Tampereen yliopisto

Jaakko Saukkonen

TEKNIIKAN ALAN KANDIDAATTIOPISKELIJOIDEN MATEMATIIKAN TEHTÄVIEN AJANKÄYTTÖ, MINÄPYSTYVYYS JA OPINTOMENESTYS

Diplomityö
Tekniikan ja luonnontieteiden tiedekunta
Tammikuu 2022

TIIVISTELMÄ

Jaakko Saukkonen: Tekniikan alan kandidaattiopiskelijoiden matematiikan tehtävien ajankäyttö, minäpystyvyys ja opintomenestys
Diplomityö
Tampereen yliopisto
Teknis–luonnontieteellinen DI–ohjelma
Tammikuu 2022

Tutkimuksessa tarkastellaan Tampereen yliopiston ensimmäisen vuoden tekniikan kandidaattiopiskelijoiden ajankäytön yhteyttä minäpystyvyyteen ja opintomenestykseen matematiikan perusopintojaksoilla. Minäpystyvyydellä tarkoitetaan, miten yksilö uskoo suoriutuvansa tehtävistä tai muunlaisista haasteista erilaisissa olosuhteissa.

Tutkimuksen kohteena ovat sekä opintojaksojen luentototeutuksille että käänteisestä opetuksesta ja oppimisesta muodostuville flippaustoteutuksille osallistuneet opiskelijaryhmät. Flippaustoteutuksilla luennot oli korvattu opetusvideoilla ja toteutuksilla järjestettiin muita opetusmenetelmälle ominaisia tukitoimintoja. Tutkimuksen aineisto kerättiin Tampereen yliopiston tekniikan alan opiskelijoiden matematiikan perusopintojaksoilta lukuvuonna 2020–2021. Aineisto muodostettiin verkko–opiskeluympäristöstä kerätystä opiskelijadatasta ja matematiikan opiskelua koskevasta kyselystä.

Tutkimuksen viitekehys muodostuu minäpystyvyyden, tehokkaan ajankäytön sekä käänteisen opetuksen ja oppimisen teoriasta. Viitekehyksessä esitellään myös opiskelijoiden ajankäyttöön liittyvää tutkimusta.

Tutkimuksessa mitattiin ja seurattiin opiskelijoiden verkkotehtävien suorittamista eri opintojaksoilla. Verkkotehtävien suoritustiedoista tarkastelun kohteena olivat viikoittaisten tehtäväsarjojen aloitusajat ja tehtäviin käytetyt kokonaisajat. Opiskelijat jaettiin vertailuryhmiin minäpystyvyyden ja tenttimenestyksen perusteella. Opiskelijaryhmien ajankäyttöä vertailtiin Kolmogorov–Smirnovin kahden otoksen testillä. Verkkotehtävien keskimääräistä aloitusaikaa ja tehtäviin käytettyä kokonaisaikaa pyrittiin selittämään opintojaksojen toteutustavalla, tenttipisteillä ja minäpystyvyydellä. Analyysimenetelmänä käytettiin yleistettyä lineaarista mallia gamma–regressiolla.

Tulosten mukaan opintojaksojen tenteissä parhaiten menestyneet opiskelijat aloittavat verkkotehtävien tekemisen keskimäärin aiemmin kuin heikoimmin tenteissä menestyneet opiskelijat. Osalla opintojaksototeutuksista myös vahvimman minäpystyvyyden omaavat opiskelijat aloittivat työskentelyn aiemmin kuin heikoimman minäpystyvyyden omaavat opiskelijat. Tulos ei kuitenkaan ollut yhtä yksiselitteinen kuin opintomenestyksen perusteella tehdyssä vertailussa. Opiskelijat vaikuttivat tutkimustulosten mukaan myös keskimäärin aikaistavan verkkotehtävien aloitusajankohtia lukuvuoden toisen ja kolmannen opintojakson aikana. Tutkimuksessa havaittiin myös, että opiskelijoiden minäpystyvyys selittää yleisesti melko heikosti verkkotehtävien aloitusaikoja ja tehtäviin käytettyä kokonaisaikaa.

Avainsanat: ajankäyttö, käänteinen opetus, käänteinen oppiminen, minäpystyvyys, opintomenestys

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck -ohjelmalla.

ABSTRACT

Jaakko Saukkonen: Time Use, Self–Efficacy and Academic Performance of Bachelor Students in Engineering Mathematics
Master of Science Thesis
Tampere University
Master's Degree Programme in Science and Engineering
January 2022

This thesis considers the connection between time use, self–efficacy and academic performance among first–year bachelor students. Self–efficacy refers to people's beliefs about their ability to effectively perform and overcome obstacles in different circumstances.

The subjects of this study were students participating in the joint mathematics courses in Bachelor of Science programs. Two different types of course implementations were arranged. The lecture implementation was a traditional one, while the flipped implementation replaced the lectures with educational videos and additional support. Flipped implementations consisted of elements from both the Flipped Learning (FL) and the Flipped Classroom (FC) models. The students' time use in a virtual learning environment was monitored. The focus was in the weekly exercise sets that were answered in the virtual learning environment. The individual starting times and execution times to complete the exercises were collected and transformed for a further analysis.

All students were partitioned into smaller subgroups that were compared by the two–sample Kolmogorov–Smirnov test. In the final part of this thesis, the starting times and total execution times were examined as responses, whereas implementation, relative exam score and self–efficacy were chosen as explanatory variables. A generalized linear model with gamma–regression was constructed and analyzed.

The material for this study was formed by combining the students' time use data and the results of a survey concerning mathematics studying. The data originates to the joint mathematics course implementations of the academic year 2020–2021. The theoretical framework of this thesis is composed of Bandura's socio–cognitive theory and definition of self–efficacy, Kelly's time–use efficiency, the theory of flipped educational models and prior scientific study of the field.

It was found that students with the highest exam scores consistently began to carry out the weekly exercises earlier than students with the lowest scores. Also, students with high self–efficacy partially showed signs of earliness compared to students with lower self–efficacy. The result, however, was not as unambiguous as was shown in the exam score comparison. The second leading observation was that students appeared to make a shift towards earlier studying during the second and third courses of the academic year. The study also revealed that self–efficacy seems to be a weak or even a tenuous explanatory variable of time use.

Keywords: academic performance, flipped classroom, flipped learning, self–efficacy, time use

The originality of this thesis has been checked using the Turnitin OriginalityCheck service.

ALKUSANAT

Ajatus tämän työn tekemisestä heräsi loppukeväällä 2021 siirtyessäni Tampereen yliopiston normaalikoululta tutkimusapulaiseksi Teknologialla tuetun matematiikan opetuksen tutkimusryhmään (TTMOT). Tutkimusryhmästä tarjottiin monia mielenkiintoisia diplomityön aiheita. Lyhyen mietinnän ja hieman pidemmän puurtamisen jälkeen valmistui tämännäköinen työ.

On monia ihmisiä, joita haluan kiittää. Ensimmäiset kiitokset menevät diplomityöni ohjaajille. Haluan kiittää yliopistonlehtori Riikka Kangaslampea, yliopisto–opettaja Elina Viroa ja yliopistonlehtori Simo Ali–Löyttyä avusta kysymyksissä ja tilanteissa, joissa tutkimussuunnitelmaa jouduttiin miettimään uudelleen.

Haluan kiittää isääni, joka nähtyään lapsuuteni obsessiot kvantiteetteihin kannusti minua lukiossa jatkamaan pitkän matematiikan opiskelijana, vaikka hypin opinnoissani hylätystä toiseen. Haluan kiittää yliopisto–opintojeni alussa menehtynyttä äitiäni. Kiitos, että uskoit aina kykyihini ja opetit taidoista tärkeimmän, nöyryyden. Haluan myös kiittää teekkari–isoveljeäni. Kiitos mielenkiintoni herättämisestä tuolloisen kotiseutumme legendaariseen Tupsulaan 2000–luvun alkupuolella. Kanssasi on voinut myös tarvittaessa jutella matemaattisista ja teknisistä aspekteista.

Suuret kiitokset diplomityöni valmistumisesta kuuluvat myös rakkaalle vaimolleni. Olet pitänyt loisteliaasti huolta aviomiehestäsi ja arjen käytännön asioista. Myös mahdollisuus seurata upean lapsemme kasvua ja kehitystä on antanut valtavan merkityksen kaikelle tälle työlle. Omat kiitoksensa ansaitsevat myös lapsemme hoitamiseen tiukoissa tilanteissa venyneet ihmiset, kuten isovanhemmat ja kummit.

Lisäksi opinnoissa ja diplomityön tekemisessä jaksamista ovat tukeneet kaksi upeaa ystäväporukkaa. Haluan kiittää ihmisiä, joihin tutustuin opiskeluaikanani. Teidän kanssanne osa vapaa–ajasta saatiin brutaalin opiskelun vastapainoksi viihdyttäväksi. Haluan myös kiittää kotikaupunkini Tampereen Kaukajärven lähiön pitkäaikaisia ystäviäni. Olen todella onnellinen, että olemme pysyneet yhteydessä. Tämä on antanut valtavasti voimia opintojeni suorittamiseen. Olen edelleen sitä mieltä, että diplomi–insinööriopintoihin hakeutumiseni perimmäinen syy oli mahdollisuus rehvastella tutkinnolla Kaukajärven lähiöbaareissa.

Tampereella, 20. tammikuuta 2022

Jaakko Saukkonen

SISÄLLYSLUETTELO

1. Johdanto 1
2. Tutkimuksen lähtökohdat 3
   2.1 Insinöörimatematiikan opintojaksot 3
   2.2 Tutkimukset korkeakouluopiskelijoiden ajankäytöstä 4
   2.3 Tutkimuskysymykset 5
3. Teoreettinen viitekehys 7
   3.1 Minäpystyvyys ja sosiokognitiivinen teoria 7
      3.1.1 Minäpystyvyys matematiikassa ja yleisesti korkeakoulussa 9
      3.1.2 Minäpystyvyyden mittaaminen 10
   3.2 Ajankäyttötaidot 10
   3.3 Käänteinen opetus ja käänteinen oppiminen 11
4. Tilastollisen analyysimenetelmän tausta 14
   4.1 Määritelmiä tilastolliseen testiin liittyen 14
   4.2 Määritelmiä Kolmogorov–Smirnovin testiin liittyen 16
   4.3 Lauseita Kolmogorov–Smirnovin testiin liittyen 18
   4.4 Esimerkki Kolmogorov–Smirnovin testin käytöstä 23
5. Tutkimuksen toteutus 26
   5.1 Tutkimuksen käytännön järjestelyt 26
      5.1.1 Tutkimuskysely matematiikan opiskelusta 27
      5.1.2 Verkkotehtävien rakenne 28
   5.2 Tutkimusaineiston muodostaminen 30
6. Tutkimustulokset 32
   6.1 Verkkotehtävien aloitusajankohtien erot opiskelijaryhmittäin 32
   6.2 Verkkotehtävien aloitusaikojen muutos lukuvuoden aikana 35
   6.3 Opiskelijoiden ajankäyttöä selittävät tekijät 37
7. Tulosten analysointi ja luotettavuus 42
   7.1 Vastaus ensimmäiseen tutkimuskysymykseen 42
   7.2 Vastaus toiseen tutkimuskysymykseen 43
   7.3 Vastaus kolmanteen tutkimuskysymykseen 44
   7.4 Luotettavuus 45
   7.5 Huomiot ja jatkotutkimusideat 47

Lähteet 48

Liite A: Histogrammit 52

LYHENTEET JA MERKINNÄT

DIL	Differentiaali– ja integraalilaskenta
F_n, G_m	empiirinen kertymäfunktio
F	flippaustoteutus
FC	Flipped classroom
FL	Flipped learning
f	funktio
IMP	Insinöörimatematiikan perusteet
i, j	indeksi
$1_{Y_i \leq y}$	indikaattorifunktio
$\sup S$	joukon S pienin yläraja
$\inf S$	joukon S suurin alaraja
$\max S$	joukon S suurin alkio
JTT	Johdatus todennäköisyyslaskentaan ja tilastolliseen päättelyyn
F, G	kertymäfunktio
$\mathcal{Z}_{n,m}$	Kolmogorov–Smirnovin testisuure
$\mathcal{D}_{n,m}$	Kolmogorov–Smirnovin metriikka
L	luentototeutus
g	linkkifunktio
N, n, m	luonnollinen luku
α	merkitsevyystaso
H_0	nollahypoteesi
$\mathbb{E}[\cdot]$	odotusarvo
y	reaaliluku
$\mathbb{R}$	reaalilukujen joukko
Y, Z, W	satunnaismuuttuja
Y_n, Z_n, W_n	satunnaismuuttujien jono
$\hat{\beta}_0, \hat{\beta}_1, \hat{\beta}_2, \hat{\beta}_3$	suurimman uskottavuuden estimaatti

Θ	parametriavaruus
θ	parametri
$1-\beta$	tilastollisen testin voimakkuus
$\mathbb{P}(\cdot)$	todennäköisyys
H_1	vaihtoehtoinen hypoteesi
VM	Vektorit ja matriisit
$\beta_0, \beta_1, \beta_2, \beta_3$	yleistetyn lineaarisen mallin reaalilukukerroin

1. JOHDANTO

Matematiikan osaamista voidaan pitää perusluonnontieteiden hallinnan ohella yhtenä olennaisimmista insinöörin taidoista. Psykologi Albert Bandura määritteli aikoinaan käsitteen *minäpystyvyys*, joka tarkoittaa esimerkiksi opiskelijoiden uskomuksia siitä, selviävätkö he tietyistä matematiikan tehtävistä [29]. Jo 1980–luvulla insinööriopiskelijoiden minäpystyvyydellä havaittiin olevan yhteys hyvään opintomenestykseen ja sinnikkyyteen opiskeluissa pitäytymisessä [28]. 1990–luvulla saadun tutkimustuloksen mukaan minäpystyvyys matematiikassa ennusti paremmin korkeakouluopiskelijoiden suoriutumista ongelmanratkaisusta kuin monet muut tekijät, kuten aikaisempi kokemus matematiikasta, minäkäsitys matematiikassa tai sukupuoli [36]. Mediassa on ollut viime aikoina esillä työ– ja opiskeluelämässä näkyvä ilmiö, prokrastinaatio, joka merkitsee asioiden aloittamisen lykkäämistä [16][31]. Esimerkiksi korkeakouluopiskelijoihin kohdistuneessa tutkimuksessa ilmiöön on havaittu liittyvän alenemat opintomenestyksessä ja itsesäätelyä tai opiskelua koskevassa minäpystyvyydessä [23].

Vaikka tässä tutkimuksessa ei syvennytäkään itsesäätelyyn tai prokrastinaatioon, on mielenkiintoinen kysymys, voidaanko minäpystyvyydellä tai opintomenestyksellä havaita yhteyksiä insinööriopiskelijoiden ajankäyttötaipumuksiin matematiikan opintojaksoilla. Korkeakouluopiskelijoiden opiskeluun suuntautuvan ajankäytön ja opintomenestyksen välinen yhteys on havaittu tutkimuksissa [2][12][26][45]. Verkko–opiskeluun käytettävää aikaa ja aktiivisen opiskelun ajankohtia kokonaisen lukuvuoden ajan tarkasti mittaavaa tutkimusta ei kuitenkaan ole ilmeisesti huomattavasti tehty. Tällaisen tutkimuksen toteuttaminen on tullut ajankohtaiseksi viimeistään viime vuosina opetuksen painon siirtyessä verkkoon sekä teknologian kehityksen että vuonna 2020 alkaneen pandemian myötä. Esimerkiksi Tampereen yliopiston käyttämään Moodle–oppimisympäristöön on rakennettu monipuolisen datan keräämisen mahdollistavia työkaluja analytiikkaa varten.

Tässä tutkimuksessa selvitetään edellä mainittujen asioiden innoittamana teknillisen alan korkeakouluopiskelijoiden ajankäytön yhteyttä minäpystyvyyteen ja opintomenestykseen. Tutkimuksessa seurataan tekniikan kandidaattiopiskelijoiden ajankäyttöä, minäpystyvyyttä ja opintomenestystä ensimmäisen opiskeluvuoden matematiikan perusopintojaksoilla. Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää mahdollisia eroavaisuuksia ajankäytössä minäpystyvyyden ja opintomenestyksen perusteella vertailtavien opiskelijoiden välillä. Lisäksi halutaan seurata opiskelijoiden ajankäytön kehittymistä lukuvuoden aikana ja arvioida

minäpystyvyyden ja opintomenestyksen roolia ajankäyttöä selittävinä muuttujina.

Luvussa 2 kerrotaan tutkimuksen taustasta ja esitellään korkeakouluopiskelijoiden ajankäyttöön liittyviä aiempia tutkimustuloksia. Luvun 3 teoreettisessa viitekehyksessä tutustutaan minäpystyvyyden käsitteeseen, tehokkaaseen ajankäyttöön ja selostetaan lyhyesti Tampereen yliopistollakin sovellettavia käänteisen opetuksen ja käänteisen oppimisen malleja. Luvussa 4 otetaan kirjallinen katsaus tutkimuksen taustalla vaikuttavaan tilastolliseen testiin määritelmien, lauseiden ja niiden todistusten ja esimerkin avulla.

Luvussa 5 esitellään tutkimuksen käytännön toteutusta ja tutkimuksessa käytettävää mittaria opiskelijoiden ajankäytölle. Tämän jälkeen luvussa 6 esitellään tutkimustulokset, joista siirrytään lopuksi tulosten analysointiin ja pohdintaan, tutkimuksen luotettavuuden arviointiin ja jatkotutkimusideoihin.

2. TUTKIMUKSEN LÄHTÖKOHDAT

Tässä luvussa esitellään tutkimuksen kohteena olevia matematiikan opintojaksoja ja tutkimusaineiston keräämistapaa. Luvussa tuodaan esille myös aiheen aiempaa tutkimusta ja perustellaan tarvetta tälle tutkimukselle. Lopuksi muotoillaan tutkimuskysymykset.

2.1 Insinöörimatematiikan opintojaksot

Lukuvuonna 2020–2021 tekniikan kandidaattiohjelmien ensimmäisen vuoden opiskelijat suorittivat Tampereen yliopistossa neljä matematiikan perusopintojaksoa. Opintojaksolla Insinöörimatematiikan perusteet (IMP) käsiteltiin muun muassa joukko–oppia, matemaattista todistamista, alkeisfunktioita ja niiden raja–arvoja, differentiaali– ja integraalilaskennan perusteita sekä kompleksilukuja [33]. Tätä seuraavalla opintojaksolla Vektorit ja matriisit (VM) perehdyttiin esimerkiksi vektorien peruslaskutoimituksiin ja lineaariseen riippumattomuuteen, lineaaristen yhtälöryhmien ratkaisemiseen matriisimenetelmällä ja lineaarialgebran peruskäsitteisiin [35]. Järjestyksessään kolmannella opintojaksolla Differentiaali– ja integraalilaskenta (DIL) syvennyttiin integroimistekniikoihin ja tutustuttiin monentyyppisiin sarjoihin ja differentiaaliyhtälöihin [32]. Viimeisellä perusopintojaksolla Johdatus todennäköisyyslaskentaan ja tilastolliseen päättelyyn (JTT) ydinsisältönä olivat todennäköisyyden käsite ja sitä koskevat laskutoimitukset sekä todennäköisyysjakaumat [34].

Tämä tutkimus on osa Tampereen yliopiston laajempaa Flip&Learn–kokeilua ja siihen liittyvää MathFlip–tutkimusta, jossa ovat mukana Teknologialla tuetun matematiikan opetuksen tutkimusryhmä (TTMOT) ja Professional Growth and Learning –tutkimusryhmä (PGL). Tampereen yliopistossa toteutettiin lukuvuonna 2020—2021 laaja tutkimuskysely matematiikan opiskelusta. Kysely järjestettiin jokaisen ensimmäisen opiskeluvuoden matematiikan perusopintojakson (IMP, VM, DIL ja JTT) alussa. Lisäksi kysely toistettiin kurssien VM ja DIL loppuvaiheessa, mutta näitä kyselytuloksia ei ole sisällytetty tämän tutkimuksen aineistoon. Tutkimukseen osallistuneet henkilöt olivat suurimmaksi osaksi ensimmäisen vuoden opiskelijoita tekniikan kandidaatin tutkinto–ohjelmissa. Tutkimukseen valikoituivat opiskelijat, jotka olivat antaneet tutkimusluvan ja joilta oli saatavilla riittävä määrä tutkimusdataa. Tutkimukseen valikoituneiden opiskelijoiden määriä suhteessa opintojaksojen osallistujamääriin on esitelty taulukossa 2.1. Jokaisesta opintojaksosta järjestettiin

sekä luentototeutus (L) että käänteistä opetusta ja oppimista yhdistävä *flippaustoteutus* (F). Näiden eri toteutusten opiskelijat muodostavat omat tutkimusotoksensa.

Opintojakso	IMP L	IMP F	VM L	VM F	DIL L	DIL F	JTT L	JTT F
Otoskoko	198	261	198	268	252	267	331	225
Osallistujat	466	322	483	323	467	303	505	295
Suhde (%)	42.5	81.0	41.0	83.0	54.0	88.1	65.5	76.3

Taulukko 2.1. *Tutkimukseen valikoituneiden opiskelijoiden määrät (otoskoot) ja osallistujamäärät opintojaksoittain ja toteutustavoittain.*

Yleisesti flippaustoteutuksilla tutkimuksen otokset edustavat luentototeutuksia vahvemmin kaikkien opiskelijoiden joukkoa. Käänteistä opetusta ja oppimista käsitellään tarkemmin luvussa 3 ja opintojaksojen rakennetta luvussa 5.

2.2 Tutkimukset korkeakouluopiskelijoiden ajankäytöstä

Korkeakouluopiskelijoiden opiskeluun varaama aika on vähentynyt radikaalisti viime vuosikymmenten aikana. Opiskelijoiden viikoittaisen opiskeluajan voidaan katsoa muodostuvan lähiopetukseen ja itseopiskeluun käytetyistä tunneista. Laajan tutkimuksen mukaan kokoaikaisten opiskelijoiden viikoittaiseen opiskeluun varaamat tunnit ovat tippuneet 1960–luvun 40 tunnin tasosta noin 27 tuntiin 2000–luvulle saavuttaessa. Yhtenä syynä laskuun pidetään opiskelusuorituksissa käytettävän teknologian kehittymistä. [3]

Usein opiskelijoiden ajankäytön ja opintomenestyksen yhteyttä on selvitetty tutkimuksissa, joissa menestyksen mittarina on käytetty yksittäistä kurssiarvosanaa tai pidemmän ajan opintojen keskiarvoa (grade point average, GPA). Lahmers & Zulauf [26] havaitsivat aloittaneiden korkeakouluopiskelijoiden ajankäyttöä tutkiessaan, että opiskeluun käytetyillä tunneilla oli heikko positiivinen yhteys opintomenestykseen. Lahmersin & Zulaufin mallin mukaan opintojen keskiarvon merkittävä nostaminen vaatisi kuitenkin valtavasti työtunteja. Kolari ym. [25] selvittivät ensimmäisen vuoden insinööriopiskelijoiden viikoittaisten opiskelutuntien yhteyttä opintomenestykseen, eivätkä havainneet korrelaatiota.

Brint & Cantwell [12] uudistivat tutkimuksessaan lähestymistä korkeakouluopiskelijoiden ajankäyttöön ja ottivat huomioon erilaisia ajankäytön lajeja. Tutkimuksessa lähi– ja itseopiskeluun eniten viikkotunteja käyttäneet opiskelijat saavuttivat muita opiskelijaryhmiä paremman opintojen keskiarvon. Toisaalta esimerkiksi opintojen aikaisen työnteon havaittiin olevan yhteydessä heikompaan opintomenestykseen. Thibodeaux ym. [47] havaitsivat vastaavan eron opintomenestyksessä tulevan heikosti esille vasta ensimmäisen vuoden jälkimmäisellä lukukaudella. Myös Fosnacht ym. [19] muodostivat tutkimuksessaan ensimmäisen vuoden korkeakouluopiskelijoista useita vertailuryhmiä. Tutkimuksessa löy-

dettiin eroja opiskeluun käytetyissä tunneissa eri opiskelijaryhmien välillä, mutta ei merkitseviä eroja opintomenestyksessä.

Myös yhdistelmiä edellisten tutkimusten löydöksistä on havaittu. Stinebricknerin & Stinebricknerin [45] tutkimustulosten mukaan päivittäisten opiskelutuntien lisäämisellä on aluksi selvä opintojen keskiarvoa nostava vaikutus, mutta se hälvenee nopeasti opiskelumäärän kasvaessa. Yhteen niputettuna tutkimustuloksissa on siis runsaasti vaihtelua.

