DEPARTMENT OF PHYSICS
UNIVERSITY OF JYVÄSKYLÄ
RESEARCH REPORT No. 3/2008

ILMAVOIMIEN KADETIT VERKOSSA – KOKEMUKSIA VERKKOPOHJAISEN OPPIMISYMPÄRISTÖN KÄYTÖSTÄ MATEMATIIKAN PERUSOPETUKSESSA

BY
MIKA NIEMINEN

Academic Dissertation
for the Degree of
Doctor of Philosophy

To be presented, by permission of the
Faculty of Mathematics and Natural Sciences of the
University of Jyväskylä, for public examination in
Auditorium FYS-1 of the University of Jyväskylä on
March 26, 2008, at 12 o'clock noon

Jyväskylä, Finland
February 2008

Mika Nieminen

Ilmavoimien kadetit verkossa– kokemuksia verkkopohjaisen oppimisympäristön käytöstä matematiikan perusopetuksessa

Jyväskylä 2007. Jyväskylän yliopisto, Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta, Fysiikan laitos.

Hakusanat: Verkko-opetus, matematiikka, etäopetus, ilmavoimat, kadetit

Tiivistelmä

Luonnontieteiden ja matematiikan opetuksesta on tehty Suomessa ja ulkomailla viime vuosina melko paljon tutkimuksia, kuten tämäkin tutkimus. Useiden tutkimusten tausta on pragmatismissa, jonka pohjalta on kehitetty useita lähestymistapoja (kehittämistutkimus, design-tutkimus, opetuksellinen rekonstruktio). Puolustusvoimissa on verkko-opetuksen käytön lisäämisestä tehty AVOT-ohjelma, jonka osaksi tämä tutkimus liittyi tarkastelemalla verkko-opetuksen käyttömahdollisuuksia ilmavoimissa.

Tämä tutkimus ajoittuu vuosiin 2003–2007, ja tämän tutkimuksen tavoitteena oli tutkia ilmavoimien kadettien matematiikan perusopinnoissa käytetyn, design-tutkimuksen viitekehyksen puitteissa kehitetyn verkko-opetusmallin vaikutusta kadettien kurssituloksiin ilmavoimien kadettikursseilla 90, 91 ja 92. Sen lisäksi tutkimuksessa tarkasteltiin verkko-opetuksessa käytetyn puolustusvoimien koulutusportaalin käytettävyyttä ilmavoimien kadettien matematiikan opetuksessa.

Tämä tutkimus on luonteeltaan design-tutkimusta, jonka perusteella verkko-kursseja kehitettiin sykleittäin. Verkkokurssien sisällön kehittämisessä tärkeitä osia olivat verkkokeskustelut ja tutorpäiväkirjat, joita tutkittiin niiden sisältöä

analysoiden. Koulutusportaalin käytettävyyttä tutkittiin soveltaen tehdyillä SUS-kysymyssarjoilla. Kurssitulosten vertailu tehtiin kovarianssianalyysilla, loppukokeiden pistemäärät skaalattiin vastaamaan toisiaan osiovasteteorialla.

Tutkimuksessa havaittiin, että verkko-opetuksella toteutetun kadettikurssin 92 kurssituloksilla ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa lähiopetuksella toteutetun kadettikurssin 90 kurssituloksiin verrattuna. Koulutusportaali osoittautui tämän tutkimuksen mukaan melko kankeaksi matematiikan opiskeluun, mutta verkko-opiskelun avulla saavutettiin kuitenkin vastaavia kurssituloksia kuin lähiopetuksella. Tämän tuloksen perusteella verkko-opetuksen käyttöä voidaankin lisätä ilmavoimien lentoteknillisessä opetuksessa, jolloin opetus voidaan järjestää joustavammin ja monipuolisemmin kuin ennen.

Mika Nieminen

Finnish Air Force Cadets in network – experience in use of online learning environment in basic studies of Mathematics

Jyväskylä 2007. University of Jyväskylä, Faculty of Mathematics and Science, Department of Physics.

Entries: online teaching, mathematics, distance teaching, air force, cadets

Abstract

In recent years a large number of studies dealing with teaching of natural science and mathematics, like this one, have been made in Finland and abroad. Many of them are based on pragmatism enabling to evolve various approaches (development research, design research, educational reconstruction). In the Finnish Defence Forces an increasing need for online teaching resulted in the creation of the AVOT programme, and as a part of the programme this research focused on the possibilities to use online teaching in the Air Force.

The present study was conducted during the years 2003 to 2007 with the aim to examine the effect of online teaching model, developed in the context of the design research for the use in the basic studies of Mathematics for Air Force cadets, on the results of the Cadet Courses 90, 91 and 92. One of the objectives of the study was also to survey the usability of the Defence Forces' online training portal in teaching mathematics for Air Force cadets

This is a design research on the basis of which online courses were evolved cyclically. The most important parts subject to development were online discussions and tutor diaries the substance of which was analysed. The usability of the training portal was surveyed by using the applied SUS question

series. A comparison of course results was made by covariance analysis: the scores of the final tests were scaled to correspond to one another by means of the item response theory.

It appears from this research that the results of the Cadet Course 92 that studied using online courses are not statistically very different compared to the results of the Cadet Course 90 that was given conventional lecture based teaching. The training portal proved to be unsuitable for study of mathematics but, on the other hand, the results achieved by online learning were comparable with the results achieved by lecture based teaching. As this study shows the use of online teaching can be increased justifiably in aircraft maintenance training ensuring more flexible and diversified teaching.

ESIPUHE

Oman opetuksen kehittäminen on ollut harrastuksenani valmistumisestani, vuodesta 1996, lähtien. Opetuksen tutkimustulokset ja toisten tutkijoiden ajatukset opettamisesta ovat antaneet itselleni ajatuksia oman opetuksen kehittämiseen. Olen tehnyt tutkimustani valtakunnallisessa matematiikan, fysiikan ja kemian tutkijakoulussa sivutoimisena opiskelijana, ja tämä onkin ollut itselleni käytännössä ainoa tapa tehdä tutkimusta, sillä yksin ja itsenäisesti oman työn ohella tutkimusta tekevälle – myös tutkijalle itselleen – tutkijakoulun seminaareissa ja tapaamisissa saatu palaute ja yhteistyö ovat tutkimusta eteenpäin vetävä voima. Tämä työ on kehittänyt omaa osaamistani myös ilmavoimien kadettien opinnäytteiden ohjaamisessa, missä olen usein kaivannut ajatuksenvaihtoa toisten tutkijoiden kanssa. Tutkijakoulun yhteisö on luonut siihen sopivan yhteyden.

Edesmenneen professori Ahti Pakkasen panos omaan tutkijanuraani on ollut hyvin suuri, sillä hänen vaikutuksestaan tein lisensiaattityöni maisteriopintojen jälkeen Jyväskylän yliopiston fysiikan laitokselle. Professori Pakkasen rohkaisu ja valoisa asenne vaikuttivat pitkälti työni jatkamiseen väitöskirjaksi. Erityiskiitokset osoitan työni ohjaajille, professori Jari Lavoselle ja Jukka Maalammelle, heidän rohkaisevasta ja pitkämielisestä tuestaan usein haparoidenkin edennyttä tutkimuksen tekoa kohtaan. Samoin työni esitarkastajille, professori Heimo Saarikolle sekä dosentti Kalle Juutille, haluan lausua kiitokset rakentavasta ja hyvästä palautteesta työtäni kohtaan. Dosentti Jari Metsämuurosta haluan kiittää arvokkaasta laskenta-avusta loppukokeiden pistemäärien skaalauksessa OPLM-ohjelmistoa käyttäen.

Olen tehnyt työtäni oman työn ohella, joten suuri kiitos kuuluu myös nykyiselle työnantajalleni Ilmavoimien Teknilliselle Koululle ja siellä työhön myötämielisesti suhtautuneille esimiehille ja työkavereille. Lopuksi kiitos

erityisesti perheelleni, myös omille sisaruksilleni ja edesmenneille vanhemmilleni kotoani saamasta henkisestä kasvualustasta, josta on ollut hyvä lähestyä elämän eri vaiheita pitäen asiat aina oikeassa tärkeysjärjestyksessä.

Jämsässä joulukuussa 2007

Mika Nieminen

SISÄLLYS

1. Tutkimuksen tausta, tavoitteet ja toteutus ... 1
1.1. Tutkimuksen taustaa ... 2
1.1.1. Tutkimuksen taustaa puolustusvoimissa ... 2
1.1.2. Tutkimuksen taustaa ilmavoimissa ... 4
1.2. Tutkimuksen tavoite ... 5
1.3. Tutkimuksen viitekehys ... 6
1.4. Kirjeopetuksesta verkko-opetukseen ... 9
1.4.1. Etäoppimisympäristöjen kehitysvaiheita 1980-luvulta nykypäivään 10
1980-luku ... 10
1990-luku ... 11
2000-luku ... 13
1.4.2. Verkko-opetuksen kehitysvaiheita sotilasympäristössä ... 15
Verkko-opetuskokeiluja Ruotsin ja Tanskan armeijoissa ... 15
Etäopetusta USA:n armeijassa; esimerkkejä ... 17
1.5. Verkko-opetuksen määritelmiä, malleja ja henkilörooleja ... 19
1.5.1. Verkko-opetuksen määritelmiä ... 19
1.5.2. Tutkimuksessa kehitetyn verkko-opetusmallin taustalla olleita malleja ... 20
Matematiikka verkko-opetuksessa ... 24
1.5.3. Henkilöroolit verkkotuetussa oppimisessa ... 26
Tutorit ... 26
Opettaja ja oppilas verkkotuetussa opetuksessa ... 28
1.6. Tutkimuksen taustalla olleita käsityksiä toimivan verkkoympäristön ominaisuuksista ... 29
1.6.1. Reflektiivisyys ... 30
1.6.2. Kontekstuaalisuus ... 34
1.6.3. Yhteisöllisyys ... 37
1.6.4. Käytettävyys ... 38

1.6.5. Oppimateriaalin merkitys verkko-opetuksessa ... 40
1.7. Tutkimusongelmat ... 42
1.8. Tutkimuksen toteutus ... 43
1.8.1. Tutkimuksen ensimmäinen vaihe ... 44
1.8.2. Tutkimuksen toinen vaihe ... 45
1.8.3. Tutkimuksen kolmas vaihe ... 46
1.8.4. Tutkimuksen neljäs vaihe ... 46
2. Tutkimusmetodologia ... 47
2.1. Design-tutkimus opetuksen tutkimuksessa ... 47
2.1.1. Design-tutkimuksesta ... 48
2.1.2. Syklit ... 49
2.1.3. Verkkokeskustelujen ja tutorpäiväkirjojen sisällön analyysi ... 52
2.1.4. Design-tutkimuksen luotettavuus ... 53
2.2. Kvantitatiiviset menetelmät ... 55
2.2.1. Koulutusportaalin käytettävyyden testaaminen ... 55
2.2.2. Kurssitulosten vertaaminen eri kadettikurssien kesken ... 57
Kovarianssianalyysi kurssitulosten vertailussa ... 57
Lopputestin pisteiden vastaavuus toisiinsa nähden eri kadettikursseilla ... 59
Testien toistettavuus l. reliabiliteetti ... 61
Cronbachin alfa reliabiliteetin mittaajana ... 62
3. Tutkimustulokset ... 63
3.1. Verkko-opetusmallin kehittämisprosessi ... 63
3.1.1. Oppimateriaalin kehittämisprosessi ... 63
Oppimateriaalin kehittämisen lähtökohtia ... 64
Kirjallinen materiaali ... 64
Verkkomateriaali ... 67
3.1.2. Opetuksen kehityssyklit kadettikursseilla 90, 91 ja 92 ... 69
Kadettikurssi 89:n opetuksesta ... 69
Kadettikurssi 90:n opetuksen suunnittelu, toteutus ja kehitysideat ... 70

Kadettikurssi 91:n opetuksen suunnittelu, toteutus ja kehitysideat 74
Käytännön järjestelyt 75
Tehtävien tekeminen 78
Vertaistutortoiminta 78
Kehitysideat 81
Kadettikurssi 92 opetuksen suunnittelu, toteutus ja kehitysideat 82
Käytännön järjestelyt 84
Tehtävien tekeminen 86
Vertaistutortoiminta 87
Kehitysideat 89
Yhteenveto 90
3.2. Verkko-opetuksen käytettävyyden analysointi 91
3.2.1. Verkko-opetusmallin käytettävyys − SUS-analyysi 92
Koulutusportaalin säännöllinen käyttö 93
Koulutusportaalin monimutkaisuus 94
Koulutusportaalin helppokäyttöisyys 95
Teknisen tuen tarve koulutusportaalia käytettäessä 96
Kurssien johdonmukaisuus 97
Kurssien epäjohdonmukaisuus 98
Koulutusportaalin käyttö matematiikan opetuksessa 99
Koulutusportaalin vaivattomuus 100
Opiskelun varmuus käytettäessä koulutusportaalia 101
Lisäopintojen tarve 102
Yhteenveto yksittäisistä kysymyksistä 103
Kadettikurssi 90; Yhteenveto SUS- pisteistä 103
Kadettikurssi 91; Yhteenveto SUS-pisteistä 104
Kadettikurssi 92; Yhteenveto SUS-pisteistä 105
Yhteenveto koko otoksen SUS-pisteistä 105
3.3. Kurssitulosten vertailu kadettikursseilla 90 ja 92 107
3.3.1. Lähtötasokokeiden tulokset 107

