiin vastauksissa STACKin huonoista puolista kysyttäessä. Varsinkin pitkien lausekkeiden kirjoittaminen koettiin toisinaan hankalaksi. Tehtävissä oli kuitenkin yleensä syntaksivihjeitä ja useissa vastauksissa todettiin, että vaikka syötteen kirjoittaminen olikin välillä haastavaa, sai vastauksen yleensä lopulta kirjoitettua oikeassa muodossa. Kyselyn perusteella enemmistö (58,7 %) oli sitä mieltä, ettei vastausten syöttäminen ollut liian hankalaa.

Kokeilun perusteella suurin osa opiskelijoista kokee oppivansa matematiikkaa yhtä lailla STACK-tehtävien kuin perinteisten laskuharjoitusten avulla. Sama havaittiin myös Panulan STACK-kokeilussa [18]. Useimmat pitivät STACK-tehtäviä sopivan tasoisina ja tehtäviä pidettiin tavallisina tehtävinä. Tavallisia tehtäviä STACK-tehtävien oli tarkoituskin olla, ero perinteisiin tehtäviin verrattuna tulee niiden kooneellisessa tarkistamisessa ja automaattisessa palautteessa.

Kuten Panulan kokeilussa [18], myös tämän tutkimuksen perusteella STACKin paras ominaisuus opiskelijoiden mielestä oli välitön tarkastus ja palaute. STACK-tehtävien väärin vastausten perusteella generoimat vihjeet jakoivat kuitenkin mielipiteitä. Moni opiskelija koki ne hyödyllisiksi ja sai niistä riittävästi apua tehtävien ratkaisemiseksi. Osa opiskelijoista olisi toivonut kuitenkin tarkempia vihjeitä virheiden löytämiseksi. STACK harvoin osoitti konkreettisesti, mikä syötteessä on väärin tai kuinka paljon vastaus eroaa oikeasta vastauksesta. STACKin antama palaute ja vihjeet koettiin kuitenkin tärkeiksi osaksi STACK-tehtäviä. Jatkossa niihin lienee syytä panostaa vieläkin tarkemmin riittävän laadukkaan palautteen varmistamiseksi.

Pintapuolisen tarkastelun perusteella on havaittavissa muutamia tavallisia virhetyppejä, joita opiskelijat STACK-tehtävissä tekevät. Näitä ovat muun muassa pyöristysvirheet sekä huolimattomuus tehtävänantoa lukiessa, jolloin jotain oleellista voi jäädä huomaamatta. Joissakin tehtävissä opiskelijat eivät luultavasti osaa yhdistää tehtävää teoriaan eli ei ymmärretä, miten tehtävää tulisi lähteä ratkaisemaan. Tässä tutkimuksessa tehty virhetyyppien tarkastelu on kuitenkin hyvin pintapuolinen. Virheiden tarkempi tarkastelu voisikin olla mielenkiintoinen jatkotutkimuksen aihe. Näin saataisiin parempaa tietoa opiskelijoiden tekemistä virheistä ja niihin olisi helpompi puuttua opetuksessa. Vaikka kaikki vastaukset on saatavissa Exceeliin, lienee analyysiä hankala tehdä tiedonlouhinnan (EDM) keinoin, sillä tietokone

ei kaikissa tapauksissa pysty päättelemään virheen taustalla piilevää syytä. Sen sijaan erilaisten tehtävien vastauksia tulisi käydä laajasti läpi ja analysoida aineistoa kvalitatiivisesti.

STACKissa voidaan konstruoida paljon samantapaisia, yliopistotasoisia tehtäviä kuin perinteisissä, luokkatilassa ratkaistavissa ja / tai tarkistettavissa laskuharjoituksissa. Tehtävät ovat siis usein suhteellisen vaativia ja vaativat pohdintaa sekä luonnostelua. Siksi opiskelijoiden kannattanee ratkaista tehtävät samalla tavalla kuin he ovat tottuneet tehtäviä aiemminkin ratkaisemaan, esimerkiksi kynällä ja paperilla. Tehtävät voi ratkaista myös laskemalla välivaiheita tietokoneavusteisilla ohjelmilla, mutta jos ajatuksena on oppia tehtävän ratkaisemisen mekaniikka — vaikkapa osittaisintegroinnissa, miten integraali saadaan laskettua — on suositeltavaa ratkaista tehtävä itse ilman apuohjelmia. Jos opiskelija kuitenkin käyttää matemaattisia ohjelmistoja, on hänen syytä tehdä itselleen selväksi ratkaisun vaiheet. Matemaattisten ohjelmien käyttö ei kokeilussa kuitenkaan noussut ongelmaksi, sillä opiskelijakyselyn tulosten perusteella tehtäviä ei ratkaistu ainakaan ainoastaan vain niiden avulla.

PDF-palautus Matematiikka 1:ssä aiheutti paljon keskustelua. STACK-tehtävät voidaan järjestää itsenäisinä paketteina ilman erillisiä tarkistuksia ja näin yleensä on ainakin TTY:n opintojaksoilla menetelty. Tällöin on opiskelijan omalla vastuulla, haluaako hän oppia tehtävän ratkaisuun vaadittavat vaiheet itse vai ratkaiseeko hän tehtävät mahdollisimman paljon esimerkiksi matemaattisten ohjelmistojen avulla yrittämättä ymmärtää ratkaisua tarkasti. Tällaisen menettelyn välttämiseksi PDF-palautukset ovat yksi ratkaisu. Tällöin opiskelijan tulisi avata ratkaisun vaiheet tarvittaessa luonnollisen kielen avulla, mikä luultavasti edistäisi opiskelijan omaa ymmärtämistä käsitelystä asiasta.

Kuten muidenkin tehtävien, myös STACK-tehtävien tarkoitus on tukea opintojaksoon liittyviä oppimistavoitteita. Vaihtoehtoinen tapa PDF-palautuksille on laatia STACK-tehtävät siten, että oikean vastauksen löytämiseksi on *ymmärrettävä*, kuinka ratkaisuun päästään. Kuvan 4.1 tehtävä on hyvä esimerkki tällaisesta tehtävästä. Yksi tapa on myös sisällyttää tehtäviin syötteitä ratkaisun välivaiheista. Menettelyssä ongelmaksi tulee kuitenkin, että tällöin opiskelijat näkevät tehtävän ratkaisuprosessin suoraan tehtävänannon yhteydessä, mikä ei liene aina toivottavaa. Tavoitteena on, että opiskelijat oivaltaisivat tehtävän ratkaisuprosessin itse.

Opiskelijoiden havaittiin tekevän STACK-tehtäviä varsin aktiivisesti. STACK-tehtäviä tehneiden osuus kaikista opintojakson MA1 opiskelijoista ylitti lähes viikoittain

90 % ja IMA1:ssäkin 80 %. STACK-tehtäviä tehtiin molemmissa opintojaksoissa myös jonkin verran enemmän kuin muita laskuharjoituksia. Sama tulos havaittiin myös esimerkiksi Rasilan, Harjulan ja Zengerin tutkimuksessa [21].

MA1:n opiskelijat aloittivat ja palauttivat STACK-tehtäviä keskiarvoisesti IMA1:n opiskelijoita aiemmin. Monet MA1:n opiskelijat aloittivat ja myös palauttivat tehtävät luentoviikon alussa. Tästä syystä MA1:n opiskelijat näkivät STACK-tehtävät luentoja kertaavina tai niihin perehdyttävänä tehtävinä. Toinen suuri aktiivisuuspiikki MA1:ssä on juuri ennen tehtävien palautuksen määräaikaa. IMA1:ssä STACK-tehtävien ratkaiseminen aloitettiin pääosin määräaikaa edeltävänä iltana tai juuri ennen määräaikaa. Aktiivisuuden painottuminen määräajan lähelle havaittiin myös Rasilan ym. tutkimuksessa [21]. Tehtäviä on aloitettu ja palautettu myös aiemmin luentoviikolla, mutta suhteellisesti selvästi MA1:n vähemmän. Tulokset kertovat omalta osaltaan opiskelijoiden eroista suhtautumisessa matematiikan opiskeluun. MA1:n opiskelijat ovat todennäköisesti kiinnostuneempia matematiikasta ja tehtävien ratkaisemisesta. Osa ratkaisee tehtäviä mielellään, eikä niiden tekemistä jätetä viime hetkeen. Aika, joka opiskelijoilta kuluu STACK-tehtävien aloittamiseen ja palauttamisen välillä, on myös MA1:n opiskelijoilla suurempi.

Tutkimuksen perusteella aktiivisella STACK-tehtävien tekemisellä on yhtäläinen yhteys tentissä menestymiseen kuin aktiivisuudella perinteisissä laskuharjoituksissakin. Myös STACK-tehtävien palautusajalla ja tenttiarvosanoilla havaittiin yhteys. Sekä MA1:ssä että IMA1:ssä ne opiskelijat, jotka olivat palauttaneet tehtäviä muita aikaisemmin, menestyivät myös tentissä keskimäärin paremmin. Aikaisen tehtävien palauttamisen ja tentissä menestymisen välille ei voida kuitenkaan johtaa suoraa syy-seuraussuhdetta. Tulos kertoo kenties paremmin siitä, että matematiikasta kiinnostuneet ja sen opiskeluun enemmän aikaa käyttävät saavat myös parempia tenttiarvosanoja.

Kokemus STACK-tehtävistä on selvästi positiivinen eikä ole mitään syytä, miksei niitä kannattaisi käyttää myös jatkossa. STACK-tehtävät ovat hyvä keino parantaa opetuksen joustavuutta. Osa tehtävistä voidaan onnistuneesti toteuttaa sähköisesti, jolloin voidaan säästää aikaa paikan päällä laskettavissa harjoituksissa. STACK-tehtävät parantavat myös opiskelijoiden mahdollisuuksia ratkaista hankaliakin tehtäviä itsenäisesti ohjelmiston antaman palautteen avulla. Toisin kuin vasta laskuharjoituksissa tarkistettavissa tehtävissä, STACK-tehtävään vastattuaan opiskelija voi olla varma vastauksensa oikeellisuudesta.

5. VERTAISARVIOINTI MOODLEN TYÖPAJASSA

5.1 Työpajan toiminta

Moodlen Työpaja on Moodlen aktiviteetti, joka perustuu vaiheittaiseen työskentelyyn. Työpaja mahdollistaa opiskelijoiden välisen vertaisarvioinnin anonyymisti. Lisäksi opettaja voi arvioida opiskelijoiden tekemät vertaisarvioinnit. Työpajassa opiskelijat työskentelevät opettajan ennalta määrittelemän aikataulun puitteissa. Opiskelijalle Työpaja näyttäytyy kuvan 5.1 mukaisesti.

Asetusten määrittely	Töiden palautus	Vertaisarviointi	Vertaisarvioiden arviointi	Suljettu
	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Palauta työsi 🕒 Palautettavissa alkaen maanantai, 14 syyskuu 2015, 16:00 (4 päivää sitten) 🕒 Palautusten määräaika sunnuntai, 20 syyskuu 2015, 23:55 (2 päivää jäljellä) 	<ul style="list-style-type: none"> 🕒 Arvioitavissa alkaen maanantai, 21 syyskuu 2015, 00:00 (2 päivää jäljellä) 🕒 Arviointiaika loppuu: sunnuntai, 27 syyskuu 2015, 23:55 (9 päivää jäljellä) 		

Ohjeet tehtävän tekemiseen ▼

HUOM! Älä kirjoita nimeäsi edes kohtaan, jossa annat palautuksellesi nimen Työpajassa. Älä kirjoita nimeäsi myöskään ratkaisuusi, jonka palautat PDF-muodossa. Anna myös laatimallesi PDF-dokumentille sellainen nimi, jossa ei näy omaa nimeäsi.

Tehtävänanto on harjoituspaperissa (tehtävä T5).

Palauta vastauksesi PDF:nä. Tiedoston voit tehdä haluamallasi tavalla, esim. skannaamalla tai valokuvaamalla paperiin tehdyn ratkaisun (varmista tällöin, että ratkaisusta saa selvää!), LaTeX-ohjelmalla tai muulla tietokoneohjelmalla. ShareLaTeXin käyttöohjeet löytyvät tämän Moodle-kurssin etusivun ylälaidasta.

Palautuksesi ▼

Et ole vielä palauttanut työtäsi

Kuva 5.1 Moodlen Työpajan opiskelijan näkymä.

Työpajan vaiheet ovat

1. asetusten määrittelyvaihe
2. töiden palautusvaihe
3. vertaisarviointivaihe
4. vertaisarviointien arviointi
5. yhteenvetovaihe, jolloin Työpaja on suljettu

Asetusten määrittelyvaiheessa Työpaja on vielä opiskelijoille suljettu. Opettaja määrittelee Työpajan asetukset. Asetuksissa voi määrittää muun muassa tehtävänannon ja ohjeet tehtävät suorittamiseen, arviointi- ja pisteytysasetukset eli millä arviointiskaalalla vertaisarvioija antaa arvosanan, ohjeet vertaisarviointiin sekä ajastuksen. Lisäksi opettaja voi määrittää Työpajan jakamaan vertaisarviointivuorot satunnaisesti ja automaattisesti heti, kun töiden palautusvaihe on ohi.

Kun asetukset on määritelty, voi opettaja vaihtaa Työpajan töiden palautusvaiheeseen. Tässä vaiheessa opiskelijat voivat aloittaa töiden palauttamisen heti, jos opettaja ei ole määritellyt tehtävien palauttamiselle erikseen aloitusaikaa. Asetuksista voi myös määrittää töiden palautukselle alkamisajan, jota ennen töitä ei voi vielä palauttaa. Kun töiden palautusvaihe on auki, opiskelijat voivat palauttaa työnsä opettajan asettamaan määräaikaan mennessä. Tehtävänannosta riippuen tehtävän tai työn voi palauttaa joko liitetiedosto(i)na tai kirjoittamalla vastauksen palautuslomakkeen tekstikenttään. Liitetiedostoja voi palauttaa opettajan maksimiksi asettaman määrän. Opiskelija voi halutessaan muokata tehtyä palautusta — muokkaukseton lukumäärää ei ole rajoitettu, vaan riittää, että muokkaukset tekee määräaikaan mennessä.

Töiden palautusvaiheen määräajan ollessa ohi, opettaja voi vaihtaa Työpajan vaiheen vertaisarviointivaiheeseen tai jos opettaja on asettanut ajastuksen ja vaiheen automaattisen vaihdon, vaihtuu vaihe automaattisesti. Vertaisarviointivaiheessa opiskelijat saavat opettajan asettaman määrän toisten opiskelijoiden töitä arvioitavakseen. Arviointiasteikko ja -vaatimukset riippuvat myös opettajan asettamista vaatimuksista. Arviointi tehdään antamalla toisten opiskelijoiden töille arvosana ja niin halutessa myös sanallinen palaute. Vertaisarviointi voidaan tehdä niin halutessa täysin anonymisti. Opettaja voi määrittää asetukset siten, että opiskelija ei saa tietää

kenen tehtävää arvioi. Tällöin on kuitenkin syytä muistaa ohjeistaa opiskelijoita jättämään palautuksista oma nimi ja muut vastaavat tiedot pois. Myös vertaisarvioinnille voidaan asettaa määräaika, johon mennessä opiskelijoiden tulee tehdä arvioinnit saadakseen opettajan tekemän arvioinnin vertaisarvioinnista.

Opiskelijoiden tekemän vertaisarvioinnin jälkeen opiskelijoiden työskentelyvaihe on ohi ja siirrytään vertaisarviointien arviointivaiheeseen. Opettaja antaa arviot tehdyistä vertaisarvioista. Opettaja voi antaa Työpajan laskea arvosanat vertaisarvioille automaattisesti. Tällöin Työpaja laskee samalle työlle annettujen arvioiden keskiarvon ja vertaa sitä yksittäisen opiskelijan tekemään vertaisarvioon. Mitä lähempänä yksittäisen opiskelijan antama arvio on kaikkien annettujen arvioiden keskiarvosta, sitä paremman arvosanan Työpaja laskee kyseiselle opiskelijalle vertaisarvioinnista. Tässä voidaan valita, noudatetaanko tätä vertaisarviointien vertailua tiukasti vai väljästi. Jos valitaan tiukka vertailu, noudatetaan edellä esitettyä kaavaa. Jos valitaan puolestaan väljä vertailu, saavat kaikki vertaisarvioinnin tehneet maksimipisteet vertaisarvioinnista — maksimipistemäärä on opettajan Työpajan asetuksissa määrittelemä pistemäärä.

Opettaja voi myös käydä opiskelijoiden tekemät palautukset ja niistä tehdyt vertaisarvioinnit yksitellen läpi ja antaa oman arvosanansa vertaisarvioille. Käytännössä tällainen menettely muodostuu vähänkin suuremmalla opiskelijamäärällä tietenkin todella työlääksi. Opettajan tulee pohtia, kuinka tarkasti vertaisarviot tulee käydä läpi ja tehdä sen perusteella valinta näiden kahden vaihtoehdon väliltä. Opettaja voi halutessaan myös muokata vertaisarvioita. Se voi olla aiheellista, jos vertaisarviot on tehty vastoin ohjeita tai muuten epäoikeudenmukaisesti.

Kun vertaisarvioiden arviointi on tehty, opettaja voi kirjoittaa vielä yhteenvedon Työpajasta. Yhteenvedoon voidaan kirjoittaa opettajan arvio, miten Työpajatyöskentely on sujunut: onko työt tehty hyvin vai huonosti, onko vertaisarviot tehty ohjeiden mukaisesti. Yhteenvedossa voidaan antaa myös neuvoja jatkossa tehtäviä Työpajoja varten. Opettaja voi myös asettaa halutessaan valitsemiaan töitä julkaistaviksi kaikkien nähtäville. Tämä on myös hyödyllinen ominaisuus, jos opettaja haluaa laittaa näkyville erittäin hyvin tehdyn työn tai vaikkapa huonosti tehdyn työn.

Lopuksi opettaja sulkee Työpajan. Tällöin opiskelijat näkevät vertaisarvioinneista tulleiden arvosanojen keskiarvon sekä opettajan antaman arvosanan omasta vertaisarvioinneistaan. Lisäksi opiskelija näkee opettajan kirjoittaman yhteenvedon Työ-

pajasta sekä ne työt, jotka opettaja on asettanut kaikkien nähtäväksi.

5.2 Vertaisarviointi TTY:n Matematiikka 1 -opintojaksolla

Opiskelijoiden tekemä matematiikan tehtävien vertaisarviointi otettiin kokeilumielessä käyttöön Tampereen teknillisen yliopiston Matematiikka 1 -opintojaksolla, joka on suunnattu luonnontieteiden tiedekunnan (LTT) ensimmäisen vuoden opiskelijoille. Seuraavissa alaluvuissa esitellään kokeilun toteutusta, saatuja tuloksia ja opiskelijoilta kerättyä palautetta.

5.2.1 Toteutus opintojaksolla

Matematiikka 1 -opintojaksolla opiskelijoilla oli viikoittaiset laskuharjoitukset, jotka koostuivat Moodleen palautetuista tehtävistä, kotona tehdyistä ja laskuharjoituksissa tarkastetuista tehtävistä sekä laskuharjoituksissa paikan päällä tehdyistä tehtävistä. Laskuharjoituksia opintojaksolla oli yhteensä kuusi. Moodleen palautetuista tehtävistä yksi oli Työpaja-tehtävä, joka tuli palauttaa sunnuntai-iltaan klo 23.55 varsinaisia laskuharjoituksia edeltävällä viikolla. Työpajan tehtävien palautuksia alettiin ottaa vastaan maanantaiaamusta klo 10 alkaen, joten opiskelijoilla oli lähes viikko aikaa palauttaa työpajatehtävät.

Työpajatehtävät olivat luonteeltaan kunkin viikon aiheeseen liittyviä todistus- tai muuten tavallista haastavampia ja moniosaisempia tehtäviä. Tällaisten tehtävien ajateltiin sopivan paremmin vertaisarvioitavaksi kuin mekaanisempien laskutehtävien, sillä moniosaisemmissa tehtävissä on enemmän seikkoja, joita tehtävän ratkaisussa tulee ottaa huomioon. Tavoitteena oli myös, että vertaisarvioinnin avulla haasteellisempien tehtävien ratkaiseminen opittaisiin paremmin. Tutkimuksen keskeinen kysymys olikin, edesauttoiko vertaisarviointi työpajatehtävissä olleiden teemojen oppimista. Alla on esimerkkinä neljännen harjoituksen työpajatehtävä.

Harjoitus 4 – Työpajatehtävä: Osoita raja-arvon määritelmää käyttäen, että

$$\lim_{x \rightarrow 4} (x^2 - x) = 12.$$

Toisin sanoen todista kyseinen raja-arvo $\epsilon - \delta$ -todistuksella.