Myös korkeakouluopiskelijoiden *opintosuoritusten ajankohtien* ja opintomenestyksen välistä yhteyttä on tutkittu, joskin hämmästyttävän vähän irrallaan psykologisesta kontekstista. Auvinen ym. [2] selvittivät laajassa pelillistämistä koskevassa tutkimuksessaan korkeakouluopiskelijoiden viikoittaista toimintaa verkko–oppimisympäristössä. Tutkimuksessa opiskelijoiden toiminnan aikaisuus määriteltiin keskimääräiseksi harjoitusten palautusajan ja palautustakarajan väliseksi etäisyydeksi. Tutkimuksen osatulosten mukaan harjoitustehtävissä parhaiten menestyneet opiskelijat myös näyttivät merkkejä toiminnan aikaisuudesta verrattuna heikoimmin menestyneisiin. Scott & Stone [43] puolestaan päätyivät jo ennen nykyaikaisia verkko–oppimisympäristöjä positiiviseen korrelaatioon insinööriopiskelijoiden toiminnan aikaisuuden ja tenttipisteiden välillä. Scott & Stone määrittelivät toiminnan aikaisuuden hieman eri tavalla. Heidän määritelmänsä mukaisesti etäisyys palautustakarajaan mitattiin viimeisen tehtävän suoritusajasta, ei palautusajasta. Kimin & Nembhardin [22] täydentävien havaintojen mukaan insinööriopiskelijoiden aikainen työskentelyn aloittaminen johtaa lievemmän prokrastinaation ja pienentyneen aikapaineen kautta parempaan opintomenestykseen.

Useissa tutkimuksissa onkin päädytty selvittämään prokrastinaation eli toistuvan asioiden viivyttelytaipumuksen yhteyttä opintomenestykseen. Prokrastinaatioperustaisella opintosuoritusten viivyttelyllä on havaittu olevan yhteys alentuneeseen opintomenestykseen korkeakoulussa [40][4]. Prokrastinaatiota pidetään vaikeasti ymmärrettävänä ongelmana ja se on psykologisesta näkökulmasta yhteydessä lukuisiin minuuteen liittyviin käsitteisiin minäpystyvyyden ollessa yksi näistä [ks. esim 44]. Opiskelijoiden ajankäytön ja minäpystyvyyden välistä tutkimusta käsitellään vielä luvun 3 teoreettisen viitekehyksen yhteydessä.

2.3 Tutkimuskysymykset

Tutkimuksen yhtenä tavoitteena on selvittää, millaisia yhteyksiä opiskelijoiden ajankäytöllä on opintomenestykseen ja minäpystyvyyteen matematiikan perusopintojaksoilla. Ilmiöt ovat tutkimuksen kohteena erikseen luentototeutuksilla ja flippaustoteutuksilla. Tutkittaviksi valikoituivat seuraavat kysymykset:

- Miten verkkotehtävien aloitusajat eroavat parhaiten ja heikoiten tentissä menestyvien opiskelijoiden välillä ja toisaalta myös erilaisen minäpystyvyyden omaavien

opiskelijoiden välillä?

- Millaisia muutoksia verkkotehtävien aloitusajoissa tapahtuu lukuvuoden aikana?
- Voidaanko verkkotehtävien aloitusaikoja tai tehtäviin käytettyä kokonaisaikaa selittää opiskelijoiden minäpystyvyydellä, tenttipisteillä ja opintojaksojen toteutustavalla?

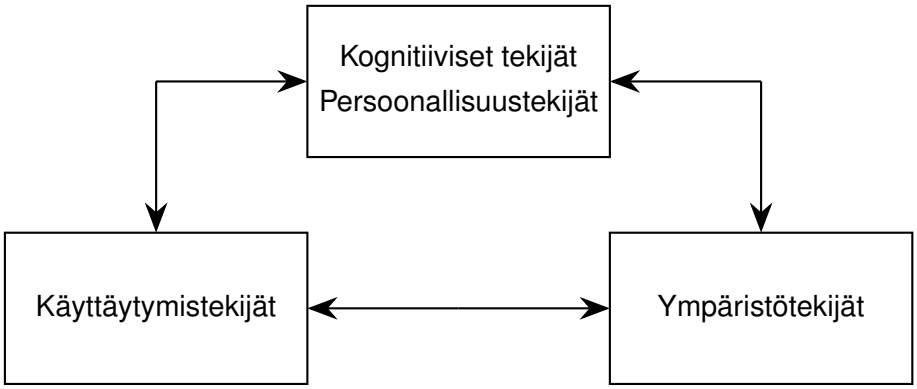
Ensimmäiset kaksi tutkimuskysymystä liittyvät verkkotehtävien aloitusaikoihin ja ne käsitellään ensimmäisinä. Kolmanteen tutkimuskysymykseen pyritään vastaamaan erikseen toisenlaisella analyysimenetelmällä.

3. TEOREETTINEN VIITEKEHYS

Tässä luvussa tutustutaan minäpystyvyyteen, joka on tutkimuksen keskeisin käsite. Minäpystyvyys esitellään lyhyesti osana sosiokognitiivista teoriaa, mutta luvussa tarkastellaan myös minäpystyvyyden suhdetta matematiikan oppimiseen. Lisäksi esitellään teoriaa tehokkaasta ajankäytöstä ja käänteisen opetuksen ja oppimisen malleista.

3.1 Minäpystyvyys ja sosiokognitiivinen teoria

Psykologi Albert Bandura [8] esitteli minäpystyvyyden (self–efficacy) käsitteen vuonna 1977. Käsitteestä muodostui keskeinen osa sosiokognitiivista teoriaa, joka korostaa ympäristön ja yksilön käyttäytymisen välissä tapahtuvia *kognitiivisia* eli tiedollisia prosesseja. Sosiokognitiivisen näkemyksen mukaan ihmisten toiminta selittyy pelkkien sisäisten tai ulkoisten ärsykkeiden sijaan useiden tekijöiden yhteisvaikutuksella. Tällaisia tekijöitä ovat yksilöiden kongitiiviset tekijät ja persoonallisuustekijät, käyttäytymistekijät sekä sosiaalisen ja fyysisen ympäristön tapahtumat (kuva 3.1). Sosiokognitiivinen teoria perustuu vahvasti ihmisille ominaisiin kykyihin, joita ovat kokemusten ja tiedon symbolinen ilmaisu, itsesäätely, kokemusten reflektointi ja toisten välityksellä oppiminen. [7, s. 18–22]

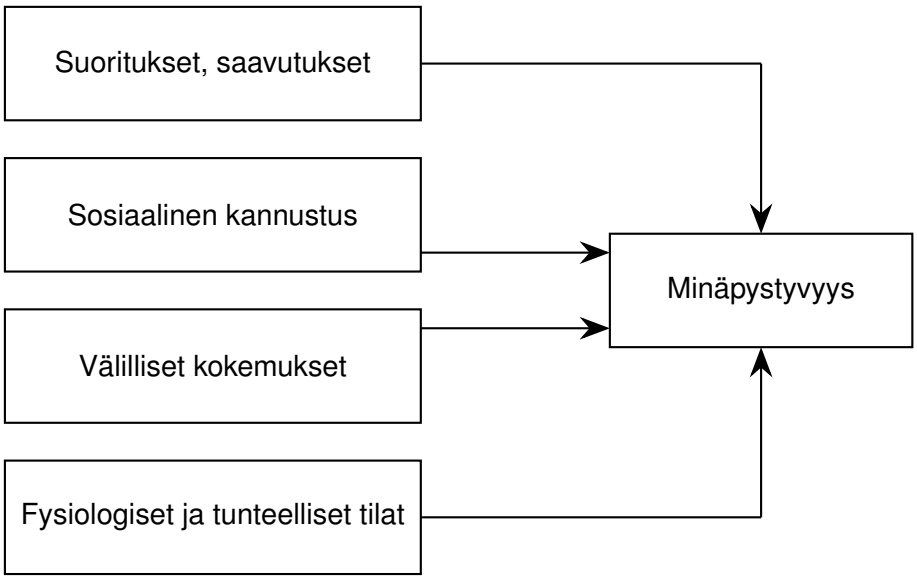


Kuva 3.1. *Havainnekuva ihmisen psykososiaaliseen toiminnan, mukaan lukien oppimisen määräävistä tekijöistä Banduran mallin mukaan. Tekijät vaikuttavat kaksisuuntaisesti keskenään, mutta eivät välttämättä yhtä voimakkaasti tai samanaikaisesti. Kuvaa on muokattu lähteestä [6].*

Asiaosaamisen ja kognitiivisten taitojen omaamisen ja niiden onnistuneen tilannekohtaisen käyttämisen välillä on olennainen ero. Varsinaisten taitojen tai suoriutumistason

sijaan minäpystyvyydellä tarkoitetaan, miten yksilö uskoo suoriutuvansa tehtävistä tai muunlaisista haasteista erilaisissa olosuhteissa. Minäpystyvyyden on osoitettu olevan olennainen osa aktiviteeteista suoriutumista riippumatta siitä, minkälaiset taidot yksilöllä on taustallaan. [5, ss. 36–38] Bandura ja Wood [6] kuvailevat artikkelissaan, kuinka samaa taitotasoa olevat yksilöt voivat suoriutua aktiviteeteista huomattavasti eri tasolla. Yksilöiden suoritustaso riippuu vahvasti motivaatiosta ja vaivannäöstä, joihin minäpystyvyys puolestaan suoraan vaikuttaa.

Minäpystyvyysuskomukset rakentuvat monesta osasta (kuva 3.2). Merkittävimpänä osana pidetään tilanteiden hallintaan liittyviä onnistumisen kokemuksia. Varhaisen rakentumisen aikaiset tai erityisen helppoja onnistumisia seuraavat epäonnistumiset taas horjuttavat minäpystyvyyden rakentumista. Koska monenlaisia suorituksia on hyvin vaikeaa arvioida sellaisenaan ilman vertailua, minäpystyvyys rakentuu osittain myös kokemuksista muiden, esimerkiksi toisten vertaisten välityksellä. Myös todenmukaisena uskona toisen kykyihin ilmaistu sosiaalinen kannustus vahvistaa minäpystyvyyttä, vaikkakin sen merkitys yksinään on hyvin rajallinen. Lisäksi yksilön kokema ja tulkitsema olotila on osatekijä minäpystyvyyden muuttumisessa. Minäpystyvyys ei siis ole pysyvä ominaisuus, vaan altis muutoksille asiayhteydestä ja ajasta riippuen. [5, ss. 79–115]



Kuva 3.2. *Bandura [8] jakaa minäpystyvyysuskomusten lähteet neljään luokkaan. Englanninkielisellä termillä performance accomplishments tarkoitetaan esimerkiksi suorituksia, saavutuksia ja muita yksilön omia aiempia kokemuksia. Termi vicarious experience puolestaan ilmaisee oppimista ja asioiden kokemista muiden välityksellä. Lisäksi termillä verbal persuasion kuvataan sosiaalista kannustusta ja yksilön saattamista tietoiseksi omista kyvyistään. Minäpystyvyys rakentuu niin ikään yksilön kokemista tunnetiloista (emotional arousal). Kuvaa on muokattu mainitusta lähteestä.*

Minäpystyvyysuskomuksilla on laajalle ulottuvia vaikutuksia. Minäpystyvyys vaikuttaa ihmisten valitsemiin toimintamalleihin ja aktiviteetteihin. Ihmiset ovat taipuvaisia välttele-

mään uhkaavan haasteellisena näyttäytyvää toimintaa, josta he eivät koe selviytyvänsä. Toisaalta ihmiset hakeutuvat toimintaan, jossa he kokevat pystyvänsä hallitsemaan tilanteita. Minäpystyvyys voi vaikuttaa ohjautuvuuden ja aktiviteettivalintojen lisäksi myös laajemmin selviytymispyrkimyksiin eri tilanteissa. Minäpystyvyyden voimakkuus on yhteydessä esimerkiksi siihen, miten paljon ihmiset näkevät vaivaa ja kuinka kauan he jaksavat yrittää kohdatessaan haasteita ja epämiellyttäviä kokemuksia. [8]

Minäpystyvyys siis määrää yksilöiden motivaation ja sitkeyden tasoja. Minäpystyvyysuskomukset voivat johtaa fyysisiin ja tunneperäisiin tuntemuksiin, kuten stressiin ja ahdistuneisuuteen haastavissa tilanteissa. Myös päätösten tekeminen ja erilaiset ajatusmallit ovat minäpystyvyyden vaikutuksen alaisia asioita. Vahvat ja positiiviset minäpystyvyysuskomukset omaavilla ihmisillä on esimerkiksi taipumus asettaa korkeita tavoitteita. Samoin tällaisten ihmisten on havaittu maalaavan hahmotelmia onnistumisista ja niihin pääsemisestä. Vuorostaan matalan minäpystyvyyden omaavien ihmisten on todettu herkemmin kehittelevän epäonnistumisen skenaarioita. Edellä kuvatut minäpystyvyyden vaikutukset kumuloituvat ja näkyvät yksilöiden toiminnan saavutuksissa. [6]

3.1.1 Minäpystyvyys matematiikassa ja yleisesti korkeakoulussa

Minäpystyvyys käsittää myös esimerkiksi opiskelijoiden uskomuksia siitä, pystyvätkö he suoriutumaan tietyistä matematiikan tehtävistä. Pedagogisesti on tärkeää osata erottaa *minäkäsityksen* ja minäpystyvyyden merkitykset. Minäkäsitys viittaa laajempiin kompetenssiuskomuksiin, kun taas minäpystyvyys on varsin tilanteisiin sidonnainen ominaisuus. Opiskelijoilla voi olla samaan aikaan esimerkiksi positiivinen yleiskuva matemaattisista taidoistaan ja erityinen, poikkeava näkemys kyvyistään ratkaista polynomiyhtälöitä. [29]

Minäpystyvyys rakentuu Banduran [8] mukaan vahvasti kokemuksista ja niiden prosessoinnista. Bong & Skaalvik [11] kuvaavat akateemista minäpystyvyyttä myös mukautuvana ja tulevaisuuteen suuntautuvana ominaisuutena. Akateemiseen minäpystyvyyteen sisältyvät näkemykset siitä, miten opiskelijat uskovat selviävänsä *tulevista* haasteista.

Korkeakouluopiskelijoiden minäpystyvyydestä matematiikassa on monia tutkimustuloksia. Esimerkiksi ensimmäisen vuoden insinööriopiskelijoiden joukossa vahvan minäpystyvyyden omaavien opiskelijoiden on havaittu suoriutuvan muita menestyksekkäämmin matematiikan tehtävistä [10][50][51]. Insinööriopiskelijoiden minäpystyvyysarvioiden ennakoimassa ja todellisessa suoriutumistasossa on myös huomattu jonkin verran eroavaisuuksia [51]. Minäpystyvyyden on todettu olevan motivaation laatua, opiskelutapoja tai matematiikkaa koskevia näkemyksiä parempi ennustava tekijä ensimmäisen vuoden yliopistomatematiikan opintomenestykselle, mutta se ei juurikaan pysty yksinään ennustamaan opintomenestystä [10][51].

Luvussa 2 esiteltiin opiskelijoiden ajankäytön ja opintomenestyksen välistä, melko suo-

raa tutkimusta. Ajankäytön ja minäpystyvyyden välinen yhteys sen sijaan näyttäytyy usein osana suurempaa ja riippuvuussuhteiltaan monimutkaisempaa käsitteellistä kokonaisuutta. Esimerkiksi Thibodeaux ym. [47] havaitsivat aiemmin mainitussa tutkimuksessaan, että opiskeluun ajankäyttönsä suuntaavat opiskelijat ovat taipuvaisia vahvaan itsesäätelyyn eli esimerkiksi asettamaan tavoitteita ja työskentelemään niitä kohti. Sosiaalisiin aktiviteetteihin eli varsinaisesta opiskeluajasta poispäin suuntautuvilla ilmiö havaittiin päinvastaiseksi. Jo vuonna 1990 Pintrich & De Groot [38] havaitsivat itsesäätelyn puolestaan olevan yhteydessä akateemiseen minäpystyvyyteen.

3.1.2 Minäpystyvyyden mittaaminen

Minäpystyvyyden kartoitus ja tutkimuksessa käytettävät tehtävät tulisi toteuttaa ajallisesti mahdollisimman lähellä toisiaan. Minäpystyvyyden tutkimuksessa ei ole sopivaa käyttää yleisesti erilaisiin tilanteisiin sopivaa mittaria, vaan minäpystyvyyden mittari tulisi yksilöidä erityisen tarkasti tutkimuksen kohteelle. [7][9] Näiden hyvän mittauksen periaatteiden huomiotta jättäminen johtaa Banduran [7] mukaan sekaviin riippuvuussuhteisiin sekä vaikea– ja monitulkintaisiin tuloksiin.

Ensimmäinen pyrkimys minäpystyvyyden mittaamiseen oli SRL–mittari (self–efficacy for self–regulated learning), jonka kyselyssä pureuduttiin lyhyesti muun muassa opiskelijoiden keskittymis–, organisointi– ja suunnittelukykyihin. Myöhemmin tätä seurasi vuonna 2005 Zimmermanin ja Kitsantasin [54] luoma SELF–mittari (self–efficacy for learning form), joka kartoittaa laajasti opiskelijoiden uskomuksia selvitä akateemisista haasteista. Kaksi vuotta myöhemmin julkaistussa artikkelissa Zimmerman ja Kitsantas [55] esittelivät tästä opiskeluun, tenttiin valmistautumiseen ja muistiinpanojen tekemiseen keskittyvän, typistetyn version SELF–A (abridged). Kyseistä versiota sovelletaan osin myös tässä tutkimuksessa.

3.2 Ajankäyttötaidot

William E. Kelly [21] määritteli vuonna 2002 *tehokkaan ajankäytön* muutamiin oletuksiin nojautuen. Jotta yksilö voi käyttää aikaansa tehokkaasti, hänen täytyy olla tietoinen ajasta. Tämä ominaisuus sisältää muun muassa kyvyn prosessoida aikaa ja olla tietoinen sen kulumisesta menneessä, nykyhetkessä ja tulevassa sekä kyvyn varata sopiva määrä aikaa aktiviteettejä varten. Tyypillinen aihetta havainnollistava ongelma ajan varaamisessa on ali– tai yliallokointi, joista ensimmäinen voi aiheuttaa tehtävän jäämisen kesken ja jälkimmäinen taas vaarantaa muiden tehtävien suorittamisen.

Tehokas ajankäyttö vaatii myös yksilöä olemaan tietoinen aikaa täyttävistä aktiviteeteista ja kyvykäs analysoimaan niitä. Yksilön pitää ymmärtää tällaista aktiviteettia esimerkiksi kokemuksen tai samankaltaiseen aktiviteettiin vertaamisen kautta. Tällaiseen tietoisuu-

teen kuuluu myös kyky keskittää huomio aktiviteettiin tiedostaen samalla ajan kulumista. Uudenlaiset tilanteet voivat vaatia suuren huomion ajantajun kustannuksella, kun taas tutummissa tilanteissa myös ajan kulumisen tiedostamiselle jää sijaa. Ymmärrys aktiviteetista mahdollistaa sen suorittamisen suunnittelun sekä yleisellä strategisella tasolla että yksittäisen aktiviteetin osasten tasolla. Menestyksekäs suunnittelu voi tavallisesti vaatia myös kokemusta ja tietoisuutta samankaltaisten aktiviteettien vaatimasta ajasta. [21]

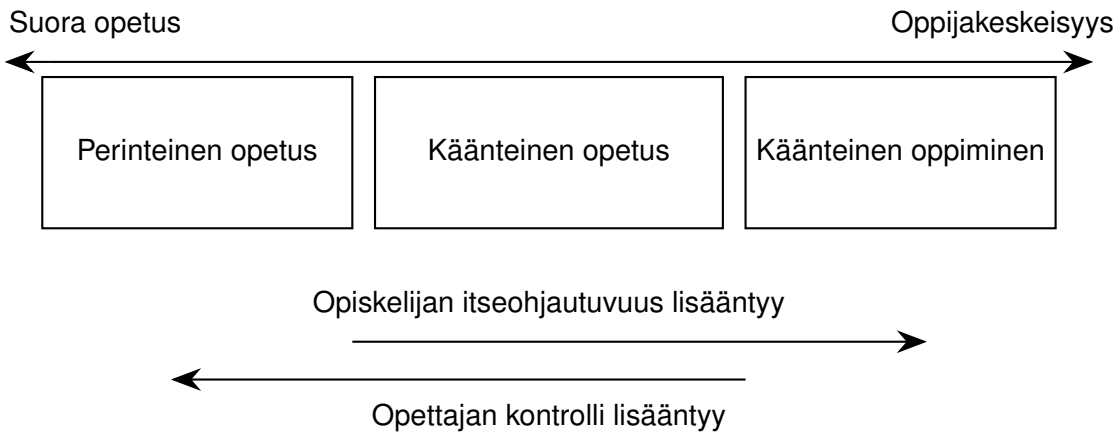
Viimeisen oletuksen mukaan ajankäytöltään tehokkaalla yksilöllä tulee olla soveliaat työtavat, jotka koostuvat vähintään kolmesta tekijästä. Näitä ovat motivaatio, itsekuri (self–discipline) ja ajankäyttötavat. Nämä eivät välttämättä ole kiinteitä yksilön piirteitä, vaan myös tilanteiden määräämiä. [21] Esimerkiksi hyvien ajankäyttötapojen, kuten asioiden järjestelyn, tavoitteiden asettamisen, ongelmien pilkkomisen ja aikataulujen luomisen ja ylläpitämisen on havaittu olevan yhteydessä hyviin akateemisiin saavutuksiin [21][30].

Kelly [20] havaitsi vuonna 2003 rakentaessaan mittaria ajankäytön tehokkuudelle (time use efficiency, TUE), että korkeampi ajankäytön tehokkuus on yhteydessä esimerkiksi taipumukseen viivytellä asioita vähemmän (prokrastinaatio), vahvempaan minäpystyvyyteen ja matalampiin stressitasoihin. Nämä ovat tähän tutkimukseen joko suoraan liittyviä tai tutkimukselle läheisiä aiheita.

3.3 Käänteinen opetus ja käänteinen oppiminen

Käänteiset opetukselliset menetelmät poikkeavat niin sanotusta perinteisestä opetuksesta. Tällaisessa perinteisessä opetusmenetelmässä lähiopetuksessa keskitytään luennointiin tai vastaavaan opettajajohtoiseen tiedon siirtämiseen ja esimerkiksi matematiikalle ominaisia harjoitustehtäviä tehdään opetustilanteen ulkopuolella. Käänteisen oppimisen (Flipped learning, FL) ja käänteisen opetuksen (Flipped classroom, FC) mallit ovat lähellä toisiaan, mutta ne eivät tarkoita täsmällisesti samaa asiaa. [48]

Toivola ja Silfverberg [48] kuvailevat FL– ja FC–mallien eroa artikkelissaan siten, että käänteisen luokkahuoneen menetelmään siirryttäessä vaihdetaan ainoastaan perinteiselle opetukselle ominaiset tavat. Käänteisen oppimisen menetelmässä vapautetaan lisäksi muutettavaksi koko opetuksen ja oppimisen pedagogiset lähtökohdat. Toivola ym. [49, s. 20] esittävät käänteisen opetuksen metodina, joka käänteistää perinteiset opetustilassa ja sen ulkopuolella tapahtuvat asiat. Käänteinen oppiminen puolestaan esitetään kokonaisena oppimisen aatemaailmana, jossa tuetaan opiskelijoiden oma–aloitteista oppimista ja heidän opiskeluun liittyviä valintojaan. Kuvassa 3.3 havainnollistetaan käänteisten menetelmien suhdetta perinteiseen opetukseen.



Kuva 3.3. *Käänteisen opetuksen ja käänteisen oppimisen sijoittuminen opettajan kontrollin mukaan. Kuvaa on yksinkertaistettu Silfverbergin ja Toivolan artikkelista [48].*

Käänteisen opetuksen periaatteiden välittämiseen ja menetelmän menestyksekkääseen toteutukseen pyrkivä verkkoyhteisö Flipped Learning Network [46] on määritellyt reunaehdot FL:n soveltamiselle:

1. **Joustava ympäristö**. Fyysiset opiskelutilat voidaan muuttaa sekä ryhmätyötä että itsenäistä työskentelyä tukeviksi. Aineeton ympäristö eli ilmapiiri ja odotukset asioiden omaksumistahdista pyritään myös pitämään joustavina.

2. **Oppimiskulttuuri**. Opettajakeskeinen lähestymistapa vaihdetaan oppijakeskeiseen. Lähiopetuksen aika käytetään aiheisiin syventymiseen. Opiskelijat osallistuvat aktiivisesti tietämyksensä rakentamiseen ja arvioivat oppimisprosessiaan itselleen sopivasti.

3. **Tarkoituksenmukainen sisältö**. Käänteisen oppimisen päämääränä on sekä käsitteellinen että menetelmällinen ymmärrys. Kouluttaja analysoi tapauskohtaisesti, mitä aihesisältöjä on tarpeen opettaa ja missä määrin opiskelijat tutustuvat aiheisiin itse. Tarkoituksenmukainen sisältö tehostaa aktiivisten oppimistapojen omaksumista.