3.3.2. Loppukokeiden tulokset ... 110
Osioiden ankkurointi ... 110
Osioiden keskimääräiset ratkaisuosuudet ... 111
Opiskelijoiden latentin osaamisen keskiarvo ja keskihajonnat ... 112
Kadettikurssien 90 ja 92 loppukokeiden pistevastaavuudet ... 113
3.3.3. Lähtötaso- ja loppukokeiden tulosten vertailu ... 116
4. Pohdinta ... 120
4.1. Verkko-opetusmallin käyttökokemuksia ilmavoimien kadettikursseilla 90–92 matematiikan perusopinnoissa ... 120
4.1.1. Verkko-opetusmallin kehittämisen analysointi ... 120
4.1.2. KOPO:n käytettävyys matematiikan opetuksessa ... 123
4.1.3. Kurssitulosten analysointi ... 126
4.2. Tutkimuksen luotettavuudesta ... 128
4.2.1. Käytettyjen tutkimusmenetelmien arviointia ... 129
Designtutkimus verkko-opetusmallin kehittämisessä ... 129
Verkkokeskustelujen ja tutorpäiväkirjojen sisällön analyysi ... 130
SUS-kysymyssarjat ... 130
Kovarianssianalyysi kurssitulosten vertailussa ... 130
4.2.2. Vakuuttavuus ... 131
4.2.3. Tuotetun tiedon tarkastelua ... 132
4.2.4. Hyödynnettävyys ... 134
4.2.5. Yhteenveto ... 136
Tiedonkeruu- ja tutkimusmenetelmät ... 136
Verkkokeskustelujen ja tutorpäiväkirjojen analyysi ... 137
SUS-kyselyt ... 137
Kokeet ... 138
4.3. Jatkotutkimuksia ... 138
LÄHTEET ... 140
LIITTEET ... 149

1. Tutkimuksen tausta, tavoitteet ja toteutus

Viime vuosina ja vuosikymmeninä useat [27, 11, 13, 84, 110] tutkijat ovat tutkineet verkko-opetusta, ja sen käyttöä on pyritty lisäämään opetuksessa. Verkko-opetus on kehittynyt vähitellen kirjetyyppisestä [51, 4] opetuksesta erilaisten välivaiheiden [43, 44, 45, 93] kautta reaaliaikaiseksi ja monipuoliseksi työelämän tarpeita paremmin ja nopeammin tukevaksi sekä osaamista lisääväksi tavaksi opiskella. [90, 91]

Matematiikan verkko-opetuksesta ei ole aiemmin tehty tutkimusta puolustusvoimissa. Verkko-opetuksesta on tosin tehty useita tutkimuksia ja opinnäytteitä muualla, ja Maanpuolustuskorkeakoululla on aiheesta tehty yksi väitöskirja [35], mutta varsinaisesti kadettien matemaattisten aineiden opetuksesta verkossa ei ole tehty tutkimusta. Puolustusvoimien ulkopuolella matematiikan verkko-opetusta on tutkittu ainakin Teknillisellä korkeakoululla [56], Texasin yliopistossa [5], Pohjois-Arizonan yliopistossa [6] ja MMPORPG-projektissa [17], ja niistä saadut tulokset ovat olleet artikkelien mukaan rohkaisevia. Tämä antoi tutkijalle entistä enemmän rohkeutta tutkia matematiikan verkko-opetusta ilmavoimien kadeteilla.

Tässä tutkimuksessa on aluksi tutustuttu sekä siviili- (1.4.1) että sotilasympäristössä (1.4.2) aikaisemmin käytössä olleisiin etäopetusmalleihin, joista on vähitellen kehitetty tietoverkkoja opetuksessa hyväksi käyttäviä verkko-opetusmalleja (1.5.1, 1.5.2). Verkko-opetuksen myötä on ilmennyt tarvetta opettajan lisäksi tutoreille yms. (1.5.3), jotta usein verkko-opetuksen taustalla oleva konstruktivistinen [20, 60] oppiminen olisi mahdollisimman tehokasta. Tämän lisäksi toimiva verkkoympäristö [107] on reflektiivinen (1.6.1), kontekstuaalinen (1.6.2) ja yhteisöllinen (1.6.3), minkä lisäksi hyvä käytettävyys (1.6.4) lisää Nielsenin [65] mukaan tuotteen käyttökelpoisuutta.

1.1. Tutkimuksen taustaa

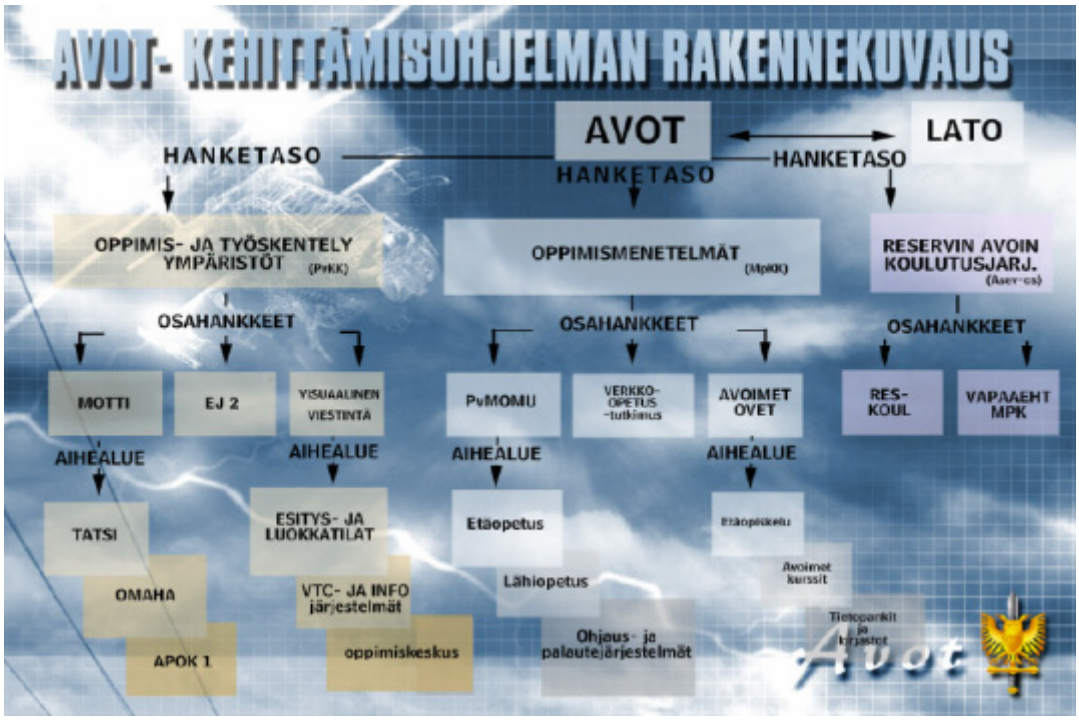
Puolustusvoimien koulutusjärjestelmän uudistuessa erilaisten opetustapojen merkitys kasvaa, koska koulutusta järjestetään monelle ammattiryhmälle samanaikaisesti rajallisella henkilöstöresurssilla. Tämän vuoksi työnantaja ja samalla tutkija halusi tutkia verkko-opetuksen vaikutusta kurssituloksiin, ja aihetta lähestyttiin tutkimalla matematiikan verkko-opetusta ilmavoimien kadeteille. Jos oppimistulokset olisivat rohkaisevia, verkko-opetusta voitaisiin laajentaa yhä enenevässä määrin lentoteknilliseen koulutukseen.

1.1.1. Tutkimuksen taustaa puolustusvoimissa

Puolustusvoimien koulutusjärjestelmä on muuttunut voimakkaasti muun yhteiskunnan mukana viimeisten vuosien ja vuosikymmenien aikana. Perinteisestä massoina tapahtuvasta yleiskoulutuksesta on siirrytty täsmälliseen sodanaikaista tehtävää paremmin palvelevaan koulutukseen, jossa on pyritty ottamaan huomioon myös yksilön henkilökohtaiset tarpeet. Upseerikoulutusuudistuksen yhteydessä on Kalliomaan mukaan [35] entistä enemmän siirrytty avoimeen verkon kautta tapahtuvaan, monimuotoiseen ja jatkuvaan työssä oppimiseen.

Puolustusvoimissa alkoi 1990-luvun lopulla hanke, jolla puolustusvoimissa tapahtuva opetus ja oppiminen pyritään muuttamaan joustavammaksi ja uusia oppimiskäsityksiä palvelevaksi kokonaisuudeksi. 2000-luvun alussa puolustusvoimien johto halusi muuttaa koulutusjärjestelmää vastaamaan nykyajan haasteisiin. Asetetun tavoitteen mukaan vuoteen 2012 mennessä puolustusvoimiin pyritään luomaan kattava verkko-ympäristö [76], joka toimii puolustusvoimien koulutuksen ja informaation sujuvana välittäjänä. AVOT-ohjelman mukaan opetus toteutetaan puolustusvoimissa vuonna 2012 avoimen oppimis- ja työskentely-ympäristön strategian (AVOT) mukaisesti.

AVOT on fyysinen, psyykkinen, henkinen ja sosiaalinen ympäristö. Se motivoi, ohjaa sekä tukee oppimista ja työntekoa antaen palautetta [76].



Kuva 1. AVOT-kehittämishankkeen sisältö [76].

Puolustusvoimien koulutusjärjestelmän kehittymisen tulevaisuusnäkymiksi voidaan tämän hallinnollisen asiakirjan [76] mukaan ennustaa kolme pääsuuntaa: *yhteistyö ja vuorovaikutus, oma vastuu ja itseopiskelu* sekä *erillisyys.* AVOT-ohjelman kannalta tärkeimmäksi näkymäksi näyttää nousevan tulevaisuudessa *oma vastuu ja itseopiskelu*, mikä aiheuttaa omat ongelmansa työn ja opiskelun yhdistämisessä. Suurimmat ongelmat eivät ole laitteiden vähyys, tietotekniset taidot tai hitaat yhteydet vaan työhön ja opiskeluun liittyvät pelisäännöt. Puolustusvoimissa tuleekin Turan ym. [100] mukaan ohjata enemmän resursseja tulevaisuudessa koulutuksen ja työn yhdistämisen suunnitteluun, jotta työntekijän käymä koulutus ei muodostuisi *erilliseksi* kurssiksi vaan työntekijän työssä kehittymiseen sitouttavaksi kokonaisuudeksi

ja jatkumoksi elinikäisessä oppimisessa. Se, miten nämä tavoitteet toteutuvat, selvinnee tulevaisuudessa.

1.1.2. Tutkimuksen taustaa ilmavoimissa

Puolustushaarakoulussa opiskellaan ko. puolustushaaraan liittyviä opintoja. Ilmavoimissa on Ilmasotakoulu, maavoimissa Maasotakoulu ja merivoimissa Merisotakoulu. Toimialakoulu on tietyn puolustushaaran sisällä oleva tietyn aselajin opetukseen keskittynyt oppilaitos. Ilmavoimien Teknillisessä Koulussa opetetaan ilmavoimien lentokonetekniikka, pioneerikoulussa opetetaan pioneeritaitoja ja niin edelleen.

Lentoteknisissä tehtävissä työskenteleviä henkilöitä on melko vähän, jolloin pitkät lähiopetuskurssit vievät paljon resursseja lentoteknisestä työstä. Perinteiselle lähiopetukselle ja oppimiselle lentoteknillisten joukkojen sijoittuminen eri puolelle Suomea aiheuttaa ongelmia. Verkko-opiskelu vähentäisi ihmisten liikkumista, ja opiskelu voisi tapahtua jokaisen omassa työympäristössä, jolloin opiskelu voisi tukea työssä oppimista joustavammin kuin toisella paikkakunnalla tapahtuva opiskelu.