Kaikki Työpajatehtävät on koottu liitteeseen E. Työpajatehtävien ohessa Moodleen julkaistiin myös Työpajatehtävän kanssa samaan aiheeseen liittyvä, melko samankaltainen tehtävä .tex-tiedostomuodossa. Ideana oli, että opiskelijat saivat apua esimerkin muodossa Työpajatehtävää varten. Tiedostomuodoksi valittiin .tex, jotta opiskelijat tutustuisivat samalla L^AT_EX-ladontaohjelmaan. Työpajatehtävät käytiin läpi seuraavan viikon laskuharjoituksissa ja samalla käytiin läpi, kuinka työpajatehtävä tulee arvioida. Näin opiskelijat saivat käsityksen siitä, mitä asioita tehtävän arvioinnissa tulee painottaa. Lisäksi Moodlessa julkaistiin Työpajatehtävän palautuksen määräajan sulkeutumisen jälkeen tehtävän mallivastaus ja arviointiohjeet, joten opiskelijat saivat ohjeet vertaisarvioinnin tekemiseen.

Tehtävien palautusvaiheen jälkeen Työpajat siirtyivät automaattisesti vertaisarviointivaiheeseen. Työpaja asetettiin arpomaan satunnaisesti kullekin tehtävän palautaneelle opiskelijalle kahden muun opiskelijan tekemä tehtävä vertaisarvioitavaksi. Vertaisarvioinnit palautettiin sunnuntaisin kello 23.55 eli tasan viikon päästä tehtävän palautuksen määräajasta. Opiskelijoita kehoitettiin antamaan myös sanallista palautetta numeroarvioinnin lisäksi. Tavoitteena oli, että sanallinen palaute paitisi kertoisi tehtävän tekijälle tehtävässä mahdollisesti tehdyistä virheistä ja epäselvyyksistä, pakottaisi myös vertaisarvioijan paneutumaan tarkemmin ratkaisuun ja arviointiohjeisiin. Tämän toivottiin edesauttavan tehtävien oppimisprosessia.

Vertaisarvioinnin ideana oli myös tutustuttaa opiskelijat tehtävien arviointitapoihin varsinkin arviointiohjeiden kautta. Tällä toivottiin opiskelijoiden oppivan ottamaan käyttöön tiettyjä ratkaisumalleja tehtävien ratkaisuprosessissa. Esimerkiksi monilta kuvan piirtäminen saattaa unohtua tehtävän ratkaisussa, vaikka sen piirtäminen kannattaisi ratkaisuprosessissa. Työpajatehtävissä joissakin tehtävissä kuvan piirtämisestä sai pisteen. Tästä toivottiin seuraavan, että jatkossa opiskelijat piirtävät kuvan tehtävissä, joissa se on perusteltua ja ratkaisuun pääsemistä helpottavaa.

Opintojakson vastuopettaja pystyi seuraamaan saattoi seurata tehtyjä tehtävien ja vertaisarviointi palautuksia reaaliaikaisesti. Näin tehtäviin ja vertaisarviointiin liittyvistä asioista saattoi antaa ohjeita ja kommentteja Moodleen myös kesken Työpajatyöskentelyn. Kuvassa 5.2 näkyy Työpajan käyttöliittymän opettajan näkymä vertaisarviointivaiheessa. Opiskelijoiden anonymiteetin säilyttämiseksi sukunimet on muokattu kuvasta pois.

Vertaisarviointivaiheen jälkeen opiskelijoiden työskentely Työpajassa päättyi, mikä jälkeen arvosanat laskettiin Työpajan omalla työkalulla. Vertaisarviointipisteitä

Sivu: (Edellinen) 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 (Seuraava)

Etunimi / Sukunimi	Palautus	Osallistujan saamat vertaisarviot	Osallistujan antamat vertaisarviot
Isabella	H3T5	- (-) < Juhu	0,833 (-) > Juhu
		- (-) < Ville	1,000 (-) > Riina
Erik	H3_T5	1,000 (-) < Laura	- (-) > Marianna
		1,000 (-) < Maiju	- (-) > Essi
Emma	Tällä käyttäjällä ei ole palautettuja töitä	-	-
Arttu	Tällä käyttäjällä ei ole palautettuja töitä	-	-
Jussi	H3T5	- (-) < Lauri	1,000 (-) > Aapo
		- (-) < Meri	1,000 (-) > Taimi
Riina	H3T5	1,000 (-) < Isabella	0,833 (-) > Erika
		- (-) < Kimmo	0,833 (-) > Petri
Harri	H3_T5	1,000 (-) < Pinja	- (-) > Saku
		0,833 (-) < Milla	- (-) > Sami
Arttu	h3t5	1,000 (-) < Mimmi	- (-) > Laura
		1,000 (-) < Teemu	- (-) > Leo
Aapo	H3T5	1,000 (-) < Jussi	- (-) > Miikka
		1,000 (-) < Niina	- (-) > Nelli
Janne	Tällä käyttäjällä ei ole palautettuja töitä	-	-

Sivu: (Edellinen) 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 (Seuraava)

Kuva 5.2 Moodlen Työpajan opettajan näkymä tehtävien vertaisarviointivaiheessa.

jaettaessa kahden vertaisarvioijan tekemiä arvioitiin väljästi, eli kahdesta tehdystä vertaisarvioinnista sai pisteen. Opiskelijoiden suuren määrän (yli 100 palautettua työtä kaikissa Työpajoissa) vuoksi tehtyjä töitä ja vertaisarvioita ei käyty yksi kerrallaan läpi. Sen sijaan vain sellaisiin vertaisarvioihin, joissa ei ollut mukana sanallista palautetta, puututtiin vaatimalla sanallista palautetta jatkossa. Opiskelijoilta ohjeistettiin myös ottamaan yhteyttä luennoitsijaan mikäli saatujen vertaisarvioiden keskiarvo poikkesi selvästi omasta arviosta. Näin opiskelijan vertaisarviosta saatuja pisteitä saatettiin vielä jälkikäteen muuttaa.

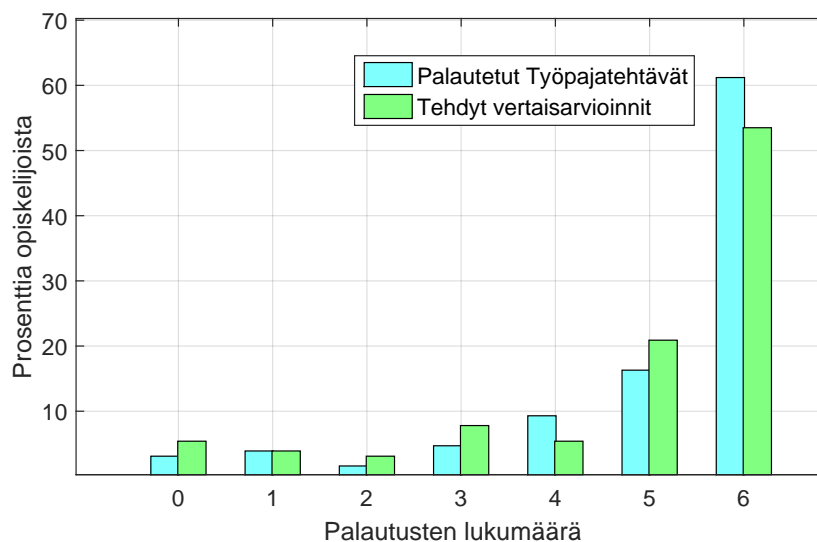
Pisteytysten lisäksi Työpajoista kirjoitettiin opettajan toimesta myös yhteenveto, jossa annettiin ohjeita opiskelijoille myöhempisiin Työpajoihin. Ohjeita annettiin niin varsinaisiin tehtäviin kuin vertaisarviointeihin. Ensimmäisissä yhteenvedoissa ohjeistettiin muun muassa kirjoittamaan ratkaisuihin enemmän sanallisia perusteluja ja välivaiheita. Mitä pidemmälle opintojakso eteni, sen enemmän opiskelijat kirjoittivatkin välivaiheita ja antoivat sanallista palautetta vertaisarvioinneissa.

5.2.2 Opiskelijoiden aktiivisuus ja vertaisarvioinnit Moodlen Työpajassa Matematiikka 1 -opintojaksolla

Matematiikka 1:ssä Moodlen Työpajatehtävistä sai maksimissaan kaksi bonuspistettä opintojakson pistesaldoon, kun viikottaisissa harjoituksissa pisteitä oli tarjolla yhteensä 9. Työpajatehtäviä kannatti siis tehdä harjoituspistepakettia kartuttaakseen, mutta Työpajatehtävien tekeminen oli kuitenkin täysin vapaaehtoista. Siksi onkin kiinnostavaa tarkastella, kuinka aktiivisesti opiskelijat Työpajatehtäviä tekivät.

Kussakin Työpajassa tehtiin yhteensä yli 100 tehtävän palautusta. Keskimäärin tehtävien palautuksia tehtiin 109 kappaletta yhtä Työpajaa kohti. Kun opintojaksolle oli ilmoittautuneita opiskelijoita 129, niin Työpajatehtävän palautti viikoittain keskimäärin 84,5 % opiskelijoista.

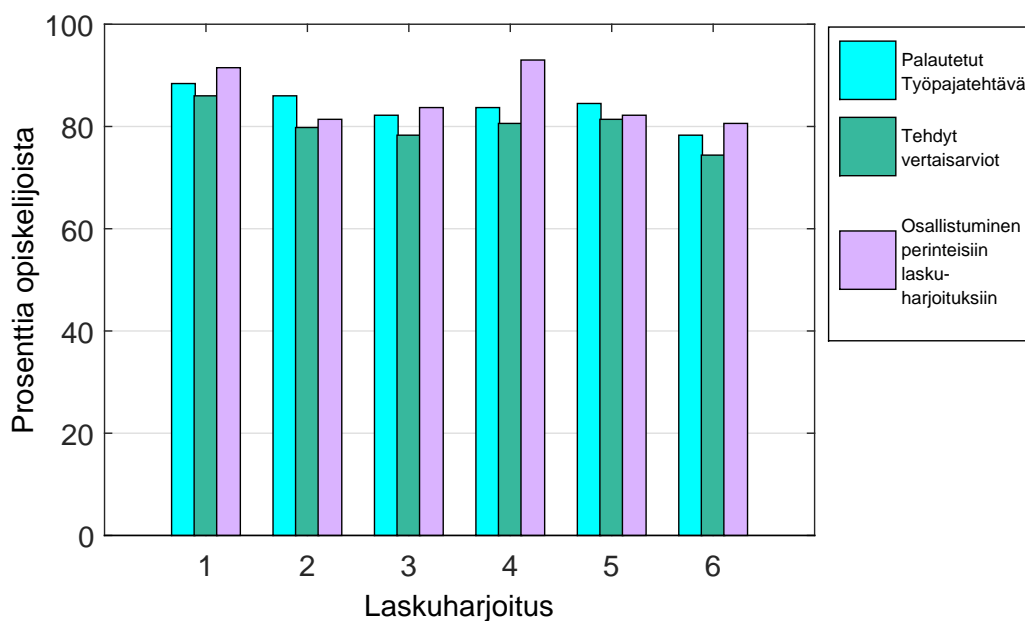
Kaikki tehtävän palauttaneet eivät kuitenkaan tehneet vertaisarviota: keskimäärin vertaisarvioita tehtiin 103,3 yhtä Työpajaa kohti. Kuvassa 5.3 on esitetty pylväsdiagrammien avulla opiskelijoiden aktiivisuus Työpajatehtävissä Matematiikka 1 -opintojaksolla. Kaikki kuusi Työpajatehtäväpalautusta teki 61,2 % opiskelijoista ja vähintään 5 palautusta teki yli kolme neljästä (77,5 %). Kaikki kuusi vertaisarvion-



Kuva 5.3 Opiskelijoiden aktiivisuus Työpajatehtävien ja vertaisarviointien palautuksissa. Vaaka-akselilla tehtyjen palautusten / vertaisarviointien lukumäärä ja pystyakselilla kuinka monta prosenttia opiskelijoista teki tietyn määrän palautuksia. $N = 129$.

tia suoritti 53,5 % opintojakson opiskelijoista ja 96 opiskelijaa (74,4 %) teki vähintään viisi vertaisarviota. Työpajatehtäviä tehtiin siis varsin aktiivisesti siinä missä muitakin harjoitustehtäviä.

Kuvaan 5.4 on koottu vielä kunkin Työpajan palautusaktiivisuudet erikseen ja verrattu osallistumiseen perinteisiin laskuharjoituksiin.

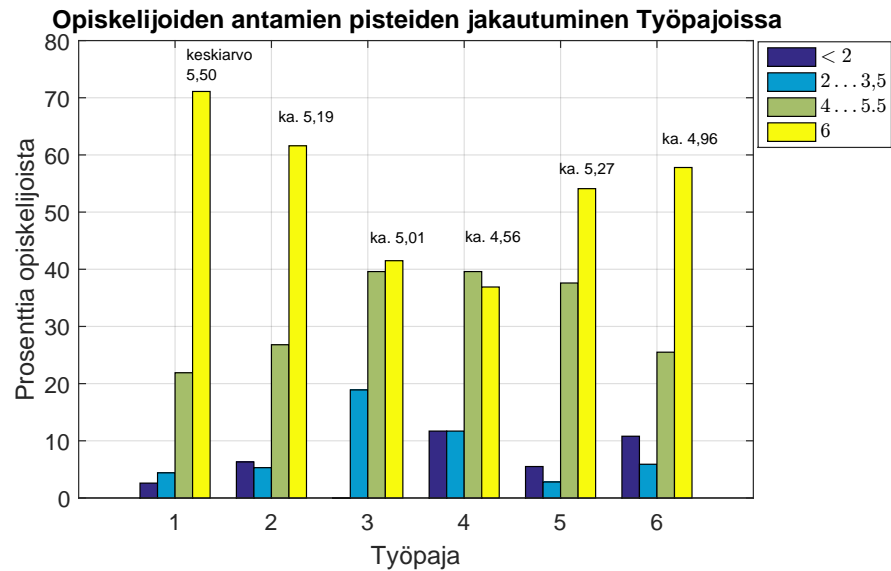


Kuva 5.4 Opiskelijoiden aktiivisuus Työpajatehtävien ja vertaisarviointien palautuksissa sekä perinteisiin laskuharjoituksiin osallistumisessa kullakin harjoitusviikolla. $N = 129$

Palautusten lukumäärä pysyi melko tasaisena koko opintojakson ajan. Palautusten määrä laski hieman ensimmäisestä työpajasta kolmanteen, mutta nousi jälleen sen jälkeen hieman. Tähän saattoi osaltaan vaikuttaa se, että neljännessä Työpajatehtävässä käsiteltiin $\epsilon - \delta$ -todistusta, joka tuli suurimmalle osalle opiskelijoista täysin uutena asiana. Laskuharjoituksissa pyydettiin siten noudattamaan vertaisarviointia tehdessä erityistä tarkkuutta. Vielä viimeisessäkin Työpajassa palautusten määrä oli varsin kelvollinen. Opiskelijat osallistuivat paikan päällä laskettaviin laskuharjoituksiin hieman aktiivisemmin kuin palauttivat Työpajatehtäviä. Muutamalla viikolla Työpajatehtävien palautusprosentti oli hieman suurempi.

Tutkimuksessa tarkasteltiin myös opiskelijoiden vertaisarvioissaan antamia pisteitä ja havaittiin, että opiskelijat antoivat toisilleen melko helposti hyviä pisteitä. Selvästi eniten annettiin täysiä pisteitä (6 pistettä) ja nolla pistettä annettiin lähinnä silloin,

jos palautettua tehtävää ei saatu auki. Korkeita pistemääriä lienee edesauttaneet .tex-esimerkkitehtävät, jotka olivat monien opiskelijoiden mielestä turhan samantaisia kuin varsinaiset Työpajatehtävät (ks. luku 5.4.2). Vertaisarvioiden pistejakaukmat kaikista Työpajatehtävistä on esitetty kuvassa 5.5. Koska vertaisarvioita tehtiin kaksi kappaletta jokaiseen palautettuun tehtävään ja pisteiksi muodostui näiden arvioiden keskiarvo, on pisteytyksissä mukana myös puolikkaita. Kuvassa opiskelijat on kuitenkin luokiteltu pisteiden mukaan neljään eri luokkaan.



Kuva 5.5 Opiskelijoiden vertaisarvioissaan antamien pisteiden jakaumat Työpajatehtävissä. Vaaka-akseli kertoo, mikä Työpajatehtävä on kyseessä ja pystyakselilla on eri pisteitä saaneiden osuus kaikista opiskelijoista. Opiskelijat jaettiin pisteluokkiin, jotka on kuvassa eroteltu eri väreillä. $N = 96-111$

Kuten pylväsdiagrammista havaitaan, Työpajoissa 1, 2 ja 5 jakaumat ovat hyvin samannäköiset. Kuudennessa Työpajassa pistejakauma muistuttaa näitä kolmea, mutta siinä alhaisen pistemäärän saaneita on muihin Työpajoihin verrattuna melko paljon – yli 10 % – mikä laskee sen keskiarvoa. Kaikissa näissä Työpajatehtävissä yli puolet opiskelijoista on saanut vertaisarvioinnista arvosanan 6 eli täydet pisteet. Alle neljä pistettä on saanut vain pieni osa opiskelijoista. Näissä Työpajoissa saatujen pisteiden keskiarvo on pääosin yli 5 ja kuudennessakin vain vähän alle. Myös Työpajoissa 3 ja 4 on annettu eniten arvosanaa 6, mutta toisaalta muita arvosanoja on annettu enemmän kuin muissa Työpajoissa. Kolmannessa ja neljännessä Työpajassa täydet pisteet saaneiden opiskelijoiden osuudet ovat 41,5 % ja 36,9 %. Neljännen Työpajan pistekeskiarvo on melko selvällä erolla alhaisin.

Havainto pisteiden jakautumisesta eri tavalla Työpajoissa 3 ja 4 on mielenkiintoinen ja herättää kysymyksen, mistä erot johtuvat. Työpajatehtävät 1, 2, 4 ja 5 olivat todistustehtäviä ja Työpajatehtävät 3 ja 6 enemmän mekaanisia laskutehtäviä (katso liite E). Yksi syy voi olla, että opiskelijoiden mielestä arviointien laatiminen oli haastavaa tehtävien vaikeuden vuoksi (ks. luku 5.4.2) eikä tehtävistä haluttu vähentää pisteitä, jos arvioinnista oltiin epävarmoja. Koska Työpajassa 3 oli mekaanisempi laskutehtävä (aiheena kompleksiluvun juuret), oli se mitä ilmeisimmin helpompi arvioida ja siten virheet oli helpompi huomata. Näin lienee ollut myös Työpajassa 4, jossa oli helppo tarkistaa ainakin se, toteuttaako ϵ vaaditut ehdot.

5.2.3 Vertaisarviointia koskeva tutkimus

Vertaisarviointiin liittyvässä tutkimuksessa tutkittiin ensisijaisesti vertaisarvioinnin vaikutusta oppimiseen. Lisäksi oltiin kiinnostuttu opiskelijoiden mielipiteistä vertaisarviointiin liittyen. Koettiin ko vertaisarvioinnin tekemisen ja palautteen saamisen edesauttavan oppimista? Miten tehtävien ja vertaisarvioinnin tekemiseen Moodlen Työpajassa suhtauduttiin? Tutkimuksessa tarkasteltiin myös, vaikuttavatko erilaiset oppimisprofiilit mielipiteisiin vertaisarvioinnista ja onko vertaisarviointiin tehdylle panostuksella ja palautteiden laadulla korrelaatiota opintojaksolla menestymisen kanssa.

Opintojakson lopuksi viimeisissä laskuharjoituksissa opiskelijoille järjestettiin vertaisarviointia koskeva kysely (liite F). Kysely toteutettiin paperisena lomakkeena, johon opiskelijat saivat vastata rauhassa harjoitusten aikana. Kysely koostui 13 väitelmästä, joihin vastattiin valitsemalla omaa mielipidettä parhaiten kuvaava vaihtoehto neliportaisen Likertin asteikon avulla sekä kolmesta avoimesta kysymyksestä, joilla pyritään selvittämään opiskelijoiden mielipiteitä vertaisarvioinnista ja Työpajatyöskentelystä kokonaisuudessaan. Kyselyllä pyrittiin selvittämään, vaikuttiko vertaisarvioinnin antaminen ja saaminen opiskelijoiden mielestä Työpajassa olleiden tehtävien ja niihin liittyvien teemojen oppimisprosessiin. Lisäksi oltiin kiinnostuneita opiskelijoiden suhtautumisesta Työpajatyöskentelyyn. Koska opintojaksolla pyrittiin nimenomaan Työpajatehtävien avulla tutustuttaa opiskelijat myös matemaattiseen ladontaan tarkoitettuun LaTeX-ohjelmiston käyttöön, oli kyselyssä myös yksi LaTeXin käyttöön liittyvä väittämä. Sen avulla oli tarkoitus selvittää, kuinka moni opiskelija tutustui opintojakson aikana kyseisen ohjelmiston käyttöön.