4. **Ammattimainen kouluttaja**. Kouluttaja havainnoi jatkuvasti opiskelijoiden tekemistä. Hän antaa palautetta opiskelijoille ja arvioi heitä eri tilanteisiin soveltuvilla tavoilla. Ammattimainen kouluttaja on pohdiskeleva ja hyväksyy esimerkiksi perustellun kritiikin sekä tietyn epäjärjestyksen opetustilassa. Tällaisilla toimilla kouluttaja mahdollistaa käänteisen oppimisen olematta silti erityisen johtavassa tai määräävässä roolissa.

Myös Flipped Learning Network [46] kuvaa FC– ja FL–mallien eroja. Käänteinen opetus on mahdollista järjestää esimerkiksi opetustilan ulkopuolelle tarkoitetuilla materiaaleilla, harjoituksilla ja opetusvideoilla, mutta käänteiseen oppimiseen pääseminen vaatii edellä mainittujen reunaehtojen täyttämistä.

Yksi FL:n ominaispiirteistä on opetuksen asemointi opiskelijoiden lähikehityksen vyöhykkeelle [49]. Psykologi Lev Vygotsky [53, s. 84–91] määritteli lähikehityksen vyöhykkeen

vuonna 1978. Vygotskyn mukaan yksilön varsinaisen osaamistason ja potentiaalisen kehitystason välille jää eräänlainen vyöhyke. Potentiaalisen kehitystason määrää ohjauksen alaisena ja vertaisten kanssa tapahtuva työskentely. Lähikehityksen vyöhykkeellä ollessaan yksilö kykenee Vygotskyn mukaan toimimaan korkeammalla tasolla, kuin yksilön osaamistaso antaisi olettaa.

4. TILASTOLLISEN ANALYYSIMENETELMÄN TAUSTA

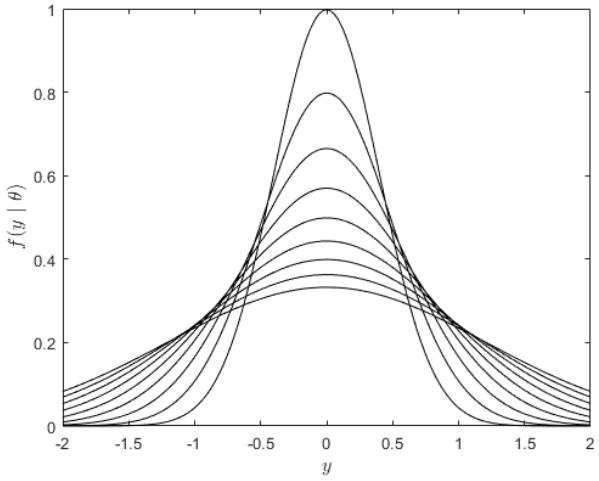
Tässä työssä verkkotehtävien aloitusajankohtia koskevien hypoteesien tilastolliseen testaamiseen käytetään kahden otoksen Kolmogorov–Smirnovin testiä. Ennen kyseisten tulosten tarkastelua esitellään tarvittavia määritelmiä ja osoitetaan käytetyn tilastollisen testin johdonmukaisuus.

4.1 Määritelmiä tilastolliseen testiin liittyen

Aloitetaan käsitteiden esittely tilastollisen testin peruskomponenteista. Todennäköisyyslaskennan olioista tiheysfunktio oletetaan lukijalle tutuksi.

Määritelmä 4.1. [37, s. 54] Olkoon Θ joukko ja $f : \mathbb{R} \times \Theta \to [0, \infty)$ kuvaus. Tällöin kuvaus f esittää kaikilla joukon Θ alkioilla θ *tiheysfunktiota*. Joukkoa Θ kutsutaan *parametriavaruudeksi* ja siihen kuuluva parametri θ määrää tiheysfunktioiden perheen.

Parametri θ voisi esimerkiksi määrätä origokeskisen normaalijakauman muodon, jolloin parametri kuuluisi origokeskisten normaalijakaumien tiheysfunktioiden parametriavaruuteen. Esimerkki on kuvassa 4.1. Monien jakaumien tiheysfunktion määrää useampi parametri, joten parametrin θ voidaan sopia käsittävän myös korkeampiulotteiset yleistykset.



Kuva 4.1. *Kuvaan on hahmoteltu origokeskisten normaalijakaumien tiheysfunktioiden perheen joitakin funktioita. Tiheysfunktion $f(y \mid \theta)$ määrää parametri θ, joka kuvan tapauksessa vastaa satunnaismuuttujan varianssia.*

Määritelmä 4.2. [37, s. 110–111] Tilastollisen testin keskeisiä osia ovat *nollahypoteesi* H_0 ja *vaihtoehtoinen hypoteesi* H_1. Tarkemmin hypoteesit määritellään seuraavasti:

$$H_0 : \theta \in \Theta_0 \quad \text{ja}$$
$$H_1 : \theta \in \Theta_1,$$

missä Θ_0 ja Θ_1 ovat parametriavaruuden Θ osajoukkoja ja niiden leikkaus on tyhjä joukko.

Tilastollisen testin päämääränä on päättää realisoituneiden tulosten joukkoon nojautuen, kumpi hypoteeseista H_0 ja H_1 on tosi. Käytännön tutkimuksessa on aina mahdollista, että tutkimushypoteeseja hylätään tai pidetään voimassa virheellisesti. Testeillä on ns. *hyväksymis–* ja *hylkäämisalueet*, joiden välinen suhde riippuu testin käyttäjän riskinsietokyvystä virheelliselle tulokselle. [42, s. 327–328] Määritellään tähän liittyen vielä muutamia käsitteitä.

Määritelmä 4.3. Tilastollisen testin *merkitsevyystaso* α kuvaa testille sallittavaa todennäköisyyttä hylätä nollahypoteesi H_0 virheellisesti, kun H_0 on tosi. Testin *voimakkuudella parametria* θ *vastaan* tarkoitetaan testin todennäköisyyttä hylätä nollahypoteesi H_0 oikein, kun vaihtoehtoinen hypoteesi H_1 on tosi. Voimakkuutta merkitään tyypillisesti parametrin funktiona $1 - \beta(\theta)$ tai vaihtoehtoisesti $1 - \beta$. [vrt. 27, s. 57]

Määritelmään 4.3 lisäten testin *johdonmukaisuudella* tarkoitetaan, että testin voimakkuus lähestyy arvoa 1 havaintojen määrän kasvaessa rajatta. Johdonmukaisuutta mitataan joko tiettyä vastahypoteesia tai kaikkia mahdollisia vaihtoehtoja vastaan. [14, s. 85] Tilastolliselle testille mahdollisia lopputulemia on kuvailtu taulukossa 4.1.

H_0	Päätös hypoteesista H_0	Päätöksen tulos	Tuloksen todennäköisyys
Tosi	Pidetään voimassa	Oikea	$1 - \alpha$
Tosi	Hylätään	Väärä	α
Epätosi	Pidetään voimassa	Väärä	β
Epätosi	Hylätään	Oikea	$1 - \beta$

Taulukko 4.1. *Todellisen tuloksen kannalta oikeat ja väärät loppupäätelmät tilastollisessa testissä. Taulukon toisella rivillä tapahtuu tyypin I virhe, jossa nollahypoteesi hylätään virheellisesti. Kolmannella rivillä tapahtuu vastaavasti tyypin II virhe, jossa epätosi nollahypoteesi pidetään voimassa. Taulukointi on tehty uudelleen alkuperäisen lähteen perusteella. [39, luku 3.1]*

Tässä työssä ei kuitenkaan käytetä parametrisia testejä. Sen sijaan työssä käytettävä Kolmogorov–Smirnovin testi on *epäparametrinen*. Tällöin myös tutkimushypoteesien H_0 ja H_1 on oltava muodoltaan epäparametrisia. Kahden otoksen Kolmogorov–Smirnovin testi tutkii, ovatko kaksi määrittelemätöntä jakaumaa samanlaiset. Täten testissä ei no-

jauduta parametrisiin tai edes yleisesti jakaumia koskeviin oletuksiin. Epäparametrista testaamista varten määritelmän 4.1 parametriavaruus Θ taipuu esimerkiksi ääretönulotteiseksi funktioavaruudeksi [ks. 13, s. 1–2]

$$\Theta = \{F : F \text{ on kertymäfunktio.}\} \tag{4.1}$$

Kolmogorov–Smirnovin testin tutkimushypoteesit asetetaankin juuri kertymäfunktioita vertaileviksi. Tarkemmin epäparametriseen analyysiin voi tutustua esimerkiksi lähteessä [13].

4.2 Määritelmiä Kolmogorov–Smirnovin testiin liittyen

Kolmogorov–Smirnovin testissä käytettävä testisuure määritellään joukon pienimmän ylärajan eli supremumin avulla. Myöhemmin erään keskeisen lauseen todistamisessa tarvitaan myös joukon suurimman alarajan eli infimumin määritelmää.

Määritelmä 4.4. Olkoon S epätyhjä reaalilukujen osajoukko. Reaaliluku M on joukon S *yläraja* jos kaikilla joukkoon S kuuluvilla alkioilla s on voimassa $s \leq M$. Vastaavasti reaaliluku m on joukon S *alaraja*, jos kaikilla alkioilla s on voimassa $s \geq m$.

Määritelmä 4.5. Joukon S yläraja M' on *pienin yläraja*, jos $M' \leq M$ kaikilla joukon S ylärajoilla M. Tällöin merkitään $M' = \sup S$. Vastaavalla tavalla määritellään joukon S *suurin alaraja* m', jota merkitään $m' = \inf S$.

Kolmogorov–Smirnovin testillä vertaillaan empiiristä jakaumaa tunnettuun vertailujakaumaan tai vaihtoehtoisesti kahta empiiristä ja määrittelemätöntä todennäköisyysjakaumaa. Kuten aiemmin mainittiin, testissä vertaillaan kertymäfunktioita.

Määritelmä 4.6. Satunnaismuuttujan Y *kertymäfunktio* $F(y)$ määritellään yhtälöllä

$$F(y) = \mathbb{P}(Y \leq y), \tag{4.2}$$

missä y on reaaliluku ja $\mathbb{P}$ todennäköisyysmitta väliltä $[0, 1]$. Vastaavasti satunnaismuuttujien Y_1 ja Y_2 *yhdistetty kertymäfunktio* $F_{(1,2)}(y_1, y_2)$ määritellään yhtälöllä

$$F_{(1,2)}(y_1, y_2) = \mathbb{P}(Y_1 \leq y_1, Y_2 \leq y_2), \tag{4.3}$$

missä y_1 ja y_2 ovat reaalilukuja.

Satunnaismuuttujan kertymäfunktio ilmaisee siis reaaliluvun y funktiona todennäköisyyden sille, että satunnaismuuttuja saa arvokseen korkeintaan y. Useiden tilastollisten testien taustalla on oletus satunnaismuuttujien identtisestä jakautuneisuudesta ja riippumattomuudesta. Määritellään seuraavaksi kyseiset käsitteet.

Määritelmä 4.7. Satunnaismuuttujat Y_1 ja Y_2 ovat *identtisesti jakautuneet*, jos niitä vas-

taaville kertymäfunktioille $F_1(y)$ ja $F_2(y)$ on voimassa

$$F_1(y) = F_2(y) \tag{4.4}$$

kaikilla reaaliluvuilla y. Lisäksi sanotaan, että kyseiset satunnaismuuttujat ovat *riippumattomat*, jos niiden kertymäfunktioille $F_1(y_1)$ ja $F_2(y_2)$ sekä yhdistetylle kertymäfunktiolle $F_{(1,2)}(y_1, y_2)$ on voimassa

$$F_{(1,2)}(y_1, y_2) = F_1(y_1)F_2(y_2) \tag{4.5}$$

kaikilla reaaliluvuilla y_1 ja y_2.

Tarvitaan myös jonkinlainen määritelmä kertymäfunktiolle, joka muodostetaan empiirisestä datasta, kuten tässä työssä tehdään. Eräs käytännöllinen ja elegantti tapa on käyttää apuna indikaattorifunktiota.

Määritelmä 4.8. [vrt. 18, s. 140] Olkoon $Y_1, \ldots, Y_n$ jono riippumattomia ja identtisesti jakautuneita satunnaismuuttujia. Kyseisten satunnaismuuttujien *empiirinen kertymäfunktio* $F_n(y)$ määritellään yhtälöllä

$$F_n(y) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} 1_{Y_i \leq y} \tag{4.6}$$

missä $1_{Y_i \leq y}$ on indikaattorifunktio, jolle on voimassa

$$1_{Y_i \leq y} = \begin{cases} 1, & \text{jos } Y_i \leq y, \\ 0 & \text{muulloin.} \end{cases} \tag{4.7}$$

Satunnaismuuttujien suppenemisesta puhuttaessa on oltava täsmällisiä, minkä tyyppistä suppenemista tarkoitetaan. Kolmogorov–Smirnovin testin konstruoinnissa matemaattinen tausta kumpuaa melkein varmasta suppenemisesta (almost sure convergence).

Määritelmä 4.9. [vrt. 27, s. 440] Satunnaismuuttujien jono Y_n *suppenee melkein varmasti* kohti satunnaismuuttujaa Y, jos

$$\mathbb{P}\left(\lim_{n \to \infty} Y_n = Y\right) = 1. \tag{4.8}$$

Tällöin merkitään $Y_n \xrightarrow{\text{m.v.}} Y$.

Viimeisessä määritelmässä eritellään kahden otoksen Kolmogorov–Smirnovin testissä tarkastelun kohteena olevat suureet.

Määritelmä 4.10. Olkoot F_n ja G_m kahta satunnaismuuttujien jonoa (*otosta*) vastaavat

empiiriset kertymäfunktiot ja n ja m vastaavat jonojen alkioiden lukumäärät (*otoskoot*). Määritellään suure

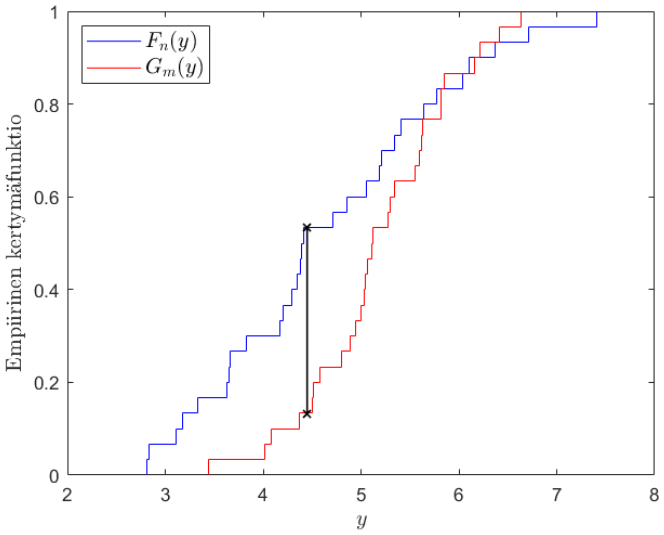
$$\mathcal{D}_{n,m} = \sup_y |F_n(y) - G_m(y)|, \tag{4.9}$$

missä y on reaaliluku. Suuretta $\mathcal{D}_{n,m}$ kutsutaan *Kolmogorov–Smirnovin metriikaksi*. [27, s. 584] Lisäksi kertoimen huomioivaa suuretta

$$\mathcal{Z}_{n,m} = \sqrt{\frac{nm}{n+m}}\mathcal{D}_{n,m} = \sqrt{\frac{nm}{n+m}} \cdot \sup_y |F_n(y) - G_m(y)| \tag{4.10}$$

kutsutaan *Kolmogorov–Smirnovin testisuureeksi*.

Kolmogorov–Smirnovin metriikan geometrinen tulkinta on ilmeinen. Kuvassa 4.2 havainnollistetaan, kuinka Kolmogorov–Smirnovin metriikka näyttäytyy kahden empiirisen kertymäfunktion välisenä maksimietäisyytenä funktioiden arvoakselin suunnassa.



Kuva 4.2. *Kuvassa Kolmogorov–Smirnovin metriikkaa $\mathcal{D}_{n,m}$ vastaa mustan janan pituus. Se on suurin pystysuora etäisyys empiiristen kertymäfunktioiden $F_n(y)$ ja $G_m(y)$ kuvaajien välillä. Kuvan esimerkissä molemmat empiiriset kertymäfunktiot on muodostettu 30 havainnosta.*

Kolmogorov–Smirnovin testiin liittyvät käsitteet on nyt määritelty. Seuraavaksi esitellään ja paikoittain myös todistetaan apulauseet, joita tarvitaan Kolmogorov–Smirnovin testin johdonmukaisuuden toteamisessa.

4.3 Lauseita Kolmogorov–Smirnovin testiin liittyen

Aloitetaan seuraavaksi tarvittavien apulauseiden luettelu suurten lukujen lain vahvasta muodosta.

Lause 4.1. *Olkoon $Y_1, \ldots, Y_n$ jono riippumattomia ja identtisesti jakautuneita satunnaismuuttujia, joiden odotusarvo $\mathbb{E}[Y_i] = \mu$ on äärellinen. Määritellään uusi satunnaismuuttuja*

$$\overline{Y}_n = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} Y_i. \tag{4.11}$$

Tällöin $\overline{Y}_n \xrightarrow{\text{m.v.}} \mu$, kun n kasvaa rajatta.

Lauseen 4.1 todistus sivuutetaan. Todistus helpottuu, mikäli odotusarvon äärellisyyden lisäksi tehdään oletus myös varianssin tai yleisesti korkeampien momenttien $\mathbb{E}[X^n]$ äärellisyydestä. Nasrollah Etemadi esitti artikkelissaan vuonna 1981 ainoastaan odotusarvon äärellisyyteen nojaavan todistuksen [17], joka käydään läpi myös kattavasti lähteessä [15].

Tästä lähtien empiirisen kertymäfunktion yhteydessä ei enää erikseen mainita oletusta satunnaismuuttujien riippumattomuudesta ja identtisestä jakautuneisuudesta. Kyseinen oletus sisältyy jo empiirisen kertymäfunktion määritelmään 4.8. Lauseella 4.1 on välitön empiiristä kertymäfunktiota koskeva seuraus.

Lause 4.2. *Satunnaismuuttujien jonon empiirinen kertymäfunktio $F_n(y)$ suppenee melkein varmasti kohti kyseisten satunnaismuuttujien kertymäfunktiota $F(y)$ kaikilla valituilla reaaliluvuilla y, kun n kasvaa rajatta.*

Todistus. Valitaan tarkasteltavaksi satunnaismuuttujaksi itse indikaattorifunktio $1_{Y_i \leq y}$. Määritelmästä 4.8 havaitaan ensinnäkin, että $\mathbb{E}[1_{Y_i \leq y}] \leq 1 < \infty$. Suoraan lauseen 4.1 perusteella

$$F_n(y) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} 1_{Y_i \leq y} \xrightarrow{\text{m.v.}} \mathbb{E}[1_{Y_i \leq y}], \tag{4.12}$$

kun n kasvaa rajatta. Indikaattorifunktion odotusarvo muodostuu funktion saamien arvojen summasta painotettuna näiden arvojen todennäköisyyksillä. Täten

$$\mathbb{E}[1_{Y_i \leq y}] = 1 \cdot \mathbb{P}(Y_i \leq y) + 0 \cdot \mathbb{P}(Y_i > y) = F(y), \tag{4.13}$$

mikä todistaa lauseen. □

Edellisten lauseiden johdattamana siirrytään todennäköisyysteorian rakentumiseen vaikuttaneiden Valery Glivenkon (1896–1940) ja Francesco Paolo Cantellin (1875–1966) mukaan nimettyyn lauseeseen 4.3. Glivenko–Cantellin lause yleistää lauseen 4.1 tulosta ja se kuuluu tilastomatematiikan perustavanlaatuisten tulosten joukkoon. Lauseen mukaan empiirinen kertymäfunktio suppenee tasaisesti ja melkein varmasti kohti taustalla olevaa todellista kertymäfunktiota havaintojen määrän kasvaessa rajatta.

Lause 4.3. *Satunnaismuuttujien jonon $Y_1, \dots Y_n$ empiirinen kertymäfunktio $F_n(y)$ suppenee tasaisesti ja melkein varmasti kohti kyseisten satunnaismuuttujien kertymäfunktiota $F(y)$ kaikilla valituilla reaaliluvuilla y, kun n kasvaa rajatta. Toisin sanoen*

$$\sup_y |F_n(y) - F(y)| \xrightarrow{\text{m.v.}} 0, \tag{4.14}$$

kun n kasvaa rajatta.

Todistus [vrt. 24, s. 115–116], [ks. myös 15, s. 79–80]. Valitaan jokin reaaliluku y. Määritellään lisäksi (riippumattomien ja identtisesti jakautuneiden) satunnaismuuttujien jonot

$$Z_n = \begin{cases} 1, & \text{jos } Y_n \leq y, \\ 0 & \text{muulloin} \end{cases} \qquad \text{ja} \qquad W_n = \begin{cases} 1, & \text{jos } Y_n < y, \\ 0 & \text{muulloin.} \end{cases} \tag{4.15}$$

Merkitään lisäksi satunnaismuuttujien jonon $Y_1, \dots Y_n$ empiirisen kertymäfunktion $F_n(y)$ ja todellisen kertymäfunktion $F(y)$ vasemmanpuoleisia raja-arvoja

$$\lim_{y' \to y^-} F(y') = F(y-) \qquad \text{ja} \qquad \lim_{y' \to y^-} F_n(y') = F_n(y-). \tag{4.16}$$

Nyt

$$\mathbb{E}[Z_n] = 1 \cdot \mathbb{P}(Y_n \leq y) + 0 \cdot \mathbb{P}(Y_n > y) = \mathbb{P}(Y_n \leq y) = F(y) \tag{4.17}$$

ja

$$\mathbb{E}[W_n] = 1 \cdot \mathbb{P}(Y_n < y) + 0 \cdot \mathbb{P}(Y_n \geq y) = \mathbb{P}(Y_n < y) = \lim_{y' \to y^-} F(y') = F(y-). \tag{4.18}$$

Lauseen 4.2 perusteella tiedetään, että

$$F_n(y) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} Z_i \xrightarrow{\text{m.v.}} F(y), \tag{4.19}$$

ja

$$F_n(y-) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} Z_i \xrightarrow{\text{m.v.}} F(y-), \tag{4.20}$$

kun n kasvaa rajatta. Otetaan käyttöön laajennettu reaalilukusuora $\mathbb{R} \cup \{-\infty, \infty\}$ ja sovitaan, että $F(-\infty) = 0$ ja $F(\infty) = 1$. Valitaan sitten jokin luonnollinen luku N ja määritellään uusi suure

$$y_j = \inf \left\{ y \in \mathbb{R} \cup \{-\infty, \infty\} : \ F(y) \geq \frac{j}{N} \right\}, \tag{4.21}$$

missä $j = 1, \ldots, N$. Määritellään lisäksi

$$R_n = \max_{j=1,\ldots,N-1} \Big\{ |F_n(y_j) - F(y_j)| + |F_n(y_j-) - F(y_j-)| \Big\}. \tag{4.22}$$

Koska lauseen 4.2 perusteella empiirisen kertymäfunktion suppeneminen kohti taustalla olevaa kertymäfunktiota tapahtuu kaikilla reaaliluvuilla, niin $R_n \to 0$, kun n kasvaa rajatta. Suureen y_j määrittelyyn ja empiirisen sekä todellisen kertymäfunktion monotonisuuteen nojautuen reaaliluvulle $y \in (y_{j-1}, y_j)$ ovat voimassa epäyhtälöt

$$F_n(y) \leq F_n(y_j-) \leq F(y_j-) + R_n \leq F(y) + R_n + \frac{1}{N} \tag{4.23}$$

ja

$$F_n(y) \geq F_n(y_{j-1}-) \geq F(y_{j-1}-) - R_n \geq F(y) - R_n - \frac{1}{N} \tag{4.24}$$

Yhdistämällä tulokset saadaan

$$|F_n(y) - F(y)| \leq R_n + \frac{1}{N}, \tag{4.25}$$

mistä lauseen tulos seuraa lukujen n ja N kasvaessa rajatta. □

Glivenko–Cantellin lauseen avulla pitäisi vielä pystyä osoittamaan, että myös määritelmässä 4.7 esitetty Kolmogorov–Smirnovin metriikka lähestyy melkein varmasti arvoa 0 sopivin oletuksin.

Lause 4.4. *Olkoot $Y_1, \ldots, Y_n$ ja $Y'_1, \ldots, Y'_m$ satunnaismuuttujien jonoja, $F_n(y)$ ja $G_m(y)$ niiden empiiriset kertymäfunktiot ja $F(y)$ ja $G(y)$ vastaavat kertymäfunktiot. Asetetaan nollahypoteesi $H_0 : F(y) = G(y)$ ja oletetaan, että se on voimassa. Tällöin*

$$\mathcal{D}_{n,m} = \sup_y |F_n(y) - G_m(y)| \xrightarrow{\text{m.v.}} 0, \tag{4.26}$$

kun n ja m kasvavat rajatta.