Tutkimuksessa mielenkiinto ei kohdistunut niinkään verkkoympäristöjen teknisiin yksityiskohtiin ja rakenteisiin vaan puolustusvoimissa käytössä olevan verkkoympäristön käyttöön matemaattisten aineiden opetuksessa. Tutkija toimi myös oman työnsä tutkijana, jolloin mielenkiinnon kohteina olivat omien opetustapojen monipuolistaminen sekä itsensä kehittäminen. Edellä mainituista asioista johtuen tutkija toimikin tutkimuksen aikana niin tutkijana, opettajana kuin aineistonkerääjänä.

Tutkimuksen alkaessa tutkimuskohteina olivat erilaiset tekniset välineet (ebeam, intranet, KOPO), mutta tutkimuksen edetessä tutkijan mielenkiinto

kohdistui internetissä olevaan oppimisympäristöön, puolustusvoimien koulutusportaaliin [42] eli KOPO:on sen käytön lisääntyessä ja intranetin poistuessa opetuskäytöstä. Tutkimus rajoittui ajanjaksoon, jonka aikana kadetit opiskelivat puolustushaarakoulussa (IlmaSK) Tikkakoskella.

Tutkimukseen osallistuneet ilmavoimien kadettikurssit 90–92 opiskelivat perusopintonsa Ilmasotakoulussa vuosina 2003, 2004 ja 2005, minkä jälkeen kadetit siirtyivät opiskelemaan Maanpuolustuskorkeakouluun Santahaminaan. Kadetit opiskelivat perusopinnoissa yleissivistäviä sekä kadettien opintoihin kuuluneita perusaineita, joihin tutkimuksen kohteena ollut matematiikan kurssikin sisältyi. Kadettikursseille tulleiden opiskelijoiden lähtötaso oli melko heterogeeninen, mikä oli otettava huomioon verkkokurssia kehitettäessä.

1.2. Tutkimuksen tavoite

Tutkimuksen tavoitteena oli tutkia verkko-opiskelun käyttömahdollisuuksia lentoteknillisessä opetuksessa ja verkko-opetuksen vaikutusta kurssituloksiin lähiopetukseen verrattuna. Tutkimus sisälsi ilmavoimien kadettien matematiikan perusopetukseen soveltuvan verkkokurssin kehittämisen ja sen käytettävyyden analysoinnin.

Tässä tutkimuksessa oli tavoitteena käyttää aikaisemmin muualla tutkittuja ja käytettyjä verkko-opetusmalleja tutkimuksen pohjana, ja niitä soveltaen pyrittiin rakentamaan ilmavoimien kadettien matematiikan perusopetukseen mahdollisimman hyvin soveltuva ja käytettävyydeltään hyvä verkko-opetusmalli.

Jotta verkko-opetusta olisi järkevää käyttää, sen vaikutukset kurssituloksiin eivät saisi olla ainakaan heikentäviä lähiopetukseen verrattuna. Uusien opetusmenetelmien käyttö ja sitä kautta parantuneiden toimintatapojen

omaksuminen autoritaarisessa ympäristössä oli eräänä tavoitteena suunniteltaessa tutkimusta esimiesten kanssa. Taustalla oli mahdollisesti myös ajatus verkko-opetuksesta syntyvistä kustannussäästöistä esimerkiksi virkamatkoissa, mitä ei tässä tutkimuksessa kuitenkaan tutkittu.

1.3. Tutkimuksen viitekehys

Opetuksen tutkimusta, johon tämäkin tutkimus kuuluu, on tehty kvantitatiivisen, kvalitatiivisen ja monistrategisen paradigman periaatteiden mukaan. Kvantitatiivinen paradigma pohjautuu Mackenzien ja Knipen mukaan [50] lähinnä positivistiseen, kvalitatiivinen paradigma Lincolnin ja Guban mukaan konstruktivistiseen [47] ja monistrateginen eli kvalitatiivis-kvantitatiivinen paradigma Tashakkorin ja Teddlien [95] mukaan pragmatistiseen lähestymistapaan.

Pragmatismin klassikoita ovat olleet muun muassa John Dewey, C.S. Pierce ja William James, joilla on Kivisen [37] mukaan kuitenkin toisistaan eroavat ihmiskäsitykset. Pragmatismin erilaisia suuntauksia yhdistävä ajatus lienee kaikkien asioiden tarkastelun liittäminen käytäntöön, mitä tukee muun muassa pragmaattisen totuusteorian mukainen väite: *"Lause on tosi, kun sen ilmaisema uskomus toimii käytännössä"* [111].

Verrattaessa pragmatistisen, positivistisen ja konstruktivistisen lähestymistavan epistemologisia ja ontologisia oletuksia tiedon luonteesta huomataan, että pragmatistinen lähestymistapa yhdistää positivistisen ja konstruktivistisen tiedon luonteen. Positivistinen käsitys tiedon objektiivisuudesta ja arvovapaudesta sekä konstruktivistinen käsitys tiedon subjektiivisuudesta ja arvosidonnaisuudesta yhdistyvät pragmatistisessa lähestymistavassa, jossa positivistinen ja konstruktivistinen käsitys koetaan ikään kuin jatkumona. Näin ollen pragmaattinen tutkimus voi sisältää sekä kvantitatiivisia että

kvalitatiivisia menetelmiä, tutkimusmenetelmä valitaan tutkimusvaiheen ja päämäärän mukaan. [47,95,78]

Mackenzie ja Knipe [50] vertailevat artikkelissaan eri paradigmoja sekä paradigmoihin soveltuvia menetelmiä ja välineitä (taulukko 1), joissa on sekä eroja että yhtäläisyyksiä. Heidän mielestään paradigmojen ja niissä käytettyjen menetelmien suhteen on oleellista huomata menetelmien käytössä olevat erot. Jos kvalitatiivinen menetelmä ja tiedonkeruutavat ovat tutkimuksessa hallitsevia, ei voida puhua ainakaan positivistisesta tutkimuksesta.

Taulukko 1. Opetuksen tutkimuksessa käytettyjen paradigmojen ja tutkimusmenetelmien vertailua.

Paradigma	Menetelmä	Välineet
Positivistinen	Kvantitatiivinen	Kokeet, kvasi-kokeet, testit, asteikot
Pragmatistinen	Voidaan käyttää kvantitatiivisia ja kvalitatiivisia menetelmiä tutkimusongelman mukaan	Voi sisältää kvantitatiivisia ja kvalitatiivisia välineitä
Konstruktivistinen	Kvalitatiivinen	Haastattelut, havainnot, kirjallisuuskatsaukset, visuaaliset tiedonkeruutavat

Aikaisemmin on kiinnitetty huomiota siihen, että opetus ja opetuksen tutkimus eivät kohtaa toisiaan. Juuti ja Lavonen tarkastelevat [29] artikkelissaan opetuksen tutkimuksen pragmatistista lähestymistapaa, jossa tieto ja toiminta

kohtaavat. Heidän mukaansa opettaminen ja oppiminen sekä opettajan toiminta luokassa ovat asioita, joita ei voi erottaa toisistaan. Pragmaattinen näkökulma onkin Juutin ja Lavosen mukaan samansuuntainen korrespondenssiteorian kanssa, jonka mukaan väite on tosi, mikäli maailma on väitteen mukainen [111].

Pragmatistisen näkemyksen mukaan pelkästään positivistinen tai konstruktivistinen lähestymistapa ei anna oikeaa näkökulmaa tutkittavaan asiaan. Jotta triangulaatio (erilaisten aineistojen, teorioiden ja menetelmien käyttö) olisi opetuksen tutkimuksessa Lincolnin ja Guban [47] mukaan mahdollisimman hyvä, pitää tutkijan, opettajan ja oppimisympäristön välisen vuorovaikutuksen toimia.

Tässä tutkimuksessa tutkijan tavoitteena oli rakentaa verkkokurssi, joka olisi reflektiivinen, yhteisöllinen sekä ilmavoimien kontekstiin sidottu [88], ja katsoa, että oppimateriaali tukisi tätä tavoitetta. Tutkimuksessa kadetti käsitetään aktiivisena, reflektoivana, yhteisöllisenä ja kontekstisidonnaisena oppijana (Kolb ja Dewey ym., kpl 1.6), joten tutkimuksen ihmiskäsitys nojautuu konstruktivismiin. Toisaalta Haapasalon [20] mukaan oppimisen kannalta konstruktivismiin liittyy tietynlainen pragmatismi, kun oppijat rakentavat omaa osaamistaan tehokkaimmin arkielämän ja oppilaita koskettavien tilanteiden kautta.

Verkkokurssin kehittämisessä lähtökohtana käytettiin kirjallisuustutkimusta perehtymällä verkko-opetuksen kehitysvaiheisiin (1.4) sekä joihinkin aikaisemmin kehitettyihin verkko-opetusmalleihin ja niiden ominaisuuksiin (1.5 ja 1.6). Näistä saatujen kokemusten perusteella tehtiin kehittämistutkimuksena ilmavoimien kadettien verkko-opetukseen soveltuva malli. Toisaalta verkkokurssilla kehittämisen yhteydessä oleellisia olivat verkkokeskustelut ja tutorpäiväkirjat, joiden sisältö luokiteltiin aineistossa

olleiden teemojen mukaan sisällön analyysillä (2.1.3 ja 3.1.2). Tutkimustulosten kvantitatiiviseen analysointiin valittiin koulutusportaalin käytettävyyden (2.2.1) testaukseen SUS-kysymyssarjat [7] sekä kurssituloksien vertailuun kovarianssianalyysi (2.2.2). Tämän tutkimuksen lähestymistapa nojaa edellä mainittuihin ominaisuuksiin perustuen [70] vahvasti pragmatismiin (taulukko 1), mikä tässä tutkimuksessa tarkoittaa toiminnallisesti ja tuloksellisesti merkitsevää matematiikan verkkokurssia.

1.4. Kirjeopetuksesta verkko-opetukseen

Etäopiskelusta puhuttaessa yleinen käsitys voi Mannisen ym. [51] mukaan muodostua hyvinkin teknologispainotteiseksi, mutta kaikkein yksinkertaisimmillaan etäopetusta voidaan toteuttaa muun muassa kirjeitse. Joukkoviestinten mukaantulo toi kirjeopetuksen lisäksi sähköiset viestimet, mutta television ja radion ongelma oli viestinnän yksisuuntaisuus. Tietotekniset ja reaaliaikaiset keskustelupalstat ynnä muut mahdollistivat reaaliaikaisen tiedonsiirron ja kaksisuuntaisen, vuorovaikutteisen, opiskelutavan. Oppimisympäristö ei enää olekaan Mannisen ym. mukaan sidoksissa mihinkään rakennukseen, vaan se on ajasta ja paikasta riippumaton työskentely-ympäristö.

Yhteiskunnallisesti sivistys on Kallin ja Sallilan [34] mukaan osa kansalaisten henkistä hyvinvointia, ja tästä näkökulmasta kansalaisilla pitää olla tasa-arvoinen asema uuden oppimisessa ja tiedon hankkimisessa. YLE:n ja muidenkin kansallisten ja kansainvälisten mediayhtiöiden asemalla on tässä suhteessa merkittävä osa tiedon hankkimisprosessissa, joka analogisella aikakaudella on pelkkää yksisuuntaista tiedon siirtämistä ”ruudusta vastaanottajalle”. Digitaalisten palveluiden lisääntyessä mahdollisuus vuorovaikutteisuuteen lisääntyy ja massamedioiden käyttömahdollisuudet opetukseen kasvavat.

1.4.1. Etäoppimisympäristöjen kehitysvaiheita 1980-luvulta nykypäivään

1980-luku

Etäopetus ei ole suinkaan uusi keksintö, sillä USA:ssa Chicagon yliopistossa etäopetusta järjestettiin jo 1800-luvun loppupuolella, yksi etäopetuksen kehittäjistä oli William Rainey Harper. Tosin kurssit oli tarkoitettu silloiseen eliittiin kuuluvalle kansanluokalle. Oleellista oli kuitenkin oppilaiden ja opettajien sijainti eri paikoissa [19].

Olavi Autio käsittelee artikkelissaan [4] valtion koulutussuunnittelussa ilmenneitä etäopetuksen (distance learning) käsitteitä: kirjeopetus, monimuoto-opetus, ja etä(is)opetus ovat tarkoittaneet samaa asiaa eri näkökulmista tarkasteltuna. Käsitteiden merkitys on vaihdellut, ja samaa asiaa on kutsuttu eri käsitteillä. Aution artikkelissa tähdennetään myös sitä, että valtion eri organisaatioiden välisten järjestelmien on oltava yhdenmukaisia, jotta etäopetus (monimuoto-opetus) olisi joustavaa ja tarkoituksenmukaista.