5.3 Opiskelijakyselyn kvantitatiivinen analyysi

Tässä luvussa tarkastellaan opiskelijoille järjestetyn Työpajakyselyn tuloksia määrällisen analyysin keinoin, joita on eritelty luvussa 4.4. Määrällinen analyysi tehtiin opiskelijakyselyn Likert-väittämien pohjalta. Tarkastelua tehdään ensin yleisellä tasolla, minkä jälkeen peilataan opiskelijoiden mielipiteitä oppimisprofileihin.

5.3.1 Kyselyn yleisiä tuloksia

Vertaisarviointiin ja Moodlen Työpajaan liittyvän kyselyn tulokset on koottu taulukkoon 5.1. Otos koostuu kaikista 102 kyselyyn vastanneesta opiskelijasta. 27 opintojaksolle ilmoittautunutta opiskelijaa eivät vastanneet kyselyyn. Otos vaihtelee hieman eri kysymyksissä puutteellisista tai virheellisistä vastauksista johtuen. Rasti, joka oli piirretty eri vastausvaihtoehtojen väliin tulkittiin virheelliseksi. Tuloksille laskettu korrelaatiomatriisi löytyy liitteestä H. Korrelaatiot ovat Pearsonin tulomomenttikertoimia.

Tulosten perusteella opiskelijat kokevat yleisesti ottaen oppivansa paremmin tehdessään itse vertaisarviointia kuin saamansa vertaisarvioinnin ja palautteen avulla. Tämän huomaa tutkimalla väittämien 1 ja 2 tuloksia. 63,7 % oli joko osittain tai täysin samaa mieltä väittämän 1 kanssa, jossa kysyttiin vertaisarvioinnin tekemisen merkitystä oppimiseen. Enemmistö opiskelijoista (69,3 %) puolestaan näkee, ettei vertaisarvioinnin ja palautteen saaminen edesauttanut oppimista (väittäjä 2) – lähes kolmasosa oli väittämän 2 täysin eri mieltä. Tulos johtunee osittain siitä, että opiskelijat eivät saaneet mielestään saaneet riittävästi sanallista palautetta ratkaisuistaan: yli puolet (52,0 %) oli kyselyn mukaan sitä mieltä, etteivät he saaneet riittävästi sanallista palautetta (väittäjä 3). Väittämien 2 ja 3 välinen korrelaatiokerroin onkin 0,36, joka on *tilastollisesti merkitsevä* ($p < 0,0005$), vaikkei se erityisen korkea olekaan.

Väittämästä 2 saatujen tulosten valossa ei ole yllättävää, että yli puolet (54,9 %) kyselyyn vastanneista opiskelijoista ei koe opiskelijatoverien antamaa palautetta oppimisen kannalta tärkeäksi (väittäjä 4). Eri mieltä olevien osuus ei kuitenkaan ole väittämän 4 kohdalla niin suuri kuin väittämän 2 kohdalla. Vaikka vain alle kolmannes oppi mielestään paremmin saamansa palautteen avulla, kokee melkein puolet opiskelijatoverien antaman palautteen oppimisen kannalta tärkeäksi. Näissä tuloksissa näkyvät erot johtunevatkin hyvin pitkälti siitä, että saatu sanallinen palaute

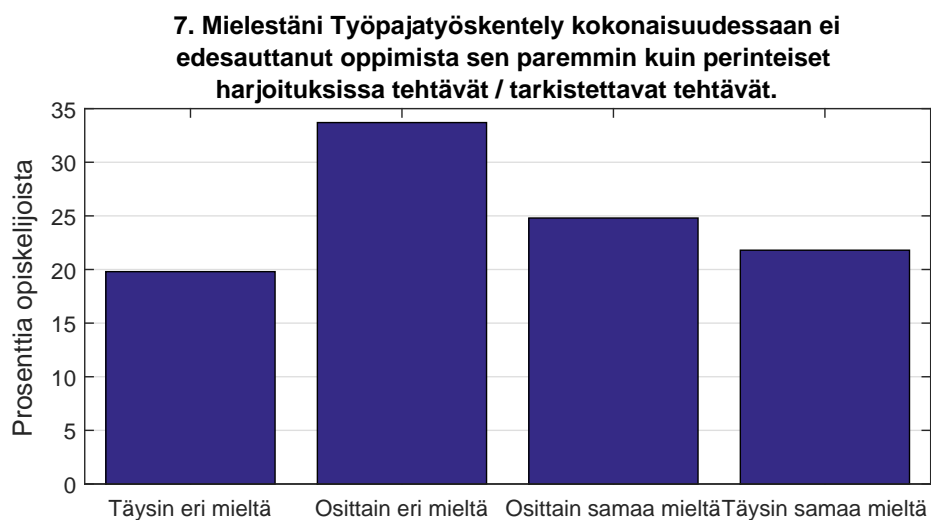
Taulukko 5.1 Työpajakyselyn tulokset. 0 = Täysin eri mieltä, 1 = Osittain eri mieltä, 2 = Osittain samaa mieltä, 3 = Täysin samaa mieltä. Taulukkoon on merkitty vihreällä Työpajalle edulliset mielipiteet ja epäedulliset punaisella.

Väite	0	1	2	3	Moodi	N
1. Opin Työpajatehtävissä käsitellyjä aiheita paremmin tehtyäni vertaisarviointia toisten opiskelijoiden tehtävistä.	7,8 %	28,4 %	51,0 %	12,7 %	2	102
2. Opin Työpajatehtävissä käsitellyjä aiheita paremmin saamani sanallisen palautteen ansiosta.	32,7 %	36,6 %	26,7 %	4,0 %	1	100
3. Sain riittävästi sanallista palautetta ratkaisustani.	12,0 %	40,0 %	40,0 %	8,0 %	1	100
4. Koen opiskelijatoverien antaman palautteen oppimisen kannalta tärkeäksi.	15,7 %	39,2 %	40,2 %	4,9 %	2	102
5. Työpajatyöskentely pakotti tehtävien tarkempaan pohtimiseen.	9,9 %	17,8 %	36,6 %	35,6 %	2	101
6. Saamani vertaisarviointi sai minut suhtautumaan kriittisemmin myös omiin ratkaisuihini.	11,0 %	33,0 %	39,0 %	17,0 %	2	100
7. Mielestäni Työpajatyöskentely kokonaisuudessaan ei edesauttanut oppimista sen paremmin kuin perinteiset harjoituksissa tehtävät / tarkistettavat tehtävät.	19,8 %	33,7 %	24,8 %	21,8 %	1	101
8. Ymmärsin Työpajatehtävissä olleita aiheita paremmin nähtyäni vertaisarvioidessa muiden opiskelijoiden hyvin tehtyjä ratkaisuja.	10,9 %	25,7 %	46,5 %	16,8 %	2	101
9. Opin välttämään vertaisarvioinnissa havaitsemiani opiskelijatoverien tekemiä virheitä.	8,1 %	35,4 %	51,5 %	5,1 %	2	99
10. Koin Työpajatyöskentelyn kokonaisuudessaan liian työlääksi.	18,2 %	54,5 %	21,2 %	6,1 %	1	99
11. Tekisin jatkossa mieluummin yhden Työpajatehtävän (tehtävä + vertaisarviointi) kuin kaksi perinteistä tehtävää.	24,8 %	24,8 %	32,7 %	17,8 %	2	101
12. Vertaisarvioitavien Työpajatehtävien osuus viikottaisista harjoituksista voisi olla jatkossa suurempi.	48,5 %	37,6 %	12,9 %	1,0 %	0	101
13. Harjoittelin L ^A T _E Xilla kirjoittamista sen verran, että osaan kirjoittaa sillä matemaattista tekstiä ainakin jonkin verran.	47,1 %	11,8 %	16,7 %	24,5 %	0	102

jäi liian niukaksi.

Työpaja-aktiiviteetti näyttää saaneen opiskelijat pohtimaan niissä olleita tehtäviä normaalia tarkemmin (väittämä 5), sillä 72,6 % oli väittämän 5 kanssa osittain tai täysin samaa mieltä. Yli kolmannes oli jopa täysin samaa mieltä väittämän kanssa. Tehtävien tarkemman pohtimisen ja tehokkaamman oppimisen välillä voisi kuvitella olevan yhteys. Väittämien 1 ja 5 tulosten välillä onkin tilastollisesti merkitsevä korrelaatio ($r_{1,5} = 0,41, p < 0,0005, N = 101$). Tämän otoksen perusteella vaikuttaisikin siltä, että vertaisarvioinnin tekeminen saa ainakin suuren osan opiskelijoita pohtimaan tehtäviä tarkemmin, minkä seurauksena opiskelijat myös oppivat tehtävien aiheita paremmin.

Kyselyn seitsemännellä väittämällä tiedusteltiin koko Työpajatyöskentelyn — siis tehtävän tekemisen, vertaisarvioitavien opiskelijoiden tehtävien tarkastelemisen, vertaisarvioinnin tekemisen ja saamisen — vaikutusta matematiikan oppimiseen verrattuna perinteisiin laskuharjoituksiin. Perinteisillä laskuharjoituksilla tarkoitetaan kotona tai laskuharjoituksissa paikan päällä laskettavia tehtäviä, jotka tarkistetaan opettajan johdolla. Väittämä oli käännetty negatiiviseksi. Väittämän 7 tulokset on havainnollistettu myös pylväsdiagrammina kuvassa 5.6.



Kuva 5.6 Työpajakyselyn seitsemännenten väittämän tulokset kaikilla kyselyyn vastanneilla opiskelijoilla.

Mielipiteet Työpajan vaikutuksesta oppimiseen vaihtelevat paljon ja vastaukset ovatkin jakaantuneet melko tasaisesti eri vaihtoehtojen välille. Ainoastaan osittain eri

mieltä olevien osuus on hieman muita suurempi. Viidennes kyselyyn vastanneista opiskelijoista kokee Työpajatyöskentelyllä olevan selvästi parantava vaikutus oppimiseen. Toinen viidennes puolestaan kokee, ettei Työpajatyöskentely edesauttanut oppimista yhtään sen enempää kuin perinteiset kotitehtävät.

Vaikka väittämistä 7 saadut tulokset vaihtelevat paljon, on sen perusteella pieni enemmistö (53,7 %) kuitenkin sitä mieltä, että Työpajatyöskentely edesauttaa oppimista enemmän tai vähemmän paremmin kuin perinteiset laskuharjoitukset. Ainakin osalle opiskelijoista vertaisarvioinnin tekemisestä ja saamisesta oli siis hyötyä. Seuraavassa luvussa tarkastellaan tarkemmin, miten erilaiset oppimisprofiilit omaavat opiskelijat suhtautuvat Työpajatyöskentelyyn ja onko eri profiilin opiskelijoilla merkittäviä eroja. Väittämän 8 tulosten perusteella monet opiskelijat hyötyivät vertaisarvioinnin tekemisestä myös siinä mielessä, että he näkivät toisten opiskelijoiden hyvin tehtyjä ratkaisuja. Noin kaksi kolmasosaa opiskelijoista ymmärsivät kyselyn mukaan tehtävien aiheita paremmin nähtyään hyvin tehtyjä ratkaisuja.

Enemmistö (72,7 %) kyselyyn vastanneista ei kokenut Työpajatyöskentelyä liian työlääksi (väittämä 10). Mielenpiteet siitä, tekisivätkö opiskelijat jatkossa mieluummin yhden Työpajatehtävän kuin kaksi tavallista tehtävää, jakautuivat melko tasaisesti. Väittämän kanssa eri mieltä olevia oli lähes yhtä paljon kuin samaa mieltä olevia. Mielenpide Työpajatehtävien osuudesta viikottaisista harjoituksista puolestaan on selvä: 86,1 % vastanneista ei halua Työpajatehtävien osuuden viikoittaisista harjoituksista kasvavan.

Tutkimuksessa havaittiin väittämällä 7 olevan korrelaatiota väittämien 1, 4, 5 ja 11 kanssa. Korrelaatiot on esitetty on esitetty taulukossa 5.2.

Taulukko 5.2 Väittämän 7 korrelaatio väittämien 1, 4, 5 ja 11 kanssa. Väittämä 7 on käännetty positiiviseksi. Kaksi tähteä luvun perässä tarkoittaa, että korrelaatio on tilastollisesti merkitsevä 1 %:n merkitsevyystasolla. ($N = 100-101$.)

	K1	K4	K5	K11
K7	0,47**	0,48**	0,51**	0,52**

Korrelaatio ilmaisee lineaarisen yhteyden voimakkuuden kahden muuttujan välillä. Jos korrelaatiokerroin on yli 0,4, voidaan korrelaatiota pitää melko korkeana. [15] Tehtävien tarkemman pohtimisen ja paremman oppimisen välillä on siis selvästi olemassa yhteys. Opiskelijat, jotka kokevat opiskelijatoverien antaman palautteen tärkeäksi, olivat todennäköisemmin sitä mieltä, että Työpajatyöskentely edesauttoi

oppimista. Lisäksi ne opiskelijat, jotka kokivat oppineensa tehtävien aiheita paremmin Työpajan avulla, luultavammin tekisivät jatkossa Työpajatehtäviä mieluummin kuin ne, jotka eivät nähneet Työpajatyöskentelyn edesauttavan parempaa oppimista.

5.3.2 Oppimisprofiilien vaikutus mielipiteisiin vertaisarvioinnista

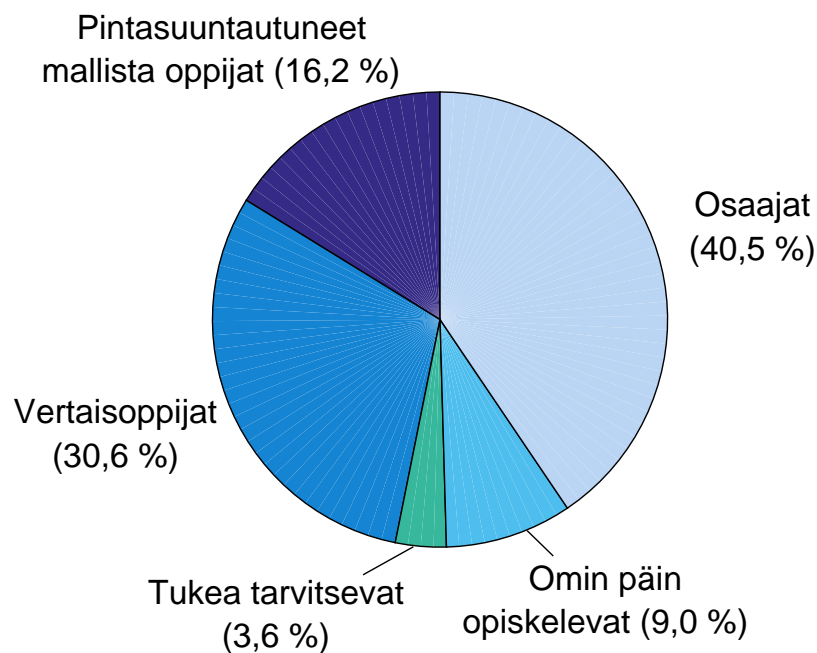
Tutkimuksessa tarkasteltiin myös oppimisprofiilikohtaisia eroja kyselyn tuloksissa. Tällä haluttiin selvittää, hyötyykö jokin tietty opiskelijatyyppe erityisesti vertaisarviointimenettelystä ja toisaalta kokevatko jonkin toisen oppimisprofiilin opiskelijat Työpajatyöskentelyn negatiivisesti. *Oppimisprofiili* on tyypillinen kuvaus siitä, miten opiskelija oppii matematiikkaa. Oppimisprofiileja on tutkittu TTY:llä aikaisemmin useissa eri yhteyksissä (katso esim. [20]).

Opiskelijoiden oppimisprofiilit määritetään matematiikan perustaitojen testin yhteydessä, joka järjestetään vuosittain kaikille TTY:n uusille opiskelijoille. Testin alkukysymyksenä opiskelijoille esitetään matematiikan opiskelua koskeva kysymys, jossa opiskelijoita pyydetään valitsemaan viidestä vaihtoehdosta parhaiten heihin itseensä osuva kuvaus. Oppimisprofiilit ja kuvaukset sellaisena kuin ne opiskelijoille esitetään ovat

1. **Pintasuuntautuneet mallistaoppijat:** Kiinnostukseeni matematiikkaa kohtaan vaikuttaa enemmän koulutusohjelma kuin oma mielenkiinto. Lasken tehtävän usein samalla tavalla kuin se on esitetty kirjassa tai tunnilla, enkä yleensä mieti omaa menetelmää tehtävän ratkaisemiseksi. Kykenen oppimaan matematiikkaa kopioimalla esimerkkiratkaisuja kunhan pidän ajatuksen mukana.
2. **Vertaisoppijat:** Opiskelen mielelläni matematiikkaa yhdessä muiden opiskelijoiden kanssa ja laskiessani toivon, että saan neuvoa, jos en kykene itsenäisesti tehtävää ratkaisemaan. Kiinnitän huomiota esimerkkeihin ja koen, että matematiikan oppiminen on tarpeellista. Tehtäviä laskettaessa on mielestäni tärkeää saada oikea vastaus, vaikka joissakin kohdissa ratkaisua olisi virheitä. Pidän siitä, että yrittämisestä palkitaan.

3. **Tukea tarvitsevat:** Opiskellessani matematiikkaa haluan, että minua opastetaan henkilökohtaisesti vaikeissa kohdissa. Opettajan antamat esimerkit ja opetustapa vaikuttavat paljon siihen, miten omaksun asian. En mielelläni sovelle malliratkaisuja uusiin tehtäviin. Jätän vaikeat tehtävät tekemättä tai kesken. Matematiikan "kieli" vaikuttaa minusta vaikealta.
4. **Omin päin opiskelevat:** Pystyn oppimaan matematiikkaa, jos koen tarvitsevani sitä. En laske tehtäviä mielelläni kavereiden kanssa, vaan opin parhaiten itseni pohtimalla. En myöskään tarvitse opettajan tukea oppimisessäni. Laskutehtävien kopioiminen ei edistä oppimistäni.
5. **Osaajat:** Haluan oppia matematiikkaa syvällisesti, enkä halua opetella asioita ulkoa. Laskiessani vaikeaa tehtävää en luovuta helpolla, vaan yritän ratkaista sen. Pärjään mielestäni hyvin matematiikassa.

Kuvassa 5.7 on esitetty oppimisprofiilien suhteelliset osuudet Matematiikka 1 -opintojaksolla.



Kuva 5.7 Oppimisprofiilien suhteelliset osuudet Matematiikka 1 -opintojaksolla. $N = 111$

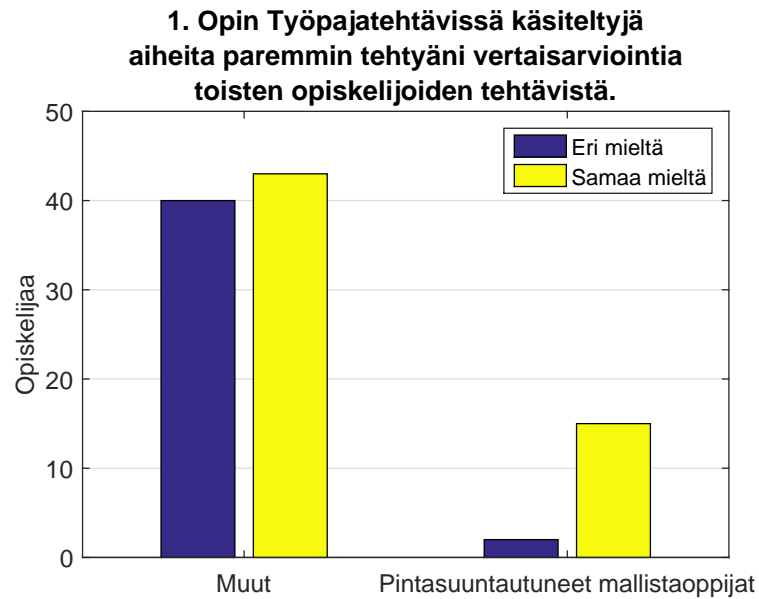
Suurin osa opiskelijoista oli osajia — heitä oli selvästi yli kolmannes. Toiseksi suurin ryhmä oli vertaisoppijat ja pintasuuntautuneita mallistaoppijoita oli kolmanneksi eniten. Näihin kolmeen ryhmään profiloituneet opiskelijat muodostivat valtaosan opintojakson opiskelijoista. Omin päin opiskelevia opintojaksolla oli 10 ja tukea tarvitsevia vain neljä.