Todistus. [vrt. 42, s. 491–492] Lisätään ja vähennetään $F(y)$ itseisarvolausekkeeseen $|F_n(y) - G_m(y)|$ ja sijoitetaan nollahypoteesin mukaisesti $F(y) = G(y)$. Tällöin kolmioepäyhtälöä soveltamalla saadaan

$$\begin{aligned} |F_n(y) - G_m(y)| &= |F_n(y) - G_m(y) - F(y) + F(y)| \\ &= |F_n(y) - G_m(y) - F(y) + G(y)| \\ &= |F_n(y) - F(y) - (G_m(y) - G(y))| \\ &\leq |F_n(y) - F(y)| + |G_m(y) - G(y)|. \end{aligned} \tag{4.27}$$

Siispä $\mathcal{D}_{n,m} \leq \sup_y |F_n(y) - F(y)| + \sup_y |G_m(y) - G(y)|$. Lauseen 4.3 perusteella tiedetään, että

$$\sup_y |F_n(y) - F(y)| \xrightarrow{\text{m.v.}} 0, \tag{4.28}$$

kun n kasvaa rajatta ja

$$\sup_y |G_m(y) - G(y)| \xrightarrow{\text{m.v.}} 0, \tag{4.29}$$

kun m kasvaa rajatta. Täten myös $\mathcal{D}_{n,m} = \sup_y |F_n(y) - G_m(y)| \xrightarrow{\text{m.v.}} 0$, kun n ja m kasvavat rajatta. □

Lause 4.5. *Pidetään muuten lauseen 4.4 oletukset voimassa, mutta oletetaan nyt, että nollahypoteesi H_0 ei ole voimassa, jolloin $F(y) \neq G(y)$. Tällöin*

$$\mathcal{Z}_{n,m} = \sqrt{\frac{nm}{n+m}}\mathcal{D}_{n,m} \xrightarrow{\text{m.v.}} \infty, \tag{4.30}$$

kun n ja m kasvavat rajatta. Toisin sanoen nollahypoteesi H_0 hylätään oikein melkein varmasti ja Kolmogorov–Smirnovin testi on johdonmukainen.

Todistus. Glivenko–Cantellin lauseen 4.3 mukaisesti Kolmogorov–Smirnovin metriikalle on voimassa $\mathcal{D}_{n,m} \xrightarrow{\text{m.v.}} \sup_y |F(y) - G(y)|$, kun n ja m kasvavat rajatta. Koska nollahypoteesi ei ole voimassa, niin $\sup_y |F(y) - G(y)| > 0$ ja täten Kolmogorov–Smirnovin metriikka on (melkein varmasti) positiivinen myös lukujen m ja n kasvaessa rajatta. Lisäksi

$$\sqrt{\frac{nm}{n+m}} = \sqrt{\frac{1}{\frac{1}{n} + \frac{1}{m}}} \longrightarrow \infty, \tag{4.31}$$

kun n ja m kasvavat rajatta. Yhdistämällä edelliset tulokset havaitaan, että

$$\mathcal{Z}_{n,m} = \sqrt{\frac{nm}{n+m}}\mathcal{D}_{n,m} \xrightarrow{\text{m.v.}} \infty, \tag{4.32}$$

kun n ja m kasvavat rajatta.

Testisuureen kasvaminen rajatta merkitsee Kolmogorov–Smirnovin testin johdonmukaisuutta. Yleisesti Kolmogorov–Smirnovin testin nollahypoteesi hylätään, jos testisuureen arvo kasvaa riittävän suureksi [ks. 27, s. 584–586]. □

Tässä työssä tarkastellaan melko abstraktien satunnaismuuttujien jonojen sijaan otoksia $\{y_1, \ldots, y_n\}$ eli realisoituneiden tulosten joukkoja. Näiden perusteella lähestytään kvantitatiivisesti joitakin satunnaismuuttujina käsiteltäviä ilmiöitä. Merkitsevyystasoksi valitaan $\alpha = 0.05$, eli nollahypoteesin virheellisen hylkäämisen todennäköisyydeksi sallitaan 5 %.

4.4 Esimerkki Kolmogorov–Smirnovin testin käytöstä

Otetaan käytännön esimerkki kahden otoksen Kolmogorov–Smirnovin testistä. Olkoon tutkittavana satunnaismuuttujana toistaiseksi määrittelemättömän asian pituus ja vertailtavana kaksi otosta, jotka sisältävät havaintoja pituuksista. Otokset ovat taulukossa 4.2.

Otos A ($n = 18$)	208	212	202	207	203	208
	190	198	195	193	193	208
	199	198	188	208	202	196
Otos B ($m = 12$)	203	203	194	187	185	194
	186	193	198	195	201	196

Taulukko 4.2. *Vertailtavien otosten sisältämät pituudet senttimetreinä.*

Oletetaan, että otosten sisäiset havainnot ovat riippumattomia ja asetetaan nollahypoteesi $H_0 : F(y) = G(y)$. Hypoteesin mukaan otosten A ja B havaintojen taustalla olevat jakaumat ovat samat. Määritelmän 4.8 indikaattorifunktiolla tutkitaan, kuinka moni satunnaismuuttujan havaintoarvoista y_i on pienempi tai yhtä suuri kuin muuttujan y arvo. Täten

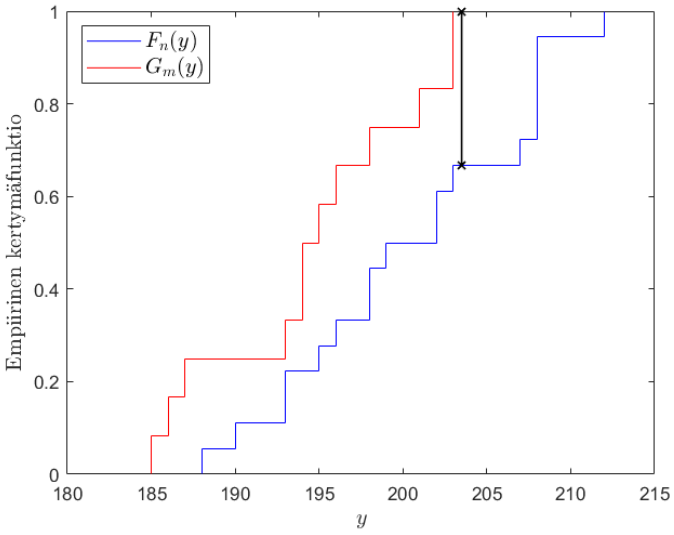
$$\mathcal{D}_{n,m} = \sup_y |F_n(y) - G_m(y)| = \max_y \left| \frac{1}{18} \sum_{i=1}^{18} 1_{y_i \leq y, A} - \frac{1}{12} \sum_{i=1}^{12} 1_{y_i \leq y, B} \right|, \tag{4.33}$$

missä ylimääräiset alaindeksit A ja B kuvaavat, että havinnot ovat vastaavista otoksista. Merkitään havaintoa y_i koskevaa indikaattorifunktiota nyt lyhyesti 1_{y_i}. Tutkitaan empiiristen kertymäfunktioiden arvoja, kun $y = 203$. Tällöin saadaan

$$\begin{aligned} F_n(203) &= \frac{1}{18}(1_{208} + 1_{212} + 1_{202} + 1_{207} + 1_{203} + 1_{208} + 1_{190} + 1_{198} + 1_{195} \\ &\quad + 1_{193} + 1_{193} + 1_{208} + 1_{199} + 1_{198} + 1_{188} + 1_{208} + 1_{202} + 1_{196}) \\ &= \frac{1}{18}(0 + 0 + 1 + 0 + 1 + 0 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 0 + 1 + 1 \\ &\quad + 1 + 0 + 1 + 1) \\ &\approx 0.667, \end{aligned} \tag{4.34}$$

$$\begin{aligned} G_m(203) &= \frac{1}{12}(1_{203} + 1_{203} + 1_{194} + 1_{187} + 1_{185} + 1_{194} + 1_{186} + 1_{193} + 1_{198} \\ &\quad + 1_{195} + 1_{201} + 1_{196}) \\ &= \frac{1}{18}(1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1 + 1) \\ &= 1. \end{aligned} \tag{4.35}$$

Ensimmäisessä tapauksessa kuusi indikaattorifunktiota saa arvon 0. Toisin sanoen otoksessa A on kuusi yli 203 senttimetrin pituushavaintoa. Toisessa tapauksessa kaikki indikaattorifunktiot saavat arvon 1, kun $y = 203$. Tämä merkitsee, että otoksessa B ei ole lainkaan yli 203 senttimetrin pituushavaintoja. Kuvasta 4.3 havaitaan, että empiiristen kertymäfunktioiden erotuksen itseisarvo on suurimmillaan juurikin muuttujan arvolla $y = 203$ ja hieman sen jälkeen. Täten $\mathcal{D}_{n,m} \approx 0.333$.



Kuva 4.3. *Vertailtavista otoksista muodostettujen empiiristen kertymäfunktioiden kuvaajat. Kuvan musta pystyviiva kuvaa Kolmogorov–Smirnovin metriikkaa $\mathcal{D}_{n,m}$.*

Taulukkoon 4.3 on kerätty kahden otoksen Kolmogorov–Smirnovin testisuureiden kriittisiä arvoja lähteestä [41]. Arvot on annettu merkitsevyystasolla $\alpha = 0.05$ ja muodossa $nm\mathcal{D}_{n,m}$. Jos testisuure $\mathcal{Z}_{n,m}$ ylittää tämän tutkimuksen muotoon korjatun kriittisen arvon, nollahypoteesi $H_0 : \ F(y) = G(y)$ hylätään.

		(m)				
	$(\alpha = 0.05)$	10	11	12	13	14
(n)	17	89	93	100	105	111
	18	92	97	<u>108</u>	110	116
	19	94	102	108	114	121

Taulukko 4.3. *Joitakin eri otoskokoja koskevia testisuureiden kriittisiä arvoja muodossa $nm\mathcal{D}_{n,m}$ kahden otoksen Kolmogorov–Smirnovin testille ($\alpha = 0.05$). [41]*

Taulukosta valitaan otoskokoja $n = 18$ ja $m = 12$ vastaava kriittinen arvo, joka on 108. Kyseinen arvo on saatu muodosta $nm\mathcal{D}_{n,m}$. Se voidaan korjata tämän tutkimuksen muo-

toon, jolloin saadaan

$$\frac{1}{nm}\sqrt{\frac{nm}{n+m}}\mathcal{D}_{n,m} = \frac{1}{\sqrt{nm(n+m)}}\mathcal{D}_{n,m} = \frac{1}{\sqrt{216 \cdot 30}} \cdot 108 \approx 1.34. \tag{4.36}$$

Esimerkissä Kolmogorov–Smirnovin testisuureeksi saadaan

$$\mathcal{Z}_{n,m} = \sqrt{\frac{18 \cdot 12}{18+12}} \cdot 0.333 \approx 0.89. \tag{4.37}$$

Testisuureen arvo on pienempi kuin kriittinen arvo, joten nollahypoteesi H_0 pidetään voimassa. Testin mukaan otosten A ja B pituushavaintojen jakaumissa ei ole *tilastollisesti merkitsevää* eroa.

Esimerkiksi MATLAB–ohjelmistolla voidaan laskea testin p*–arvoksi* 0.33. Kyseinen arvo kuvaa todennäköisyyttä, että vähintään havaitun suuruinen ero olisi syntynyt otosten A ja B välille sattumalta [14, s. 299]. Vaihtoehtoisesti ilmaistuna p–arvo kuvaa pienintä merkitsevyystasoa, jolla nollahypoteesi hylätään [27, s. 63–64]. Tässä esimerkissä tällainen merkitsevyystaso olisi $\alpha = 0.33$, mutta yleisesti tieteellisessä tutkimuksessa hyväksytään käytettäväksi $\alpha = 0.05$.

5. TUTKIMUKSEN TOTEUTUS

Tässä luvussa käsitellään tutkimuksen kohteena olevien opintojaksojen sisältöä ja rakennetta. Luvussa selvitetään myös, miten tutkimusaineisto on muodostettu opintojaksoilla toteutetun kyselyn tuloksista ja opiskelijoiden ajankäyttöön liittyvästä verkkodatasta. Lisäksi esitellään opintojaksojen verkkotehtäviä, joihin liittyvät suoritukset toimivat opiskelijoiden ajankäytön mittarina.

5.1 Tutkimuksen käytännön järjestelyt

Tutkimuksessa seurataan opiskelijoiden ajankäyttöä, tenttimenestystä ja minäpystyvyysuskomuksia matematiikan perusopintojaksojen luentototeutuksilla ja flippaustoteutuksilla. Opiskelijat ohjattiin koulutusohjelmittain eri toteutuksille, mutta toteutustavan vaihtaminen oli tietyissä tilanteissa mahdollista. Lähtökohtana oli, että flippaustoteutuksille osallistuisivat automaatio–, kone–, rakennus–, materiaali–, ja ympäristö– ja energiatekniikan opiskelijat. Muiden tekniikan koulutusohjelmien opiskelijat osallistuivat lähtökohtaisesti opintojaksojen luentototeutuksille. Huomionarvoista on, että osa opiskelijoista kuitenkin suoritti lukuvuoden aikana sekä luentototeutuksella että flippaustoteutuksella järjestettyjä opintojaksoja. Tutkimuksessa ei siis voida seurata systemaattisesti koko lukuvuoden ajan kahdelle erilaiselle opintojaksototeutukselle osallistuneita, muuttumattomia opiskelijaryhmiä.

Opintojaksojen luentototeutusten keskeisiä sisältöjä olivat luennot, viikoittaiset harjoitustehtävät, harjoitustilaisuudet sekä tentti. Flippaustoteutuksissa luennot oli korvattu opetusvideoilla ja muulla mahdollisella tukimateriaalilla. Luentototeutuksista poiketen osasuorituksina järjestettiin myös prime time –tilaisuuksia, joissa tehtiin yksilö– ja ryhmätehtäviä. Tilaisuuksissa pyrittiin oppimaan aihesisältöjä opettajan ja opiskelijan sekä opiskelijoiden välisen keskustelun kautta. Yksinomaan flippaustoteutusten osasuorituksiin kuuluivat myös sähköiseen opintomonisteeseen liitetyt käsitteenmuodostustehtävät, prime time –tilaisuuksien tehtävät, mahdollinen portfolio tai harjoitustyö ja muita pienempiä kokonaisuuksia. Kuten luentototeutuksissa, myös flippaustoteutuksiin kuuluivat viikoittaiset harjoitukset ja osissa tai kerralla suoritettava tentti, mutta näiden opintojaksojen kokonaisarviointi muodostui suuremmasta määrästä erillisiä osasuorituksia. Tentin painoarvo koko opintojakson arvioinnissa oli flippaustoteutuksilla pienempi kuin luentototeutuksilla.

Molempien toteutustapojen opintojaksot jaettiin seitsemän kalenteriviikon aikana järjestettyihin kuuteen aiheviikkoon. Luentototeutuksilla aihesisällöissä edettiin kalenteriviikkojen mukaisesti ja harjoitustilaisuuksia järjestettiin pitkin kalenteriviikkoa. Aiheviikkoihin sisältyneet kuusi paperitehtävää palautettiin aiheviikon perjantai–iltaan mennessä ja vertaisarvioitiin seuraavan viikon vastaavien tehtävien palautukseen mennessä. Myös verkkotehtävät oli suoritettava jokaisella aiheviikolla perjantai–iltaan mennessä. Poikkeuksen tähän muodosti opintojakson DIL luentototeutus, jolla verkkotehtävien palautustakaraja oli sunnuntai–iltaisin.

Flippaustoteutuksilla noudatettiin hieman edellisestä poikkeavaa järjestelyä. Jokainen aiheviikko aloitettiin perjantaisin ja päätettiin torstai–iltaisin viimeisten laskuharjoitustehtävien palautuksen takarajaan. Harjoitustilaisuudet järjestettiin maanantaisin ja tiistaisin. Alla olevassa taulukossa 5.1 on selvennetty aiheviikkojen rakennetta flippaustoteutuksilla.

Maanantai	Tiistai	Keskiviikko	Torstai	Perjantai
Harjoitukset	Harjoitukset	Prime time	Prime time	Tukitilaisuus
	T. 5–6 arviointi		T. 5–6 palautus	
	Verkkot. palautus			
			Aiheviikko päättyy	*Aiheviikko alkaa*

Taulukko 5.1. *Aiheviikkojen yksinkertaistettu rakenne flippaustoteutuksilla. Maanantain ja tiistain harjoitusryhmissä käsiteltiin ennakkoon suoritettuja paperitehtäviä 1–4 ja laskettiin tehtäviä 5–6, joiden palautustakaraja oli torstai-iltaisin. Kyseiset tehtävät vertaisarvioitiin seuraavan aiheviikon tiistai-iltaan mennessä. Tutkimuksen kannalta olennaisten verkkotehtävien palautustakaraja oli aiheviikkojen tiistai–iltaisin klo 22.*

Erityisesti flippaustoteutuksilla opiskelijoilta vaadittiin monipuolisten tukitoimintojen vastapainoksi aikatauluttamista ja sitoutuvaa työskentelyä hyvän arvosanan saamiseksi. Arvioitavia osasuorituksia oli paljon ja ne vaativat usein läsnäoloa.

5.1.1 Tutkimuskysely matematiikan opiskelusta

Kaikilla ensimmäisen vuoden matematiikan perusopintojaksoilla (IMP, VM, DIL ja JTT) toteutettiin matematiikan opiskelua koskeva tutkimuskysely, jossa opiskelijat vastasivat yhteensä 39 kysymykseen. Tämän työn aineistoon valittiin opiskelijan minäpystyvyyttä kartoittaneen kyselyn osan tulokset. Minäpystyvyyteen liittyviä kysymyksiä oli 4 kappaletta ja ne olivat väittämämuotoisia. Kysymykset ovat Zimmermanin ja Kitsantasin SELF–A–mittarista [ks. 55]. Opiskelijoita pyydettiin antamaan vastaus seuraaviin väittämiin:

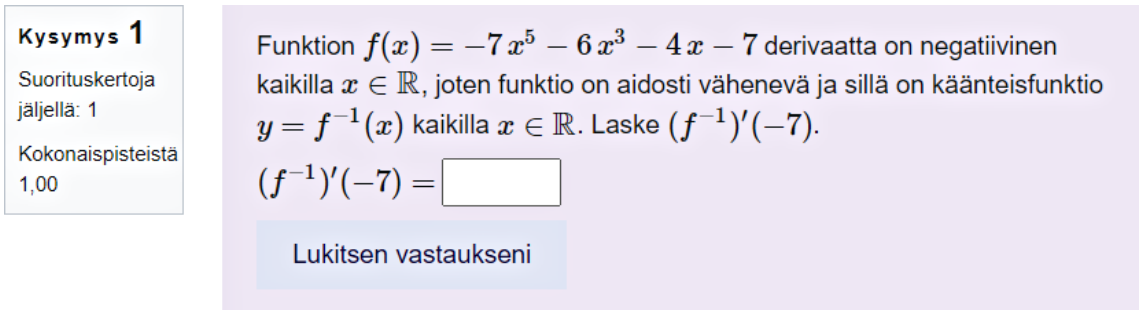
- Kun aihe on erittäin monimutkainen, voin kirjoittaa tiivistelmän oleellisista asioista ennen seuraavaa luentoa.

- Kun yritän ymmärtää uutta aihetta, pystyn yhdistämään uusia käsitteitä aikaisemmin oppimaani, jotta muistan ne paremmin.
- Kun huomaan kotitehtävien olevan paljon luulemaani pidempiä, voin muuttaa aikatauluani, jotta minulla on tarpeeksi aikaa opiskeluun.
- Kun olen pahantuulinen tai levoton matematiikan kurssin aikana, pystyn silti keskittymään tarpeeksi hyvin saadakseni työt valmiiksi.

Vastaukset annettiin ordinaaliasteikolla 1–5. Lukuarvon 1 sanallinen vastine oli *täysin eri mieltä* ja lukuarvon 5 *täysin samaa mieltä*.

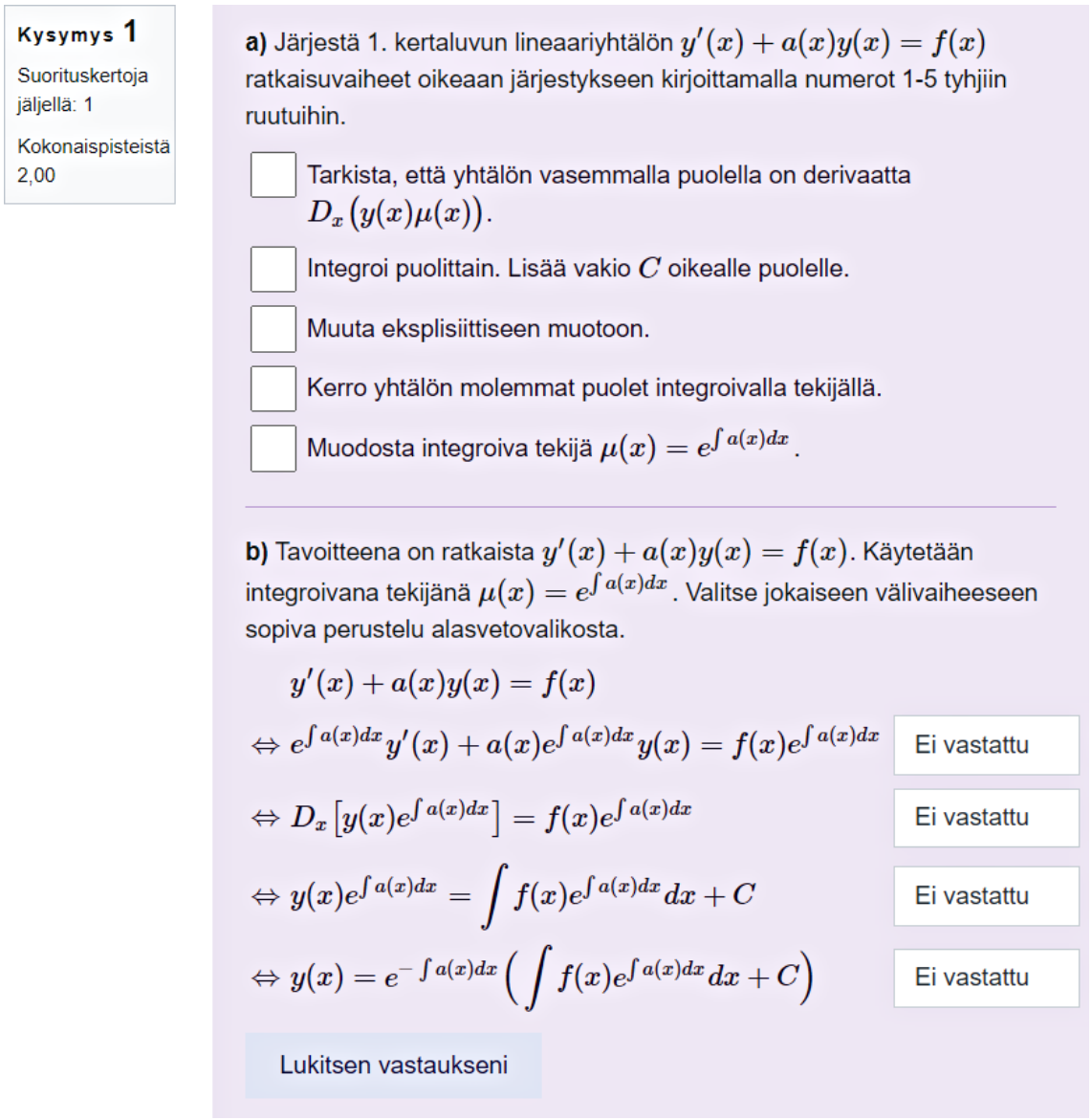
5.1.2 Verkkotehtävien rakenne

Kuten aiemmin on mainittu, opintojaksojen viikoittaiset harjoitustehtävät jakautuivat pienemmiksi tehtäväkokonaisuuksiksi. Näistä verkkotehtävät olivat suoritettavissa virtuaalisella Moodle–oppimisalustalla. Verkkotehtäviin sisältyi paperitehtävien tavoin esimerkiksi laskutaitoa, käsitteellistä ajattelua ja aihesisältöjen soveltamistaitoa mittaavia ja kehittäviä tehtäviä. Verkkotehtävissä ei kuitenkaan tavallisesti vaadittu kokonaisten vastausten kirjoittamista välivaiheineen, vaan vastaukset pyydettiin syötteenä ennalta määrätyissä muodoissa ja vaiheissa. Verkkotehtävistä on annettu aluksi yksinkertainen esimerkki kuvassa 5.1.