Lehtisen [45] artikkelin mukaan monimuoto-opetuksen koettiin tarjoavan perinteisen luokkaopetuksen sijaan uusia mahdollisuuksia oppimiselle. Uuden oppiminen ja itsensä kehittäminen eivät rajaudu tiettyyn ikäluokkaan tai väestöryhmään vaan koko väestöön, ja kustannustehokkuus ja joustavuus lisääntyvät siirryttäessä kiinteistä oppimisympäristöistä opiskelemaan monimuotoisesti. Etäopiskelun nähtiin Lehtisen mukaan lisäävän ihmisen osuutta aktiivisena oppijana, jolloin erikseen suunnitellut lähi- ja etäopetuksen ohjelmat vähenisivät. Kiinteät koulutusohjelmat vähenisivät ja yksilölliset ohjelmat lisääntyisivät (koulutuksen ja elämän raja-aidat kaatuvat), mistä olisi seurauksena opinto-ohjauksen lisääntyminen. Edellä mainituista asioista johtuen koulutusorganisaatioiden välinen yhteistyö lisääntyisi, mikä

mahdollistaisi korkealuokkaisten ja toisiaan täydentävien koulutusohjelmien kehittymisen.

Eräässä etäopetuskokeilussa käytettiin Lampikosken ja Sivosen [43] artikkelin mukaan audio- ja video-opetusta opettajien ja opiskelijoiden väliseen kommunikointiin. Projekti perustui Wisconsinin yliopistossa vuonna 1983 tehtyyn selvitykseen, jossa tulokset olivat rohkaisevia. Tarvittavan tekniikan puuttuessa Suomessa ei tuolloin vielä ollut mahdollisuutta ryhtyä samanlaiseen kokeiluun, mutta puhelinlaitos alkoi hiljalleen muuttaa puhelinverkkoa tarvittavaan muotoon. Markkinointi-instituutti alkoi kehittää edellä mainittuihin asioihin pohjautuen projektia, jonka peruskysymyksiä olivat: 1) Mitä on teleopetus? 2) Miten teleopetus soveltuu opiskeluun? 3) Millainen on opiskeluun soveltuva käyttöjärjestelmä? ja 4) Millä keinoilla teleopetus soveltuu käyttökelpoiseksi opetusmuodoksi? Sekä audio- että video-opetuksen koettiin soveltuvan hyvin etäopetukseen, mutta kritiikki kohdistui lähinnä siihen, että opiskelijoiden osallistumisaktiivisuus oli vähäistä, visuaalinen ohjeistusaineiston käyttö oli epäselvää ja opiskelijoiden näkyminen kuvaruuduissa oli heikkoa.

1980-luvun loppupuolella Helsingin yliopiston avoimen korkeakoulun puolella oli kehittämishankkeita, joiden tarkoituksena oli Larsenin [44] artikkelin mukaan parantaa avoimen korkeakoulun opettajaresursseja. Audio- ja videotekniikan avulla opettaja opetti monelle ryhmälle yhtä aikaa, ja opiskelijat pystyivät ottamaan vastavuoroisesti yhteyden opettajaan kaksipuolisen yhteyden mahdollistaessa tämän.

1990-luku

1980—90-luvun vaihteessa eräs mielenkiintoinen etäopetusprojekti oli KouluSampo, jonka toiminnallisia palveluja olivat sähköposti ja ilmoitustaulut,

nuorisotietopankki, VTKK:n tietopankit, Otavan tietopankki ja TiedeSampo. Sähköpostista muodostui käytetyin palvelu, ja se monipuolisti ja helpotti etäopetuksen piirissä olleiden henkilöiden välistä yhteydenpitoa. Kokeilun perusteella käyttöliittymää piti parantaa, kaikki oppilaitokset piti saada mukaan ja käyttömaksuja piti saada alemmiksi, jotta kodin ja koulun väliin voitaisiin kehittää yhteydenpitofoorumi. [96]

Turun yliopistossa kokeiltiin 1990-luvun alussa kasvatustieteen approbaturopintojen läpivientiä osin puhelimella tapahtuvalla etäopetuksella. Puhelinopetus sujui käytännössä niin, että opettaja piti opetustuntinsa Turussa ja opiskelijat osallistuivat omissa toimipaikoissaan kaiutinpuhelimen välityksellä opetukseen. Opetustapahtuma oli kaksisuuntainen ja vuorovaikutuksellinen, jolloin opettaja voitiin keskeyttää. Opettajilta tällainen opetustapa vaatii asennemuutosta ja innostumista sekä luovuutta luento-opetukseen verrattuna, sillä puhelinopetus vaatii aivan uudenlaista ennakkosuunnittelua. Tutoreiden rooli oli Turun yliopistossa tehdyssä kokeilussa Vesasen [108] artikkelin mukaan merkittävä, sillä heidän tehtävänään oli pitää opiskeluryhmä koossa ja toimia opettajan ja opiskelijoiden välisenä yhteyshenkilönä.

Etäopetuksessa käytetyn tekniikan kehittyessä erilaisten välineiden merkitys alkoi kasvaa opetuksessa. Satelliittivälitteinen opetuskokeilu Teknillisellä korkeakoululla 1990-luvun taitteessa koostui yksisuuntaisista data-, audio- tai videolähetyksistä, joten ne eivät tarjonneet opiskelijoille tilaisuutta täysipainoiseen opiskeluun. Satelliittivälitteistä opetusta täydennettiinkin puhelimien ja tietokoneiden tarjoamilla mahdollisuuksilla. Teknillisellä korkeakoululla oli Mannisen [52] artikkelin mukaan esimerkkinä NTU (National Technological University), joka on Coloradosta käsin satelliittien välityksellä toimiva ylempää korkeakouluopetusta ympäri Yhdysvaltoja tarjoava organisaatio. NTU:n verkostossa opetus tapahtui erityisissä

videokameroilla ja mikrofoneilla varustetuissa luokkahuoneissa, joista opetus lähetettiin satelliittien välityksellä jäsenyliopistoihin. NTU:ta vastaava organisaatio Euroopassa on EuroPACE, jonka jäsen myös TKK on.

Porissa kokeiltiin vuonna 1993 radion käyttöä aikuislukion yhteiskuntaopin opetuksessa. Radion välityksellä ei kuitenkaan opiskeltu koko kurssia vaan osa siitä. Kurssilaisille jaettiin etäopiskelumateriaali, ja osa opiskelijoista kokoontui yhteen kuuntelemaan ohjelmaa, jotta opiskelijat voisivat purkaa ohjelman sisältämän opetuksen yhdessä. Radio oli uutena oppivälineenä kurssin opettajallekin outo, ja myös opettaja oli oppijan osassa, sillä ohjelmien oikeudet olivat uutta koulumaailmassa. Ohjelmissa oli muutama musiikkiesitys opetuksen lomassa, jotta väliin saatiin hengähdystauko. Vaikeutena olivat Tainion ym. mukaan [93] kaupallisen radion ja koulun intressien erot, koulun mielestä opetuksen olisi tullut olla pääosassa (normaalin kahden mainostauon sijaan olikin vain yksi tauko).

2000-luku

West Valleyn yliopistossa etäopetusta on kehitetty voimakkaasti 2000-luvun taitteessa, ja siellä järjestetään etäopetusta monilla eri tavoilla, muun muassa videoihin, internetiin, cd-romeihin tai näiden yhdistelmiin perustuvia itseopiskelukursseja. Yhteistä edellä mainituille tavoille on se, että opiskelija ja oppimisen ohjaaja sijaitsevat eri paikoissa. Etäopiskelun suosio on Peltzin [73] artikkelin mukaan kasvanut West Valleyssa merkittävästi, koska se madaltaa aikuisten kynnystä täydentää opintojaan. Lisäksi etäopiskelu on joustavaa opiskelijan voidessa sovittaa opiskelun ja työn paremmin yhteensopivaksi verrattuna perinteisiin lähiopetuskursseihin. Jatkossa kehityksen painopisteenä tulee olemaan WebCT: hen perustuva oppimisympäristö, jonka toimintaa pyritään kehittämään entistä laajemmalle opiskelijajoukolle. Tätä alustaa pyritään saamaan yhä vuorovaikutuksellisemmaksi.

Opetusministeriön koulutus- ja tutkimusstrategiassa vuosille 2000–2004 tietotekniikan opetuskäytölle asetettiin monia tavoitteita, joista ehkä keskeisimpänä tavoitteena oli kansallisen virtuaaliyliopiston perustaminen. Virtuaaliyliopisto koostuu useista hankkeista eri aloilta, ja niitä toteuttavat eri yliopistot. Hankkeiden lisäksi virtuaaliyliopiston on tarkoitus edistää virtuaaliopetuksen kehittämistä, opetuksen monimuotoistamista ja yhteistyön lisäämistä eri yliopistojen välille, mutta virtuaaliyliopistoissa ei ole tarkoitus suorittaa etätutkintoja. [25]

Virtuaaliyliopistoa alettiin kehittää 1990-luvun loppupuolella, jolloin virtuaaliyliopiston suunnittelu varsinaisesti alkoi. Ensimmäisessä vaiheessa hankkeelle laadittiin strategia, minkä tuloksena perustettiin konsortio ja kehittämisyksikkö. Virtuaaliyliopiston kehittämisvastuu siirtyi hiljalleen opetusministeriöstä kehittämisyksikölle, ja varsinainen toiminta ja pilotointi tapahtui vuosien 2001 ja 2003 välisenä aikana. Vuonna 2004 virtuaaliyliopiston toimintaa laajennettiin ja hanke vakiintui tasolle, jolla rakenteellisten edellytysten piti olla valmiina laajamittaiselle toiminnalle. [90]

SVY:lle (Suomen virtuaaliyliopisto) asetettuja, tämän asiakirjan mukaisia tavoitteita vuosille 2005–2010 ovat joustavan opiskelun kehittäminen, verkko-opetuksen ja -materiaalien yhteiskäyttöisyyden lisääminen, tvt-palveluiden laaja käyttöönotto, SVY:n integroiminen osaksi eurooppalaista korkeakoulujärjestelmää ja SVY:n organisaation kehittäminen vastaamaan verkoston tarpeita. SVY:lle asetettuja arvoja ovat eettisyys, luottamus, opiskelijakeskeisyys, tasa-arvo ja laadukkuus [91].

SVY:n kanssa yhteistyötä tekee myös virtuaaliammattikorkeakoulu (VAMK), jolloin tämän asiakirjan mukaan näiden kahden toimijan tiiviillä yhteistyöllä saavutetaan synergiaetuja päällekkäisiä käytänteitä ja toimintoja yhdistämällä.

VAMK:n portaali on koulutustarjonnan markkinointikanava, jonka toiminta ei ole mahdollista ilman eri ammattikorkeakoulujen välistä tiivistä yhteistyötä. Yhteistyö onkin tuottanut jo laaja-alaista koulutusta ammattikorkeakoulujen välisissä tuotantorenkaissa, joiden kehittäminen on painopisteenä tulevaisuudessa. [89]

Kansainvälisessä yhteistyössä ADL-järjestö (Advance Distributed Learning) vaikuttaa hyvin vahvasti, sillä pyrkimyksenä on yhdistää nykyiset teknologiat jäsennellyksi ja järkeväksi kokonaisuudeksi. Se toimii yhdyssiteenä yksityisten ja julkisten organisaatioiden välillä ja edesauttaa tuottamaan entistä korkealaatuisempia ja joustavampia opiskelumateriaaleja ja -ympäristöjä. ADL on luonut yhteisesti käytössä olevia standardeja ja verkko-oppimisympäristöjä koskevan ohjeiston SCORM:n (Sharable Content Object Reference Model), joka yhdenmukaistaa verkko-oppimisympäristöjen laadinnassa olevia käytänteitä [2, 3].

1.4.2. Verkko-opetuksen kehitysvaiheita sotilasympäristössä

Eri puolilla maailmaa järjestetään monin tavoin etäopetusta, josta verkkokurssit ja verkkotuettu lähiopetus ovat vain yksi osa. USA:n armeijassa etäopetusta on kehitetty voimakkaasti viime vuosikymmeninä samoin kuin Suomen Puolustusvoimissa, jossa on käytössä laaja AVOT-ohjelma (1.1.1).

Verkko-opetuskokeiluja Ruotsin ja Tanskan armeijoissa

Ruotsin armeijan sotakorkeakoulu National Defence College of Sweden järjestää korkeimman tason sotilaskoulutusta sotilaille ja siviileille, ja

opetusmuotoina käytetään etäopetuksen yhteydessä videoneuvotteluja (Taulukko 2).

Taulukko 2. National Defence College of Swedenin etäopetusmalli [74].