Eri profiilien välistä vertailu tehtiin vertaamalla tietyn oppimisprofiilin vastauksia opintojakson muiden opiskelijoiden vastauksiin. Eri profiilien vertailussa vaihtoehdot ”täysin / osittain eri mieltä” yhdistettiin vaihtoehdoksi ”eri mieltä” ja vastaavasti ”täysin / osittain samaa mieltä” yhdistettiin vaihtoehdoksi ”samaa mieltä”. Näin meneteltiin, jotta kolmen suurimman profiilin osalta kumpaankin mielipiteeseen riittävästi frekvenssejä ja siten voitiin luotettavasti tarkastella eri profiilien välisiä tilastollisesti merkitseviä eroja vastauksissa. Omin päin opiskelevia ($N = 6$) ja tukea tarvitsevia ($N = 4$) oli kuitenkin kyselyyn vastanneiden joukossa niin vähän, että niiden erillinen tarkastelu päätettiin jättää tekemättä.

Eniten vertaisarviointiin ja oppimiseen liittyvissä väittämässä omana ryhmänään muista eroavat pintasuuntautuneet mallista oppijat. Myös vertaisoppijoiden mielipiteet muiden opiskelijoiden mielipiteistä eroavat muutamissa kysymyksissä tilastollisesti merkitsevästi. Osajien kohdalla havaittiin tarkastelluista profileista vähiten merkitseviä eroja vastauksissa muihin verrattuna — suurimmat eroavaisuudet liittyivät Työpajan työläyteen ja sekä ladontaohjelmisto L^AT_EXin käytön oppimiseen liittyviin kysymyksiin, eivät niinkään vertaisarviointiin. Opiskelijoiden kaikki vastaukset profileittain kolmen suurimman profiilin osalta on koottu liitteeseen G.

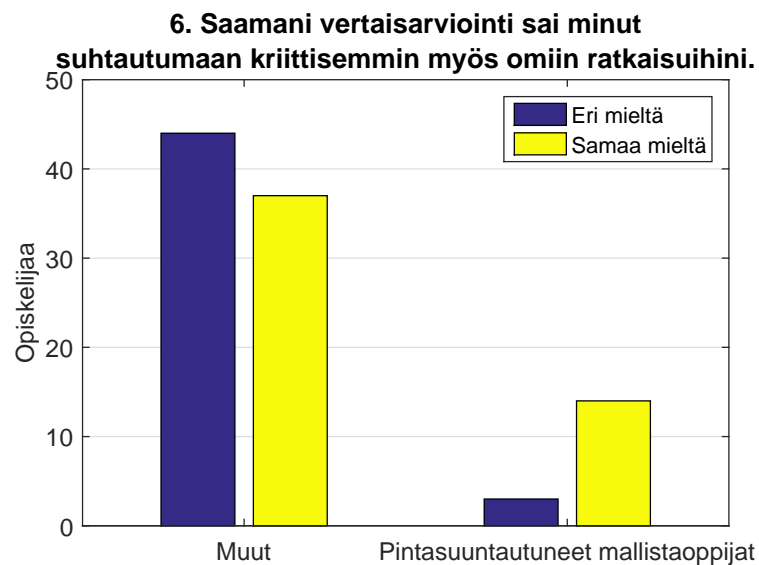
Pintasuuntautuneet mallista oppijat

Kyselyn perusteella erityisesti pintasuuntautuneet oppijat kokivat oppivansa tehtävissä käsiteltyjä aiheita paremmin tehtyään itse vertaisarviointia toisten opiskelijoiden tehtävistä (väittämä 1). Jopa 15 vastaajaa 17 pintasuuntautuneesta oppijasta oli väittämän kanssa samaa mieltä. Muiden opiskelijoiden ($N = 83$) vastaukset jakautuivat väittämässä 1 lähes tasan. Ero on tilastollisesti merkitsevä ($p = 0,006$). Pintasuuntautuneiden oppijoiden ja muiden opiskelijoiden välisiä eroja väittämässä 1 on havainnollistettu kuvassa 5.8.



Kuva 5.8 Pintasuuntautuneista oppijoista valtaosa koki vertaisarvioinnin tekemisen vaikuttavan oppimiseen positiivisesti.

Kuvassa 5.9 on esitetty väittämän 6 tuloksia.



Kuva 5.9 Pintasuuntautuneet oppijat suhtautuivat vertaisarvioinnin ansiosta omiin ratkaisuihinsa muita kriittisemmin.

Suurin osa (82,4%) pintasuuntautuneista mallistaoppijoista oli tämänkin väittämän kanssa samaa mieltä. Mitä luultavimmin pintasuuntautuneet oppijat siis saivat vertaisarvioinnin avulla tietää, missä he olivat tehneet virheitä ja ottivat tästä myös opikseen. Muista opiskelijoista pieni enemmistö (54,3 %, $N = 81$) oli puolestaan väittämän kanssa eri mieltä. Myös tässä väittämässä on tilastollisesti merkitsevä ero pintasuuntautuneiden ja muiden oppijoiden välillä ($p = 0,006$).

Väittämän 6 tulosten perusteella pintasuuntautuneet oppijat saivat muihin verrattuna enemmän hyötyä myös saadusta palautteesta. Tätä johtopäätöstä tukee myös taulukon 5.3 tulokset väittämästä 2, jossa tilastollista eroa voidaan pitää suuntaa antavana ($p = 0,091$) — vaikkakin myös pintasuuntautuneissa pieni enemmistö on väittämän kanssa eri mieltä.

Taulukko 5.3 Ristiintaulukointi oppimisprofiilille (pintasuuntautuneet vs. muut) ja väittämille 2, 5 ja 7. Taulukkoon on merkitty vihreällä Työpajalle edulliset mielipiteet ja epäedulliset punaisella.

Väittäjä		Pintas.		Muut		p
		Eri mieltä	Samaa mieltä	Eri mieltä	Samaa mieltä	
2. Opin Työpajatehtävissä käsitellyjä aiheita paremmin saamani sanallisen palautteen ansiosta.	N	10	7	65	18	0,091
	%	58,8 %	41,2 %	78,3 %	21,7 %	
5. Työpajatyöskentelypakotti tehtävien tarkempaan pohtimiseen.	N	3	14	29	54	0,164
	%	17,6 %	82,4 %	34,9 %	65,1 %	
7. Mielestäni Työpajatyöskentely kokonaisuudessaan ei edesauttanut oppimista sen paremmin kuin perinteiset tehtävät.	N	12	5	44	38	0,200
	%	70,6 %	29,4 %	53,7 %	46,3 %	

Pintasuuntautuneiden oppijoiden mielestä Työpajatyöskentely pakotti tehtävien tarkempaan pohtimiseen. Lisäksi väittämän 7 tuloksista voidaan päätellä, että moni pintasuuntautunut oppija koki Työpajatyöskentelyn edesauttavan oppimista paremmin kuin perinteiset harjoituksissa tehtävät tai tarkistettavat tehtävät. Näissä väittämissä ero muihin vastaajiin ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkitsevä.

Vertaisoppijat ja osajat

Vertaisoppijoiden mielipiteet suhteessa muihin opiskelijoihin eroavat eniten väittämissä 2 ja 6. Suurin osa vertaisoppijoista ei kokenut saadusta palautteesta olleen hyötyä. Tämä käy selvästi ilmi väittämän 2 tuloksista, jotka on esitetty taulukossa

5.4. Tilastollinen ero vertaisoppijoiden ja muiden opiskelijoiden välillä on melkein merkitsevä. Väittämässä 6 ero puolestaan on tilastollisesti merkitsevä: saatu vertaisarviointi sai enemmistön vastaajista suhtautumaan kriittisemmin omiin vastauksiin. Vertaisoppijat erottuvat joukosta, sillä suurin osa heistä oli väittämän kanssa eri mieltä.

Taulukko 5.4 Ristiintaulukointi oppimisprofiilille (pintasuuntautuneet vs. muut) ja väittämille 2,5 ja 7.

Väittämä		Vertaisoppijat		Muut		p
		Eri mieltä	Samaa mieltä	Eri mieltä	Samaa mieltä	
2. Opin Työpajatehtävissä käsitellyjä aiheita paremmin saamani sanallisen palautteen ansiosta.	N	29	4	46	21	0,037
	%	87,9 %	12,1 %	68,7 %	31,3 %	
6. Saamani vertaisarviointi sai minut suhtautumaan kriittisemmin myös omiin ratkaisuihini.	N	21	10	26	41	0,008
	%	67,8 %	32,2 %	38,9 %	61,1 %	

Tulokset vertaisoppijoiden kohdalla voivat aluksi vaikuttaa yllättäviltä. Yksi syy näihin tuloksiin voisi olla se, että erityisesti vertaisoppijat kokivat, etteivät he saaneet riittävästi sanallista palautetta. 20 vastaajaa 33:sta vertaisoppijasta olikin sitä mieltä, ettei sanallista palautetta tullut riittävästi (väittämä 3). Väittämässä 3 ero muihin vastaajiin on kuitenkin pieni. Toinen syy voi olla, että vertaisoppijat tekevät profiilin kuvauksen perusteella tehtäviä yhdessä. Siten he ovat mahdollisesti ratkaisseet tehtävän yhdessä tai ”vertaisarvioineet” tehtäviä jo ennen Työpajaan palauttamista. Tällöin Työpajasta saadussa vertaisarvioinnissa ei välttämättä tule enää paljoakaan mitään uutta. Edellisen päättelyn todenperäisyyttä ei kuitenkaan tämän tutkimuksen puitteissa voida vahvistaa tai kumota.

Vertaisoppijat eivät kuitenkaan pitäneet vertaisarviointimenettelyä missään tapauksessa täysin turhana. Myös heistä enemmistö koki oppivansa paremmin vertaisarvioinnin tekemisen ansiosta. Lisäksi 59,4 % vertaisoppijoista oli sitä mieltä, että Työpajatyöskentely kokonaisuudessaan edesauttoi oppimista paremmin kuin perinteiset harjoitustehtävät. Näissä kysymyksissä (väittämät 1 ja 7) mielipiteet olivat hyvin yhdenmukaisia muiden opiskelijoiden kanssa.

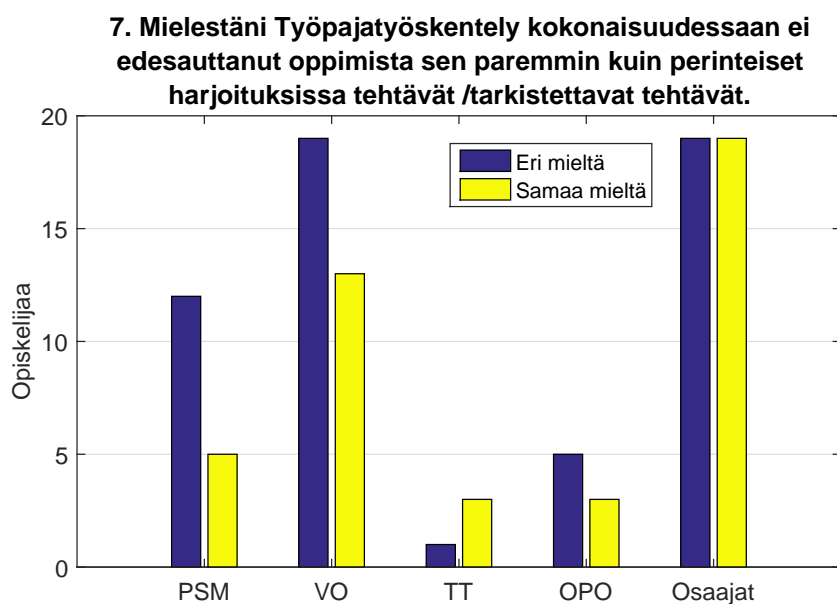
Osaajien mielipiteissä ei havaittu merkitsevää eroa muihin oppimisprofileihin verrattuna. Vertaisarvioinnin tekeminen edisti oppimista myös monen osaajan mielestä ja palautteen ansiosta yli puolet osaajista suhtautui laatimiinsa ratkaisuihin kriittisemmin. Tuloksista kuitenkin havaittavissa osaajien hieman kriittisempi suhtau-

tuminen Työpajatyöskentelyyn. Järjestelmällisesti jokaisessa väittämässä mielipiteet vertaisarviointimenettelyn vaikutuksesta oppimiseen ovat negatiivisempia kuin muilla opiskelijoilla. Paras esimerkki tästä nähdään väittämän 8 tuloksista, joissa on suuntaa antava tilastollinen ero (taulukko 5.5).

Taulukko 5.5 Ristiintaulukointi oppimisprofiilille ja väittämälle 8 (”Ymmärsin Työpaja-tehtävissä olleita aiheita paremmin nähtyäni vertaisarvioidessa muiden opiskelijoiden hyvin tehtyjä ratkaisuja.”).

Oppimisprofiili		Väittämä 8	
		Eri mieltä	Samaa mieltä
Osaajat	N	21	17
	%	55,3 %	44,7 %
Muut	N	22	39
	%	36,1 %	63,9 %

Kuvaan 5.10 on koottu vielä tulokset väittämästä 7 kaikille profileille erikseen. Koska otos on kaikilla profileilla pieni, ei tuloksista voida tehdä kovin tarkkoja johtopäätöksiä. Suuntaa ne kuitenkin antavat ainakin kolmen suurimman profiilin osalta.



Kuva 5.10 Mielipiteiden jakautuminen Työpajasta kokonaisuudessaan kullakin oppimisprofiililla erikseen (PSM = pintasuuntautuneet mallista oppijat, VO = vertaisoppijat, TT = tukea tarvitsevat, OPO = omin päin opiskelevat).

Ei liene yllättävää, että osajien mielipide Työpajan hyödyllisyydestä oppimisen näkökulmasta on kolmesta suurimmasta profiilista kriittisin ja toisaalta pintasuuntauneilla oppijoilla positiivisin. Vertaisoppijoistakin 59,5 % koki Työpajan hyödylliseksi, vaikka saatu arviointi ei heidän mielestään edistänyt oppimista. Kuvasta havaitaan myös, että kaikista profileista löytyy opiskelijoita, joiden mielestä Työpajatyöskentely on edesauttanut oppimista.

5.4 Laadullinen tarkastelu

Tässä luvussa tehdään vertaisarviointiin liittyvän tutkimuksen laadullista analyysiä. Ensin tarkastellaan opiskelijoiden sanallisten palautteen laatua. Sen jälkeen tehdään kvalitatiivista analyysiä opiskelijakyselyn avointen kysymysten pohjalta.

5.4.1 Sanallisen arvioinnin laadun ja tentissä menestymisen yhteys

Vertaisarviointiin liittyvässä tutkimuksessa tarkasteltiin myös Työpajassa annetun sanallisen vertaisarvioinnin laadun yhteyttä tenttiarvosanaan. Luotettavinta tarkastelu olisi, jos käytäisiin läpi kaikkien opiskelijoiden tekemät arvioinnit kaikista Työpajoista. Koska Työpajoja oli kuusi, vertaisarvioiden tekijöitä noin sata kussakin Työpajassa ja jokainen teki kaksi arviota, on kaikkien vertaisarvioiden läpikäyminen suurehko urakka. Siksi laadun tarkastelu tehtiin käymällä yhden tietyn Työpajan kaikki vertaisarviot. Näin saatiin arvioitua kaksi vertaisarviointia opiskelijaa kohden. Tämän avulla saatiin ainakin suuntaa antava arvio kunkin opiskelijan tekemästä vertaisarvion laadusta ja perusteellisuudesta. Otos ($N = 96$ opiskelijaa) on myös riittävän suuri antamaan osviittaa tehtyjen vertaisarviointien laadusta opintojaksolla ylipäättäen, sillä voidaan olettaa vertaisarvioista annettujen arvioiden jakauman olevan jokaisessa Työpajassa samansuuntainen.

Tarkasteluun otettiin opintojakson neljäs Työpaja. Valinta kohdistui tähän, koska tässä vaiheessa opiskelijat olivat saaneet opettajan kirjoittamien Työpaja-yhteenve-tojen perusteella mielikuvan siitä, millaista vertaisarvioinnin tulee olla. Neljäs Työpajatehtävä liittyi funktion raja-arvon todistamiseen, joka on opiskelijoille uusi ja yleensä myös hankala aihe. Toisaalta harjoituksissa opiskelijoita kehoitettiin juuri siksi panostamaan erityisen huolellisesti sanallisen arvioinnin laatimiseen.

Vertaisarvioinnin laatua tarkasteltiin opettajan määrittelemän arvosana-asteikon avulla. Ensin selailtiin opiskelijoiden laatimia vertaisarvioita läpi, jolloin saatiin tietynlainen kuva annetuista arvioinneista. Seuraavaksi laadittiin arvosana-asteikko, jonka mukaan sanallisille arvioinneille annettiin arvosana välillä 0...5. Määritelmät arvosanoille on lueteltu alla.

0 = Ei lainkaan sanallista arviointia.

1 = Yhden virkkeen sanallinen arviointi, joka on selvästi virheellinen ja jossa ei ole noudatettu arviointiohjeita.

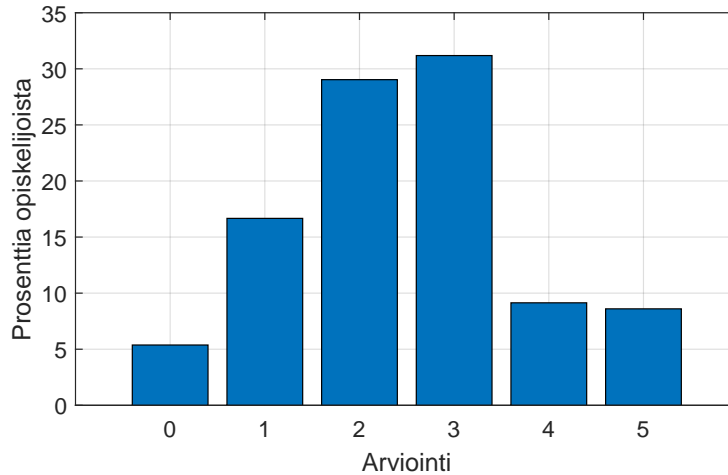
2 = Sanallinen arviointi on sinänsä oikein, mutta se on lyhyt. Arvioinnissa olisi voitu avata tarkemmin, miksi on annettu kyseinen numeroarvosana. Virheistä voisi mainita tarkemminkin.

3 = Lyhyt ja ytimekäs arviointi, joka on oikein. On löydetty kaikki vertaisarvioitavan tehtävän kaikki mahdolliset virheet ja mainittu niistä.

4 = Vaikka arviointi itsessään ei ole täysin arviointiohjeen mukainen, on sanallisessa arvioinnissa perusteltu annettu arvosana täsmällisesti niin hyvin kuin arvioija on tehtävän itse ymmärtänyt. Arviointia on mietitty perusteellisesti.

5 = Perusteellinen sanallinen arviointi, jossa on avattu hyvin annettu arvosana ja joka noudattaa arviointiohjetta. Lisäksi arvioon on lisätty mahdollisesti korjausehdotuksia niihin virhekohtiin kuin myös sellaisista asioista, jotka eivät niinkään itse arvosanaan vaikuta.

Jokainen neljännessä Työpajassa tehty vertaisarviointi arvioitiin opettajan toimesta. Näiden arvosanojen jakauma on esitetty kuvassa 5.11.

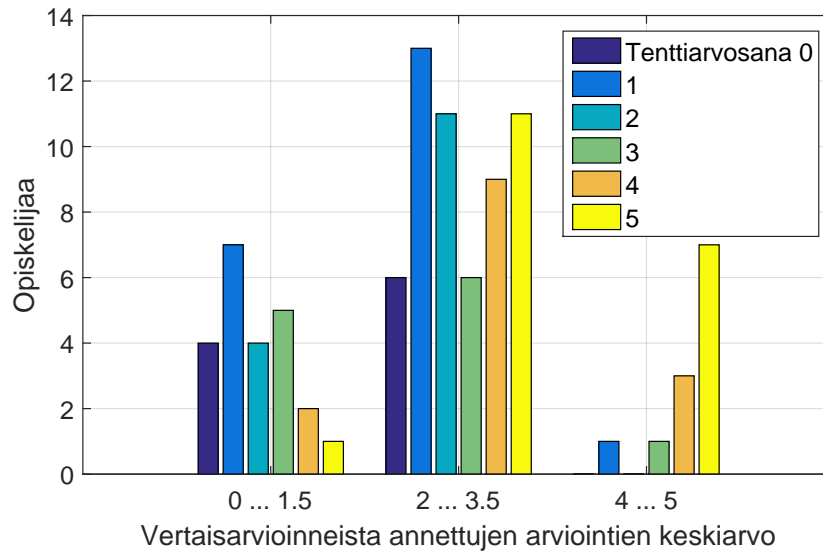


Kuva 5.11 Sanallisista vertaisarvioinneista annettujen arvosanojen keskiarvojen jakauma Työpajassa 4 muistuttaa normaalijakaumaa. $N = 186$.