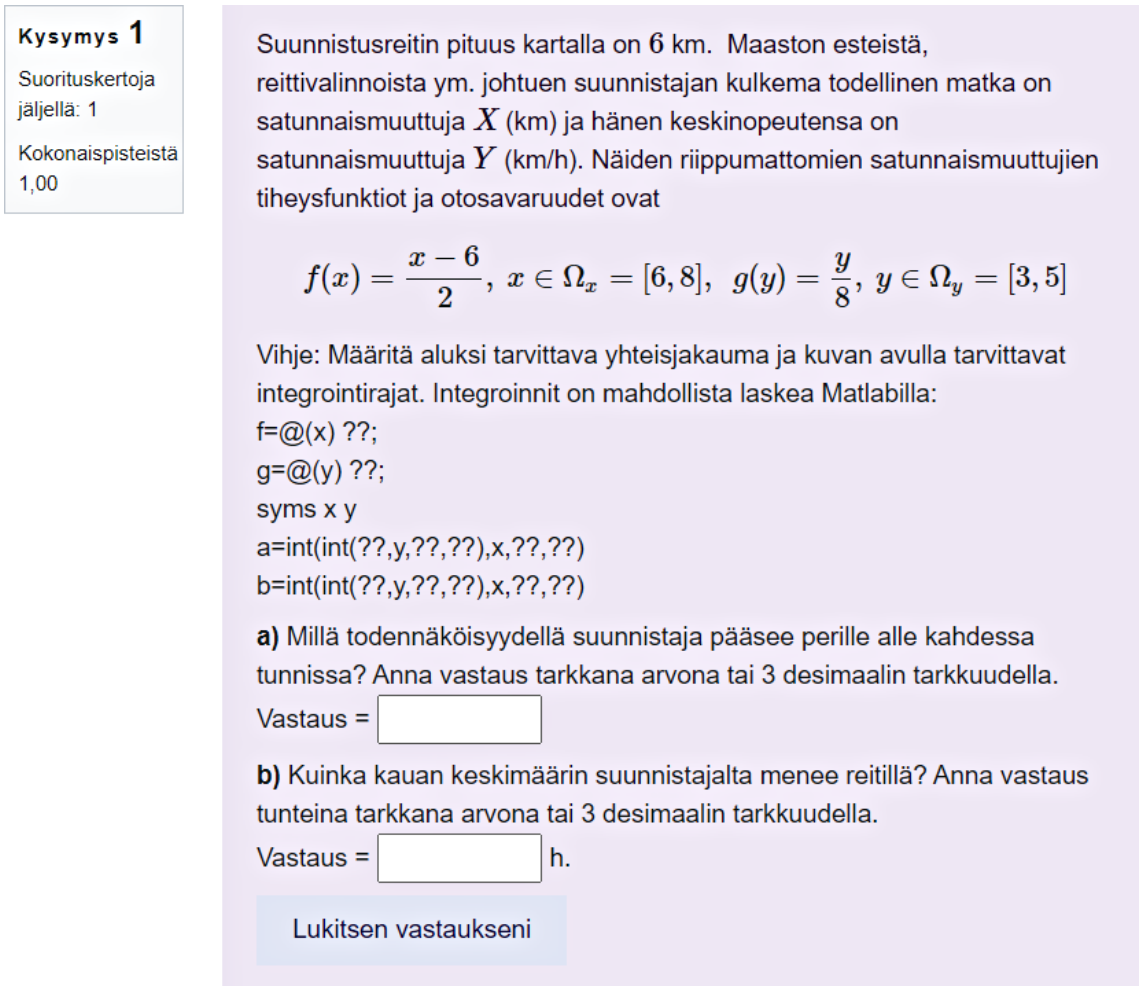
Kuva 5.1. *Esimerkki suoraviivaisesta laskutaitoon keskittyvästä verkkotehtävästä opintojakson IMP flippaustoteutuksella. Tehtävässä vaaditaan ainoastaan vastaus, mutta symbolisten muuttujien käyttö on estetty vastauskentässä. Opiskelijat voivat ratkaista tehtävän esimerkiksi käsin tukeutuen opiskelumateriaaliin tai jollakin ulkoisella numeerisella laskentaohjelmistolla.*

Kuvassa 5.2 nähdään vastaavasti näyte differentiaaliyhtälöihin liittyvästä verkkotehtävästä. Kyseessä on käsitteellistä ajattelua harjoittava tehtävä.



Kuva 5.2. *Esimerkki käsitteelliseen ajatteluun painottuvasta verkkotehtävästä opintojakson DIL flippaustoteutuksella. Tehtävässä ei vaadita vastaukseksi lausekkeita tai laskemalla saatavia lukuarvoja. Sen sijaan tehtävän a–kohdassa opiskelijan on osattava järjestää tietyn differentiaaliyhtälötyypin ratkaisuvaiheet järjestykseen, kun vaiheet on ilmaistu osittain luonnollisella kielellä. Tehtävän b–kohdassa opiskelijan on puolestaan ilmaistava symbolisella kielellä esitetyt vaiheet sanallisesti useiden vaihtoehtojen joukosta. Vaihtoehtoisia sanallisia ilmaisuja on asetettu tehtävään huomattavasti enemmän kuin tehtävän differentiaaliyhtälöllä on ratkaisuvaiheita.*

Verkkotehtävien yhtälöitä, vakioita, permutaatioita ja muita vastaavia sisältöjä on myös satunnaistettu opiskelijoiden välillä. Tehtävät on pyritty rakentamaan pedagogisesti järkevästi siten, että erilaiset tehtävävariantit säilyvät vaikeustasoltaan suhteellisen samankaltaisina. Opiskelijoiden ajankäyttöä ajatellen on kuitenkin pidettävä mielessä mahdollisuus poikkeuksellisen helppojen tai haastavien tehtävävarianttien esiintymiseen. Viimeinen esimerkki verkkotehtävästä on annettu kuvassa 5.3.



Kysymys 1

Suorituskertoja jäljellä: 1

Kokonaispisteistä 1,00

Suunnistusreitin pituus kartalla on 6 km. Maaston esteistä, reittivalinnoista ym. johtuen suunnistajan kulkema todellinen matka on satunnaismuuttuja X (km) ja hänen keskinopeutensa on satunnaismuuttuja Y (km/h). Näiden riippumattomien satunnaismuuttujien tiheysfunktiot ja otosavaruudet ovat

$$f(x) = \frac{x-6}{2},\ x \in \Omega_x = [6,8],\ \ g(y) = \frac{y}{8},\ y \in \Omega_y = [3,5]$$

Vihje: Määritä aluksi tarvittava yhteisjakauma ja kuvan avulla tarvittavat integrointirajat. Integroinnit on mahdollista laskea Matlabilla:

```
f=@(x) ??;
g=@(y) ??;
syms x y
a=int(int(??,y,??,??),x,??,??)
b=int(int(??,y,??,??),x,??,??)
```

a) Millä todennäköisyydellä suunnistaja pääsee perille alle kahdessa tunnissa? Anna vastaus tarkkana arvona tai 3 desimaalin tarkkuudella.

Vastaus =

b) Kuinka kauan keskimäärin suunnistajalta menee reitillä? Anna vastaus tunteina tarkkana arvona tai 3 desimaalin tarkkuudella.

Vastaus = h.

Lukitsen vastaukseni

Kuva 5.3. *Esimerkki soveltavasta verkkotehtävästä opintojakson JTT flippaustoteutuksella. Tehtävä on rakennettu konkreettiseksi tilanteeksi. Tehtävässä on myös mahdollista harjoitella käyttämään numeerisen laskennan ohjelmistoa.*

Edellä annetut esimerkit edustavat vain osaa kaikista tehtävätyypeistä. Opintojaksojen verkkotehtäviin kuului myös esimerkiksi käsitteellisiä monivalintatehtäviä, joissa vääristä vastauksista seurasi pistemenetyksiä.

5.2 Tutkimusaineiston muodostaminen

Tutkimusaineisto muodostettiin tutkimuskyselyn minäpystyvyyskartoituksesta, opiskelijoiden tenttipisteistä ja Moodle–oppimisympäristön verkkotehtävädatasta. Tutkimuskyselyn minäpystyvyyttä koskevista, ordinaaliasteikollisista vastauksista laskettiin opiskelijakohtaiset kokonaispistemäärät. Aineistoon liitettiin myös opiskelijakohtaiset tenttipisteet. On huomioitava, että opintojaksojen tenttien tehtävä– ja pistemääriä ei ollut standardoitu. Lopputenttien laajuudet ja maksimipistemäärät vaihtelivat opintojaksoittain ja osittain jopa toteutustapojen välillä.

Aineistoon kerättiin lisäksi opiskelijoiden viikoittaiset verkkotehtävien aloitusajankohdat

minuutin tarkkuudella ja opiskelijoiden yksittäisten opintojaksojen kaikkien kuuden viikon verkkotehtäviin käyttämät kokonaisajat. Opiskelijakohtaisen kokonaisaktiivisuuden määrittämistä varten Moodle–oppimisympäristöstä tuotiin verkkotehtäväaktiivisuutta koskeva data, jossa opiskelijan aktiivisuutta verkossa kuvaavat automaattisesti luodut aikaleimat. Aktiiviseksi verkkotehtävien suorittamiseksi tulkittiin kaikki sellaiset aikaleimojen välit, joiden pituus ei ylittänyt 10 minuuttia. Täten yksittäisen opiskelijan aiheviikon j verkkotehtäviin käyttämä kokonaisaika T_j voidaan määritellä yhtälöllä

$$T_j = \sum_{i=1}^{n} (t_i - t_{i-1}) I_{(i,i-1)}, \tag{5.1}$$

missä t_0 on verkkotehtävien aloitusaika, n aikaleimojen lukumäärä, t_i järjestyksessään i:s aikaleima ja $I_{(i,i-1)}$ indikaattorifunktio. Kyseinen funktio saa arvon 1, jos aikaleimojen väli on alle 10 minuuttia ja arvon 0 muissa tapauksissa. Kaikkien aiheviikkojen verkkotehtäviin käytetty opiskelijakohtainen kokonaisaika minuutteina T saadaan yhtälöllä

$$T = \sum_{j=1}^{6} T_j. \tag{5.2}$$

Hyvin usein verkkotehtäviin sisältyi kohtia, joissa opiskelijalla on mahdollisesti ollut tarve käyttää apuvälineitä, esimerkiksi kynää ja paperia tai numeerisen laskennan ohjelmistoa. Verkkotehtävien aloitusajaksi t_0 tulkittiin hetki, jolloin opiskelija oli ensimmäisen kerran avannut verkkotehtäväsarjan.

Aineisto jaettiin opintojaksoittain, jotta ajankäytön muutosten tutkiminen lukuvuoden aikana olisi mahdollista. Koska tutkimuksessa on tarkoitus etsiä ajankäytön eroavaisuuksia myös toteutustapojen välillä, jaettiin opiskelijat opintojaksojen sisällä vielä luentototeutusta ja flippaustoteutusta suorittaviin.

6. TUTKIMUSTULOKSET

Tässä luvussa esitellään kaikki tutkimuksen kvantitatiivisilla menetelmillä saatavat tulokset. Aluksi vertaillaan opiskelijoiden verkkotehtävien aloitusaikoja Kolmogorov–Smirnovin kahden otoksen testillä. Tämän jälkeen esitetään verkkotehtävien aloitusaikojen keskiarvoissa lukuvuoden aikana tapahtuneet muutokset. Lopuksi luodaan yleistettyjä lineaarisia malleja, joilla pyritään selittämään sekä opiskelijoiden verkkotehtävien aloitusaikoja että verkkotehtäviin käytettyä kokonaisaikaa kaikilla opintojaksoilla. Selittäviä muuttujia ovat opintojaksojen toteutustapa, tenttipisteet ja opiskelijoiden minäpystyvyys.

6.1 Verkkotehtävien aloitusajankohtien erot opiskelijaryhmittäin

Tutkimusaineistoon kerättiin Moodle–oppimisympäristössä suoritettavien verkkotehtävien viikoittaiset opiskelijakohtaiset aloitusajat. Päivämäärämuotoiset aloitusajat muunnettiin päiviksi ennen kunkin aiheviikon palautustakarajaa. Näistä viikoittaisista ajoista laskettiin opiskelijakohtaiset keskiarvot, jotka ovat vertailun kohteena.

Verkkotehtävien keskimääräisten aloitusaikojen vertailua varten opiskelijat jaettiin jokaisella opintojaksolla luentototeutusta (L) ja flippaustoteutusta (F) suorittaneisiin. Molempien toteutustapojen opiskelijoita jaettiin vielä alaryhmiin sekä tenttipisteiden että minäpystyvyyden perusteella. Tenttipisteiden perusteella vertailtaviksi opiskelijaryhmiksi valittiin vähiten (T_1) ja eniten (T_4) tenttipisteitä saaneiden opiskelijoiden kvartiilit. Vastaavasti toinen minäpystyvyyden perusteella vertailtavista opiskelijaryhmistä koostui kahdesta alimmasta minäpystyvyyden opiskelijakvartiilista (M_{12}) ja toinen vahvimman minäpystyvyyden opiskelijoiden kvartiilista (M_4). Tenttipisteistä poikkeavaan ryhmittelyyn päädyttiin, koska minäpystyvyyttä kartoittavassa kyselyssä mahdollisten pistemäärien joukko $\{4, 5, \ldots, 20\}$ oli melko rajallinen. Tämän vuoksi vain ala– ja yläkvartiileittain vertailtavat ryhmät olisivat olleet hyvin erikokoisia.

Taulukkoihin 6.1 ja 6.2 on koottu vertailtavat opiskelijaryhmät ja niiden koot n ja m, Kolmogorov–Smirnovin metriikan $\mathcal{D}_{n,m}$ arvot ja testin p–arvot. Opintojaksoista on eritelty luentototeutukset (L) ja flippaustoteutukset (F).

Opintojakso	Toteutustapa	Ryhmä 1 (n)	Ryhmä 2 (m)	$\mathcal{D}_{n,m}$	p–arvo
IMP	L	T_1 (42)	T_4 (54)	0.386	0.002
	F	T_1 (57)	T_4 (74)	0.319	0.003
VM	L	T_1 (47)	T_4 (52)	0.359	0.003
	F	T_1 (65)	T_4 (82)	0.394	< 0.001
DIL	L	T_1 (59)	T_4 (65)	0.338	0.002
	F	T_1 (67)	T_4 (67)	0.433	< 0.001
JTT	L	T_1 (43)	T_4 (85)	0.229	(0.10)
	F	T_1 (37)	T_4 (59)	0.235	(0.16)

Taulukko 6.1. *Kahden otoksen Kolmogorov–Smirnovin testin tulokset tenttipisteiden perusteella vertailtaville opiskelijaryhmille.*

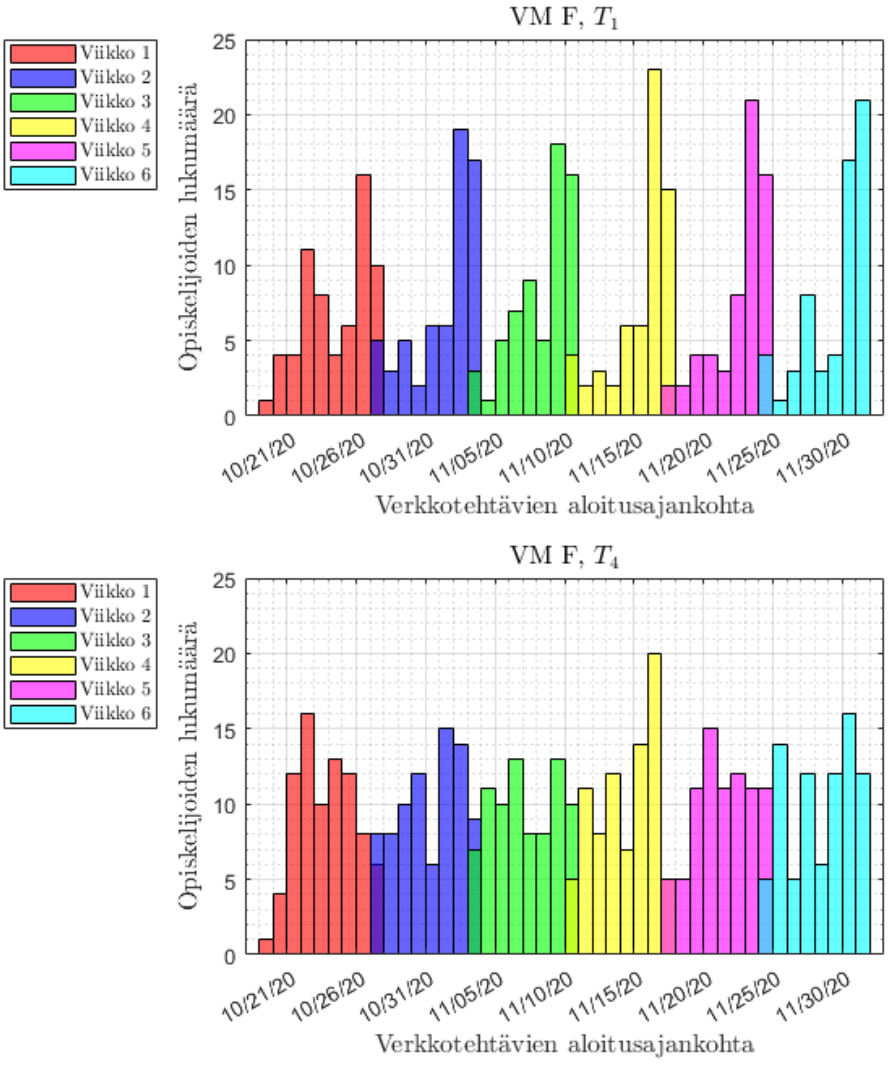
Opintojakso	Toteutustapa	Ryhmä 1 (n)	Ryhmä 2 (m)	$\mathcal{D}_{n,m}$	p–arvo
IMP	L	M_{12} (67)	M_4 (58)	0.351	0.001
	F	M_{12} (110)	M_4 (110)	0.118	(0.43)
VM	L	M_{12} (77)	M_4 (81)	0.210	(0.06)
	F	M_{12} (100)	M_4 (81)	0.276	0.002
DIL	L	M_{12} (116)	M_4 (97)	0.077	(0.91)
	F	M_{12} (98)	M_4 (71)	0.182	(0.13)
JTT	L	M_{12} (123)	M_4 (117)	0.214	0.008
	F	M_{12} (102)	M_4 (59)	0.212	(0.07)

Taulukko 6.2. *Kahden otoksen Kolmogorov–Smirnovin testin tulokset minäpystyvyyden perusteella vertailtaville opiskelijaryhmille.*

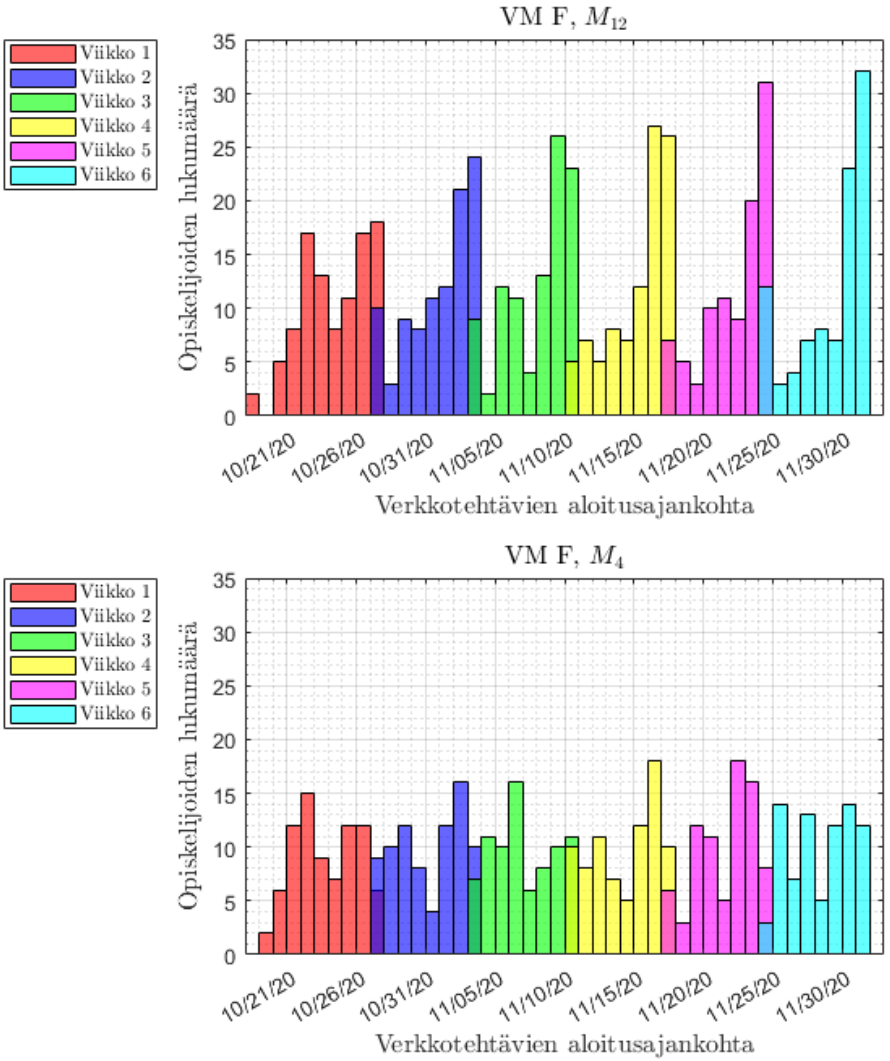
Verkkotehtävien aloitusajankohtien eroavaisuudet tenttipisteiden mukaan jaettujen opiskelijaryhmien välillä ovat kaikki tilastollisesti merkitseviä ($p < 0.01$) opintojaksoilla IMP, VM ja DIL. Osa näistä eroista on jopa tilastollisesti erittäin merkitseviä ($p < 0.001$). Myös minäpystyvyyden mukaan jaettujen opiskelijaryhmien välillä havaitaan paikoittain tilastollisesti merkitseviä ($p < 0.01$) eroja. Näissä havainnoissa on kuitenkin runsaasti vaihtelua sekä opintojaksojen että toteutustapojen välillä. Taulukon 6.1 tulosten kaltaista systemaattista yhteyttä ei ole. Useissa opiskelijoiden minäpystyvyyden mukaan järjestetyissä vertailutapauksissa tilastollisesti merkitsevää eroa ei löydy.

Kuvissa 6.1 ja 6.2 on esitetty verkkotehtävien aloitusajankohtien viikoittaista jakautumista tenttipiste– ja minäpystyvyyskvartiileittain. Vertailu on tehty opintojakson VM flippausto-

teutuksella. Kyseisellä opintojaksototeutuksella havaitaan erityisen voimakas tilastollinen yhteys verkkotehtävien aloitusajankohdan ja tenttimenestyksen tai minäpystyvyyden välillä. Samanlaisia aiheviikkojen sisäisiä eroja nähdään myös muilla opintojaksoilla, joilla taulukkojen 6.1 ja 6.2 p–arvot ovat tilastollisesti merkitseviä. Kaikkien opintojaksototeutusten vastaavat histogrammit on koottu liitteeseen A.