Kuka	Kuinka	Edut
Opettaja ja opiskelijat	Kansainvälisen luokkahuoneen luominen	Opetusmenetelmien parantaminen Opiskelijoiden oppimaan houkuttaminen
Kenraalimajuri Bernt Osth (Ilmavoimien komentaja)	Henkilökunnan tapaaminen	Ajan säästö Tuotannon parantaminen
Kurssin ohjaaja	Etäopetus	Käyttäjien toimintomäärän kasvattaminen
Sotilaskoulun johtaja	Etäopetus, Harjoitus	Koulutuksen laadun parantaminen

Videokoulutuksen kehittäjien päämääränä oli opetuskustannusten leikkaaminen, sillä perinteinen lähiopetus vaatii paljon matkustelua maan pitkän muodon vuoksi. Samalla kehitettiin koulutusta vastaamaan nykyajan asettamiin haasteisiin entistä monipuolisemmalla ja laajemmalla opetustarjonnalla. [74]

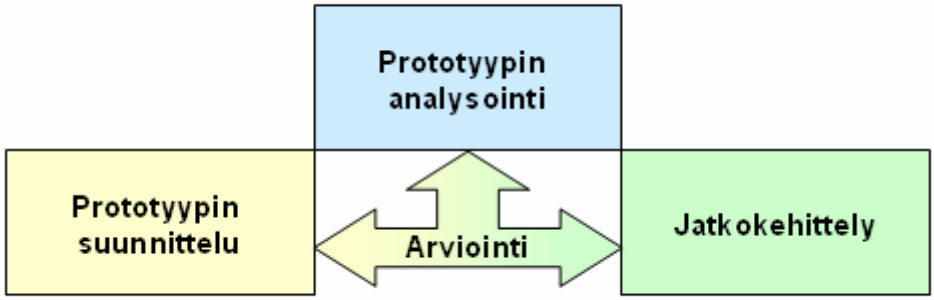
Tanskan armeijalla on oma elektroninen sotakoulu (verkkosotakoulu), jonka vastuulla on verkko- ja etäopetuksen järjestäminen siviileille ja sotilaille. Koulun organisaatio ja toiminnot on rakennettu erittäin monipuoliseksi verkko-opetuksen osa-alueet kattavaksi kokonaisuudeksi, joka sisältää hallinnoinnin

sekä pedagogisen, menetelmällisen, teknisen ja materiaalisen vastuualueen. Näiden edellä mainittujen vastuualueiden yhteistoiminnalla on tämän artikkelin mukaan saatu aikaan toimivat verkkokurssit, joita hajallaan olevat joukko-osastot voivat hyödyntää. [79]

Etäopetusta USA:n armeijassa; esimerkkejä

Etäopetuksella on pitkät perinteet USA:ssa, saihan internetkin siellä alkunsa armeijan sisäisestä Arpanetistä, joka oli suunniteltu insinööreille, tiedemiehille ja sotilaille helpottamaan ja nopeuttamaan tiedonsiirtoa. Internet nähtiin television korvaajana tulevaisuuden tiedon välityksessä, ja se johtikin ennennäkemättömään maailmanlaajuiseen verkkoon WWW:hen. Kriitikot pitivät alun perin internetiä Weinerin [105] mukaan karamellina, joka pitää sisällään kuvia ja muuta silmää viihdyttävää korkeaa teknologiaa.

Jotta verkko-opetusta voidaan järjestää ja ylläpitää, siihen vaaditaan Schafferin [82] mukaan suuri määrä suunnittelua ja jatkuvaa verkko-ympäristöjen kehittämistä. Eräs USA:n armeijalle kehitetty oppimisympäristö oli johtajuuden koulutukseen tarkoitettu motivaatiolähtöinen kokonaisuus, jonka tarkoituksena oli parantaa tiedon rakentamista interaktiivisesti eri osapuolten välillä. Suunnittelun lähtökohdaksi Schafferin artikkelin mukaan valittiin web-pohjainen alusta, jota lähdettiin suunnittelemaan aluksi strategisella suunnittelulla, muutoksilla, työympäristön luonnilla sekä prototyypin kehittämisellä (kuva 2).



Kuva 2. Johtajuuden koulutukseen tarkoitetun verkko-oppimisympäristön suunnittelukaavio. [82]

USA:ssa, kuten muuallakin, eräs verkko-opetusta puoltava syy on Lorenzetti-Pattersonin [49] mukaan ihmisten matkustelu ympäri maata. Osittain tästä syystä siellä alettiin kehittää verkko-opetusta tukevaa ympäristöä, eArmya, jotta opiskelu olisi tehokkaampaa ja joustavampaa entiseen tapaan verrattuna. eArmy aloitti toimintansa 2001, minkä jälkeen sen käyttö on laajentunut paljon vakinaisen armeijan ja reservin koulutuksessa. Koska opiskelijat tulevat työelämästä, työn ja opiskelun liittäminen yhteen saumattomaksi toisiaan häiritsemättömäksi kokonaisuudeksi on haaste, johon on pyritty vastaamaan joustavalla koulutuksella. Opetusteknologia ja -materiaali on suunniteltu ja kehitetty niin, että se tukee mahdollisimman hyvin opiskelijoiden oppimista ja itsensä kehittämistä. Yhteistyö eri organisaatioiden ja toimijoiden välillä on ollut eräs huomioon otettu tekijä, jonka merkitystä ei voida unohtaa koulutuksen suunnittelussa eikä myöskään verkko-opiskelun suunnittelussa. Ei ole kuitenkaan yksiselitteistä käsitystä, minkä tyyppinen opiskeluympäristö on paras, vaan oleellista on sen toiminta ja käyttö opetuksessa. eArmy on Lorenzetti-Pattersonin mukaan osoittautunut toimivaksi kokonaisuudeksi, jossa 43 000 sotilasta on opiskellut monilla eri koulutusohjelmilla eri tavoin ja täydentänyt omaa osaamistaan.

NATO on ottanut käyttöönsä verkko-opetuksen erääksi menetelmäksi toteuttaa laajalla alueella sijaitsevan henkilöstönsä sekä kumppaneidensa ammattitaidon ja tiedon ylläpitämisen, mikä on toteutettu tarkoitukseen kehitetyllä verkko-oppimisympäristöllä [63].

1.5. Verkko-opetuksen määritelmiä, malleja ja henkilörooleja

Kirjeopetuksen kehityttyä vähitellen verkko-opetukseksi erilaiset määritelmät ovat muuttuneet kunkin kehitysvaiheen mukana. Tässä tutkimuksessa verkko-opetus kattaa kaikki verkkoa hyväksi käyttävät etäopetusmenetelmät. Verkko-opetusmalleissa on nykyään hyvin paljon samankaltaisuuksia, ja painotuserot johtunevat lähinnä kehittäjien painotuseroista. Koska opetus on muuttunut opiskelijan aktiivisuutta enemmän korostavaan suuntaan, verkko-opetuksen yhteydessä on otettu käyttöön etäopetusta helpottamaan muun muassa tutorit ja vertaistutorit, jotka toimivat ikään kuin oppimisen ohjaajina opettajan lisäksi.

1.5.1. Verkko-opetuksen määritelmiä

Verkkotuetussa lähiopetuksessa verkko on Niinimäen [67] mukaan lähinnä informaation jakelukanava, missä lähiopetuksen määrä ei käytännössä vähene yhtään verrattuna perinteiseen lähiopetukseen. Oppimisympäristö ei ole välttämättä jokin portaalinomainen kokonaisuus, vaan se voi olla pelkästään www- sivusto.

Monimuoto-opetuksessa verkon välityksellä lähituntien määrä vähenee, minkä takia opiskelun ohjeistus on hyvin tärkeää. Ryhmäkoon ollessa suuri opettajan antaman palautteen määrä jää vähäisemmäksi, joten suuret ryhmät on hyvä jakaa pienemmiksi. Monimuoto-opetuksen arviointi koostuu opettajan antaman

arvion lisäksi opiskelijan itse- ja vertaisarvioinnista, joskin portfoliotyyppinen kokonaisarviointi koetaan myös mielekkääksi. [67]

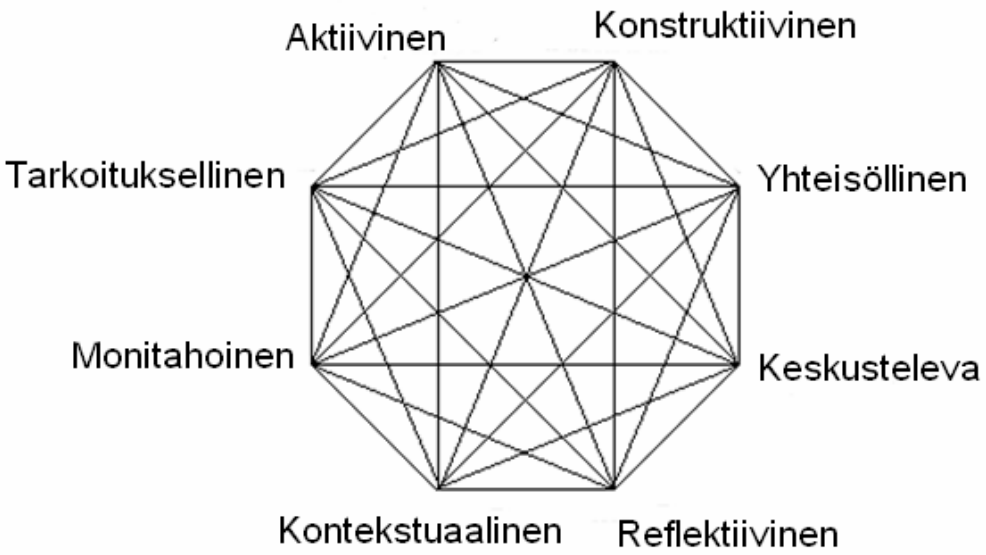
Verkon avulla tapahtuvassa itseopiskelussa lähiopetusta ei ole ollenkaan tai sitä on vain aloituksessa ja lopetuksessa, joten opiskelijan oma vastuu oppimisesta tulee entistä tärkeämmäksi. Opintojakson hyvä ohjeistaminen ja materiaalin laatiminen opiskelijaa jatkuvasti ohjaavaksi ovat hyvin tärkeitä asioita, jotta opiskelu etenee kontrolloidusti opettajan ollessa tarkkailijana oppimisprosessia häiritsemättä. Opettaja voi tehdä arvostelun numeerisesti, hyväksytty/hylätty-asteikolla tai opiskelijan itsearvioinnilla sekä suuremmassa ryhmässä vertaisarvioinnilla. Joissakin tapauksissa edellä mainitut tavat voi yhdistää. [67]

Tässä tutkimuksessa verkon kautta tapahtuvasta opiskelusta käytettiin käsitettä verkko-opiskelu tai verkko-opetus, koska se sisälsi tutkijan mielestä kaikkia aikaisemmin käsiteltyjä verkko-opetukseen liittyviä asioita.

1.5.2. Tutkimuksessa kehitetyn verkko-opetusmallin taustalla olleita malleja

Jonassenin [27] mukaan konstruktivistisesti suunniteltu verkko-opetusmalli tukee opiskelua, joka on konstruktiivista, yhteisöllistä, keskustelevaa, reflektiivistä, kontekstuaalista, monitahoista, tarkoituksellista ja aktiivista. Konstruktiivisuudella Jonassen tarkoittaa oppilaiden kykyä rakentaa tietoa aikaisempien kokemustensa pohjalta, joten opettajan rooli on opiskelijoita ohjaava. Yhteisöllisyydellä tarkoitetaan tässä mallissa opiskelijoiden toimimista ryhmissä rakentaen omaa osaamistaan sosiaalisesti, mitä erilaiset keskustelevat vuorovaikutusvälineet tukevat. Opiskelijoiden pitää myös reflektoida tekemiään päätöksiä ja näin samalla oppia käyttämään oppimaansa tietoa. Kontekstuaalisuus tulee esiin siten, että opiskelijat oppivat omassa toimintaympäristössään. Käytettyjen tehtävien ja toimintatapojen pitäisi olla

monitahoisia ja ohjata opiskelijoita kurssille asetettuun tavoitteeseen (tarkoituksellisuus), siten opiskelijoita ohjataan ottamaan aktiivisesti vastuuta omasta oppimisestaan.

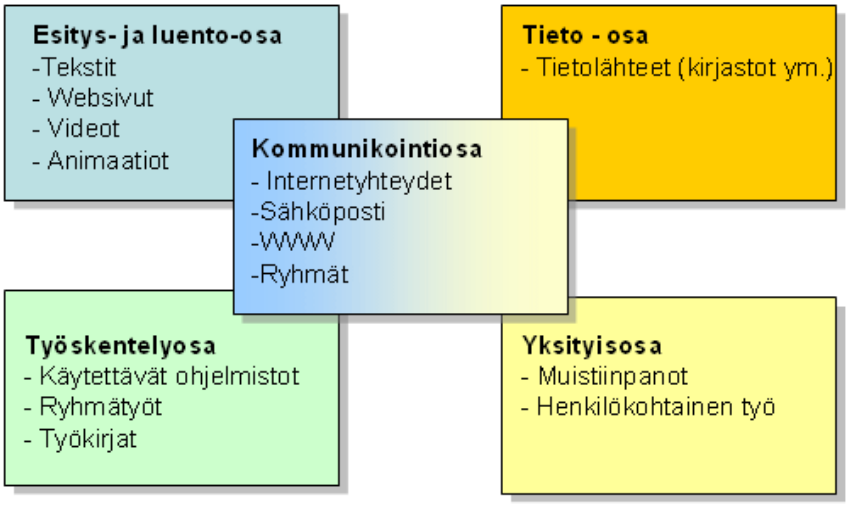


Kuva 3. Konstruktivistisesti suunniteltu verkko-opetusmalli Jonassenin [27] mukaan.