Kuvasta havaitaan, että opiskelijoille vertaisarvioinnista annettujen arvosanojen jakauma muistuttaa normaalijakaumaa. Jakauma on hieman vino heikompien arvosanojen suuntaan. Kuvasta nähdään myös, että hyväksi tai erinomaiseksi luokiteltavia sanallisia arviointeja oli melko vähän. Sanalliset arvioinnit olivatkin yleensä hyvin lyhyitä, mutta muutamia erinomaisia arvioitakin löytyi.

Vertaisarvioinneista annettuja arvosanoja verrattiin opiskelijoiden saamiin tenttiarvosanoihin. Vertailun mahdollistamiseksi jokaisen opiskelijan vertaisarvioinneista saaduille kahdelle arvioille laskettiin keskiarvo. Vertailulla haluttiin tutkia, onko hyvin tehdyllä sanallisella vertaisarvioinnilla yhteyttä tentissä menestymiseen. Vertaisarvioinneista annetuille arvosanoille ja tenttiarvosanoille tehtiin ristiintaulukointi. Kuvassa 5.12 näkyy, miten tenttiarvosanat ovat jakautuneet vertaisarvioinnista eri arvosanan saaneille.

Kuvan perusteella vertaisarviointiarvosanalla ja tenttiarvosanalla on havaittavissa jonkinlainen yhteys. Varsinkin hyvin vertaisarvioinnin tehneet (arvosana vähintään 4) ovat pärjänneet hyvin myös tentissä: suurin osa hyvin arvioinnin tehneistä saivat tentistä arvosanan 5 eli parhaan arvosanan. Toisaalta heikon arvosanan ($< 1,5$) vertaisarvioinnista saaneiden joukossa ei ole kovin montaa tentissä hyvin menestynyttä. Kohtalaisesti vertaisarvioinnin tehneiden joukossa tenttiarvosanat ovat jakautuneet melko tasaisesti.



Kuva 5.12 Tenttiarvosanojen jakauma tietyn arvosanan vertaisarvioinnista saaneille. $N = 90$.

Vertaisarvioinnista saaduille arvosanojen keskiarvoille ja tenttiarvosanoille laskettiin myös korrelaatio. Korrelaatio laskettiin nyt niin sanotun Spearmanin ρ :n avulla, koska tenttiarvosanat eivät jakautuneet normaalijakauman mukaisesti (arvosanoja 1 ja 5 oli eniten). Korrelaatioksi saatiin 0,365 ja p -arvoksi $< 0,0005$. Korrelaatio on siten tilastollisesti merkitsevä. Vertaisarvioinnista saatujen arvosanojen ja tentissä menestymisen välillä vallitsee siis lievä positiivinen korrelaatio. Näiden tulosten valossa on siis perusteltua tehdä johtopäätös, että näiden kahden välillä on ainakin jonkinlainen yhteys.

5.4.2 Opiskelijakyselyn kvalitatiivinen analyysi

Laadullista analyysiä tehtiin opiskelijoiden avoimiin kysymyksiin kirjoitettujen vastausten perusteella. Kyselyssä oli kaikkiaan kolme avointa kysymystä. Niillä pyrittiin selvittämään, mitä hyvää ja mitä huonoa Työpajatyöskentelyssä opiskelijoiden mielestä oli. Kolmas kysymys tiedusteli opiskelijoiden yleistä mielipidettä Moodlen Työpajasta ja vertaisarvioinnista kokonaisuudessaan.

Yleinen suhtautuminen

Opiskelijakyselyn viimeisellä eli 16. kysymyksellä tiedusteltiin opiskelijoiden yleistä mielipidettä ja suhtautumista Työpajatehtävistä. Opiskelijat jaettiin vastausten perusteella negatiivisesti, neutraalisti ja positiivisesti Työpajatehtäviin suhtautuviin. Tyhjät vastaukset jätettiin huomioimatta. Suhtautuminen tulkittiin negatiiviseksi, jos kysymyksen kohdalla mainittiin pelkästään negatiivisia seikkoja tai suoraan mainittiin, ettei Työpajatyöskentelystä koettu oppimisen kannalta hyötyä. Päinvastaiset näkemykset luokiteltiin positiivisiksi. Jos vastausta ei selvästi pystytty lokeroimaan kumpaankaan näistä, tulkittiin se neutraaliksi.

102 kyselyyn vastanneesta opiskelijasta 99 vastasi kysymykseen 16. Työpajatehtäviin ja vertaisarviointiin positiivisesti, neutraalisti ja negatiivisesti suhtautuvien frekvenssit ja suhteelliset osuudet on esitetty taulukossa 5.6.

Taulukko 5.6 *Opiskelijoiden suhtautuminen Työpajatyöskentelyyn ja vertaisarviointimenettelyyn. (Kysymys 16: 'Kerro vielä mielipiteesi Moodlen Työpajasta ja vertaisarvioinnista kokonaisuudessaan.')*

Kysymys 16		
Positiivinen	N	42
	%	42,4 %
Neutraali	N	36
	%	36,4 %
Negatiivinen	N	21
	%	21,2 %

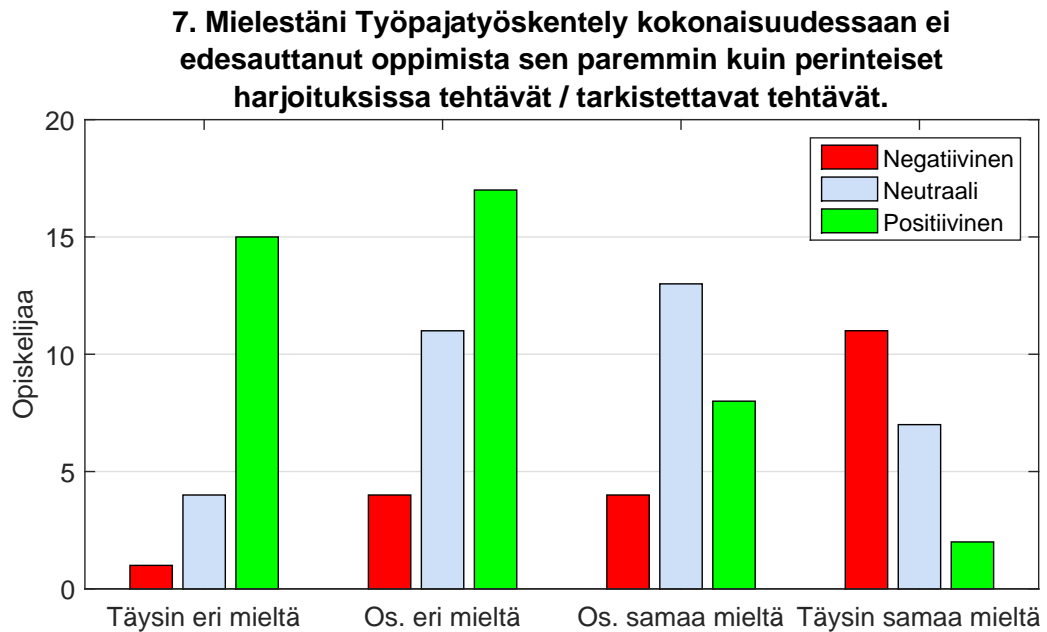
Positiivisesti Työpajatehtäviin suhtautuneita oli kyselyyn vastanneita eniten, joskin neutraalisti suhtautuvia on lähes yhtä paljon. Negatiivisesti suhtautuvia on kysymyksen 16 perusteella vähiten. Negatiivisesti suhtautuvia on kuitenkin myös merkittävä määrä vastaajista, yli viidennes. Negatiivisesti Työpajatehtäviin suhtautuneet olivat kuitenkin mielipiteissään jyrkimpiä. Monet positiivisesti suhtautuneista kokivat vertaisarvioinnin kivana vaihteluna perinteiseen matematiikan opetukseen. Alla on muutamia poimintoja opiskelijoiden vastauksista.

"Hyvä konsepti. => Tunsin oppivani paremmin, kun täytyi ymmärtää toisten ajatuskulkua. Myös sekä omista että muiden virheistä oppiminen toimii hyvin." (MA1)

"Itse koen oppivani paremmin tekemällä tavallisia tehtäviä." (MA2)

”Toimisi, mikäli kanssaopiskelijat näkisivät enemmän vaivaa arvosteluihin.” (MA3)

Opiskelijoiden suhtautumista Työpajaan verrattiin väittämän 7 vastauksiin. Tulokset on esitetty kuvassa 5.13. Kuvan perusteella vaikuttaa siltä, että ne jotka kokivat Työpajatyöskentelyn edesauttaneen oppimista, suhtautuivat todennäköisemmin positiivisesti vertaisarviointimenettelyyn myös kysymyksen 16 perusteella. Vastaavasti suurin osa negatiivisesti suhtautuneista oli väittämän kanssa samaa mieltä. Suhtautumisen ja väittämän 7 välillä vallitseekin suurehko negatiivinen korrelaatio ($-0,492$, $p < 0,0005$). Suhtautumisen ja väittämän 11 (”Tekisin jatkossa mieluummin yhden Työpajatehtävän (tehtävä + vertaisarviointi) kuin kaksi perinteistä tehtävää.”) välillä on vielä suurempi positiivinen korrelaatio: Spearmanin korrelaatiokertoimeksi saatiin $0,616$ ($p < 0,0005$). Korrelaatioita voidaan pitää tilastollisesti merkitsevinä. Tulokset nostavat myös osaltaan kysymyksen 16 perusteella suhtautumisesta tehdyn tulkinnan luotettavuutta.



Kuva 5.13 Vertaisarviointimenettelyyn suhtautumisen ja väittämän 7 vertailua.

Työpajan mainittuja hyviä ja huonoja puolia

Opiskelijakyselyn kysymyksissä 14 ja 15 tiedusteltiin Työpajan hyviä ja huonoja puolia. Vastaukset luokiteltiin yleisimmin esiintyneiden eri teemojen mukaan. Kategoria ”Ei mainintaa” pitää sisällään tyhjäksi jätetty vastaus sekä vastaukset, jotka olivat luokkaa ”Ei tule mitään mieleen.”. Kategoria ”Muut.” pitää sisällään yksittäisiä vastauksia, jotka eivät varsinaisesti liittyneet Työpajatyöskentelyyn, vaan opintojakson muihin asioihin. Tähän kategoriaan sisällytettiin myös sellaisia teemoja, jotka liittyivät vertaisarviointiin, mutta jotka esiintyivät yksittäin ja joita ei voitu sijoittaa muihinkaan teemoihin kuuluviksi. Yleisemmin opiskelijoiden vastauksissa esiintyneitä positiivisia asioita on koottu taulukkoon 5.7.

Taulukko 5.7 *Opiskelijoiden vastauksissa esiintyneitä teemoja kysyttäessä Työpajan hyviä puolia. (Kysymys 14: ’Mitä hyvää Työpajatyöskentelyssä mielestäsi oli?’)*

Teema	N	%
1. Tehtäviä oli pohdittava tarkemmin, jotta ne osasi arvioida.	28	27,5 %
2. Muiden tekemistä hyvistä ratkaisuista ja virheistä oppi.	16	15,7 %
3. Pakotti huolellisuuteen.	15	14,7 %
4. Ei mainintaa.	8	7,8 %
5. Tehokkaampi oppiminen verrattuna perinteisiin tehtäviin.	8	7,8 %
6. Tehtävät olivat hyviä.	8	7,8 %
7. Mallivastauksista ja arviointiohjeista oppi.	5	4,9 %
8. Muut.	14	13,7 %

Eniten vastauksissa mainittiin se, että tehtäviä oli pohdittava tarkemmin. Yli neljäsosa vastauksista käsitteli tätä teemaa. Tehtäviä pidettiin toki muutenkin haastavana, mutta erityisesti tehtävät piti käydä tarkasti läpi, jotta ne pystyi riittävän hyvin arvioimaan. Koska tehtävien tarkempi pohtiminen mainitaan hyväksi asiaksi, on se mitä luultavimmin myös edistänyt oppimista. Monet kokivat haastavammat tehtävät mieleisiksi, sillä niiden pohtimisen koettiin edistävän oppimista ja asiaan perehtymistä siinä missä joitakin muita tehtäviä pidettiin jopa liian helppoina.

”Tehtäviä oli pohdittava tarkemmin toisten tekemiä ratkaisuja tarkistaessa, kuin mitä itse tehtävän tekeminen vaati.” (MA4)

”Työpajatehtävät pakottivat minut opiskelemaan asiaa paremmin. Vertaisarviointi myös pakotti ymmärtämään tehtävän / asian paremmin, jotta pystyin arvioimaan tehtävän.” (MA5)

Seuraavaksi eniten vertaisarvioinnin hyvistä puolista kysyttäessä mainittiin se, että päästiin näkemään toisten opiskelijoiden ratkaisuja. Muiden hyvin tehdyistä ratkaisuista otettiin oppia ja toisaalta huomattiin myös tavallisimpia virheitä. Opiskelijat saivat myös nähdä mahdollisesti toisenlaisia, hyviä tapoja ratkaista tehtävät.

”Muiden ratkaisuja arvioimalla oppi uusia ratkaisutapoja ja huomasi paremmin omat virheet. Tehtävät olivat hyviä.” (MA6)

Monet panostivat Työpajatehtävissä enemmän ratkaisun kirjoittamisen huolellisuuteen. Huolellisuuteen panostettiin, jotta vertaisarvioija ymmärtäisi paremmin, mitä tehtävässä on tehty. Tällä tavalla osa koki mieltävänsä ja jäsenitelevänsä tehtäviä myös itselleen paremmin, kun tehtävät *”kielennettiin”* auki.

”Tehtävää tehdessä tuli kiinnitettyä enemmän huomiota sanallisiin selityksiin ja välivaiheiden selkeyteen.” (MA7)

”Toisten vastausten tarkastamisessa piti itsekin ymmärtää käsitelty aihe. Myös toisten vastausten käsittely auttoi ymmärtämään, miten vastaus kannattaa jäsenellä, jotta se on selkeä.” (MA8)

Muitakin hyötyjä Työpajatyöskentelyllä nähtiin. Opintojaksolla oli myös jonkin verran opettajaopiskelijoita, mikä näkyi muutamissa vastauksissa. Näissä mainittiin, että toisten töiden arvosteleminen oli opettavaista ja hyödyllistä, kun sai tuntumaa, miltä kokeiden arvosteleminen tuntuu. Muutamissa vastauksissa mainittiin arvosteluohjeiden olleen hyviä ja niiden avulla oppi, mikä tehtävässä on tärkeää. Osa koki Työpajatyöskentelyn suurimmaksi hyödyksi sen, että esimerkkien avulla oppi helposti L^AT_EX-ladontaohjelmiston käyttöä. Osa opiskelijoista ei puolestaan suostunut näkemään mitään hyvää vertaisarviointimenettelyssä.

Negatiivisia seikkoja Työpajatyöskentelyssä mainittiin yhtä paljon kuin positiivisiäkin. Niitä on esitelty taulukossa 5.8. Niissä erottuu selvästi neljä teemaa, jotka

käsittävät suurimman osan kysymyksen 15 vastauksista. Työpajatyöskentelyn suurin heikkous lienee sanallisten palautteiden puutteellisuus keho laatu. Tästä saatiin viitteitä jo luvun 5.4.1 tuloksissa.

Taulukko 5.8 *Opiskelijoiden vastauksissa esiintyneitä teemoja kysyttäessä Työpajan huonoja puolia. (Kysymys 15: 'Mitä huonoa Työpajatyöskentelyssä mielestäsi oli?')*

Teema	N	%
1. Vertaisarvioinnit virheellisiä tai puutteellisia.	21	20,6 %
2. Arviointi haastavaa, jos ei itse osannut tehtävää.	21	20,6 %
3. Työläitä ja aikaavieviä.	17	16,7 %
4. Sekava järjestely.	15	14,7 %
5. Ei mainintaa.	8	7,8 %
6. Toisten opiskelijoiden epäselvät ratkaisut.	4	3,9 %
7. Epäselvät arviointikriteerit.	2	2,0 %
8. Muut.	14	13,7 %

Monen opiskelijan mielestä saadut sanalliset palautteet olivat kovin lyhyitä tai ne olivat virheellisiä eivätkä arviointiohjeiden mukaisia. Muutama opiskelija mainitsi, että samasta tehtävästä saattoi saada arvosanoiksi 1 ja 6. Tästä syystä moni ei luottanut opiskelijatovereiden arviointitaitoihin. Osa opiskelijoista ei ollut saanut sanallista palautetta juuri ollenkaan.

”Osa oppilaista ei huomannut virheitä ja arvioi tehtäviä väärin. Oli huono, että Latexiin oli aina valmis tehtävä, koska silloin tehtävän kaikki osia ei tarvinnut tajuta itse. - -” (MA9)

”En kokenut oppivani työpajatehtävistä sen enempiä kuin ns. tavallisista tehtävistä, palautetta vertaisarvioinneista ei juurikaan saanut.” (MA10)

”Liian helpot pisteet, sillä tarkastamiseen motivoi nyt lähinnä ’otetaanpa ne pisteet tosta nopeeta’, eikä se tehtävän ajattelu. Palaute tehtävästä tulee myös myöhään, eli kun käsitellään uutta aihetta, niin yli viikon vanhaan tehtävään ei jaksa enää paneutua. ” (MA8)

Vertaisarviointien heikko laatu selittyy monilta osin yllä mainitun laiskuuden lisäksi sillä, että tehtävät olivat kohtalaisen haastavia — osalle opiskelijoista jopa liian vaikeita. Siksi, kun tehtävää ei itse ymmärretty kunnolla, oli niiden arvioiminen

myös hankalaa arviointiohjeista huolimatta. Tämä korostui etenkin tehtävissä, joissa ratkaisutapoja oli useita. Tästä syystä muutama opiskelija antoi nuhteita mallivastaukselle ja arviointikriteereille, sillä ne eivät ottaneet tarpeeksi huomioon erilaisia tapoja ratkaista tehtävä.

”Tehtävät olivat hyviä, mutta en tiedä hyötykö ketään omista arvioinneista, koska osaaminen on vielä heikolla pohjalla. Tehtävien vastaukset olisivat voineet tulla Moodleen.” (MA11)

”Opiskelijat eivät välttämättä ymmärrä käsiteltäviä asioita niin hyvin, että pystyisivät arvioimaan muiden vastauksia ja löytämään niistä virheitä, varsinkin jos ratkaisu poikkeaa paljon malliratkaisusta tai oikeita ratkaisutapoja on useita. - -” (MA12)

Monien vastaajien mielestä Työpajatehtävät ja ylipäätään sähköisesti palautettavat tehtävät ovat työläitä ja vievät paljon aikaa. Itse tehtävän tekeminen ei välttämättä vienyt niin paljon aikaa, mutta sen konvertoiminen sähköiseen muotoon vei monilta energiaa. Työläyden Työpajatehtävien huonoksi puoleksi mainitsi 16,7 % vastaajista, mikä on sinänsä ymmärrettävää. Ensimmäisen vuoden opiskelijat eivät välttämättä ole aiemmin tottuneet juuri palauttamaan matematiikan tai muidenkaan aiheiden tehtäviä sähköisesti.

Monet antoivat myös kritiikkiä niin Työpajasta kuin muutenkin opintojakson järjestelyistä, varsinkin aikatauluista. Osa kirjoitti yksinkertaisesti unohtaneensa, milloin mikäkin palautus pitää tehdä. Lisäksi useat opiskelijat kokivat, ettei vanhoihin tehtäviin jaksanut enää palata, kun palaute tuli niin myöhään.

”Huonoa oli se, että erilaisia palautuksia eri linkeihin oli joka viikko, kauhea määrä ja niissä on helppo mennä sekaisin → hirveän työllistävää pelkästään palauttaa matikan tehtävät, kun pitäisi laskeakin.” (MA13)

”PDF-tiedoston palautus ja kohtuuton viikoittainen tuntimäärä, joka kuului laskemisen sijaan koneella neppailuun. - -” (MA14)

”Tehtävien palautuksessa meni helposti sekaisin, kun tehtäviä piti palauttaa eri aikoihin ja eri paikkoihin. - -” (MA15)

Muutamissa vastauksissa annettiin myös kritiikkiä siitä, että tehtävät olivat liian samankaltaisia luento-esimerkkien tai Työpajatehtävien ohkeen liitettyjen L^AT_EX-esimerkkien kanssa. Myös se harmitti muutamia, ettei saatua vertaisarviota päässyt enää kommentoimaan.