Kuva 6.1. *Verkkotehtävien aloitusaikojen viikoittaiset erot tenttipisteiden mukaan jaetuissa opiskelijakvartiileissa. Havainnot ovat opintojakson VM flippaustoteutukselta. Värit kuvaavat eri aiheviikkojen verkkotehtäviä ja kuhunkin histogrammipalkkiin sisältyy tietyn vuorokauden aikana välillä 00.00–23.59 aloitettujen suoritusten lukumäärä. Alimpaan tenttipistekvartiiliin kuuluvien opiskelijoiden viikoittaiset aloitusajat painottuvat lähelle palautustakarajaa. Ylimmän tenttipistekvartiilin opiskelijoiden aloitusaikojen jakauma taas on huomattavasti lähempänä tasajakaumaa.*



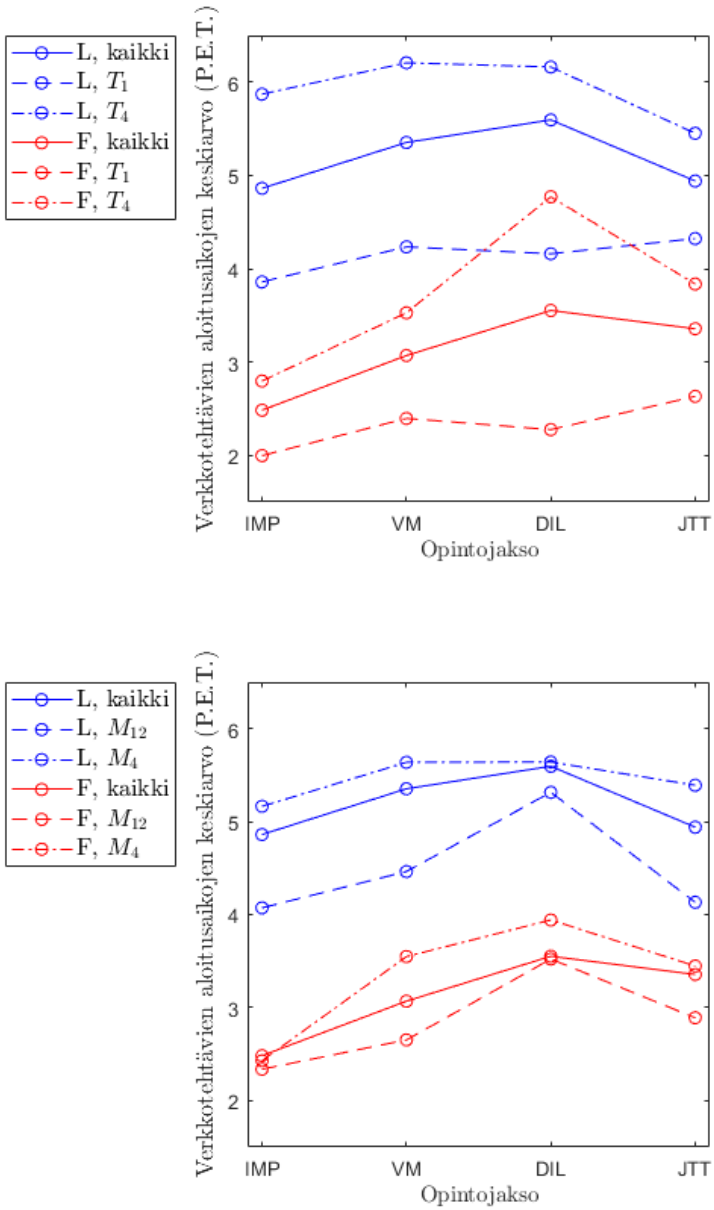
Kuva 6.2. *Verkkotehtävien aloitusaikojen viikoittaiset erot minäpystyvyyskyselyn tulosten mukaan jaetuissa opiskelijakvartiileissa. Havainnot ovat opintojakson VM flippaustoteutukselta. Värit kuvaavat eri aiheviikkojen verkkotehtäviä ja kuhunkin histogrammipalkkiin sisältyy tietyn vuorokauden aikana välillä 00.00–23.59 aloitettujen suoritusten lukumäärä. Kahdesta alimmasta minäpystyvyyskvartiilista yhdistettyä opiskelijaryhmää ja ylimmän minäpystyvyyskvartiilin opiskelijaryhmää koskevat samat havainnot kuin edellisessä kuvassa.*

6.2 Verkkotehtävien aloitusaikojen muutos lukuvuoden aikana

Yksi luvussa 2 mainituista tutkimuskysymyksistä koski lukuvuoden aikana tapahtuvaa muutosta opiskelijoiden ajankäytössä. Asian tutkimista varten jokaisella opintojaksototeutuksella laskettiin keskiarvot kaikista verkkotehtävien aloitusajoista. Jokaisella aineistossa mukana olleella opiskelijalla oli yhdestä kuuteen rekisteröityä aloitusaikaa. Pääsääntöisesti opiskelijat olivat suorittaneet jokaisen aiheviikon verkkotehtävät.

Aikakeskiarvot laskettiin myös taulukkojen 6.1 ja 6.2 mukaisille aliryhmille T_1, T_4, M_{12} ja

M_4. Alla kuvassa 6.3 on esitetty kaikkien aloitusaikojen keskiarvojen kehittyminen lukuvuoden opintojaksojen aikana. Kuvassa ovat mukana myös eri opiskelijaryhmien vastaavat aikakeskiarvot. Verkkotehtävien keskimääräisten aloitusaikojen yksikkönä käytetään päiviä ennen takarajaa (P.E.T.).



Kuva 6.3. *Verkkotehtävien keskimääräisten aloitusaikojen muutos lukuvuoden aikana koko opiskelijajoukoissa ja opiskelijaryhmissä* T_1, T_4, M_{12} *ja* M_4.

Kokonaisten opiskelijaryhmien keskimääräiset aloitusajat etääntyvät palautustakarajasta siirryttäessä toiselle (VM) ja kolmannelle opintojaksolle (DIL). Viimeisellä opintojaksolla (JTT) aloitusajat palaavat kuitenkin taas lähemmäksi takarajaa. Eniten tenttipisteitä saa-

neet tai vahvimman minäpystyvyyden omaavat opiskelijat sijoittuvat alaluvun 6.1 tuloksia mukaillen kokonaisten opiskelijaryhmien keskiarvojen yläpuolelle. Vastaavasti alimmat opiskelijakvartiilit jäävät kyseisten keskiarvojen alapuolelle.

6.3 Opiskelijoiden ajankäyttöä selittävät tekijät

Seuraavaksi tarkastellaan erilaisten tekijöiden selitysvoimaa opiskelijoiden ajankäytölle. Analyysi tehdään yleistetyillä lineaarisilla malleilla. Alaluvun ensimmäinen selitettävä muuttuja Y ja tätä selittävät muuttujat x_1, x_2 ja x_3 sekä näiden kuvailut ja mahdolliset arvot on esitetty taulukossa 6.3.

Muuttuja	Y	x_1	x_2	x_3
Selite	Aloitusaika	Toteutustapa	Tenttipisteiden osuus	Minäpystyvyys
Arvojoukko	$\mathbb{R}_{>0}$	0 jos L, 1 jos F.	$[0, 1]$	$\{4, \ldots, 20\}$

Taulukko 6.3. *Muuttujat opiskelijoiden ajankäytön mallintamisen ensimmäistä osaa varten.*

Satunnaismuuttuja Y on verkkotehtävien keskimääräinen aloitusaika verrattuna palautustakarajaan. Yksikkönä käytetään päiviä ennen takarajaa (P.E.T.). Jos verkkotehtävien suorittaminen on aloitettu esimerkiksi viimeisenä mahdollisena päivänä klo 10:00 palautustakarajan ollessa klo 22:00, satunnaismuuttujan saama arvo on 0.5. Satunnaismuuttuja Y saa täten vain positiivisia arvoja. Se voidaan myös tulkita jatkuvaksi.

Selittävistä muuttujista toteutustapa on dikotominen, koska toteutustapoja on vain kaksi. Tenttipisteiden määrä on mallia varten suhteutettu tenttikohtaiseen maksimipistemäärään, jolloin tenttipisteitä kuvaava muuttuja voi saada arvoja suljetulta väliltä $[0, 1]$. Minäpystyvyydelle mahdolliset muuttujan arvot ovat tiettyjä kokonaislukuja, jotka muodostuvat minäpystyvyyskyselyn mahdollisista kokonaispistemääristä.

Toiseksi selitettäväksi muuttujaksi valitaan tietyn opintojakson verkkotehtäviin käytetty kokonaisaika. Kyseisen muuttujan ja sitä selittävien muuttujien tiedot on kerätty taulukkoon 6.4.

Muuttuja	Y	x_1	x_2	x_3
Selite	Kokonaisaika	Toteutustapa	Tenttipisteiden osuus	Minäpystyvyys
Arvojoukko	$\mathbb{R}_{>0}$	0 jos L, 1 jos F.	$[0, 1]$	$\{4, \ldots, 20\}$

Taulukko 6.4. *Muuttujat opiskelijoiden ajankäytön mallintamisen toista osaa varten.*

Myös tässä tapauksessa verkkotehtäviin käytetty kokonaisaika Y on positiivisia arvoja

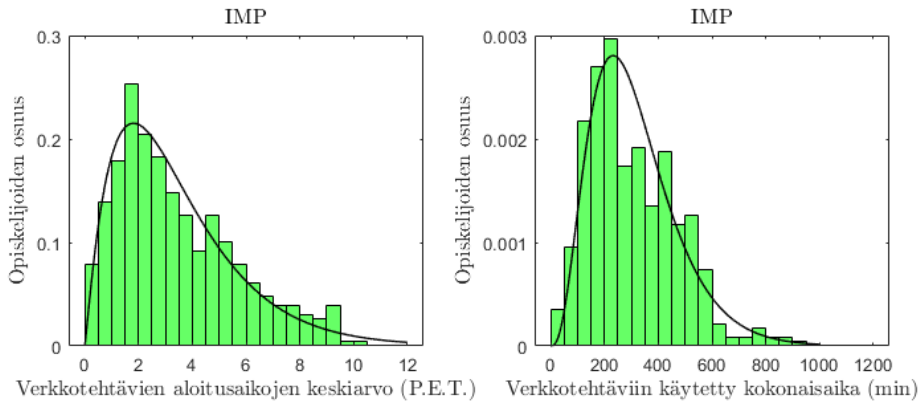
saava satunnaismuuttuja. Sen yksikkönä käytetään minuutteja.

Luodaan yleistetty lineaarinen malli kuvaamaan, miten kahdella tavalla valitun satunnaismuuttujan Y odotusarvo $\mathbb{E}[Y]$ riippuu taulukkojen 6.3 ja 6.4 selittävistä muuttujista x_1, x_2 ja x_3. Riippuvuutta kuvaa yhtälö

$$g(\mathbb{E}[Y]) = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3, \tag{6.1}$$

missä β_0, β_1, β_2 ja β_3 ovat tuntemattomia reaalilukukertoimia ja g linkkifunktio, joka määrää satunnaismuuttujan Y yhteyden lineaariseen malliin [1, s. 66].

Regressiomallin valintaa varten tulee tehdä oletus satunnaismuuttujan Y noudattamasta jakaumasta. Verkkotehtävien aloitusaikojen keskiarvon ja verkkotehtäviin käytetyn kokonaisajan jakautuneisuutta tutkitaan aineistosta muodostettavien histogrammien avulla. Alla olevaan kuvaan 6.4 on piirretty aloitus– ja kokonaisaikojen histogrammit opintojaksolla IMP. Lisäksi kuviin on liitetty histogrammeja vastaavat gamma–jakaumat, joiden parametrit on määritetty opiskelijadatasta suurimman uskottavuuden estimoinnilla.



Kuva 6.4. *Verkkotehtävien keskimääräisten aloitusaikojen histogrammit ja dataan sovitetut gamma–jakaumat. Satunnaismuuttujina aloitusaika ja kokonaisaika vaikuttavat noudattavan lähes gamma–jakaumaa.*

Vastaavanlainen selitettävien muuttujien jakautuneisuus havaitaan myös muilla opintojaksoilla. Selitettävien muuttujien oletetaan täten noudattavan gamma–jakaumaa. Linkkifunktioksi valitaan $g(\mathbb{E}[Y]) = \ln(\mathbb{E}[Y])$, jolloin $g^{-1}(\mathbb{E}[Y]) = \exp(\mathbb{E}[Y])$. Tällöin selitettävien muuttujien odotusarvon riippuvuus selittävistä muuttujista saadaan yhtälöllä

$$\mathbb{E}[Y] = \exp(\beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3) \tag{6.2}$$

$$= \exp(\beta_0)\exp(\beta_1 x_1)\exp(\beta_2 x_2)\exp(\beta_3 x_3). \tag{6.3}$$

Siirrytään seuraavaksi mallin parametrien estimointiin, kun selitettävänä muuttujana on verkkotehtävien keskimääräinen aloitusaika. Taulukossa 6.3 esitettyjen selittävien muuttujien kertoimien suurimman uskottavuuden estimaatit on esitetty alla taulukossa 6.5.

IMP	Estimaatti	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\beta}_3$
$R^2_{\text{adj.}} = 0.29$	Arvo	0.777	-0.683	0.705	0.021
	Keskivirhe	0.185	0.056	0.115	0.012
	p–arvo	< 0.001	< 0.001	< 0.001	(0.09)
VM	Estimaatti	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\beta}_3$
$R^2_{\text{adj.}} = 0.17$	Arvo	0.883	-0.564	0.447	0.036
	Keskivirhe	0.189	0.064	0.134	0.013
	p–arvo	0.001	< 0.001	0.001	(0.07)
DIL	Estimaatti	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\beta}_3$
$R^2_{\text{adj.}} = 0.17$	Arvo	0.921	-0.434	0.979	0.003
	Keskivirhe	0.186	0.064	0.159	0.013
	p–arvo	< 0.001	< 0.001	< 0.001	(0.83)
JTT	Estimaatti	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\beta}_3$
$R^2_{\text{adj.}} = 0.13$	Arvo	0.623	-0.399	0.414	0.056
	Keskivirhe	0.164	0.058	0.125	0.012
	p–arvo	0.01	< 0.001	0.001	< 0.001

Taulukko 6.5. *Verkkotehtävien keskimääräistä aloitusaikaa selittävässä mallissa esiintyvien selittävien muuttujien kertoimien suurimman uskottavuuden estimaatit eri opintojaksoilla. Mukaan on liitetty mallin selitysvoimaa kuvaavat $R^2_{\text{adj.}}$–arvot. Taulukon p–arvot ovat uskottavuusosamäärätestin nollahypoteeseille $H_0 : \hat{\beta}_i = 0$.*

Taulukossa 6.5 valittua merkitsevyystasoa ($\alpha = 0.05$) suurempi p–arvo ilmaisee, että estimaattia $\hat{\beta}_i$ vastaava selittävä muuttuja x_i ei kontribuoi malliin tilastollisesti. Erityisesti minäpystyvyyden suurimman uskottavuuden estimaatin $\hat{\beta}_3$ keskivirhe on useilla opintojaksoilla suuri itse estimaattiin nähden. Myös minäpystyvyyden suurimman uskottavuuden estimaatteja vastaavat p–arvot ovat yli merkitsevyystason kaikilla muilla opintojaksoilla paitsi JTT.

Tämän havainnon nostattamana voitaisiin muodostaa opintojaksoille IMP, VM ja DIL yksinkertaistettuja malleja ja tutkia, säilyykö muiden selittävien muuttujien kuin minäpystyvyyden vaikutus tilastollisesti merkitsevänä. Tutkimuksessa ollaan kuitenkin erityisen kiinnostuneita minäpystyvyyden vaikutuksesta opiskelijoiden ajankäyttöön. Esimerkiksi toteutustavan selittävä vaikutus on ilmeinen aiempien tulosten ja opintojaksojen rakenteellisten erojen perusteella. Täten uusia malleja ei enää pyritä luomaan.

Verkkotehtävien aloitusaikojen jälkeen estimoidaan verkkotehtäviin käytettyä kokonaisai-

kaa selittävän mallin parametreja. Taulukossa 6.4 esitettyjen selitettävien muuttujien kertoimien suurimman uskottavuuden estimaatit ovat taulukossa 6.6.

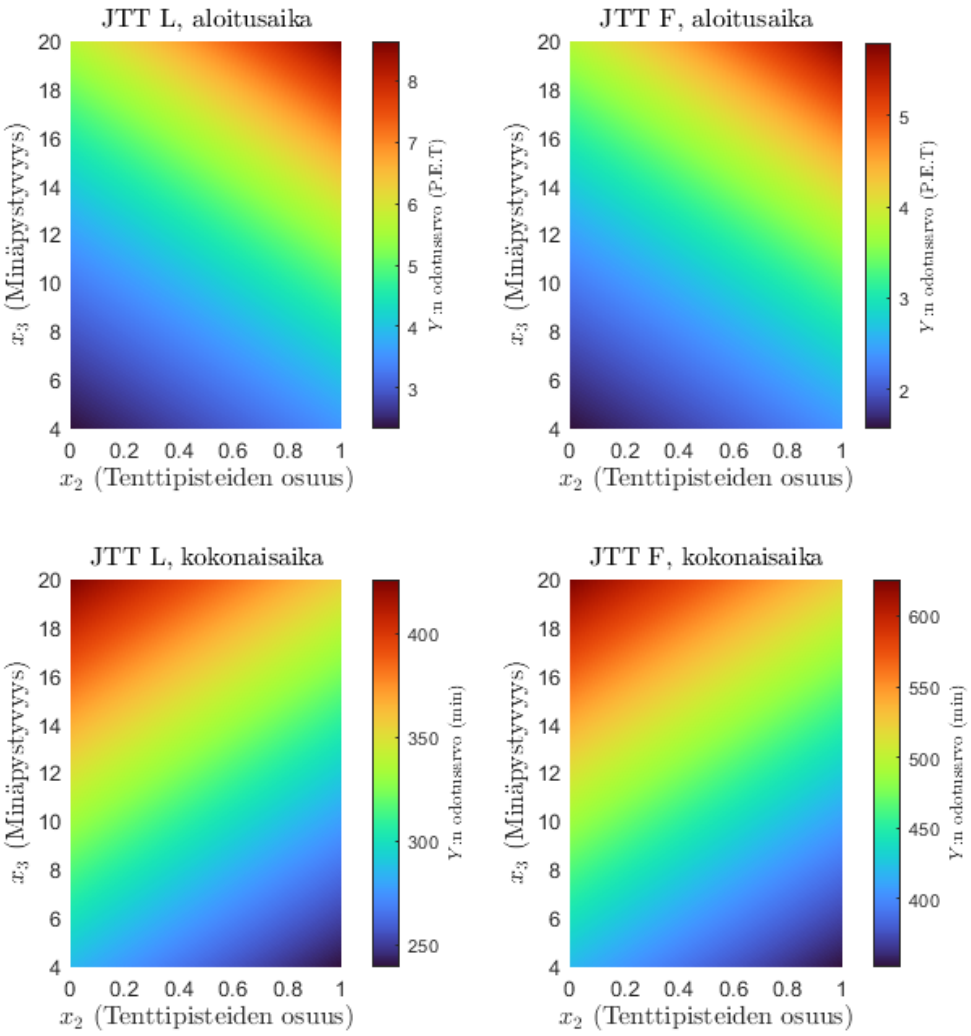
IMP	Estimaatti	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\beta}_3$
$R^2_{\text{adj.}} = 0.41$	Arvo	4.834	0.768	0.280	0.013
	Keskivirhe	0.140	0.043	0.093	0.009
	p–arvo	< 0.001	< 0.001	0.03	(0.15)
VM	Estimaatti	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\beta}_3$
$R^2_{\text{adj.}} = 0.48$	Arvo	5.055	0.737	0.034	0.013
	Keskivirhe	0.105	0.035	0.077	0.009
	p–arvo	< 0.001	< 0.001	(0.66)	(0.07)
DIL	Estimaatti	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\beta}_3$
$R^2_{\text{adj.}} = 0.27$	Arvo	5.164	0.101	1.077	0.007
	Keskivirhe	0.136	0.040	0.117	0.008
	p–arvo	< 0.001	0.01	< 0.001	(0.39)
JTT	Estimaatti	$\hat{\beta}_0$	$\hat{\beta}_1$	$\hat{\beta}_2$	$\hat{\beta}_3$
$R^2_{\text{adj.}} = 0.18$	Arvo	5.554	0.385	-0.176	0.025
	Keskivirhe	0.111	0.039	0.087	0.008
	p–arvo	< 0.001	< 0.001	0.04	0.001

Taulukko 6.6. *Verkkotehtäviin käytettyä kokonaisaikaa selittävässä mallissa esiintyvien selittävien muuttujien kertoimien suurimman uskottavuuden estimaatit eri opintojaksoilla. Mukaan on jälleen liitetty mallin selitysvoimaa kuvaavat, yleistetyille lineaarisille malleille laajennetut $R^2_{adj.}$–arvot.*

Jälleen ainoastaan opintojaksolla JTT kaikkien selittävien muuttujien kertoimien estimaatteja vastaavat p–arvot ovat alle valitun merkitsevyystason ($\alpha = 0.05$). Toinen merkittävä havainto on, että opintojaksolla JTT tenttipisteiden määrän kasvuun liittyy verkkotehtäviin käytetyn kokonaisajan väheneminen. Parhaiten tentissä menestyvien opiskelijoiden kokonaisajan odotusarvo on siis pienempi kuin tentissä heikommin menestyvien opiskelijoiden.

Sekä aloitusaikoja että kokonaisaikaa selittävien mallien selitysvoimaa kuvaavat $R^2_{\text{adj.}}$–arvot ovat kuitenkin pieniä erityisesti opintojaksolla JTT. Ilman toteutustavan huomiointia mallien selitysvoima olisi oletettavasti vieläkin alhaisempi. Tutkimustulokset indikoivat siis alustavasti, että minäpystyvyys on pääosin kehno selittäjä opiskelijoiden ajankäytölle. Niissä tapauksissa, joissa minäpystyvyydellä on tilastollisesti merkitsevä kontribuutio malleihin, selittävyys on kuitenkin hyvin maltillista.

Kuvassa 6.5 havainnollistetaan mallien ennustamia selitettävien muuttujien odotusarvoja opintojakson JTT molemmilla toteutuksilla.



Kuva 6.5. *Mallin mukainen aloitus– ja kokonaisaikojen odotusarvojen riippuvuus tenttipisteitä ja minäpystyvyydestä opintojaksolla JTT. Toteutustavat on eritelty kaksiulotteisten värikuvaajien piirtämisen mahdollistamiseksi.*

Esimerkiksi opintojakson JTT luentototeutuksella tentistä 50 prosenttia pisteistä ja minäpystyvyyskyselystä 15 pistettä saavan opiskelijan verkkotehtävien keskimääräisen aloitusajan odotusarvo on

$$\mathbb{E}[Y] = \exp(0.623) \cdot \exp(0) \cdot \exp(0.414 \cdot 0.5) \cdot \exp(0.056 \cdot 15) \approx 5.31 \text{ P.E.T.} \quad (6.4)$$

Jos minäpystyvyyskyselyn pisteet kasvavat edellisestä arvoon 18, niin keskimääräisen aloitusajan odotusarvo kasvaa kertoimella $\exp(0.056 \cdot 3) \approx 1.18$. Tällöin vastaavaksi odotusarvoksi saadaan 6.28 päivää ennen takarajaa (P.E.T.).

7. TULOSTEN ANALYSOINTI JA LUOTETTAVUUS

Tämän tutkimuksen viimeisessä luvussa esitetään vastaukset tutkimuskysymyksiin ja tarkastellaan tutkimuksen kokonaisluotettavuutta. Tuloksia pohditaan aiempiin tutkimustuloksiin ja teoriaan nojautuen. Luvussa esitetään myös tärkeimmät huomiot aiheen jatkotutkimusta varten.

7.1 Vastaus ensimmäiseen tutkimuskysymykseen

Ensimmäisenä tutkimuksessa vertailtiin minäpystyvyyskyselyn tulosten ja tenttipisteiden perusteella muodostettujen opiskelijaryhmien verkkotehtävien keskimääräisiä aloitusaikoja. Nollahypoteesiksi H_0 asetettiin, että verkkotehtävien aloitusajankohdissa ei olisi eroja opiskelijaryhmien välillä. Opintojaksojen tenteissä parhaiten ja heikoiten menestyneiden opiskelijoiden välillä havaittiin kuitenkin ilmiselviä eroja viikoittaisten verkkotehtävien keskimääräisissä aloitusajankohdissa (taulukko 6.1). Eniten tenttipisteitä saaneiden kvartiiliin kuuluvat opiskelijat aloittivat verkkotehtävien suorittamisen järjestelmällisesti aiemmin kuin vähiten tenttipisteitä saaneiden kvartiiliin kuuluvat opiskelijat. Kolmogorov–Smirnovin testisuureiden suuret arvot merkitsevät myös eroavaisuuksia vertailuryhmien keskimääräisten palautusaikojen jakaumamuodoissa. Heikoimmin tentissä menestyneiden opiskelijoiden keskimääräisten palautusaikojen jakauma on vino ja painottunut lähellä palautustakarajaa oleviin ajankohtiin. Vahvimmin tentissä menestyneiden opiskelijoiden vastaava jakauma lähentelee joillakin opintojaksoilla jopa tasajakaumaa.

Verkkotehtävien aloitusajankohtien erot vertailuryhmien välillä olivat tilastollisesti merkitseviä ($p < 0.01$) tai erittäin merkitseviä ($p < 0.001$) kaikilla kolmella ensimmäisellä opintojaksolla (IMP, VM, DIL) sekä luentototeutuksella että flippaustoteutuksella. Kyseisiä opintojaksoja koskeva nollahypoteesi H_0 hylättiin. Viimeisellä opintojaksolla (JTT) vastaavaa tilastollista merkitsevyyttä ei enää kuitenkaan havaittu, jolloin nollahypoteesi H_0 pidettiin voimassa. Asia selittyy mahdollisesti sillä, että opiskelijoiden jako alimpaan ja ylimpään kvartiiliin tenttimenestyksen perusteella ei onnistunut kovin hyvin. Opintojakson JTT molemmilla toteutuksilla mahdollisia tenttipisteiden kokonaismääriä oli vain 11 erilaista. Toisin sanoen tenttipisteiden asteikko oli harva, joten opiskelijat eivät jakautuneet kvartiileihin tasaisesti.