Helsingin yliopiston verkko-opetuksen laatukäsikirjan mukaan linjakas verkko-oppimisympäristö tukee konstruktivistisen oppimisnäkemyksen mukaista oppimista, jossa korostuvat aktiivisuus ja intentionaalisuus, reflektiivisyys, yhteisöllisyys ja vuorovaikutteisuus sekä konstruktiivisuus ja kontekstuaalisuus [107].

Arvid Staupe ja Margarete Steen Hernes [84] käsittelevät artikkelissaan internetiin perustuvien oppimisympäristöjen laatua. Heidän mielestään ensimmäiset tietokonepohjaiset oppimisympäristöt perustuivat behavioristiseen teoriaan. Staupe ja Hernes ovat tutkimuksissaan määrittäneet kolme perusoletusta nykyaikaiseen oppimiskäsitykseen perustuvan oppimisympäristön järkevälle toiminnalle: 1. Ihmiset ovat aktiivisia ja luovia

toimijoita etsien itsenäisesti tietoa, 2. Toimijoiden välinen kommunikointi ja yhteistyö on sujuvaa ja 3. Oppiminen tapahtuu oikeassa kontekstissa.



Kuva 4. Internetpohjaisen oppimisympäristön malli Staupen ja Hernesin mukaan [84].

Staupe ja Hernes kehittivät mallin (kuva 4), jonka mukaan internetpohjainen oppimisympäristö olisi rakennettava nykyisiä oppimiskäsityksiä vastaavaksi. Mallissa on viisi osaa, joista jokaisella on oma tehtävänsä. Esitys-/luento-osassa on opettajan tuottamat opetusmateriaalit yms., työskentelyosassa ryhmät tuottavat materiaalia, yksityisosassa henkilöt tekevät henkilökohtaista työtä, tieto-osassa sijaitsevat tietolähteet, ja kommunikaatio-osa yhdistää nämä neljä edellä mainittua osaa. [84]

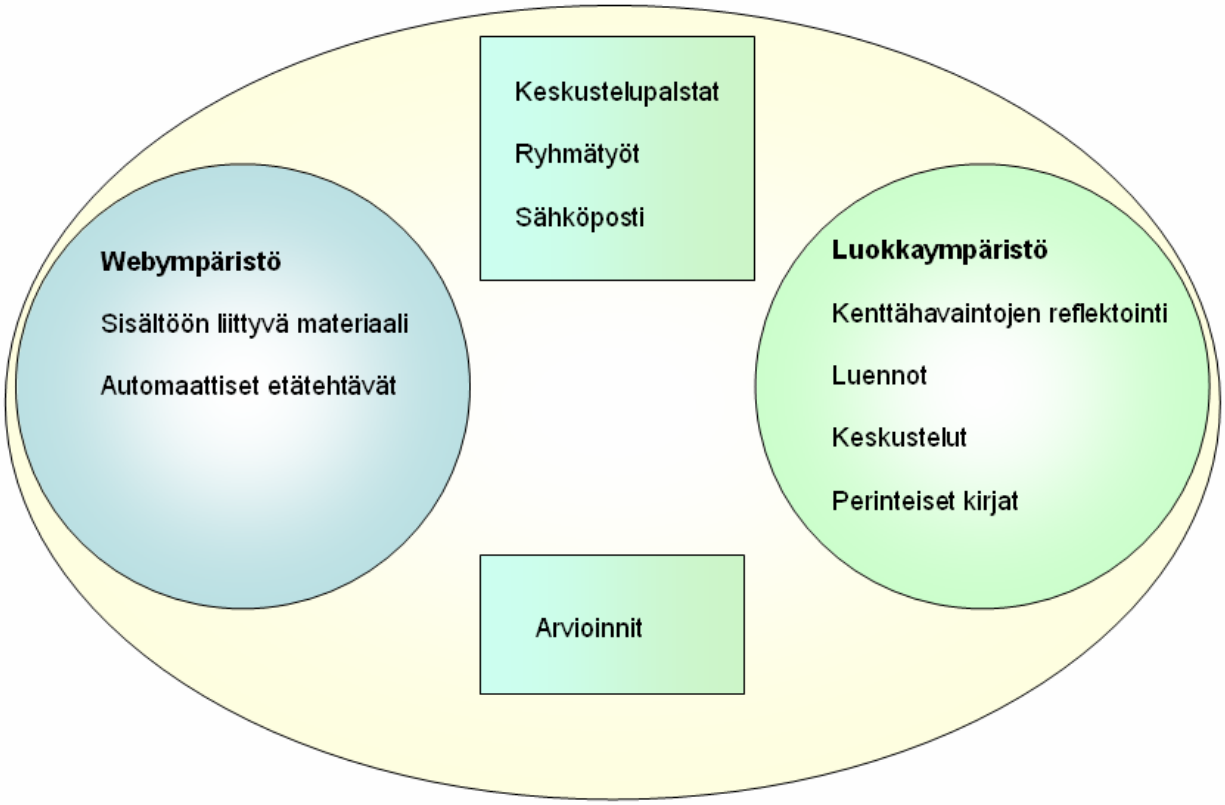
Christy Talley [94] esittelee artikkelissaan etäopetuksen ohjaajille ja suunnittelijoille joitakin tarpeellisia näkökulmia, jotka olisi hyvä ottaa huomioon toteutettaessa verkko-opetusta. Äänitehosteet saavat artikkelin mukaan aikaan interaktiivisen vaikutelman. Oppimateriaali kannattaa muuttaa yleisesti hyvin toimivaan muotoon (pdf), samoin materiaalien tuotannossa kannattaa tutustua yleisesti hyväksyttyihin standardeihin, kuten MERLOT:iin

(Multimedia Educational Resource for Learning and Online Teaching). Talley suosittelee käytettäväksi julkaisijoiden online-materiaaleja, koska niissä voi olla varsinaisessa tekstiosassa olevaa tietoa täydentäviä animaatioita, tietokantoja yms. Opiskelijoiden mielenkiinnon herättäminen ja kaikkien oppimismahdollisuuksien käyttäminen auttavat Talleyn mukaan varsinaista oppimista, jota kehitetään virtuaalikahviloilla ja samanaikaisilla oppimistapahtumilla. Kurssien laatua on syytä ylläpitää muun muassa kyselyillä, joiden antamien tietojen pohjalta kursseja pitää kehittää.

S. ja L. Curdan [11] mukaan etäopetukseen siirryttäessä ja verkkokursseja suunniteltaessa suurimpana ongelmana ei ole opiskelijoiden tietokoneen käyttötaidottomuus, mutta opiskelijat ovat vielä tottuneet pitkälti opettajajohtoiseen oppimiseen ja opetukseen. Verkko-opiskelu (ADL) on Curdan mukaan oppijakeskeinen ympäristö, jossa oppijan täytyy ottaa opiskelusta ja oppimisesta enemmän vastuuta verrattuna opettajakeskeiseen ympäristöön. Tämä ei kuitenkaan tarkoita opettajan tai pikemminkin oppimisen ohjaajan hyllyttämistä vaan oppijan ja opettajan välisen vuorovaikutuksen lisääntymistä, johon tietoverkot antavat hyviä mahdollisuuksia etäopetusta suunniteltaessa.

Suunniteltaessa verkkokokonaisuutta eräs tapa on yhdistää perinteinen luokkaopetus ja verkko-opetus Yanesin mukaan [110] hybridimalliksi. Tätä voidaan kutsua myös verkko-opetukseksi. Hybridimallissa oppimateriaalia saadaan perinteisesti luokissa, mutta sitä on myös muissa lähteissä. Tietyin väliajoin opiskelijat keskustelevat ja reflektoivat toistensa kanssa, ja jokainen opiskelija velvoitettaan osallistumaan tähän. Chat-palstoilla käydään reaaliaikaisia keskusteluja eri ryhmien välillä, jotka on jaettu satunnaisesti neljän—viiden hengen suuruisiksi kokonaisuuksiksi. Sähköpostia käytetään kaikkien opiskelijoiden väliseen viestintään, jotta kaikki osallistuvat tehtävien läpikäymiseen. Lopuksi tuotokset esitetään luokassa koko opetusryhmän läsnä

ollessa. Opiskelijoita arvioidaan viisiportaisella kognitiivista aktiivisuutta mittaavalla asteikolla sekä etätehtäviä ja lopputyötä arvioimalla.



Kuva 5. Etäopetuksen hybridimalli. [110]

Matematiikka verkko-opetuksessa

Pohjois-Arizonan yliopistossa alettiin suunnitella muutoksia algebran opetukseen, kun huomattiin osan opiskelijoista keskeyttäneen säännöllisesti opiskelunsa. Beaudrien [6] mukaan yliopistossa alettiin käyttää web-pohjaista oppimisympäristöä ja ALEKS-ohjelmistoa, joka asennettiin yliopiston tietokonelaboratorioon. Laboratorio oli auki lähes vuorokauden ympäri, jolloin opiskelijat pystyivät opiskelemaan perinteisellä tavalla paikan päällä tai internetin kautta. Opiskelijoiden arviointi tapahtui kuuden kokeen avulla. Maksimipistemäärä oli 350, ja opiskelijat saivat lisäpisteitä ALEKS:n käytöstä

maksimissaan 50 pistettä. Kokeita varten laadittiin suuret kysymyspankit, jotka sisälsivät useita kysymyssarjoja. Tämän artikkelin mukaan web-pohjainen oppiminen oli huomattavasti tehokkaampaa verrattuna perinteisellä luento-opetuksella tapahtuneeseen opiskeluun.

Massive Multiplayer Online Role Playing Games (MMPORPG) on mielenkiintoinen projekti, jossa noin 15-vuotiaat oppilaat opiskelevat matematiikkaa keskiaikaiseen ympäristöön ja taruhahmoihin perustuvan 3D-pelin avulla. Jokainen oppimistapahtuma kestää 45–60 minuuttia, ja opiskelijoilla on mukanaan kynä, paperia ja laskukone. Projektista saadut kokemukset olivat tämän artikkelin [17] mukaan myönteisiä, ja peli osoittautui hyväksi tavaksi ratkaista matemaattisia ongelmia, mutta jatkossa halutaan tutkia muun muassa pelien määrän lisäämistä matematiikan opetuksessa selvittämällä, lisääkö tällainen opiskelumenetelmä oppilaiden ongelmanratkaisumotivaatiota ja voidaanko matematiikan sisältöä kasvattaa MMPORPG:ssa vaarantamatta opiskelunautintoa.

Texasin yliopistossa tutkijaryhmä halusi tutkia internetpohjaisen matematiikan oppimateriaalin vaikuttavuutta opiskelijoiden oppimiseen, sillä verkkomateriaalin ja verkko-opetuksen lisääntyessä niistä saatua dataa ei kuitenkaan ollut paljoa käytettävissä. Kohderyhmiksi valittiin kaksi yliopistomatematiikan kurssia, joihin kehitettiin internetpohjaisia moduuleita. Vertailuryhminä käytettiin ryhmiä, jotka eivät käyneet läpi moduuleita vaan opiskelivat perinteiseen tapaan. Kahdeksankymmentä prosenttia moduuleita käyttäneistä opiskelijoista saavutti Baileyn ym. [5] mukaan parempia kurssituloksia kuin perinteisesti luokkaopetuksessa opiskelleet opiskelijat, ja moduuliopiskelijat olivat paremmin motivoituneita, kurinalaisempia ja määrätietoisempia kuin ne opiskelijat, jotka eivät opiskelleet moduulien avulla. Tämä on tutkijan tässä tutkimuksessa saatujen kokemusten mukaan kuitenkin melko optimistinen tulos, sillä ainakaan tämän tutkimuksen mukaan

kurssitulokset (3.3) eivät eronneet toisistaan tilastollisesti merkitsevästi verkkopohjaisesti ja lähiopetuksena opiskelleiden kadettien välillä.