”Ei mitään järkeä, että monet tehtävistä niin vaikeita, että esimerkin oli oltava liian samanlainen: ei toiminut vinkkinä, vaan kopiaintialustana. Hyödyttää ketä? Helpompi tehtävä + vähemmän apuja olisi oppimisen kannalta parempi, sekä tekisi vertaisarvioinnista mielekkäämpää. Vaikeat sitten vaikka harkkoihin.” (MA16)

5.5 Johtopäätökset

Matematiikka 1 -opintojaksolla tehdyn kokeilun perusteella ensimmäisen vuoden opiskelijat suhtautuvat vertaisarviointiin ja erityisesti Moodlen Työpajassa tapahtuvaan vertaisarviointiprosessiin vaihtelevasti. Osalle opiskelijoista vertaisarviointi sopii ja he kokevat vertaisarvioinnin edistävän oppimista. Vastaavasti neutraalisti tai negatiivisesti Työpaja-vertaisarviointiin oli kyselyn mukaan niin ikään useita. Positiivisesti vertaisarviointiin suhtautuneita oli kuitenkin eniten (42,4 % vastaajista) ja negatiivisesti suhtautuvia vähiten (21,2 %). Myös Niemelän tutkimuksessa havaittiin opiskelijoiden mielipiteiden vaihtelevan, joskin mielipiteet jakautuivat vielä tasaisemmin positiivisen ja negatiivisen suhtautumisen kesken [14].

Tutkimuksessa havaittiin, että varsinkin pintasuuntautuneet mallista oppijat, jotka eivät ole erityisen kiinnostuneita opiskelemaan matematiikkaa syvällisesti, kokiivat vertaisarviointimenettelyn edesauttavan oppimistaan. Muiden oppimisprofiilien edustajien mielipiteet jakautuivat tasaisemmin, mutta mikään profiili ei suhtautunut Työpajatyöskentelyyn selvästi negatiivisesti.

Työpajatyöskentelyn positiivisimpana asiana pidetään sitä, että vertaisarvioissa tehtäviin ja niihin liittyviin aiheisiin paneudutaan tavallista huolellisemmin. Se olikin vertaisarviointimenettelyn tärkeimmistä tavoitteista. Opiskelijat kokevatkin vertaisarviointiprosessissa vertaisarvioinnin tekemisen oppimisen näkökulmasta selvästi hyödyllisemmäksi kuin arvioinnin ja palautteen saamisen. Tähän vaikutti osaltaan myös sanallisten palautteiden heikohko laatu, jonka vuoksi saaduista vertaisarvioista oli monien mielestä hankala saada mitään irti. Myös Niemelän tutkimuksen perusteella opiskelijat suhtautuivat toisten arvioimiseen positiivisemmin kuin palautteen

saamiseen. Lisäksi, kuten tässäkin tutkimuksessa, Niemelän tutkimuksen mukaan vertaisarviointimenettelyn huonoin puoli on se, että vertaisen arvioinnit olivat epäluotettavia [14].

Vertaisarvioinnin antamisen vaikeudesta mainitsee myös Atjonen [2]. Arviointien vaatimattomaan tasoon vaikutti luonnollisesti tehtävien haastavuus, mutta myös arviointiohjeiden ja mallivastauksen selkeydellä on oma osansa. Kokeilun perusteella opittiinkin, että mallivastaukset ja arviointiohjeet tulee olla erityisen tarkat laadukkaana vertaisarvioinnin mahdollistamiseksi — vaikkakin mallivastauksista ja arviointiohjeista annettiin myös positiivista palautetta. Erityisesti tämä korostuu tehtävissä, jotka voi ratkaista useilla eri tavoilla.

Malliesimerkkejä katselemalla voidaan oppia *muistamaan* erilaisten matematiikan tehtävien ratkaisun rakenne. Vertaisarvioinnin avulla voidaan parantaa ymmärtävää oppimista. Kuten Race ym. toteavat, vertaisarviointi on erittäin tehokas tapa kehittää ja syventää omaa ymmärrystä opittavaan asiaan [22]. Joissakin opiskelijakyselyn vastauksissa todettiin, että toisten tehtäviä vertaisarvioidessa tuli itsekin ymmärtää käsitelty aihe. Kun ratkaisun vaiheiden tietämisen lisäksi *ymmärtää*, mikä esimerkiksi $\epsilon - \delta$ -todistus osoittaa funktion jatkuvuuden jossakin pisteessä, on oppiminen laadukkaampaa.

Osa opiskelijoista koki Työpajatyöskentelyssä ongelmalliseksi työskentelyaikataulun. Vertaisarviointeja pääsi lukemaan vasta viikko sen jälkeen, kun tehtävä oli palautettu. Luennoilla oltiin ehditty siirtyä jo uusiin teemoihin, eikä monet enää jaksaneet tai halunneet palata vanhojen aiheiden pariin ja lukemaan vertaisarviointeja. Havolan ym. [5] kokeilussa opiskelijoiden mielestä parasta vertaisarvioinnissa oli juuri se, että omista ratkaisuksista sai palautetta välittömästi. Tässä onkin Työpajan ongelmakohta, sillä opiskelijat eivät näe annettua vertaisarviointia ennen kuin vertaisarvioinnin määräaika on ohi. Vertaisarvioinnin tekoon annettua aikaa lieneekin syytä pohtia, jotta opiskelijoilla olisi riittävästi aikaa sen tekemiseen ja toisaalta, että tehtävän ratkaisusta ei olisi kulunut liian kauan.

Lisäksi on syytä pohtia, tulisiko vertaisarviointeja arvioida opettajan toimesta tarkemmin. Tähän tutkimukseen liittyneessä kokeilussa vertaisarvioinnista sai pisteet, jos sen ylipäättään teki. Se saattoi osaltaan laskea opiskelijoiden motivaatiota tehdä vertaisarviointi huolellisesti. Hyvin tehty vertaisarviointi palkitsi kuitenkin myöhemmin tekijänsä, sillä tutkimuksen perusteella huolellisesti vertaisarvioinnin laatineet menestyivät keskimäärin paremmin myös tentissä. Hyvää tenttimenestystä ei tie-

tenkään voida yksin perustella hyvin tehdyllä vertaisarvioinnilla, sillä usein hyvin menestyvät opiskelijat tekevät tunnollisesti myös muut harjoitukset.

Hieman yli puolet opiskelijakyselyyn vastanneista olivat sitä mieltä, että Työpaja-työskentely kokonaisuudessaan edesauttoi oppimista paremmin kuin tavalliset ilman vertaisarviointia ratkaistavat tehtävät. Myös Niemelän tutkimuksen mukaan oppiminen syvenee vertaisarvioinnin avulla [14]. Vaikka melkein puolet opiskelijoista olikin eri mieltä, ei se kuitenkaan tarkoita, etteikö vertaisarvioitavien tehtävien avulla oppimista tapahtuisi perinteisiä tehtäviä vastaavalla tavalla. Osa vastaajista toki mainitsi, että Työpajaan liittyvään työskentelyyn kului jonkin verran aikaa ja saman ajan olisi voinut mieluummin käyttää useampien matematiikan tehtävien ratkaisemiseen.

Tämän tutkimuksen mukaan yli puolet Matematiikka 1 -opintojakson opiskelijoista kokee vertaisarviointimenettelyn oppimista edistäväksi, joten se lienee kokeilemisen arvoista jatkossakin. Jos vertaisarvioinnin tehokkuutta saadaan muun muassa paremman ohjeistuksen avulla parannettua, olisi mielenkiintoista tutkia oppimistuloksia ja opiskelijoiden kokemuksia myös muissa opintojaksoissa. Vaikka positiivisesti Työpajatehtäviin suhtautuneita on paljon, on opiskelijoiden selvän enemmistön mielipide se, että Työpajatehtäviä ei saisi olla yhtä tehtävää enempää yhtä harjoitusviikkoa kohti. Joistakin negatiivisista seikoista huolimatta vertaisarviointikokeilu Moodlen Työpajassa oli kuitenkin kokemuksena positiivinen.

6. TUTKIMUKSEN LUOTETTAVUUS

Tutkimuksen kokonaisluotettavuutta voidaan mitata sen reliabiliteetin ja validiteetin avulla. *Reliabiliteetti* kertoo tutkimuksen kyvystä antaa tuloksia, joita ei voi saada sattumalta. Tutkimus on reliabeeli, jos mittausta toistettaessa saadaan sama tulos tutkijasta riippumatta. *Validiteetilla* tarkoitetaan tutkimuksen kykyä mitata sitä, mitä siinä oli tarkoituskin mitata. Validiteetti kertoo, miten tutkija on onnistunut siirtämään tutkimuksessa käytetyn teorian käsitteet ja ajatuskokonaisuuden kyselylomakkeeseen eli *operationalisoimaan* käsitteet arkikielen tasolle. [35]

Opiskelijoiden suhtautumista ja mielipiteitä STACK-tehtäviin tutkittiin opintojaksoilla Matematiikka 1 ja Insinöörimatematiikka B1 opiskelijoille järjestetyn kyselyn avulla. Kyselyssä oli 10 Likert-asteikollista väittämää ja neljä avointa kysymystä. Väittämien sisältö harkittiin tarkasti epäselvyyksien välttämiseksi. Tutkimukseen osallistui yhteensä 251 opiskelijaa. Vastaaajien määrän voidaan siis sanoa olleen riittävän suuri luotettavan kvantitatiivisen tutkimuksen suorittamiseksi. Neljän avoimen kysymyksen perusteella voitiin analysoida opiskelijoiden mielipiteitä kvalitatiivisen tutkimuksen keinoin.

MA1:n ja IMA1:n opiskelijoiden vastaukset jakautuivat väittämässä hyvin samankaltaisesti. Selvä enemmistö sekä MA1:n että IMA1:n suhtautui laadullisen tutkimuksen perusteella STACK-tehtäviin positiivisesti ja negatiivisesti suhtautuneita oli molempien joukossa vain muutama. Molempien opintojaksojen opiskelijat näkivät STACKissa sekä hyvät että huonot puolet hyvin samalla tavalla. Nämä seikat nostavat tutkimuksen validiteettia. Myös Panulan tutkimuksen [18] mukaan opiskelijat pitivät STACKin parhaana ominaisuutena juuri välitöntä palautetta, mikä kertoo osaltaan tutkimuksen reliabeeliudesta.

Opiskelijoiden aktiivisuuteen liittyvä data saatiin suoraan Moodlen lokitiedoista, jonne kaikki STACKiin liittyvä aktiivisuus tallentui. Data saatiin ladattua Excel-tiedostona ja se analysoitiin Matlab-ohjelmiston avulla. Tarkoituksena oli tutkia, miten aktiivisuus STACK-tehtävissä jakautuu harjoitusviikon aikana ja onko tent-

tiarvosanalla ja tehtävien palautusajalla yhteyttä. Tutkija ei vaikuttanut tuloksiin millään tavalla, sillä valmis data tuli vain järjestää luettavaan muotoon. Tutkimus voidaan siis helposti toistaa samalla aineistolla.

Tutkimuksessa havaittiin opiskelijoiden tekevän STACK-tehtäviä hieman aktiivisemmin kuin osallistuvan perinteisiin laskuharjoituksiin. Tarkastellessa aktiivisuuden jakautumista eri aikaväleihin huomattiin, että STACK-tehtäviä tehdään eniten lähellä tehtävien palautuksen määräaikaa. Lisäksi aktiivisen tehtävien tekemisen ja tenttiarvosanan välillä havaittiin kohtalaisen merkittävä korrelaatio. Samat havainnot tehtiin myös Rasilan, Harjulan ja Zengerin tutkimuksessa [21].

Myös vertaisarviointia tutkittiin opiskelijoille järjestyn mielipidekyselyn avulla. Kyselyssä oli 13 Likert-väittämää ja kolme avointa kysymystä. Vertaisarviointi oli osana opetusta vain MA1:ssä, joten tutkimukseen osallistui 102 opiskelijaa. Kyselyn väittämät räätälöitiin juuri tätä tutkimusta varten, joten tulokset eivät ole suoraan verrattavissa muihin tutkimuksiin. Parhaiten tutkimusta voidaan verrata Niemelän tutkimukseen [14].

Tutkimuksen perusteella vertaisarviointiin suhtaudutaan pääosin positiivisesti. Neutraalimmin ja negatiivisemmin suhtautuvia on kuitenkin merkittävästi. Niemelän havainnot omassa tutkimuksessaan yliopiston opiskelijoiden osalta olivat samansuuntaiset. Lisäksi sekä tässä että vertailun kohteena olevan tutkimuksen perusteella opiskelijat kokevat oppivansa paremmin tehdessään vertaisarviointia kuin saadessaan palautetta.

Tutkimuksen luotettavuus haluttiin vankistaa menetelmätriangulaation avulla. Tällä tarkoitetaan tutkimuksen tekemistä eri aineistonhankinta- ja tutkimusmenetelmillä [4]. Suhtautumista Työpajaan ja vertaisarviointiin tutkittiin sekä kvantitatiivisesti että kvalitatiivisesti. Varsinkin väittämän 7 ja kysymyksen 16 tulokset tukevat toisiaan, joten eri menetelmillä saadut tulokset ovat siltä osin sopusoinnussa keskenään.

Tutkimus tehtiin erittäin huolellisesti ja rehellisesti. Saadut tulokset analysoitiin tarkasti varmistaen, että tuloksista on laskettu juuri se, mitä pitikin. Tutkimusta tehtiin alusta loppuun hyvien tieteellisten käytäntöjen [35] mukaisesti. Tämän ja edellä käsiteltyjen työn kahden eri osa-alueen luotettavuustarkastelun perusteella tutkimuksen kokonaisluotettavuutta voidaan pitää hyvänä.

Osa mielipidekyselyjen tuloksista on yleistettävissä. Yleisesti voitaneen todeta, että opiskelijat pitävät STACK-tehtävissä eniten välittömästä palautteesta ja vertaisarviointimenettelyssä arvioinnin laatiminen on oppimisen kannalta palautteen saamista hyödyllisempää. Kokonaisuudessaan STACKia ja vertaisarviointia koskevien mielipidekyselyjen tuloksia ei voida kuitenkaan vastaavanlaisten tutkimusten puutteen vuoksi yleistää.

7. YHTEENVETO

Seuraavassa esitellään työn tärkeimmät tulokset, pohditaan niiden merkitystä ja esitetään ideoita jatkotutkimuksiin. Työssä selvitettiin opiskelijoiden suhtautumista STACK-tehtäviin ja kuinka aktiivisesti tehtäviä tehdään. Toinen tutkimuksen kohde oli vertaisarviointi oppimiskeinona Moodlen Työpajassa Matematiikka 1 - opintojaksolla. Tutkimuksella pyrittiin kartoittamaan erityisesti opiskelijoiden kokemuksiä ja mielipiteitä Moodlen Työpajan avulla suoritettavasta vertaisarviointimenettelystä.

Mielipidekyselyn perusteella STACK-tehtävät sopivat hyvin osaksi laskuharjoituksia. STACKin avulla opiskelijat voivat kätevästi ratkaista ja tarkistaa tehtäviä itse. Tehtäville, jotka on hankala toteuttaa STACKilla, jää siten enemmän aikaa paikan päällä tehtäviin laskuharjoituksiin. STACK-tehtäviä tehdessään opiskelijat saavat ohjelmistolta vihjeitä tehtävien ratkaisemiseen. Varsinkin Matematiikka 1 - opintojakson opiskelijoiden mielestä STACK-tehtävät toimivat hyvin perehdyttävänä ja toisaalta kertaavina tehtävinä. Siten STACKin voidaan sanoa tukevan matematiikan opiskelua hyvin yliopistotason opintojaksoilla.

Opiskelijat suhtautuvat STACK-tehtäviin hyvin myönteisesti. Suurin osa kyselyyn vastanneista tekisi niitä mielellään jatkossakin. Yli 70 % opiskelijoista oli myös sitä mieltä, että STACK-tehtävät edesauttavat oppimista vähintään yhtä hyvin kuin perinteiset laskuharjoituksetkin. Opiskelijat myös ratkaisivat STACK-tehtäviä hieman aktiivisemmin kuin osallistuivat perinteisiin laskuharjoituksiin. STACKin avulla opiskelijoita saatiin siis aktivoitua tekemään tehtäviä hieman enemmän.

STACK-tehtävien kehittämiseen kannattaa panostaa jatkossakin. Kun TTY:n oman kehitystyön ja muiden yliopistojen yhteistyön ansiosta saadaan kasattua riittävän suuri tehtäväpankki ja tehtäviä monipuolistettua, voidaan tehtävien hyödyllisyyttä tutkia tarkemmin useammallakin opintojaksolla. Lisäksi voidaan pohtia jopa mahdollisuutta tehdä täysin verkkopohjainen kurssi tai vaikkapa sähköisiä tenttejä STACK-tehtävien avulla. Mielenkiintoista olisi myös tutkia tarkemmin opiskelijoijoi-

den tekemiä virheitä STACK-tehtävissä ja analyysin perusteella kehittää tehtäviä edelleen, erityisesti niissä annettavia vihjeitä. Tähän liittyvä tutkimus voisi sopia oppinäytetyön aiheeksi.

STACK voisi soveltua hyvin yliopiston lisäksi myös alemmille kouluasteille. Tarkoituksena onkin viedä STACK myös lukioihin ja kenties peruskouluuunkin. Tällöin voitaisiin tutkia STACK-tehtävien soveltuvuutta matematiikan opetukseen laajemmin. Matematiikan opetuksessa on peruskoulun uuden opetussuunnitelman mukaan tarkoitus opettaa jatkossa myös ohjelmointia [17]. STACK-tehtävien laatiminen voisi olla sopivan tasoinen ja hauska tapa opettaa ohjelmoinnin perusteita.

Opiskelijoiden suhtautuminen Moodlen Työpajaan ja sen avulla tehtyyn vertaisarviointiin on yleisesti ottaen positiivinen, joskaan ei niin selvästi kuin suhtautuminen STACKiin. 42,4 % opiskelijoista suhtautui Työpajatyöskentelyyn positiivisesti, 36,4% neutraalisti ja 21,2 % negatiivisesti. Vertaisarvioinnin laatiminen koettiin oppimisprosessissa palautteen saamista selvästi tärkeämmäksi. Tähän vaikutti osaltaan sekä Työpajan aikataulutusta että yleisesti ottaen sanallisten vertaisarvioiden heikko laatu. Työpajatehtäviä tuli pohtia tavallista tarkemmin pystyäkseen laadukkaaseen vertaisarviointiin. Vertaisarviointi koettiin haastavaksi erityisesti, jos ei itse ymmärtänyt tehtävän ratkaisua riittävän hyvin.

Työpajakyselyyn vastanneista 53,5 % koki, että Työpajatehtävät edesauttoivat oppimista paremmin kuin perinteiset laskuharjoitustehtävät. Tehtävien tarkempi pohdittaminen ja suurempi huolellisuus tehtäviä ratkaistaessa vaikuttivat osaltaan tähän. Eniten vertaisarviointimenettelystä hyötyivät oppimisprofiililtaan *pintasuuntautuneet mallista oppijat*, joista 70,6 % oli sitä mieltä, että Työpajatyöskentelyllä oli positiivinen vaikutus oppimiseen. Noin puolet opiskelijoista haluaisi tehdä Työpajatehtäviä jatkossakin.

Tutkimuksessa havaittiin, että opiskelijat osallistuvat perinteisiin laskuharjoituksiin hieman aktiivisemmin kuin palauttavat Työpajatehtäviä Moodleen. Vertaisarviointimenettely ei siis aktivoinut opiskelijoita tekemään tehtäviä enemmän, joskaan se ei juuri vähentänyt oppimisen aktiivisuutta laskea tehtäviä. Vieläkin paremmalla ohjeistuksella vertaisarvioinnin laatimiseen ja aikataulujen hiomisella sanallisten vertaisarvioiden laatua voitaisiin kenties parantaa. Tällöin myös saaduista palautteista saataisiin suurempi hyöty.

Työpajatehtäviä voisi kokeilla useammallakin opintojaksolla ja varsinkin täysin verk-

kopohjaisilla kursseilla, joilla kontaktiopetusta ei ole. Niissä vertaisarviointi voi osoitautua vielä tärkeämmäksi oppimisen kannalta, kun lähikontaktiopetusta ei ole ja harjoituksista ei muuten ole saatavissa palautetta. Vertaisarvioitavaksi voisi miettiä myös vähemmän haastavia tehtäviä ja tiukempaa arviointia vertaisarvioille. Vertaisarvioitavaksi voisivat sopia hyvin myös vaikkapa harjoitukset, joissa matematiikan tehtävien ratkaisut tulee kirjoittaa \LaTeX -ladontaohjelmiston avulla.

Työssä esiteltyt verkkotyökalut tuovat uusia mahdollisuuksia matematiikan opetukseen. STACK on pitkän kehitystyön läpikäynyt ohjelmisto ja Moodle-integraatio tuo STACKin laajalti opettajien ulottuville niin kouluihin kuin yliopistoihinkin. Panulan tutkiessa STACKin käyttömahdollisuuksia se sopi vasta kiinnostuneiden opettajien ohjelmistokehitysprojektiksi [18]. Nykyisellään STACKin käyttöliittymä mahdollistaa kuitenkin tehtävien laatimisen melko vaivattomasti vähemmälläkin ohjelmiston tuntemuksella. Yliopistojen Materiaalipankki -yhteistyöhankkeen [11] ansiosta laadukkaita ja testattuja tehtäviä on saatavilla lähitulevaisuudessa runsaasti. Siten STACKia voi hyvin harkita laajempaankin käyttöön yliopistojen opintojaksoilla.