Tutkimustulokset eivät ole suoraan rinnastettavissa aiempiin tuloksiin. Aikaisempi tutki-

mus hyvän opintomenestyksen (ml. tenttimenestyksen) ja aikaisen toiminnan positiivisesta yhteydestä [2][22][43] kuitenkin tukee tämän tutkimuksen havaintoja. Heikoimmin tentissä menestyvien opiskelijoiden taipumus jättää verkkotehtävien suorittaminen viime tinkaan on myös hieman sen suuntaista, mitä aiempi prokrastinaatiotutkimus [4][40] antaakin odottaa.

Minäpystyvyyden perusteella vertailuryhmiin jaettujen opiskelijoiden välillä havaittiin myös paikoittain selkeitä eroja verkkotehtävien aloitusajankohdissa (taulukko 6.2). Erityisesti opintojaksojen IMP ja JTT luentototeutuksilla vahvimman minäpystyvyyden opiskelijakvartiilin ja kahden matalimman opiskelijakvartiilin välillä havaittiin tilastollisesti merkitsevä ero. Sen sijaan kaikista flippaustoteutuksista ainoastaan opintojaksolla VM todettiin tilastollisesti merkitsevä ero vastaavien ryhmien välillä. Näissä kolmessa tapauksessa nollahypoteesi H_0 hylättiin. Kaikilla muilla viidellä opintojaksototeutuksella Kolmogorov–Smirnovin testin p–arvot jäivät yleensä niukasti ja välillä hyvin selvästi merkitsevyystason $p < 0.05$ ulkopuolelle, jolloin nollahypoteesi H_0 pidettiin voimassa. Tulos on mielenkiintoinen ja yllättävä. Lukuvuoden ensimmäisen opintojakson IMP flippaustoteutuksen selvää tilastollisen eron puutetta ($p = 0.43$) voi tukea aiempi tutkimushavainto. Sen mukaan korkeakouluopintojaan aloittavien opiskelijoiden minäpystyvyysuskomukset ovat ylioptimistisia ja mahdollisesti heikosti linjassa todellisen suoritustason kanssa [51]. Myös tässä tutkimuksessa minäpystyvyyskyselyiden keskimääräisten tulosten havaittiin tippuvan molemmilla toteutustavoilla noin yhdellä pisteellä opintojaksojen IMP ja JTT välillä.

Sen sijaan lukuvuoden kolmannen opintojakson DIL luentototeutuksen tulos ($p = 0.91$) on mykistävä. Opintojakson DIL luentototeutuksella käytettiin kuitenkin poikkeuksellista verkkotehtävien palautustakarajaa, joka sijoittui sunnuntai–iltoihin. Tämä poikkeus on voinut tasoittaa opiskelijaryhmien välisiä eroja muuttamalla viikkotyöskentelyn dynamiikkaa. Saman opintojakson flippaustoteutuksen ($p = 0.13$) alkuvaiheessa kaikki verkko–oppimisympäristön verkkotehtäväaktiviteetit avattiin epähuomiossa hetkeksi. Tämä yllytti muutamia opiskelijoita katsomaan kaikki verkkotehtävät läpi kurssin etenemiseen nähden etuajassa, mikä tulkittiin tässä tutkimuksessa verkkotehtävien aloittamiseksi. Opintojakson DIL poikkeavat tulokset voivat selittyä osittain näillä poikkeamilla, mutta ryhmien välisten erojen puutteen perimmäinen syy jää epäselväksi.

Työskentelyajankohdissa on siis vain paikoittain eroja opiskelijaryhmien välillä, kun vertailuperusteena käytetään minäpystyvyyttä. Samankaltaisten tutkimusten puutteen vuoksi tulosten laadun arviointi ja tarkempi analysointi on vaikeaa.

7.2 Vastaus toiseen tutkimuskysymykseen

Tutkimuksessa seurattiin myös opiskelijoiden ajankäytön muutosta. Lukuvuoden 2020–2021 kolmen ensimmäisen opintojakson (IMP, VM, DIL) aikana opiskelijoiden keskimääräisen verkkotehtävien aloitusajankohdan havaittiin aikaistuvan hieman suhteessa palau-

tustakarajaan (kuva 6.3). Tämä voidaan nähdä merkkinä opiskelijoiden ajankäyttötaitojen ja erityisesti suunnitelmallisuuden kehittymisestä. Lukuvuoden edetessä opiskelijat ovat joutuneet toistuvasti arvioimaan verkkotehtäväaktiviteettien vaatimaa aikaa, mikä on voinut kehittää Kellyn mainitsemia allokointitaitoja [21]. Kuitenkin lukuvuoden viimeisen opintojakson (JTT) aikana keskimääräinen verkkotehtävien aloitusaika notkahti flippaustoteutuksella taas lähemmäksi palautustakarajaa. Luentototeutuksella keskimääräiset aloitusajat suhteessa palautustakarajaan suorastaan romahtivat lukuvuoden alun tasolle viimeisen opintojakson (JTT) aikana. Selitystä ilmiölle voidaan hakea mahdollisesti pitkän ja poikkeusoloissa järjestetyn lukuvuoden aikaansaamasta uupumuksesta tai kevään juhlapyhien sijoittumisesta opintojakson kohdalle. Esimerkiksi ilman lisätutkimusta on mahdotonta arvioida, onko kevään juhlapyhillä yleisesti verkkotehtävien suorittamista aikaistava tai myöhentävä vaikutus. Voidaan myös aina pohtia, onko opintojakson JTT aihe eli todennäköisyyslaskenta ja tilastollinen päättely abstraktiotasoltaan erilainen kuin muiden opintojaksojen sisällöt.

Flippaustoteutuksilla ajankäytön kehitys kohti aiempaa työskentelyä on pienestä notkahduksesta huolimatta luentototeutuksia selvempi, mikä on opetusmenetelmän kannalta lupaava havainto. Tulosten perusteella näyttäisi siltä, että flippaustoteutusten opiskelijoiden kehittyneet ajankäyttötaipumukset jäävät paremmin voimaan lukuvuoden loppua lähestyttäessä. Ilmiö on erittäin lupaava jatkotutkimuksen aihe.

7.3 Vastaus kolmanteen tutkimuskysymykseen

Sekä verkkotehtävien keskimääräistä aloitusaikaa että tehtäviin keskimäärin käytettyä kokonaisaikaa kuvaavien yleistettyjen lineaaristen mallien selitysvoima osoittautui heikoksi tai jopa lähes olemattomaksi. Verkkotehtävien aloitusaikojen mallin kohdalla minäpystyvyys oli tilastollisesti merkitsevä muuttuja ainoastaan opintojaksolla JTT (taulukko 6.5). Opiskelijat ovat voineet lukuvuoden aikana kehittyä minäpystyvyytensä tutkiskelussa ja arvioinnissa. Tenttipisteiden osuus vaikutti mallissa olennaiselta muuttujalta, mutta sen tilastollista merkitsevyyttä ei lopulta edes varmennettu yksinkertaistamalla mallia. Joka tapauksessa tenttipisteiden selitysvoima jää hyvin heikoksi ja valtaosa mallin selittävyydestä on peräisin toteutustavasta, mikä ei ole yllättävä tai mielenkiintoinen tutkimustulos.

Mallinnuksessa ei havaittu opiskelijoiden minäpystyvyyden yhteyttä myöskään verkkotehtäviin käytettyyn kokonaisaikaan kolmella ensimmäisellä opintojaksolla (taulukko 6.6). Tenttipisteiden kontribuutio jäi kolmen selittäjän mallissa vaihtelevaksi ja osittain epävarmaksi, eikä yhteyden merkitsevyyttä kokonaisaikaan lopulta selvitetty yksinkertaistamalla mallia. Toteutustavan yhteys kokonaisaikaan taas ei ole yllättävä tutkimustulos, koska toteutustapojen rakenteissa ja harjoitustehtävissä on jo lähtökohtaisesti paljon eroja. Kuitenkin opintojaksolla JTT havaittiin sekä minäpystyvyyden että tenttipisteiden yhteys kokonaisaikaan. Tenttipisteiden määrän kasvu oli yhteydessä *pienempään* verkkotehtävien

parissa vietettyyn aikaan. Tämä voi kertoa hyvin menestyvien opiskelijoiden harjaantumisesta verkkotehtäviin ja toisaalta todennäköisyyslaskennan poikkeavasta matemaattisesta luonteesta. Taustalla on mahdollisesti Kellyn määrittelemään tehokkaaseen ajankäyttöön [21] tarvittavan kokemuksen ja tietotaidon karttuminen. Vahvempi minäpystyvyys oli opintojaksolla JTT yhteydessä pidempään verkkotehtävien parissa vietettyyn aikaan. Jotta tämä pidempi aika voitaisiin tulkita esimerkiksi sitkeydeksi saattaa tehtävät loppuun, asian vahvistamiseksi olisi kuitenkin ollut tarpeen tutkia myös esimerkiksi verkkotehtävistä saatuja pisteitä.

Opiskeluun käytetyn kokonaisajan ja opintomenestyksen yhteyttä selvitettiin tässä tutkimuksessa hieman aiemmista tutkimuksista poikkeavalla tavalla. Joka tapauksessa opintojakson JTT havainto tenttipisteiden kasvusta ja tätä vastaavasta kokonaisajan vähenemisestä on jatkoa vaihtelevien tutkimustulosten sarjalle [12][19][25][26][47]. Jos opintojaksolla DIL tenttipisteiden osuuden kontribuutio malliin olisi varmistettu, olisi todennäköisesti päädytty vastakkaiseen ja voimakkaampaan riippuvuuteen. Tässä tutkimuksessa taustatekijöitä, kuten ennakkotietoja tai näkemyksiä ei kontrolloitu. Nämä voivat olla herkästi tuloksia eri suuntiin kallistavia taustamuuttujia, jotka pitäisi ottaa vastaavan kaltaisessa tutkimuksessa huomioon.

Lukuvuoden lopussa opiskelijat ovat yleisesti monia saavutuksia ja sosiaalisia kokemuksia rikkaampia. Opiskelijat myös antoivat kaikilla opintojaksototeutuksilla vähintään osalle laskuharjoitustehtävistä vertaisarvioinnit. Ajankäyttömallien merkitsevät tulokset ja myös ajankäytön kehittyminen lukuvuoden aikana vaikuttavat näin ollen yhtyvän löyhästi Banduran esittämään minäpystyvyyden rakentumiseen ja vaikutusalaan [8]. Opiskelijoiden minäpystyvyysuskomukset ovat voineet rakentua omien suoritusten ja vertaisoppimisen kautta lukuvuoden aikana, mikä saatetaan havaita ajankäyttötaipumusten eriytymisenä lukuvuoden viimeisellä opintojaksolla. Opintojaksolla JTT tenttipisteiden määrän kasvun havaittiin pienentävän verkkotehtäviin käytettyä kokonaisaikaa. Nämä asiat puolestaan kielivät opiskelijoiden siirtymästä kohti tehokkaampaa ajankäyttöä. Tämä on voinut tapahtua Kellyn mainitsemien kokemusten, työtapojen oppimisen ja allokointivirheiden kautta [21].

7.4 Luotettavuus

Tutkimuksen kokonaisluotettavuus muodostuu validiteetista ja reliabiliteetista. Tutkimuksen validiteetin suppealla määritelmällä tarkoitetaan tutkimuksessa käytetyn mittarin tai menetelmän kykyä mitata asiaa, jota halutaan mitata. Reliabiliteetti puolestaan kuvaa tutkimustulosten pysyvyyttä eli tieteelliselle tutkimukselle ominaista toistettavuutta ja tulosten riippumattomuutta tutkijasta. [52, s. 149–150] Minäpystyvyyskysely toteutettiin Zimmermanin ja Kitsantasin luomaa, opiskelijoiden itsesäätelyuskomuksia mittaavaa konstruktiota (SELF–A) noudattaen [55]. Kyselyä voidaan pitää hyvin pätevänä. Kyselyn vas-

tausasteikko ei täysin noudattanut Banduran [9] tai Zimmermanin ja Kitsantasin [55] suosituksia, mutta oli kuitenkin periaatteeltaan samanlainen. Tutkimuksen validiteettiin liittyvät ongelmat ovatkin sidoksissa opiskelijoiden ajankäytön mittaamiseen. Opiskelijoiden tavat suorittaa verkkotehtäviä ovat luultavasti ensinnäkin yksilökohtaisia ja toiseksi myös matematiikan aihesisällöstä riippuvia. Vain tietyn mittaiset aikavälit huomioiva kokonaisajankäytön mittari ei välttämättä sovellu hyvin kaikkiin tutkimuksen tilanteisiin. Myös verkkotehtävien aloitusajankohdan rekisteröinnissä on voitu tehdä systemaattisia virhetulkintoja. Opiskelija on saattanut määritelmällisesti aloittaa verkkotehtäväaktiviteetin, vaikka varsinainen tehtävien suorittaminen on tapahtunut myöhemmin. Tutkimuksen kannalta olisi ollut myös parempi, jos osaamista olisi mitattu laajuudeltaan samanlaisilla tenteillä. Eri opintojaksototeutusten tenttien laajuuksissa oli selviä eroja.

Etenkin opintojaksojen sisältöihin kuten verkkotehtäviin liittyvät aikataulut pitivät hyvin. Tutkimuksen toistettavuutta voidaan pitää tältä osin hyvänä, mikäli tutkimus tehtäisiin uudelleen vastaavan kaltaisilla verkkotehtäväsarjoilla. Vastaavanlaisen tutkimuksen kontrollin ulkopuolelle jäänee kuitenkin herkästi useita muuttujia, jotka liittyvät erityisesti opiskelijoiden tapoihin. Tutkimuksen opintojaksojen viikkorakenteet on haastavaa säilyttää samanlaisena. Verkkotehtävien palautustakarajojen tai muiden osasuoritusten ajankohtien siirtäminen todennäköisesti vaikuttaisi suoraan tutkimuksessa saavutettaviin tuloksiin. Opiskelijoilla voi olla taipumus suorittaa verkkotehtäviä esimerkiksi laskuharjoitus– tai luentopäivinä. Tutkimus toteutettiin ennennäkemättömissä poikkeusoloissa COVID–19–pandemian aikaan, jolloin opetusmuotona käytettiin laajasti etäopetusta. Opintojaksotenttien rakenteen ja laajuuden muuttaminen johtaisi myös mahdollisesti tästä tutkimuksesta poikkeaviin tuloksiin.

Aineistoon valittiin lopulta vain tutkimusluvan antaneet opiskelijat, joilta oli saatavissa riittävä määrä dataa. Tällaiseen datajoukkoon tuli sisältyä vastaus minäpystyvyyskyselyyn, osallistuminen opintojakson ensimmäiseen tenttikertaan ja lisäksi vähintään yksi verkkotehtäväaktiviteetin aloitusaika. Opiskelijoilta vaadittiin myös nollasta poikkeava verkkotehtäviin käytetty kokonaisaika minuutteina, koska kokonaisaika käsitettiin gamma–jakautuneeksi satunnaismuuttujaksi. Tutkimukseen valikoituneiden opiskelijoiden osuus suhteessa kaikkiin opiskelijoihin oli hyvällä tasolla flippaustoteutuksilla, mutta valitettavan matala luentototeutuksilla. Tutkimukseen on voinut systemaattisesti vaikuttaa ison opiskelijajoukon jättäytyminen tutkimuksen ulkopuolelle omasta päätöksestään. Erityisen mahdollinen ongelma on matalan minäpystyvyyden omaavien opiskelijoiden kieltäytyminen tutkimuksesta. Matalia, enintään 10 pisteen kokonaistuloksia minäpystyvyyskyselystä havaittiin tutkimuksessa todella vähän. Tutkimuksen eri vaiheiden otoskoot olivat isoja, mutta aineisto ei edusta täysin kaikkia ensimmäisen lukuvuoden opintojaksoille osallistuneita opiskelijoita.

7.5 Huomiot ja jatkotutkimusideat

Tutkimuksesta ei voida vielä tehdä erityisen vahvoja johtopäätöksiä. Tutkimus kaipaa jatkoa, jossa opintomenestystä mitattaisiin tasalaatuisilla tenteillä ja opiskelijoiden kokonaisajankäytön mittaamisongelma saataisiin ratkaistua. Tutkimuksen ulottuvuutta olisi tärkeää kasvattaa huomioimalla myös ajankäytön laatua eikä ainoastaan määrää.

Opiskelijoiden ajankäytön mittaaminen osoittautui tutkimuksessa hankalaksi. Opiskelijoiden aktiiviseksi verkkotehtävien suorittamiseksi tulkittu 10 minuutin enimmäisväli oppimisympäristön luomissa aikaleimoissa on hyvin mielivaltainen valinta. Tutkimuksessa pohdittiin ja myös alustavasti kokeiltiin pidempien enimmäisvälien valintaa, mutta valinnoilla ei ollut tenttimenestyksen tai minäpystyvyyden selitysvoimaa kasvattavaa vaikutusta. Opiskelijoiden kokonaisajankäytön järkevä mittaaminen jää avoimeksi ongelmaksi, ja mittausmenetelmää tulisi parantaa.

LÄHTEET

[1] Agresti, A. *An Introduction to Categorical Data Analysis*. 2. painos. John Wiley & Sons, 2007. 400 s.

[2] Auvinen, T., Hakulinen, L. ja Malmi, L. Increasing Students' Awareness of Their Behavior in Online Learning Environments with Visualizations and Achievement Badges. *IEEE Transactions on Learning Technologies* 8.3 (2015), s. 261–273.

[3] Babcock, P. ja Marks, M. The Falling Time Cost of College: Evidence from Half a Century of Time Use Data. *Review of Economics and Statistics* 93.2 (2011), s. 468–478.

[4] Balkis, M. Academic procrastination, academic life satisfaction and academic achievement: the mediation role of rational beliefs about studying. *Journal of Cognitive & Behavioral Psychotherapies* 13.1 (2013), s. 57–74.

[5] Bandura, A. *Self–efficacy: The exercise of control.* W. H. Freeman ja Company, 1997. 604 s.

[6] Bandura, A. ja Wood, R. Social Cognitive Theory of Organizational Management. *The Academy of Management Review* 14.3 (1989), s. 361–384.

[7] Bandura, A. *Social foundations of thought and action: A social cognitive theory*. Prentice–Hall, Inc., 1986. 617 s.

[8] Bandura, A. Self–efficacy: Toward a Unifying Theory of Behavioral Change. *Psychological Review* 84.2 (1977), s. 191–215.

[9] Bandura, A. Guide for constructing self–efficacy scales. *Teoksessa: Pajares & T. Urdan, Self–efficacy beliefs of adolescents* 5 (2006), s. 307–337.

[10] Bengmark, S., Thunberg, H. ja Winberg, M. Success–factors in Transition to University Mathematics. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology* 48.7 (2017), s. 988–1001.

[11] Bong, M. ja Skaalvik, E. M. Academic Self–Concept and Self–Efficacy: How Different Are They Really? *Educational Psychology Review* 15.1 (2003), s. 1–40.

[12] Brint, S. ja Cantwell, A. M. Undergraduate Time Use and Academic Outcomes: Results from the University of California Undergraduate Experience Survey 2006. *Teachers College Record* 112.9 (2010), s. 2441–2470.

[13] Dickhaus, T. *Theory of Nonparametric Tests*. 1. painos. Springer, 2018. 134 s.

[14] Dodge, Y. *The Oxford Dictionary of Statistical Terms*. 6. painos. Oxford University Press, 2003. 506 s.

[15] Durrett, R. *Probability: Theory and Examples*. 5. painos. Cambridge University Press, 2019. 430 s.

[16] Eskola, H. *Kärsitkö sinäkin siitä? Älä huolestu: se on yllättävän yleistä – prokrastinaatio vaivaa yhä useampaa työelämässä.* 12. syyskuuta 2020. URL: https://yle.fi/uutiset/3-11789037 (viitattu 27. 11. 2021).

[17] Etemadi, N. An elementary proof of the strong law of large numbers. *Z. Wahrscheinlichkeitstheorie verw. Gebiet* 55 (1981), s. 119–122.

[18] Fetsje, B., Jonker, M. ja Vaart, A. van der. *An Introduction to Mathematical Statistics*. 2. painos. Amsterdam University Press, 2017. 384 s.

[19] Fosnacht, K., McCormick, A. C. ja Lerma, R. First–Year Students' Time Use in College: A Latent Profile Analysis. *Research in Higher Education* 59.7 (2018), s. 958–978.

[20] Kelly, W. E. *Manual for the Time Use Efficiency Scale (TUES).* Individual Differences Research Group. Austin, Texas, 2003.

[21] Kelly, W. E. Harnessing the river of time: a theoretical framework of time use efficiency with suggestions for counselors. *Journal of Employment Counseling* 39.1 (2008), s. 915–931.

[22] Kim, J.-.-E. ja Nembhard, D. A. The Impact of Procrastination on Engineering Students' Academic Performance. *International Journal of Engineering Education* 35.4 (2019), s. 1008–1017.

[23] Klassen, R. M., Krawchuk, L. L. ja Rajani, S. Academic procrastination of undergraduates: Low self–efficacy to self–regulate predicts higher levels of procrastination. *Contemporary Educational Psychology* 33.4 (2008), s. 915–931.

[24] Klenke, A. *Probability Theory: A Comprehensive Course.* 2. painos. Springer, 2014. 638 s.

[25] Kolari, S., Savander–Ranne, C. ja Viskari, E.-.-L. Learning needs time and effort: a time–use study of engineering students. *European Journal of Engineering Education* 33.5 (2008), s. 483–498.

[26] Lahmers, A. G. ja Zulauf, C. R. Factors associated with academic time use and academic performance of college students: A recursive approach. *Journal of College Student Development* 41.5 (2000), s. 544–556.

[27] Lehmann, E. L. ja Romano, J. P. *Testing Statistical Hypotheses.* 3. painos. Amsterdam University Press, 2005. 800 s.

[28] Lent, R. W., Brown, S. D. ja Larkin, K. C. Relation of Self–Efficacy Expectation to Academic Achievement and Persistence. *Journal of Counseling Psychology* 31.3 (1984), s. 356–362.

[29] Linnenbrink, E. A. ja Pintrich, P. R. The role of self–efficacy beliefs in student engagement and learning in the classroom. *Reading & Writing Quarterly* 19.2 (2003), s. 119–137.

[30] Macan, T., Shahani, C., L., D. R. ja Phillips, A. P. College students' time management: Correlations with academic performance and stress. *Journal of Educational Psychology* 82.4 (1990), s. 760–768.

[31] Niinistö, M. *Oletko sinäkin prokrastinoija? Prokrastinaatio eli vitkuttelu on varsinkin korona–ajan ongelma — laiskuuteen sitä ei pidä sekoittaa.* 22. helmikuuta 2021. URL: https://yle.fi/uutiset/3-11789037 (viitattu 27. 11. 2021).

[32] *Opinto–opas 2020–2021 – Differentiaali– ja integraalilaskenta, 5 op.* Tampereen yliopisto. URL: https://www.tuni.fi/opiskelijanopas/opintotiedot/opintojaksot/tut-cu-g-35899?year=2020 (viitattu 15. 12. 2021).

[33] *Opinto–opas 2020–2021 – Insinöörimatematiikan perusteet, 5 op.* Tampereen yliopisto. URL: https://www.tuni.fi/opiskelijanopas/opintotiedot/opintojaksot/tut-cu-g-35897?year=2020 (viitattu 15. 12. 2021).

[34] *Opinto–opas 2020–2021 – Johdatus todennäköisyyslaskentaan ja tilastolliseen päättelyyn, 5 op.* Tampereen yliopisto. URL: https://www.tuni.fi/opiskelijanopas/opintotiedot/opintojaksot/uta-ykoodi-47933?year=2020 (viitattu 15. 12. 2021).

[35] *Opinto–opas 2020–2021 – Vektorit ja matriisit, 5 op.* Tampereen yliopisto. URL: https://www.tuni.fi/opiskelijanopas/opintotiedot/opintojaksot/tut-cu-g-35898?year=2020 (viitattu 15. 12. 2021).

[36] Pajares, F. ja Miller, M. D. The Role of Self–Efficacy and Self–Concept Beliefs in Mathematical Problem-Solving: A Path Analysis. *Journal of Educational Psychology* 86 (1994), s. 193–203.

[37] Pestman, W. R. ja Alberink, I. B. *Mathematical Statistics: Problems and Detailed Solutions*. 1. painos. Walter de Gruyter, 1998. 325 s.

[38] Pintrich, P. R. ja De Groot, E. V. Motivational and self–regulated learning components of classroom academic performance. *Journal of Educational Psychology* 82.1 (1990), s. 33–40.

[39] Rasch, D. ja Schott, D. *Mathematical Statistics*. 1. painos. John Wiley & Sons, 2018. 688 s.

[40] Richardson, M., Abraham, C. ja Bond, R. Psychological Correlates of University Students' Academic Performance: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Psychological Bulletin* 138.2 (2012), s. 353–387.

[41] Rohlf, F. J. ja Sokal, R. R. *Statistical Tables*. 3. painos. W. H. Freeman, 1995, s. 139–160.

[42] Roussas, G. G. *A Course in Mathematical Statistics*. 2. painos. Academic Press, 1997. 572 s.