Suomessa käytetty matematiikan verkko-opetukseen liittyvä projekti on muun muassa MatTA (matematiikkaa tietokoneavusteisesti), jota on teknillisessä korkeakoulussa koordinoinut Simo Kivelä. MatTA:ssa on ollut monia osaprojekteja, joilla on pyritty tutkimaan teknisiä ratkaisuja ja mahdollisuuksia, pedagogisia ratkaisuja, materiaalin käyttöä sekä matematiikan verkko-opetuksen kansainvälistä kehitystä. [56]

1.5.3. Henkilöroolit verkkotuetussa oppimisessa

Ilmavoimien kadettien matematiikan verkko-opetuksessa on ollut kolmenlaisia oppimistapahtumiin liittyviä vaikuttajia: oppilaita, tutoreita ja opettaja (samalla tutkija ja aineistonkerääjä).

Tutorit

Verkko-opiskelun tarjonnan kasvaessa perinteisen luokkaympäristön henkilöroolit muuttuvat vähitellen toisiksi verrattuna aikaisempaan. Opettajan rooli muuttuu tutorin eli ohjaajan rooliksi, jolla on monia erilaisia vaatimuksia. Burnett [8] on jakanut artikkelissaan vaatimukset kolmeen osaan: 1. Sosiaalinen vaatimus eli se, miten tutorit pystyvät luomaan verkkotuettuun ympäristöön kannustavan ilmapiirin, vaikka opiskelijat tai opiskelijaryhmät eivät näe toisiaan. 2. Organisatorinen vaatimus eli se, kuinka tutorit auttavat opiskelijoita löytämään oleellisimmat kohdat opiskeltavissa asioissa. 3. Intellektuellinen vaatimus eli se, kuinka tutorit ylläpitävät keskustelua.

Avoimessa yliopistossa Iso-Britanniassa on kokeiltu automaattista tutoria, joka ohjaa opiskelijoita vaiheittain haluttuun päämäärään. Automaattisella tutorilla

pyritään jäljittelemään elävää tutoria, jotta opiskelija voisi rakentaa mahdollisimman aidosti omaa oppimistaan. Opiskelija pystyy Stevenin mukaan [85] tätä kautta opiskelemaan tarvittavan käsitteistön ja etenemistavan, ohjeet ja tarvittavat sekä tarkoituksenmukaiset resurssit päämäärän saavuttamiseksi.

Tutoroinnista voi esiintyä monia erilaisia käsityksiä. Tenhula ja Pudas [97] tarkastelevat artikkelissaan monimuoto-opetuksessa esiintyviä tutorointiin liittyviä käsitteitä, mistä selviää oppimisen ohjaukseen liittyvät termit (taulukko 3).

Taulukko 3. Oppimisen ohjauksen käsitteitä.[97]

Ohjausmuoto	Määritelmä	Ohjaussuhteet
Tutorointi	Ohjausta, jolla edistetään oppimista ja oppijan itsenäistä oppimisprosessin hallintaa sekä autetaan häntä saavuttamaan omia päämääriään ja integroitumaan opiskeluyhteisöönsä.	Opettaja--opiskelija
Vertaistutorointi (peer tutoring, cross-age tutoring)	Tutorointia, jossa ohjattavan kanssa samassa asemassa oleva henkilö opastaa kollegaansa.	Opiskelija--opiskelija
Mentorointi	Ohjausta, jossa korkeampiarvoinen henkilö, jolla on erityisiä saavutuksia, auttaa ohjattavaansa saavuttamaan päämääriään ja kehittämään taitojaan sekä helpottaa hänen integroitumistaan akateemiseen työyhteisöön.	Professori--opettaja
Työnohjaus	Syväsuuntaista, kokemukselliseen oppimiseen pohjautuvaa ohjausta, jonka tavoitteena on työntekijän ammatillista osaamista lisäämällä ja henkistä kuormitusta vähentämällä nostaa työn laatutasoa.	Työnohjaaja--työntekijä
Konsultointi	Vuorovaikutukseen perustuva määräaikainen auttamisprosessi, jossa asiakas ratkaisee ongelmansa tai kehittää suunnitelmaa ja konsultti auttaa näissä pyrkimyksissä.	Konsultti--asiakas
Oppilaanohjaus	Oppilaan kasvatuksellista, opetuksellista ja ammatinvalinnan ohjausta.	Opettaja--oppilas

Ilmavoimien kadettikursseilla matematiikan opetuksessa eräs opiskelumuoto oli ryhmissä tapahtuneet etälaskuharjoitukset (Staupe ja Hernes, Yanes – ryhmätyöt), joita pitivät lähtötasokokeessa hyvin menestyneet kadetit. Vertaistutoroinnilla pyrittiin auttamaan opiskelijoita mahdollisimman yhteisölliseen ja kontekstuaaliseen (ilmavoimien kadetti vertaistutorina) opiskeluun.

Opettaja ja oppilas verkkotuetussa opetuksessa

Viime vuosikymmeninä suurin opetuksessa tapahtunut muutos on Kwokin ym. [64] mukaan siirtyminen opettajakeskeisestä opetuksesta oppilaskeskeiseen, jossa opiskelijan rooli on muuttunut tiedon käsittelijästä aktiiviseksi oppijaksi. Opiskelijakeskeinen oppimisympäristö saatetaan joissakin ylilyöntitapauksissa mieltää oppimistapahtumaksi, jossa opiskelija on tietynlainen yli-ihminen, joka etsii ja konstruoi tietoa ja oppimistaan itsenäisesti ilman opettajan kontrollia. Asia voidaan mieltää niin, että opiskelijakeskeisessä oppimisessa opiskelijaa avustetaan Kwokin ym. artikkelin perusteella ottamaan vastuuta omasta oppimisestaan ja rakentamaan oppimista asiantuntijan avustamana henkilökohtaisen oppimistyylinsä mukaisesti.

Hewitt-Taylor [23] käsittelee artikkelissaan opettajan roolin muuttumista etäopetuksessa; alkuaikojen paperikopioiden jakamisesta ja kirjeitse tapahtuvasta kommunikaatiosta on siirrytty nykyaikaisiin sähköisiin materiaaleihin ja sähköiseen viestintään. Opettajan ammattitaitoa kuvaa hänen mukaansa opettajan kyky aktivoida opiskelijoita ja optimoida heidän oppimisensa. Opettajan ja oppilaan välillä tapahtuu Hewitt-Taylorin mukaan opastettuja keskusteluja, ja opettaja rohkaisee opiskelijoita rakentamaan omaa oppimistaan vastuullisesti.

Maor [53] löytää artikkelissaan opettajalle neljä tehtävää online-tyyppisessä verkkotuetussa oppimisessa. Opettaja luo oppijoiden välille toimivan yhteisön, jolloin opiskelijat voivat kommunikoida opettajan ja toisten opiskelijoiden välillä luontevalla tavalla sähköisiä viestimiä käyttäen. Vertaisryhmien luonti on Maorin mukaan keskeinen tapa saada oppiminen tehokkaaksi, koska vertaisryhmissä opiskelijat tukevat toisiaan ja pyrkivät kehittämään toistensa oppimista reflektiivisesti. Sosiaalinen oppiminen saa Maorin mukaan opiskelijassa aikaan myönteisiä oppimiskokemuksia, ja sitä voidaan ylläpitää sekä sähköisesti että kasvokkain. Opettajalla on myös jonkinasteinen organisatorinen ja tekninen rooli oppimisessa, kun opettaja ylläpitää ja hallinnoi verkko-oppimisessa muodostunutta kokonaisuutta.

Opettajan rooli oli tässä tutkimuksessa ikään kuin toimia kokonaisuuden organisoijana, jolloin opettajan virka-asema pyrittiin jättämään taka-alalle ja antamaan samalla mahdollisuuksia opiskelijoiden keskinäiselle vuoro-vaikutukselle. Opettajan ja tutkijan rooli oli välillä vaikea yhdistää, sillä inhimilliset tekijät aiheuttivat joskus tutkijalle vaikeuksia roolittaa itsensä oikein. Palaute oli joskus suoraviivaista sanallisesti ja sähköpostin välityksellä (vrt. kpl 3.1.2), jolloin opettaja sai venyä ollakseen opiskelijoita aktivoiva, oppimiseen ohjaava sekä myönteisiä oppimiskokemuksia aikaansaava henkilö.

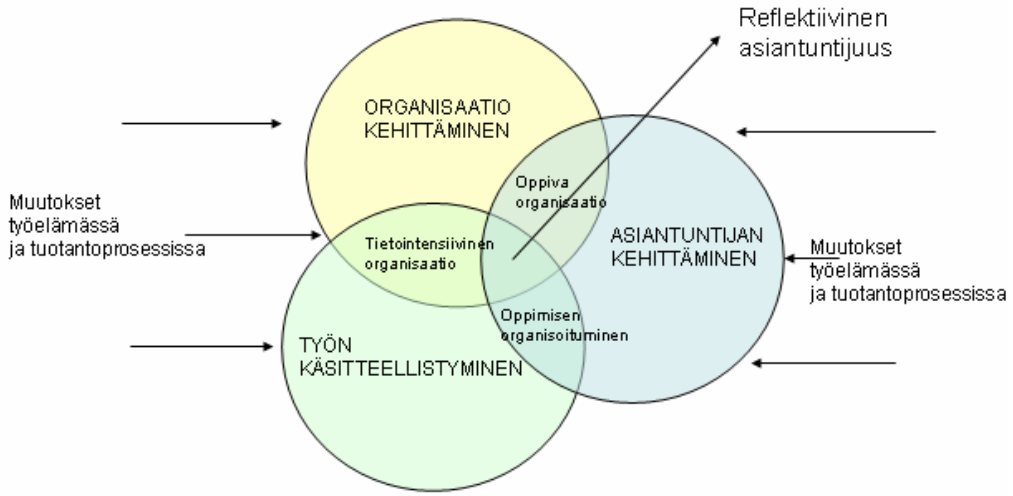
1.6. Tutkimuksen taustalla olleita käsityksiä toimivan verkkoympäristön ominaisuuksista

Kappaleessa 1.5.2. on käsitelty toimivan verkkoympäristön ominaisuuksia, joita ovat reflektiivisyyttä, kontekstuaalisuutta sekä yhteisöllisyyttä lisäävät asiat, ja oppimateriaali tukee niitä. Jotta verkkoympäristöä voidaan järkevällä tavalla käyttää, sen pitää olla käytettävyydeltään hyvä.

1.6.1. Reflektiivisyys

Sirpa Törmä tarkastelee artikkelissaan [101] reflektiota ja liittää sen kokemuksellisuuteen siten, että reflektion avulla on mahdollista muuttaa merkityksiä ja vapautua aiempien kokemusten sitovuudesta. Reflektio liittyy näin ollen läheisesti inhimilliseen kasvuun ja oppimiseen, ja se tapahtuu aikaisempia käsityksiä ja merkityksiä kyseenalaistamalla ja samalla uusia käsityksiä ja merkityksiä muodostamalla.

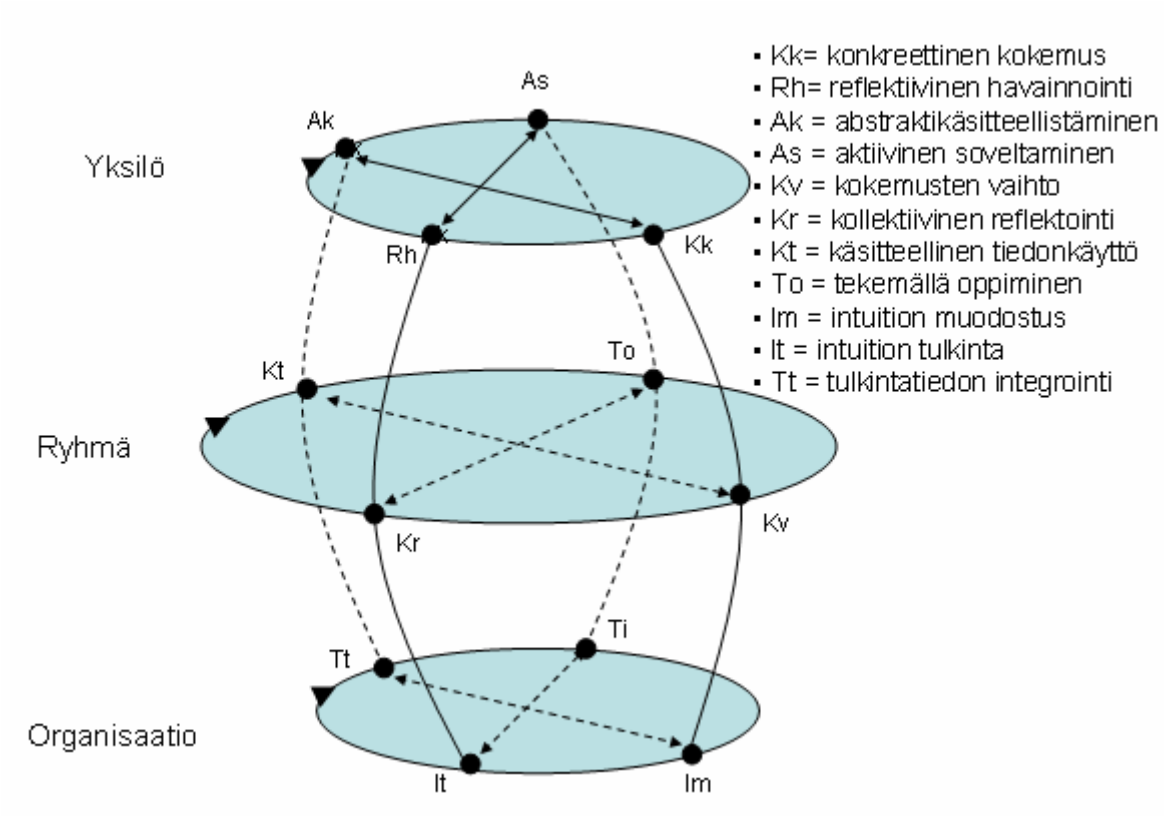
Reflektiivisyyttä voidaan tarkastella Järvisen ym. [31] mukaan käsitesuhdemallin (kuva 6) avulla, joka perustuu muun muassa Mezirovin [58] ja Engeströmin [15] käsityksiin reflektiivisyydestä oppimisprosesseissa. Käsitesuhdemallissa leikkauspisteiden välinen ydinalue kuvaa niin sanottua ydinosaamista, joka tiivistyy reflektiivisen asiantuntijuuden käsitteeseen ja sisältää työn käsitteellistymisen, organisaation kehittämisen ja asiantuntijuuden kehittymisen.