Kokemukset STACKista ja verkossa tapahtuvasta vertaisarvioinnista ovat tämän tutkimuksen valossa positiivisia. STACK- ja Työpajatehtävät yhdessä voisivat hyvin toimia matematiikan verkkokurssin laskuharjoitustehtävien runkona. Opiskelijoiden mielestä parhaiten ne kuitenkin toimivat vaihtelua ja monipuolisuutta tuovana osana opintojakson laskuharjoituksia.

LÄHTEET

- [1] A&O -oppimisympäristö [WWW]. [viitattu: 29.7.2015]. Saatavissa: <http://ao.tut.fi/index.html>
- [2] Atjonen, P. Hyvä, paha arviointi. Helsinki 2007, Kustannusosakeyhtiö Tammi. 256 s.
- [3] Crowe, J.A., Silva, T., Ceresola, R. (2015). The Effect of Peer Review on Student Learning Outcomes in a Research Methods Course. *Teaching Sociology* 43(3). 201-213. [viitattu 12.2.2016] Saatavissa: <http://www.asanet.org/journals/TS/Jul15TSFeature.pdf>
- [4] Eskola, J., Suoranta, J. Johdatus laadulliseen tutkimukseen. 10. painos. Tampere 2014, Vastapaino. 266 s.
- [5] Havola, L., Majander, H., Hakula, H., Alestalo, P., Rasila, A. (2011). Aktivoiviin opetusmenetelmiin perustuvat matematiikan opetuskokeilut Aalto-yliopistossa. Teoksessa J. Viteli & A. Östman (toim.) *Interaktiivinen tekniikka koulutuksessa 2011 -konferenssi* (s. 5-9). Tampere, Suomi: Tampereen yliopisto.
- [6] Ireland, C., English, J. Student oral presentations: incorporating peer e-assessment, University of Huddersfield [WWW]. [viitattu 7.8.2015]. Saatavissa: <http://eprints.hud.ac.uk/17294/5/ALDinHEPresentation2013.pdf>
- [7] JSXGraph — Dynamic Mathematics with Javascript. Saatavissa: <http://jsxgraph.uni-bayreuth.de/wp/>
- [8] Järvelä, S., Häkkinen, P., Lehtinen, E. (toim.) *Oppimisen teoria ja teknologian opetuskäyttö*. 1. painos. Helsinki 2006, WSOY. 278 s.
- [9] Linnusmäki, J. *Matematiikan perusopintojen kehittäminen matematiikan kielentämisen avulla*. Tampere 2015. Tampereen teknillinen yliopisto. 82 s.
- [10] Manninen, H., Turvanen, S. - Vertaisarvioinnin käyttömahdollisuudet koulumaailmassa, kehittämishanke [WWW]. [viitattu: 30.7.2015]. Saatavissa: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/14622/Manninen_Hannu_Turvanen_Sari.pdf?sequence=2

- [11] Matematiikan opetuksen materiaalipankki [WWW]. [viitattu 14.8.2015]. Saatavissa: <https://abacus.aalto.fi/> (vaatii kirjautumisen)
- [12] Meisalo, V., Sutinen, E., Tarhio, J. Modernit oppimisympäristöt - Tieto- ja viestintäteknikka opetuksen ja opiskelun tukena. 2. painos. RT-Print Oy, Piekämäki 2003, Tietosanoma. 400 s.
- [13] Moodle. Moodle Documentation [WWW]. [viitattu 29.7.2015]. Saatavissa: https://docs.moodle.org/all/fi/Tietoja_Moodlesta
- [14] Niemelä, P. Kerro, kerro kuvasti: tietokoneavusteinen itse- ja vertaisarviointi. Tampere 2012. Tampereen yliopisto. 94 s.
- [15] Nummenmaa, L. Käyttäytymistieteiden tilastolliset menetelmät. 3. painos. Tammi, Helsinki 2006. 468 s.
- [16] Opetushallitus. Lukion opetussuunnitelman perusteet 2015 (luonnos) [WWW]. [viitattu 29.7.2015] Saatavissa: http://oph.fi/download/166556_lukion_opetussuunnitelman_perusteet_2015_luonnos_14042015.pdf
- [17] Opetushallitus. Peruskoulun opetussuunnitelman perusteet 2014 [WWW]. [viitattu 21.2.2016] Saatavissa: http://www.oph.fi/download/163777_perusopetuksen_opetussuunnitelman_perusteet_2014.pdf
- [18] Panula, M. Parhaat käytännöt STACKin käyttöön automaattisesti arvioitavien matematiikan tehtävien luomiseen. Diplomityö. Tampere 2012. Tampereen teknillinen yliopisto, Tietotekniikan koulutusohjelma. 69 s.
- [19] Peña-Ayala, A. Educational Data Mining – Applications and Trends. New York, 2014, Springer International Publishing. 477 s.
- [20] Pohjolainen, S., Raassina, H., Silius, K., Huikkola, M., Turunen, E. TTY:n insinöörimatematiikan opiskelijoiden asenteet, taidot ja opetuksen kehittäminen. Tampere 2006. Tampereen teknillinen yliopisto, Matematiikan laitos. 127 s.
- [21] Rasila, A., Harjula, M., Zenger, K. Automatic assessment of mathematics exercises: Experiences and future prospects. Helsinki 2007. ReflekTori 2007, Tekniikan opetuksen symposium, Teknillinen korkeakoulu. s.70-80.
- [22] Race, P., Brown, S., Smith, B. 500 Tips On Assessment [WWW]. [viitattu 30.7.2015]. Saatavissa:

http://lib.yudharta.ac.id/ebook/Curriculum%20&%20Learning/ebooksclub.org__500_Tips_on_Assessment__500_Tips_.pdf

- [23] Rourke, A., Mendelsohn, J., Coleman, K. Did I mention it's anonymous? The triumphs and pitfalls of online peer review [WWW]. [viitattu 7.8.2015]. Saatavissa: <http://www.ascilite.org/conferences/melbourne08/procs/rourke.pdf>
- [24] Sangwin, C. Who uses STACK? A report on the use of the STACK CAA system [WWW]. [viitattu 5.8.2015]. Saatavissa: <http://web.mat.bham.ac.uk/C.J.Sangwin/Publications/2010-3-1-STACK.pdf>
- [25] Sangwin, C, Grove, M. STACK: addressing the needs of the neglected learners [WWW]. [viitattu 5.8.2015]. Saatavissa: <http://web.mat.bham.ac.uk/C.J.Sangwin/Publications/2006WebAlt.pdf>
- [26] Salminen, A., Tapola, H. Opettajan opas opiskelijälähtöiseen arviointiin - vertaisarvioinnin merkitys ja opetussuunnitelman käyttö arvioinnin apuna [WWW]. [viitattu: 30.7.2015] Saatavissa: http://pedacoach.purot.net/open_opas_%281%29,_aila_salminen.pdf
- [27] Seitola, T., Tarvainen V., Hyyti H. Oppimistyylin yhteys oppimiseen. Oppiminen ja oppimisympäristöt - tutkielmaraportti. [viitattu 11.2.2016]. Saatavissa: http://www.hyyti.fi/materiaali/070312_tutkielma_aihe6.pdf
- [28] Sims, G. Student peer review in the classroom: A teaching and grading tool. Journal of Agronomic Education 18 pp. 105-108 [WWW]. [viitattu: 30.7.2015]. Saatavissa: <https://www.agronomy.org/files/publications/jnrlse/pdfs/jnr018/018-02-0105.pdf>
- [29] STACK Documentation [WWW]. [viitattu 6.8.2015]. Saatavissa: https://github.com/mathsmoodle-qtype_stack/blob/master/doc/en/index.md
- [30] STACK Documentation - History of previous versions of STACK [WWW]. [viitattu 5.8.2015]. Saatavissa: http://stack.bham.ac.uk/moodle/question/type/stack/doc/doc.php/Developer/Development_history.md
- [31] Tella, S., Vahtivuori, S., Vuorento, A., Wager, P., Oksanen, U. Verkko opetuksessa — opettaja verkossa. Helsinki 2001, Edita Oyj. 307 s.

- [32] TTY - Opinto-opas 2015-2016 (Laaja alkuteksti). Tampere 2015. Tampereen teknillinen yliopisto. 24 s.
- [33] TTY - Opinto-opas 2 2015-2016. Tampere 2015. Tampereen teknillinen yliopisto. 299 s.
- [34] Uusikylä, K., Atjonen, P. Didaktiikan perusteet. 3. painos, 2007, Sanoma Pro. 262 s.
- [35] Vilka, H. Tutki ja mittaa - määrällisen tutkimuksen perusteet. 1. painos, 2007. Kustannusosakeyhtiö Tammi. 189 s.
- [36] WolframAlpha [WWW]. [viitattu 6.8.2015]. Saatavissa: <http://www.wolframalpha.com/>
- [37] Wooley, R. The effects of web-based peer review on student writing. Kent State University, 2007. 217 s.

A. STACK-TEHTÄVÄN LAATIMISOHJE

Esitellään lyhyesti, miten STACK-tehtävä laaditaan. Tarkemmin tehtävien laatimisesta voi lukea STACKin kehittäjien kirjoittamasta dokumentaatiosta. [29] Tehtävän laatimisen käyttöliittymä koostuu erilaisista täytettävistä kentistä, jotka määrittelevät tehtävän toiminnallisuuden kokonaisuudessaan. Erilaisia säädettäviä asetuksia on useita, mutta tärkeimmät tehtävän luomisessa tärkeimmät osat ovat

1. Tehtävän muuttujat -kenttä (Question variables)
2. Kysymysteksti -kenttä (Question text)
3. kentät Erityinen palaute ja Yleinen palaute (Special feedback ja General feedback)
4. Vastauks(i)en asetukset (Inputs)
5. Vastauspuiden asetukset (Potential response tree)

Tehtävän muuttujat -kentässä luodaan tehtävässä tarvittavat muuttujat. Näihin voidaan viitata tehtävän muissa osissa, kuten kysymystekstissä tai palautekentässä. Muuttujia ei tarvitse välttämättä luoda ollenkaan, vaan lausekkeita tai vastaavia voi konstruoida esimerkiksi kysymystekstissä aina niissä kohdin, kun niitä tarvitsee. On kuitenkin helpompaa ja kenties myös hyvän ohjelmointitavan mukaista luoda esimerkiksi satunnaismuuttuja tässä kentässä — näin niitä on mukavampi käsitellä myöhemmin.

Kysymystekstikenttään kirjoitetaan tehtävänanto sekä sijoitetaan syötekentät opiskelijoiden vastauksia varten. Kysymystekstikentässä voidaan myös koodata ohjelma näyttämään opiskelijalle, kuinka tämän vastaus tulkitaan. Lisäksi kysymystekstikenttään voidaan sijoittaa opiskelijan vastauksen perusteella konstruoitu **Vastauspuun** palaute. Toinen vaihtoehto on sijoittaa tämä palaute **Erityinen palaute** -kenttään.

Yleinen palaute -kenttään voidaan kirjoittaa esimerkiksi tehtävän mallivastaus tai esimerkiksi sen alku. **Vastauksen asetukset** -kentässä määritetään kullekin syötekentälle mallivastaus. Tässä kentässä voidaan määritellä, hyväksytäänkö vastaukseksi liukuluku vai vain tarkka luku sekä antaa syntaksivihjeitä syötekenttään valmiiksi. Lisäksi voidaan kieltää joidenkin merkkien tai lausekkeiden käyttö.

Vastauspuiden asetuksissa verrataan opiskelijan vastausta oikeaan vastaukseen, annetaan opiskelijalle pisteet vastausten oikeellisuuden mukaan sekä konstruoidaan palaute vastauksen mukaan. Vastauspuu koostuu *solmuista*, jotka ovat yhteydessä toisiinsa ja muodostavat näin vastauspuun. Kun opiskelija vastaa tehtävään, ohjelma käy vastauspuun läpi solmu kerrallaan. Kussakin solmussa voidaan tarkastella vain yhtä vastausta kerrallaan. Yleensä verrataan, onko opiskelijan vastaus yhtä suurta kuin tehtävään ohjelmoitu mallivastaus. Jos nämä ovat yhtä suuria, saa solmu totuusarvon 1 tai 'tosi' ja opiskelijan saama palaute on tähän totuusarvoon liittyvän palautelokeron mukainen. Vastaavasti jos vastaus on väärin, tulostetaan toisenlainen palaute.

Tehtävän jakaminen tällä tavalla osiin on kätevää jatkossa. Kun tehtävä otetaan käyttöön ja lisätään Moodlen *tenttiin* opiskelijoiden tehtäväksi, voidaan asetuksista määritellä, mitkä kaikki kentät opiskelija missäkin vaiheessa näkee. Esimerkiksi tehtävää tehdessään opiskelija näkee vain kysymystekstikentän ja heti vastauksen jälkeen erityisen palautteen (eli onko vastaus oikein vai väärin). Yleinen palaute, johon mallivastaus yleensä kirjoitetaan, näytetään opiskelijalle vasta, kun tehtävän suoritus aika on ohi.

B. STACK-KYSELY

Tämän kyselyn vastauksia käytetään TTY:n matematiikan oppimisen tutkimukseen. Vastaukset käsitellään siten, että vastaajan anonyymiteetti säilyy. Lisätietoja: ari-mikko.makela@tut.fi.

Opiskelijanumero: _____

Vastaa seuraaviin väittämiin rastittamalla omaa mielipidettäsi lähimpänä oleva vaihtoehto. *STACK-tehtävillä* tarkoitetaan tällä kurssilla tehtyjä, Moodleen palautettavia ja automaattisesti tarkastettavia tehtäviä, jotka olivat Moodlessa nimellä *Sähköiset laskuharjoitukset*.

0 = Täysin eri mieltä | 1 = Osittain eri mieltä | 2 = Ositt. samaa mieltä | 3 = Täysin samaa mieltä

Väite	0	1	2	3
1. STACK-tehtävät ovat mielekäs tapa tarkistaa matematiikan tehtäviä.				
2. STACKissa oli hienoa, että saatoinkin tarkistaa tehtävän milloin vain.				
3. STACKissa oli hienoa, että saatoinkin tarkistaa tehtävän missä vain.				
4. STACK-tehtävissä vastausten syöttäminen oli liian vaikeaa.				
5. STACK-ohjelman väärin vastausten perusteella antama palaute auttoi tehtävien ratkaisemisessa.				
6. Koin STACK-tehtävien mallivastaukset omaa oppimista edistäviksi.				
7. Mielestäni STACK-tehtävät eivät edesauta oppimista sen enempää kuin yliopistolla laskuharjoituksissa laskettavat / tarkistettavat kotitehtävät.				
8. Teen STACK-tehtäviä mielelläni jatkossakin tulevilla kursseilla.				
9. Kertaan STACK-tehtävien avulla tenttiin.				
10. Laskin tehtävät usein jollakin matematiikkaohjelmistolla (esim. WolframAlpha) ja syötin vain vastauksen STACKiin.				

Vastaa seuraaviin kysymyksiin omin sanoin. Tarvittaessa voit jatkaa paperin kääntöpuolelle.

11. Mitä hyvää STACK-tehtävissä mielestäsi oli?

12. Mitä huonoa tai kehitettävää STACK-tehtävissä mielestäsi oli?

13. Ovatko STACK-tehtävät mielestäsi hyvä tapa harjoitella matematiikan tehtäviä? Miksi ovat tai miksi eivät ole?

14. Kerro vielä mielipiteesi STACK-tehtävistä kokonaisuudessaan.

Kiitos vastauksistasi!

C. STACK-KYSELYN OPINTOJAKSOKOHTAISET TULOKSET

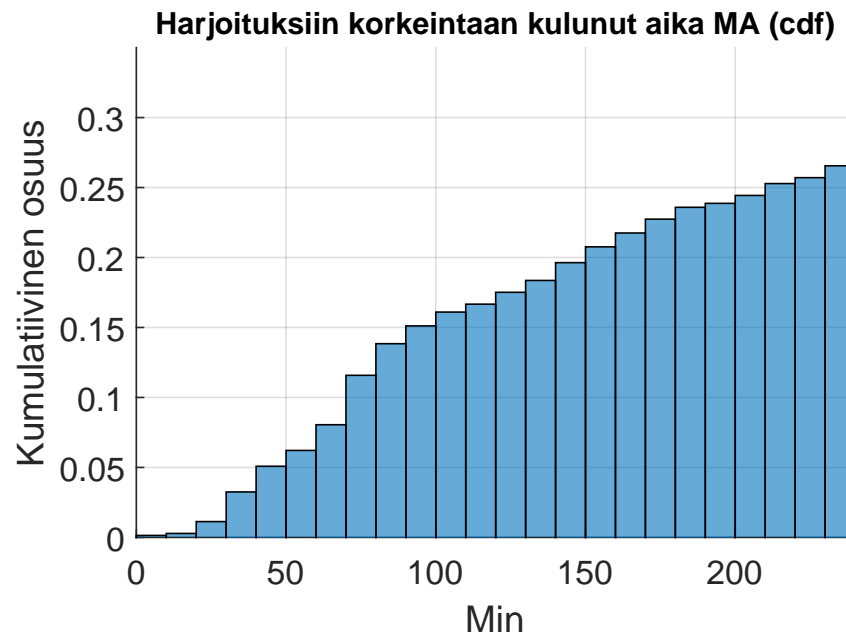
Taulukko C.1 STACK-kyselyn tulokset opintojakson Matematiikka 1 opiskelijoille. 0 = Täysin eri mieltä, 1 = Osittain eri mieltä, 2 = Osittain samaa mieltä, 3 = Täysin samaa mieltä.

Väite	0	1	2	3	Moodi	N
1. STACK-tehtävät ovat mielekäs tapa tarkistaa matematiikan tehtäviä.	2,7 %	7,3 %	40,9 %	49,1 %	3	110
2. STACKissa oli hienoa, että saatoinkin tarkistaa tehtävän milloin vain.	4,5 %	0,9 %	13,6 %	80,9 %	3	110
3. STACKissa oli hienoa, että saatoinkin tarkistaa tehtävän missä vain.	3,6 %	2,7 %	24,5 %	69,1 %	3	110
4. STACK-tehtävissä vastausten syöttäminen oli liian vaikeaa.	20,9 %	37,3 %	35,5 %	6,4 %	1	110
5. STACK-ohjelman väärin vastausteni perusteella antama palaute auttoi tehtävien ratkaisemisessa.	1,8 %	15,5 %	37,3 %	45,5 %	3	110
6. Koin STACK-tehtävien mallivastaukset omaa oppimista edistäviksi.	2,7 %	14,5 %	62,7 %	20,0 %	2	110
7. Mielestäni STACK-tehtävät eivät edesauta oppimista sen enempää kuin yliopistolla laskuharjoituksissa laskettavat / tarkistettavat tehtävät.	16,4 %	51,8 %	28,2 %	3,6 %	1	110
8. Teen STACK-tehtäviä mielelläni jatkossakin tulevilla kursseilla.	2,7 %	8,2 %	38,2 %	50,9 %	3	110
9. Kertaan STACK-tehtävien avulla tenttiin.	3,6 %	20,9 %	54,5 %	20,9 %	2	110
10. Laskin tehtävät usein jollakin matematiikkaohjelmistolla (esim. WolframAlpha) ja syötin vastauksen vain STACKiin.	70,0 %	21,8 %	7,3 %	0,9 %	0	110

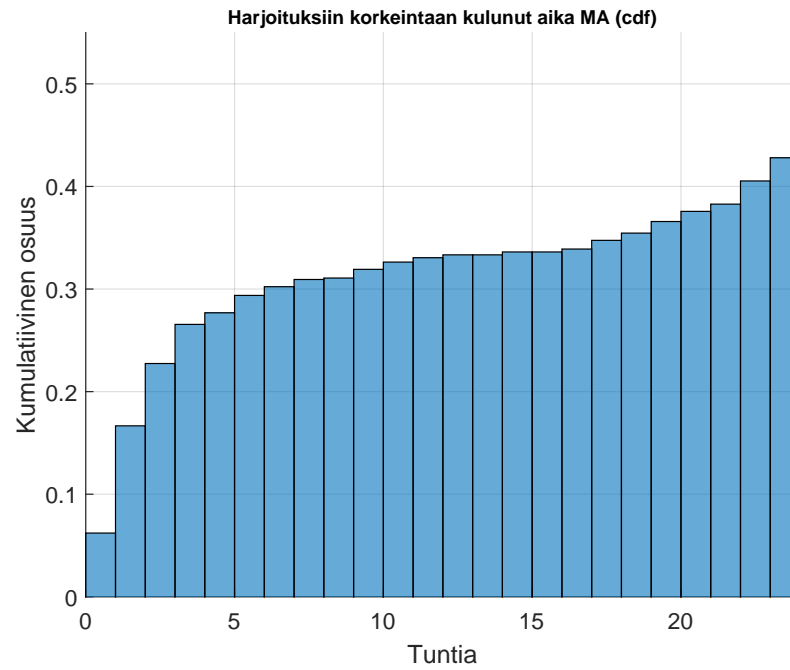
Taulukko C.2 STACK-kyselyn tulokset opintojakson Insinöörimatematiikka B 1 opiskelijoille. 0 = Täysin eri mieltä, 1 = Osittain eri mieltä, 2 = Osittain samaa mieltä, 3 = Täysin samaa mieltä.