[43] Scott, N. ja Stone, B. J. Student behaviour near a deadline as a predictor of academic success. *Proceedings of the twelfth annual conference of the Australian Society for Computers in Learning in Tertiary Education (ASCILITE)* (1995), s. 462–467.

[44] Steel, P. The nature of procrastination: a meta–analytic and theoretical review of quintessential self–regulatory failure. *Psychological Bulletin* 133.1 (2007), s. 65–94.

[45] Stinebrickner, R. ja Stinebrickner, T. Time–use and college outcomes. *Journal of Econometrics* 112.1–2 (2004), s. 243–269.

[46] *The Four Pillars of F–L–I–P.* Flipped Learning Network (FLN). 2014. URL: https://flippedlearning.org/wp-content/uploads/2016/%2007/FLIP_handout_FNL_Web.pdf (viitattu 01. 12. 2021).

[47] Thibodeaux, J., Deutsch, A., Kitsantas, A. ja Winsler, A. First–Year College Students' Time Use: Relations With Self–Regulation and GPA. *Journal of Advanced Academics* 28.1 (2017), s. 5–27.

[48] Toivola, M. ja Silfverberg, H. Flipped learning –approach in mathematics teaching — a theoretical point of view. *Oulu: Proceedings of the Symposium of Finnish Mathematics and Science Education Research Association.* (2015). URL: http://www.flippedlearning.fi/p/kaanteinen-oppiminen.html (viitattu 12. 01. 2021).

[49] Toivola, M., Peura, P. ja Humaloja, M. *Flipped learning – Käänteinen oppiminen*. 1. painos. Edita, 2018. 137 s.

[50] Tossavainen, T., Ragnhild, J. R., Haukkanen, P., Mattila, M. ja Johansson, M. First–year engineering students' mathematics task performance and its relation to their motivational values and views about mathematics. *European Journal of Engineering Education* (2020).

[51] Tossavainen, T., Ragnhild, J. R. ja Johansson, M. Swedish first–year engineering students' views of mathematics, self–efficacy and motivation and their effect on task performance. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology* 52.1 (2019), s. 23–38.

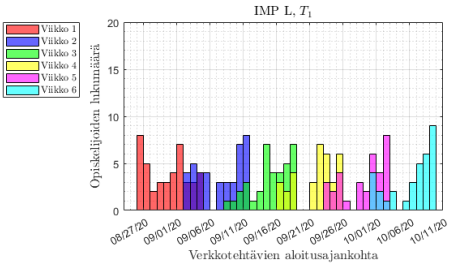
[52] Vilkka, H. *Tutki ja mittaa: määrällisen tutkimuksen perusteet.* 1. painos. Tammi, 2007. 188 s.

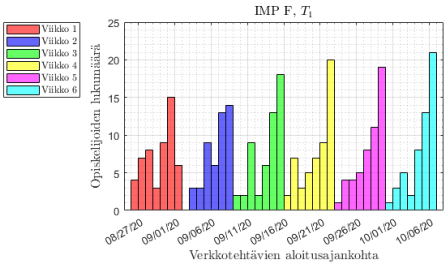
[53] Vygotsky, L. *Mind in Society: The Development of Higher Psychological Prosesses.* 2. painos. Harvard University Press, 1979. 159 s.

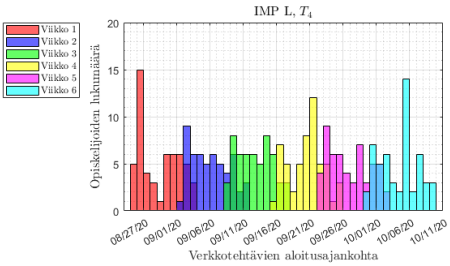
[54] Zimmerman, B. J. ja Kitsantas, A. Homework practices and academic achievement: The mediating role of self-efficacy and perceived responsibility beliefs. *Contemporary Educational Psychology* 30.4 (2005), s. 397–417.

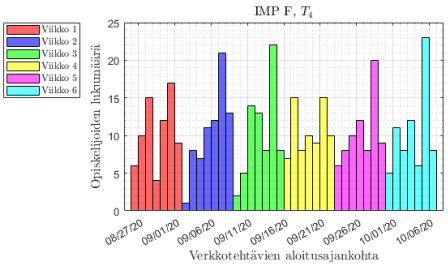
[55] Zimmerman, B. J. ja Kitsantas, A. Reliability and Validity of Self–Efficacy for Learning Form (SELF) Scores of College Students. *Journal of Psychology* 215.3 (2007), s. 157–163.

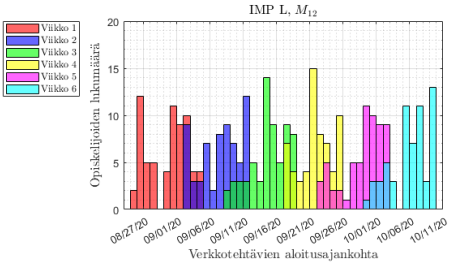
LIITE A: HISTOGRAMMIT

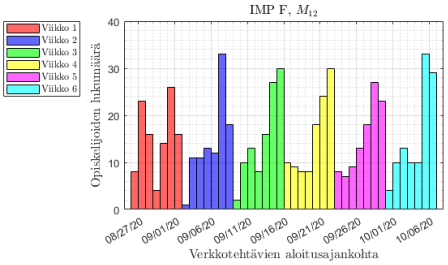


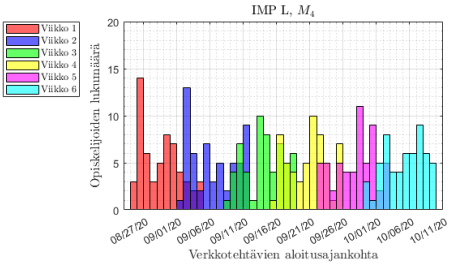


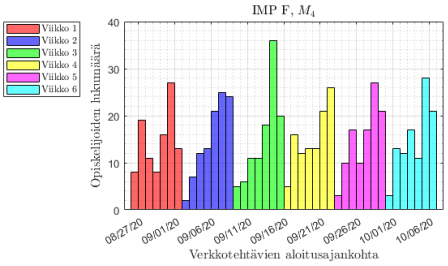


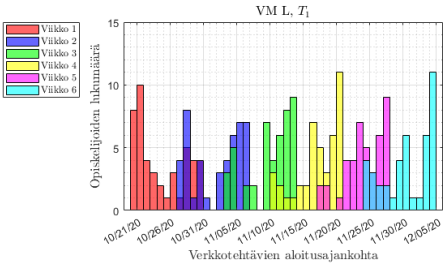


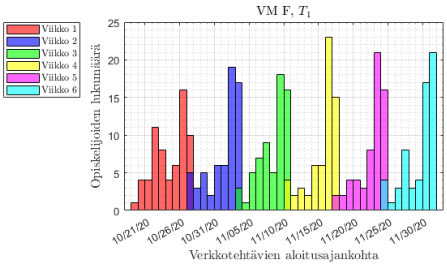


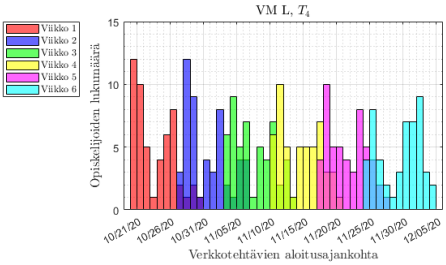


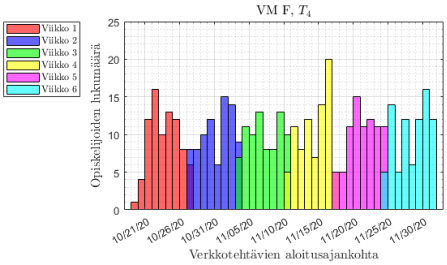


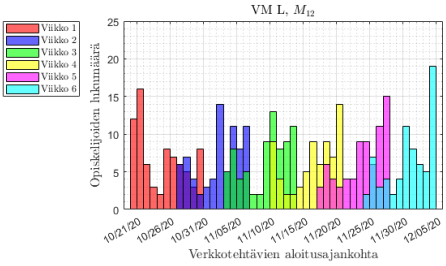


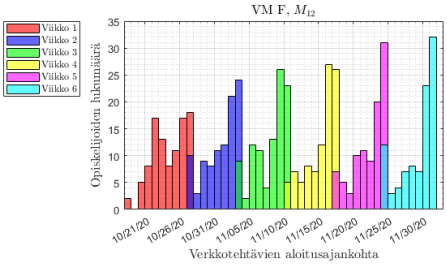

VM L, T_1
Viikko 1
Viikko 2
Viikko 3
Viikko 4
Viikko 5
Viikko 6
Opiskelijoiden hakumäärä
0
5
10
15
10/21/20
10/26/20
10/31/20
11/05/20
11/10/20
11/15/20
11/20/20
11/25/20
11/30/20
12/05/20
Verkkotehtävien aloitusajankohta

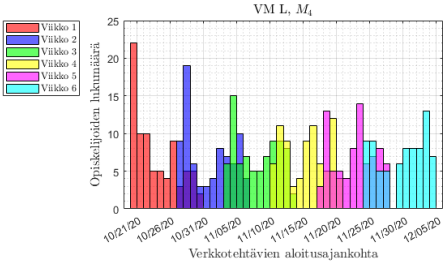

VM F, T_1
Viikko 1
Viikko 2
Viikko 3
Viikko 4
Viikko 5
Viikko 6
Opiskelijoiden hakumäärä
0
5
10
15
20
25
10/21/20
10/26/20
10/31/20
11/05/20
11/10/20
11/15/20
11/20/20
11/25/20
11/30/20
Verkkotehtävien aloitusajankohta

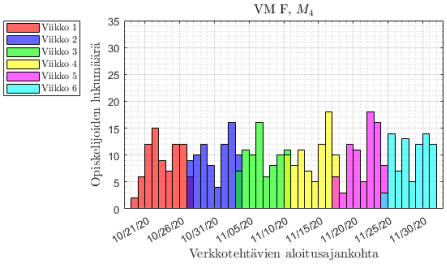

VM L, T_4
Viikko 1
Viikko 2
Viikko 3
Viikko 4
Viikko 5
Viikko 6
Opiskelijoiden hakumäärä
0
5
10
15
10/21/20
10/26/20
10/31/20
11/05/20
11/10/20
11/15/20
11/20/20
11/25/20
11/30/20
12/05/20
Verkkotehtävien aloitusajankohta

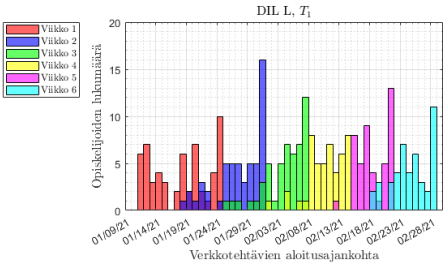

VM F, T_4
Viikko 1
Viikko 2
Viikko 3
Viikko 4
Viikko 5
Viikko 6
Opiskelijoiden hakumäärä
0
5
10
15
20
25
10/21/20
10/26/20
10/31/20
11/05/20
11/10/20
11/15/20
11/20/20
11/25/20
11/30/20
Verkkotehtävien aloitusajankohta

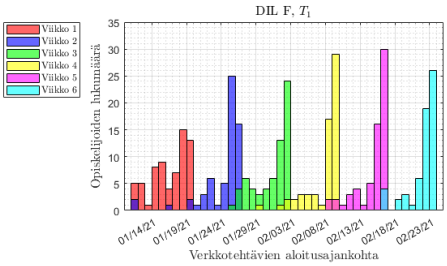

VM L, M_{12}
Viikko 1
Viikko 2
Viikko 3
Viikko 4
Viikko 5
Viikko 6
Opiskelijoiden hakumäärä
0
5
10
15
20
25
10/21/20
10/26/20
10/31/20
11/05/20
11/10/20
11/15/20
11/20/20
11/25/20
11/30/20
12/05/20
Verkkotehtävien aloitusajankohta

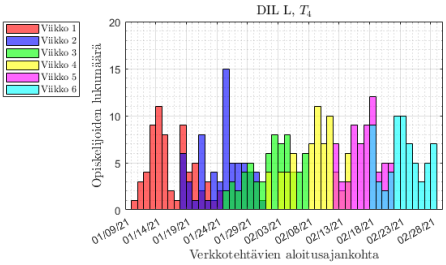

VM F, M_{12}
Viikko 1
Viikko 2
Viikko 3
Viikko 4
Viikko 5
Viikko 6
Opiskelijoiden hakumäärä
0
5
10
15
20
25
30
35
10/21/20
10/26/20
10/31/20
11/05/20
11/10/20
11/15/20
11/20/20
11/25/20
11/30/20
Verkkotehtävien aloitusajankohta

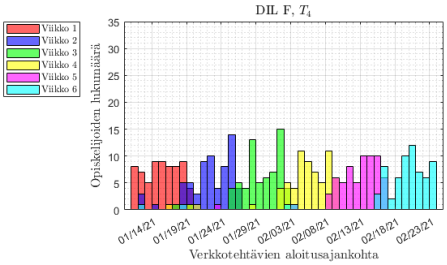

VM L, M_4
Viikko 1
Viikko 2
Viikko 3
Viikko 4
Viikko 5
Viikko 6
Opiskelijoiden hakumäärä
0
5
10
15
20
25
10/21/20
10/26/20
10/31/20
11/05/20
11/10/20
11/15/20
11/20/20
11/25/20
11/30/20
12/05/20
Verkkotehtävien aloitusajankohta

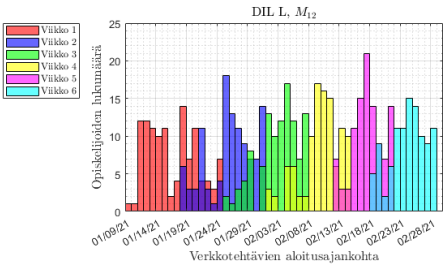

VM F, M_4
Viikko 1
Viikko 2
Viikko 3
Viikko 4
Viikko 5
Viikko 6
Opiskelijoiden hakumäärä
0
5
10
15
20
25
30
35
10/21/20
10/26/20
10/31/20
11/05/20
11/10/20
11/15/20
11/20/20
11/25/20
11/30/20
Verkkotehtävien aloitusajankohta

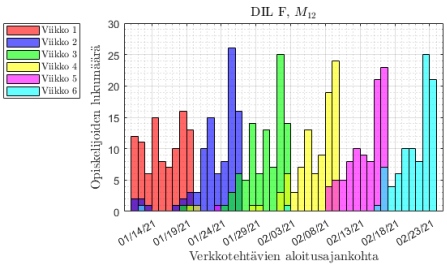

DIL L, T_1
Viikko 1
Viikko 2
Viikko 3
Viikko 4
Viikko 5
Viikko 6
Opiskelijoiden lukumäärä
0
5
10
15
20
01/09/21
01/14/21
01/19/21
01/24/21
01/29/21
02/03/21
02/08/21
02/13/21
02/18/21
02/23/21
02/28/21
Verkkotehtävien aloitusajankohta

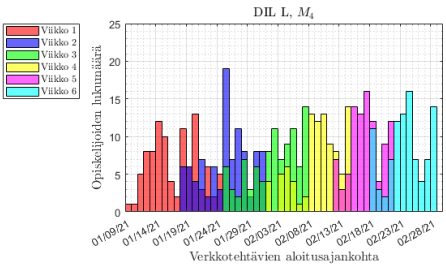

DIL F, T_1
Viikko 1
Viikko 2
Viikko 3
Viikko 4
Viikko 5
Viikko 6
Opiskelijoiden lukumäärä
0
5
10
15
20
25
30
35
01/14/21
01/19/21
01/24/21
01/29/21
02/03/21
02/08/21
02/13/21
02/18/21
02/23/21
Verkkotehtävien aloitusajankohta

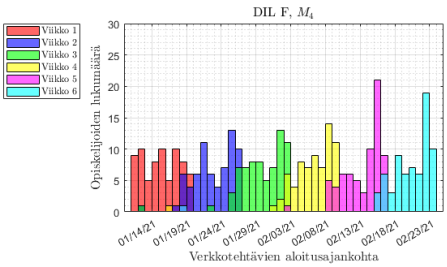

DIL L, T_4
Viikko 1
Viikko 2
Viikko 3
Viikko 4
Viikko 5
Viikko 6
Opiskelijoiden lukumäärä
0
5
10
15
20
01/09/21
01/14/21
01/19/21
01/24/21
01/29/21
02/03/21
02/08/21
02/13/21
02/18/21
02/23/21
02/28/21
Verkkotehtävien aloitusajankohta

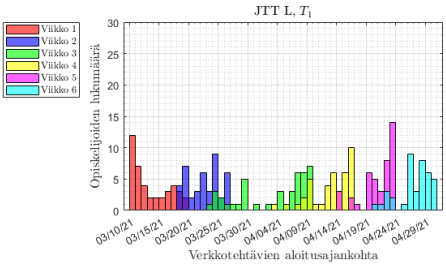

DIL F, T_4
Viikko 1
Viikko 2
Viikko 3
Viikko 4
Viikko 5
Viikko 6
Opiskelijoiden lukumäärä
0
5
10
15
20
25
30
35
01/14/21
01/19/21
01/24/21
01/29/21
02/03/21
02/08/21
02/13/21
02/18/21
02/23/21
Verkkotehtävien aloitusajankohta

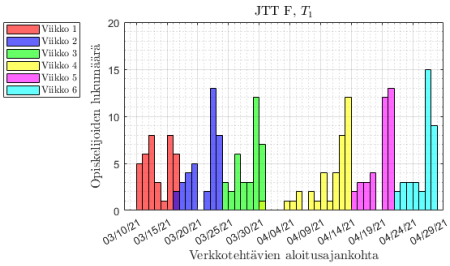

DIL L, M_{12}
Viikko 1
Viikko 2
Viikko 3
Viikko 4
Viikko 5
Viikko 6
Opiskelijoiden lukumäärä
0
5
10
15
20
25
01/09/21
01/14/21
01/19/21
01/24/21
01/29/21
02/03/21
02/08/21
02/13/21
02/18/21
02/23/21
02/28/21
Verkkotehtävien aloitusajankohta

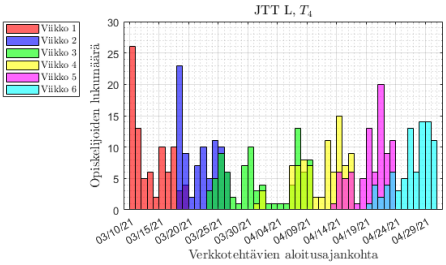

DIL F, M_{12}
Viikko 1
Viikko 2
Viikko 3
Viikko 4
Viikko 5
Viikko 6
Opiskelijoiden lukumäärä
0
5
10
15
20
25
30
01/14/21
01/19/21
01/24/21
01/29/21
02/03/21
02/08/21
02/13/21
02/18/21
02/23/21
Verkkotehtävien aloitusajankohta

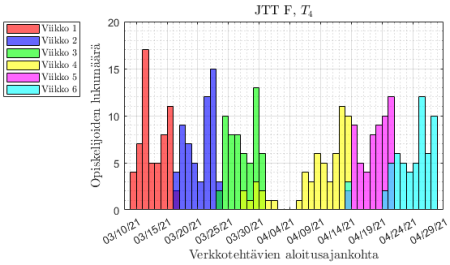

DIL L, M_4
Viikko 1
Viikko 2
Viikko 3
Viikko 4
Viikko 5
Viikko 6
Opiskelijoiden lukumäärä
0
5
10
15
20
25
01/09/21
01/14/21
01/19/21
01/24/21
01/29/21
02/03/21
02/08/21
02/13/21
02/18/21
02/23/21
02/28/21
Verkkotehtävien aloitusajankohta

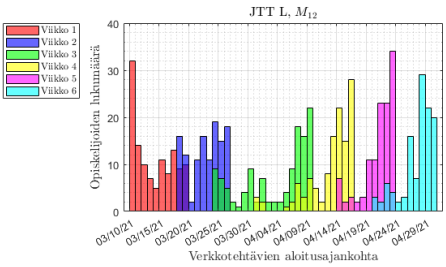

DIL F, M_4
Viikko 1
Viikko 2
Viikko 3
Viikko 4
Viikko 5
Viikko 6
Opiskelijoiden lukumäärä
0
5
10
15
20
25
30
01/14/21
01/19/21
01/24/21
01/29/21
02/03/21
02/08/21
02/13/21
02/18/21
02/23/21
Verkkotehtävien aloitusajankohta

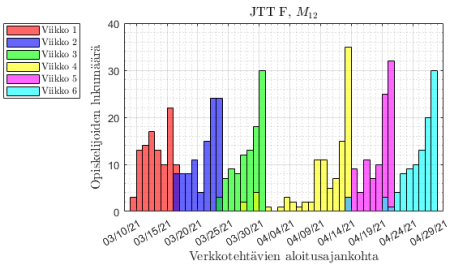

JTT L, T_1
Viikko 1
Viikko 2
Viikko 3
Viikko 4
Viikko 5
Viikko 6
Opiskelijoiden lukumäärä
0
5
10
15
20
25
30
03/10/21
03/15/21
03/20/21
03/25/21
03/30/21
04/04/21
04/09/21
04/14/21
04/19/21
04/24/21
04/29/21
Verkkotehtävien aloitusajankohta

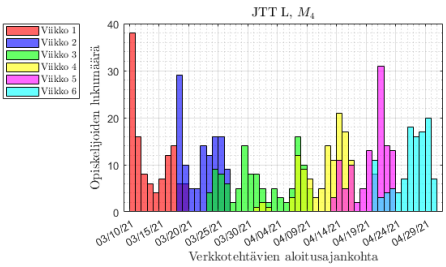

JTT F, T_1
Viikko 1
Viikko 2
Viikko 3
Viikko 4
Viikko 5
Viikko 6
Opiskelijoiden lukumäärä
0
5
10
15
20
03/10/21
03/15/21
03/20/21
03/25/21
03/30/21
04/04/21
04/09/21
04/14/21
04/19/21
04/24/21
04/29/21
Verkkotehtävien aloitusajankohta

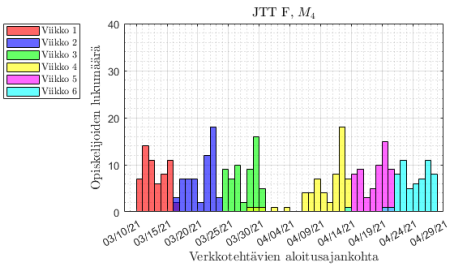

JTT L, T_4
Viikko 1
Viikko 2
Viikko 3
Viikko 4
Viikko 5
Viikko 6
Opiskelijoiden lukumäärä
0
5
10
15
20
25
30
03/10/21
03/15/21
03/20/21
03/25/21
03/30/21
04/04/21
04/09/21
04/14/21
04/19/21
04/24/21
04/29/21
Verkkotehtävien aloitusajankohta


JTT F, T_4
Viikko 1
Viikko 2
Viikko 3
Viikko 4
Viikko 5
Viikko 6
Opiskelijoiden lukumäärä
0
5
10
15
20
03/10/21
03/15/21
03/20/21
03/25/21
03/30/21
04/04/21
04/09/21
04/14/21
04/19/21
04/24/21
04/29/21
Verkkotehtävien aloitusajankohta


JTT L, M_{12}
Viikko 1
Viikko 2
Viikko 3
Viikko 4
Viikko 5
Viikko 6
Opiskelijoiden lukumäärä
0
10
20
30
40
03/10/21
03/15/21
03/20/21
03/25/21
03/30/21
04/04/21
04/09/21
04/14/21
04/19/21
04/24/21
04/29/21
Verkkotehtävien aloitusajankohta


JTT F, M_{12}
Viikko 1
Viikko 2
Viikko 3
Viikko 4
Viikko 5
Viikko 6
Opiskelijoiden lukumäärä
0
10
20
30
40
03/10/21
03/15/21
03/20/21
03/25/21
03/30/21
04/04/21
04/09/21
04/14/21
04/19/21
04/24/21
04/29/21
Verkkotehtävien aloitusajankohta


JTT L, M_4
Viikko 1
Viikko 2
Viikko 3
Viikko 4
Viikko 5
Viikko 6
Opiskelijoiden lukumäärä
0
10
20
30
40
03/10/21
03/15/21
03/20/21
03/25/21
03/30/21
04/04/21
04/09/21
04/14/21
04/19/21
04/24/21
04/29/21
Verkkotehtävien aloitusajankohta


JTT F, M_4
Viikko 1
Viikko 2
Viikko 3
Viikko 4
Viikko 5
Viikko 6
Opiskelijoiden lukumäärä
0
10
20
30
40
03/10/21
03/15/21
03/20/21
03/25/21
03/30/21
04/04/21
04/09/21
04/14/21
04/19/21
04/24/21
04/29/21
Verkkotehtävien aloitusajankohta