Väite	0	1	2	3	Moodi	N
1. STACK-tehtävät ovat mielekäs tapa tarkistaa matematiikan tehtäviä.	0,0 %	5,0 %	54,7 %	40,3 %	2	139
2. STACKissa oli hienoa, että saatoinkin tarkistaa tehtävän milloin vain.	0,0 %	0,7 %	19,1 %	80,1 %	3	141
3. STACKissa oli hienoa, että saatoinkin tarkistaa tehtävän missä vain.	0,0 %	8,6 %	25,0 %	66,4 %	3	140
4. STACK-tehtävissä vastausten syöttäminen oli liian vaikeaa.	16,5 %	42,4 %	38,8 %	2,2 %	1	139
5. STACK-ohjelman väärin vastausteni perusteella antama palaute auttoi tehtävien ratkaisemisessa.	1,4 %	6,4 %	51,1 %	41,1 %	2	141
6. Koin STACK-tehtävien mallivastaukset omaa oppimista edistäviksi.	0,7 %	15,7 %	61,4 %	22,1 %	2	140
7. Mielestäni STACK-tehtävät eivät edesauta oppimista sen enempää kuin yliopistolla laskuharjoituksissa laskettavat / tarkistettavat tehtävät.	19,9 %	53,2 %	24,8 %	2,1 %	1	141
8. Teen STACK-tehtäviä mielelläni jatkossakin tulevilla kursseilla.	1,4 %	6,4 %	36,9 %	55,3 %	3	141
9. Kertaan STACK-tehtävien avulla tenttiin.	10,1 %	37,0 %	42,0 %	10,9 %	2	138
10. Laskin tehtävät usein jollakin matematiikkaohjelmistolla (esim. WolframAlpha) ja syötin vastauksen vain STACKiin.	60,4 %	29,5 %	8,6 %	1,4 %	0	139

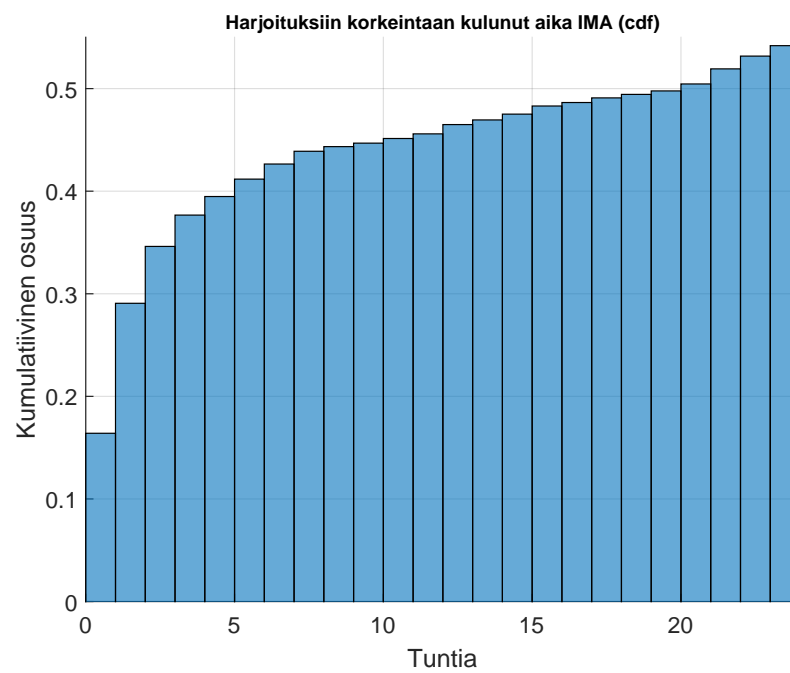
D. STACK-TEHTÄVIIN KÄYTETTY AIKA



Kuva D.1 MA1:n opiskelijoiden kumulatiivinen osuus tehtävien palautusajoissa niiden osalta, jotka palauttivat tehtävät alle neljässä tunnissa.



Kuva D.2 MA1:n opiskelijoiden kumulatiivinen osuus tehtävien palautusajoissa niiden osalta, jotka palauttivat tehtävät alle vuorokaudessa.



Kuva D.3 IMA1:n opiskelijoiden kumulatiivinen osuus tehtävien palautusajoissa niiden osalta, jotka palauttivat tehtävät alle vuorokaudessa.

E. MATEMATIIKKA 1:N TYÖPAJATEHTÄVÄT

Harjoitus 1 — Työpajatehtävä: Osoita, että kaikille luonnollisille luvuille $n \in \mathbb{N}$ pätee

$$\sum_{i=1}^n 4i = 2n(n+1).$$

Tässä merkintä $\sum_{i=1}^n 4i$ tarkoittaa summaa $\sum_{i=1}^n 4i = 4 + 8 + 12 + \dots + 4n$.

Harjoitus 2 — Työpajatehtävä: Todista kunta-aksiomia käyttäen, että $0 \cdot x = x \cdot 0 = 0$ kaikilla reaaliluvuilla $x \in \mathbb{R}$. Tässä 0 on kunta-aksiomissa aksioomassa **K3** mainittu yhteenlaskun neutraalialkio. Vihje: $0 = (0 \cdot x) - (0 \cdot x)$ ja $0 \cdot x = (0 + 0) \cdot x$. (Huom. tähän on monta erilaista todistusta olemassa.)

Harjoitus 3 — Työpajatehtävä: Hae kaikki luvun $-5 + 5i$ kolmannet juuret. Piirrä kuva juurten sijainnista kompleksitasossa.

Harjoitus 4 — Työpajatehtävä: Osoita raja-arvon määritelmää käyttäen, että

$$\lim_{x \rightarrow 4} (x^2 - x) = 12.$$

Toisin sanoen todista kyseinen raja-arvo $\epsilon - \delta$ -todistuksella.

Harjoitus 5 — Työpajatehtävä: Olkoon $f(x)$ derivoituva reaalifunktio. Osoita derivaatan määritelmän avulla, että funktion $(f(x))^2$ derivaatta on $2f(x)f'(x)$. Derivaatan määritelmä on

$$f'(x) = \lim_{h \rightarrow 0} \frac{f(x+h) - f(x)}{h}.$$

Harjoitus 6 — Työpajatehtävä: Laske r -säteisen ympyrän piiri integroimalla.

F. TYÖPAJA- JA VERTAISARVIOINTIKYSELY

Tämän kyselyn vastauksia käytetään TTY:n matematiikan oppimisen tutkimukseen. Vastaukset käsitellään siten, että vastaajan anonymiteetti säilyy. Lisätietoja: ari-mikko.makela@tut.fi.

Opiskelijanumero: _____

Vastaa seuraaviin väittämiin rastittamalla omaa mielipidettäsi lähimpänä oleva vaihtoehto.

0 = Täysin eri mieltä | 1 = Osittain eri mieltä | 2 = Ositt. samaa mieltä | 3 = Täysin samaa mieltä

Väite	0	1	2	3
1. Opin Työpajatehtävissä käsiteltyjä aiheita paremmin tehtyäni vertaisarviointia toisten opiskelijoiden tehtävistä.				
2. Opin Työpajatehtävissä käsiteltyjä aiheita paremmin saamani sanallisen palautteen ansiosta.				
3. Sain riittävästi sanallista palautetta ratkaisustani.				
4. Koen opiskelijatoverien antaman palautteen oppimisen kannalta tärkeäksi.				
5. Työpajatyöskentely pakotti tehtävien tarkempaan pohtimiseen.				
6. Saamani vertaisarviointi sai minut suhtautumaan kriittisemmin myös omiin ratkaisuihini.				
7. Mielestäni Työpajatyöskentely kokonaisuudessaan ei edesauttanut oppimista sen paremmin kuin perinteiset harjoituksissa tehtävät / tarkistettavat tehtävät.				
8. Ymmärsin Työpajatehtävissä olleita aiheita paremmin nähtyäni vertaisarvioidessa muiden opiskelijoiden hyvin tehtyjä ratkaisuja.				
9. Opin välttämään vertaisarvioinnissa havaitsemiani opiskelijatoverien tekemiä virheitä.				
10. Koin Työpajatyöskentelyn kokonaisuudessaan liian työlääksi.				
11. Tekisin jatkossa mieluummin yhden Työpajatehtävän (tehtävä + vertaisarviointi) kuin kaksi perinteistä tehtävää.				
12. Vertaisarvioitavien Työpajatehtävien osuus viikottaisista harjoituksista voisi olla jatkossa suurempi.				
13. Harjoittelin \LaTeX illa kirjoittamista sen verran, että osaan kirjoittaa sillä matemaattista tekstiä ainakin jonkin verran.				

Vastaa seuraaviin kysymyksiin omin sanoin. Tarvittaessa voit jatkaa paperin kääntöpuolelle.

14. Mitä hyvää Työpajatyöskentelyssä mielestäsi oli?

15. Mitä huonoa Työpajatyöskentelyssä mielestäsi oli?

16. Kerro vielä mielipiteesi Moodlen Työpajasta ja vertaisarvioinnista kokonaisuudessaan.

Kiitos vastauksistasi!

G. TYÖPAJAKYSELYN OPPIMISPROFIILIKOHTAISET TULOKSET

Taulukko G.1 Työpajakyselyn tulokset oppimisprofiiltaan pintasuuntautuneilla mallista oppijoilla. 0 = Täysin eri mieltä, 1 = Osittain eri mieltä, 2 = Osittain samaa mieltä, 3 = Täysin samaa mieltä.

Väite	0	1	2	3	Moodi	N
1. Opin Työpajatehtävissä käsiteltyjä aiheita paremmin tehtyäni vertaisarviointia toisten opiskelijoiden tehtävistä.	0,0 %	11,8 %	76,5 %	11,8 %	2	17
2. Opin Työpajatehtävissä käsiteltyjä aiheita paremmin saamani sanallisen palautteen ansiosta.	47,1 %	11,8 %	29,4 %	11,8 %	0	17
3. Sain riittävästi sanallista palautetta ratkaisustani.	6,3 %	56,3 %	25,0 %	12,5 %	1	16
4. Koen opiskelijatoverien antaman palautteen oppimisen kannalta tärkeäksi.	17,6 %	29,4 %	52,9 %	0,0 %	2	17
5. Työpajatyöskentely pakotti tehtävien tarkempaan pohtimiseen.	5,9 %	11,8 %	35,3 %	47,1 %	3	17
6. Saamani vertaisarviointi sai minut suhtautumaan kriittisemmin myös omaan ratkaisuihini.	5,9 %	11,8 %	47,1 %	35,3 %	2	17
7. Mielestäni Työpajatyöskentely kokonaisuudessaan ei edesauttanut oppimista sen paremmin kuin perinteiset harjoituksissa tehtävät / tarkistettavat tehtävät.	23,5 %	47,1 %	29,4 %	0,0 %	1	17
8. Ymmärsin Työpajatehtävissä olleita aiheita paremmin nähtyäni vertaisarvioissa muiden opiskelijoiden hyvin tehtyjä ratkaisuja.	11,8 %	23,5 %	41,2 %	23,5 %	2	17
9. Opin välttämään vertaisarvioinnissa havaitsemiani opiskelijatoverien tekemiä virheitä.	5,9 %	23,5 %	58,8 %	11,8 %	2	17
10. Koin Työpajatyöskentelyn kokonaisuudessaan liian työlääksi.	18,8 %	62,5 %	12,5 %	6,3 %	1	16
11. Tekisin jatkossa mieluummin yhden Työpajatehtävän (tehtävä + vertaisarviointi) kuin kaksi perinteistä tehtävää.	11,8 %	23,5 %	47,1 %	17,6 %	2	17
12. Vertaisarvioitavien Työpajatehtävien osuus viikottaisista harjoituksista voisi olla jatkossa suurempi.	35,3 %	47,1 %	17,6 %	0,0 %	1	17
13. Harjoittelin L ^A T _E Xilla kirjoittamista sen verran, että osaan kirjoittaa sillä matemaattista tekstiä ainakin jonkin verran.	41,2 %	29,4 %	5,9 %	23,5 %	0	17

Taulukko G.2 Työpajakyselyn tulokset oppimisprofiiltaan vertaisoppijoilla. 0 = Täysin eri mieltä, 1 = Osittain eri mieltä, 2 = Osittain samaa mieltä, 3 = Täysin samaa mieltä.

Väite	0	1	2	3	Moodi	N
1. Opin Työpajatehtävissä käsiteltyjä aiheita paremmin tehtyäni vertaisarviointia toisten opiskelijoiden tehtävistä.	16,1 %	22,6 %	54,8 %	6,5 %	2	31
2. Opin Työpajatehtävissä käsiteltyjä aiheita paremmin saamani sanallisen palautteen ansiosta.	40,0 %	46,7 %	13,3 %	0,0 %	1	30
3. Sain riittävästi sanallista palautetta ratkaisustani.	19,4 %	38,7 %	35,5 %	6,5 %	1	31
4. Koen opiskelijatoverien antaman palautteen oppimisen kannalta tärkeäksi.	16,1 %	35,5 %	41,9 %	6,5 %	2	31
5. Työpajatyöskentely pakotti tehtävien tarkempaan pohtimiseen.	9,7 %	12,9 %	45,2 %	32,3 %	2	31
6. Saamani vertaisarviointi sai minut suhtautumaan kriittisemmin myös omiin ratkaisuihini.	17,2 %	48,3 %	24,1 %	10,3 %	1	29
7. Mielestäni Työpajatyöskentely kokonaisuudessaan ei edesauttanut oppimista sen paremmin kuin perinteiset harjoituksissa tehtävät / tarkistettavat tehtävät.	16,7 %	40,0 %	13,3 %	30,0 %	1	30
8. Ymmärsin Työpajatehtävissä olleita aiheita paremmin nähtyäni vertaisarvioissa muiden opiskelijoiden hyvin tehtyjä ratkaisuja.	10,0 %	16,7 %	60,0 %	13,3 %	2	30
9. Opin välttämään vertaisarvioinnissa havaitsemiani opiskelijatoverien tekemiä virheitä.	13,3 %	36,7 %	46,7 %	3,3 %	2	30
10. Koin Työpajatyöskentelyn kokonaisuudessaan liian työlääksi.	10,0 %	53,3 %	30,0 %	6,7 %	1	30
11. Tekisin jatkossa mieluummin yhden Työpajatehtävän (tehtävä + vertaisarviointi) kuin kaksi perinteistä tehtävää.	22,6 %	29,0 %	32,3 %	16,1 %	2	31
12. Vertaisarvioitavien Työpajatehtävien osuus viikottaisista harjoituksista voisi olla jatkossa suurempi.	58,1 %	32,3 %	6,5 %	3,2 %	0	31
13. Harjoittelin \LaTeX illa kirjoittamista sen verran, että osaan kirjoittaa sillä matemaattista tekstiä ainakin jonkin verran.	51,6 %	9,7 %	16,1 %	22,6 %	0	31

Taulukko G.3 Työpajakyselyn tulokset oppimisprofiililtaan osajilla. 0 = Täysin eri mieltä, 1 = Osittain eri mieltä, 2 = Osittain samaa mieltä, 3 = Täysin samaa mieltä.

Väite	0	1	2	3	Moodi	N
1. Opin Työpajatehtävissä käsiteltyjä aiheita paremmin tehtyäni vertaisarviointia toisten opiskelijoiden tehtävistä.	2,8 %	41,7 %	33,3 %	22,2 %	1	36
2. Opin Työpajatehtävissä käsiteltyjä aiheita paremmin saamani sanallisen palautteen ansiosta.	25,0 %	38,9 %	33,3 %	2,8 %	1	36
3. Sain riittävästi sanallista palautetta ratkaisustani.	8,6 %	40,0 %	42,9 %	8,6 %	2	35
4. Koen opiskelijatoverien antaman palautteen oppimisen kannalta tärkeäksi.	11,1 %	44,4 %	38,9 %	5,6 %	1	36
5. Työpajatyöskentely pakotti tehtävien tarkempaan pohtimiseen.	11,1 %	25,0 %	33,3 %	30,6 %	2	36
6. Saamani vertaisarviointi sai minut suhtautumaan kriittisemmin myös omiin ratkaisuihini.	13,9 %	27,8 %	41,7 %	16,7 %	2	36
7. Mielestäni Työpajatyöskentely kokonaisuudessaan ei edesauttanut oppimista sen paremmin kuin perinteiset harjoituksissa tehtävät / tarkistettavat tehtävät.	25,0 %	22,2 %	27,8 %	25,0 %	2	36
8. Ymmärsin Työpajatehtävissä olleita aiheita paremmin nähtyäni vertaisarvioissa muiden opiskelijoiden hyvin tehtyjä ratkaisuja.	11,1 %	38,9 %	36,1 %	13,9 %	1	36
9. Opin välttämään vertaisarvioinnissa havaitsemiä opiskelijatoverien tekemiä virheitä.	2,9 %	40,0 %	54,3 %	2,9 %	2	35
10. Koin Työpajatyöskentelyn kokonaisuudessaan liian työlääksi.	28,6 %	54,3 %	11,4 %	5,7 %	1	35
11. Tekisin jatkossa mieluummin yhden Työpajatehtävän (tehtävä + vertaisarviointi) kuin kaksi perinteistä tehtävää.	25,0 %	30,6 %	25,0 %	19,4 %	1	36
12. Vertaisarvioitavien Työpajatehtävien osuus viikottaisista harjoituksista voisi olla jatkossa suurempi.	47,2 %	36,1 %	16,7 %	0,0 %	0	36
13. Harjoittelin L ^A T _E Xilla kirjoittamista sen verran, että osaan kirjoittaa sillä matemaattista tekstiä ainakin jonkin verran.	36,1 %	8,3 %	27,8 %	27,8 %	0	36

H. KORRELAATIOMATRIISI TYÖPAJAKYSELYN VÄITTÄMILLE

Taulukko H.1 Korrelaatiomatriisi Työpajakyselyn väittämille. Kyselyn tulokset löytyy taulukosta 5.1. Yksi tähti luvun perässä merkitsee tilastollisesti melkein merkitsevää korrelaatiota ($0,01 < p < 0,05$) ja kaksi tähteä merkitsevää korrelaatiota ($p < 0,01$).

	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10	K11	K12	K13
K1	1	0,35**	0,02	0,16	0,41**	0,21*	-0,47**	0,39**	0,38**	-0,33**	0,40**	0,34**	0,05
K2	0,35**	1	0,36**	0,39**	0,24*	-0,26**	0,44**	0,38**	0,40**	-0,27**	0,23*	0,24*	0,06
K3	0,02	0,36**	1	0,13	0,07	0,17	-0,05	-0,01	0,03	-0,03	-0,02	0,03	0,06
K4	0,16	0,39**	0,13	1	0,36**	0,40**	-0,48**	0,30**	0,28**	-0,18	0,20*	0,37**	0,08
K5	0,41**	0,25*	0,07	0,36**	1	0,31**	-0,51**	0,34**	0,26**	-0,15	0,37**	0,26**	0,03
K6	0,21*	0,44**	0,17	0,40**	0,31**	1	-0,32**	0,46**	0,22*	-0,15	0,19	0,15	-0,07
K7	-0,47**	-0,26**	-0,05	-0,48**	-0,51**	-0,32**	1	-0,37**	-0,27**	0,32**	-0,52**	-0,45**	-0,04
K8	0,39**	0,38**	-0,01	0,30**	0,34**	0,46**	-0,37**	1	0,36**	-0,18	0,35**	0,28**	0,02
K9	0,38**	0,40**	0,03	0,28**	0,26**	0,22*	-0,27**	0,36**	1	-0,27**	0,22*	0,27**	0,08
K10	-0,33**	-0,27**	-0,03	-0,18	-0,15	-0,15	0,32**	-0,18	-0,27**	1	-0,42**	0,19	0,03
K11	0,40**	0,23*	-0,02	0,20*	0,37**	0,19	-0,52**	0,35**	0,22*	-0,42**	1	0,45**	0,09
K12	0,34**	0,24*	0,00	0,37**	0,26**	0,15	-0,45**	0,28**	0,27**	-0,19	0,44**	1	0,28**
K13	0,05	0,06	0,06	0,08	0,03	-0,07	-0,04	0,02	0,08	0,00	0,09	0,28**	1