Kuva 6. Käsitesuhdemalli. [31]

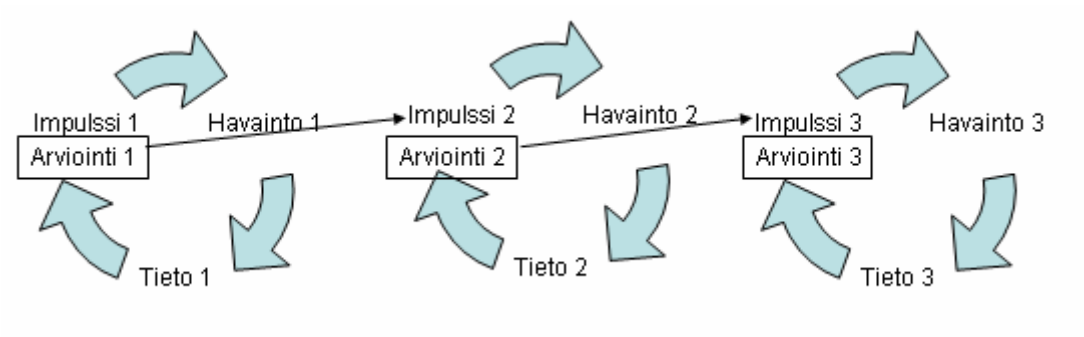
Yksilön oppiminen voidaan kuvata Järvisen ym. [31] mukaan kontekstivapaana, ryhmän ja organisaation siteistä vapaana olevana mallina.

Ryhmän ja organisaation oppiminen on kuitenkin aina sidoksessa laajempaan kontekstiin. Ryhmän oppimista ei voida kuvata ilman yksilöä, kuten ei organisaation oppimistakaan ilman yksilöitä tai ryhmiä. Kokemuksellinen oppiminen voidaan pelkistää prosessiksi, jossa sosiaaliset, reflektiiviset, kognitiiviset ja toiminnalliset prosessit vuorovaikuttavat toistensa kanssa. Reflektiivinen havainnointi, kollektiivinen reflektointi ja intuitioiden tulkinta voidaan ymmärtää oppimisen ytimen yhdentävinä reflektiivisinä prosesseina, jotka saavat aikaan sosiaalisten ja kognitiivisten prosessien kanssa koko organisaatiota hyödyntävän oppimisprosessin (kuva 7).



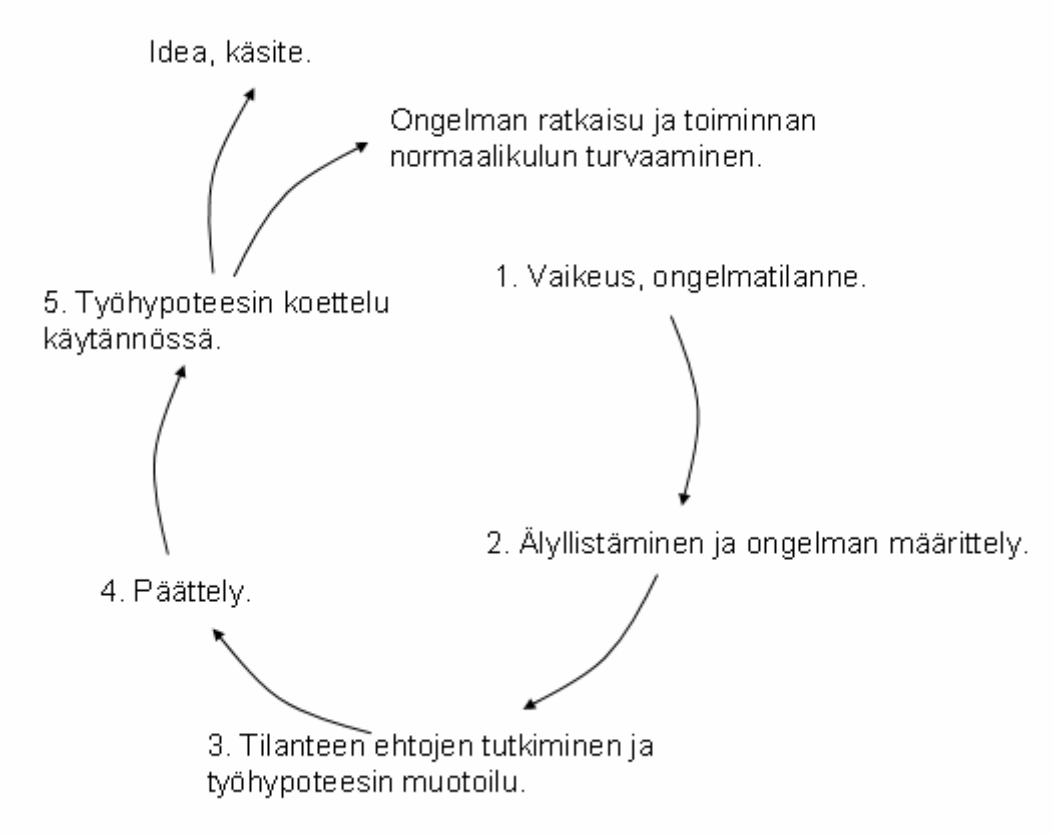
Kuva 7. Kokemuksellinen oppiminen prosessina. [31]

Kolbin [39] käsityksen mukaan (kuva 8) Dewey ajattelee oppimisen olevan konkreettisten kokemusten, impulssien, tunteiden ja halujen muuttumista korkeammanasteisiksi tarkoituksiksi. Deweyn mallissa oppiminen voidaan nähdä Kolbin mukaan olevan toistuva prosessi, jossa kokemusten, käsitysten, ja havaintojen kautta toiminta voi kehittyä.



Kuva 8. Kolbin tulkinta Deweyn kokemusoppimisen mallista. [39]

Miettisen [59] artikkelin mukaan Deweyn käsitys (kuva 9) kokemuksellisesta oppimisesta kiteytyy ensisijaiseen ja toissijaiseen kokemukseen. Ensisijaisella kokemuksella käsitetään esineellistä toimimista ja vuorovaikutusta fyysisen ja sosiaalisen ympäristön kanssa, ja toissijainen kokemus on reflektiivistä. Kolbin käsitys Deweyn kokemuksellisesta oppimisesta on Miettisen mukaan osittain virheellinen, sillä Kolbin ajatus on ainutkertaista, yksilöllistä ja välitöntä kokemusta korostava prosessi. Dewey korostaa sen sijaan reflektiivisen ja ei-reflektiivisen oppimisen ja kokemuksen eroja ja niiden liittymistä toisiinsa.



Kuva 9. Deweyn malli oppimisesta ja reflektiivisestä ajattelusta Miettisen mukaan. [59]

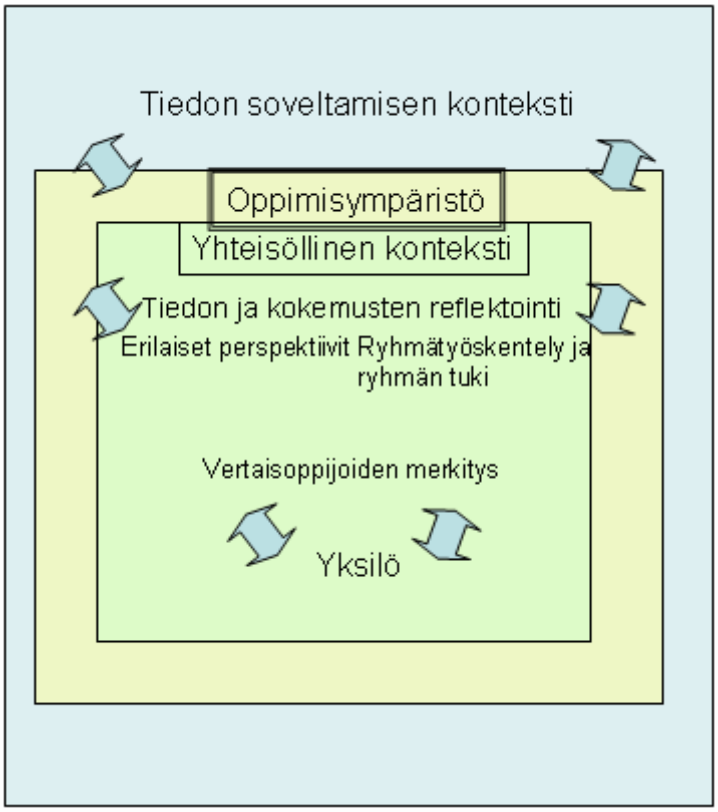
Tässä tutkimuksessa oli tarkoituksena reflektoida matematiikan opiskelua ja oppimista kolmella eri tavalla: opettajan ja oppilaan, vertaistutorin ja oppilaan sekä vertaistutorin ja opettajan välisenä vuorovaikutuksena. Tämän takia tutkija käytti mahdollisimman monia viestintävälineitä ja korosti avointa ilmapiiriä samasta syystä. Reflektointia toteutettiin suoraan kasvokkain, koulutusportaalin keskustelupalstoilla ja chat-palstoilla sekä puhelimitse. Kurssimateriaaliin valitut tehtävät pyrittiin tekemään ongelmakeskeisiksi, jolloin opiskelija pystyi tarvittaessa tukeutumaan opettajaan tai vertaistutoriin määritellessään ongelman. Opettajan tai tutorin tukemana opiskelijalla oli mahdollisuus ratkaista ongelma, jolloin hän pääsi etenemään seuraavan tason ongelmaan.

1.6.2. Kontekstuaalisuus

Wenger [106] tarkastelee oppimisen kontekstuaalisuutta yhteisöllisenä, käytäntöön sidottuna, tarkoituksellisena ja yhteisöllisenä kokonaisuutena, minkä perusajatuksena on oppijan mieltäminen sosiaaliseksi olennoksi. Oppija etenee oppiessaan henkilökohtaisiin tavoitteisiinsa tiettyyn yhteisöön kuuluen ja muodostaa käytännön toiminnassaan aikaisempiin kokemuksiinsa liittyviä käsityksiä, joiden pohjalta oppijalle muodostuu uusia kokemuksia ja käsityksiä ympäröivästä todellisuudesta.

Mezirowin [58] mukaan oppiminen ja muistaminen johtuvat oppimistapahtumien kontekstista, jolloin opiskelijan ja ympäröivän todellisuuden vuorovaikutus on hyvin tärkeää laadukkaalle oppimiselle. Se, mitä opitaan tai muistetaan, tapahtuu Mezirowin mukaan psykologisen, sosiaalisen, kulttuurisen ja fyysisen kontekstin vaikutuksesta.

Käsitteenä kontekstilla tarkoitetaan Vesa Korhosen [41] mukaan tavallisesti yhteyttä tai taustaa, mikä on varsinkin oppimisympäristöajattelussa lisännyt tarpeita tutkia tarkemmin kontekstuaalisuutta, niin myös Korhosen tutkimuksessa. Oppiminen ei verkkoympäristössäkään tapahdu sosiaalisessa tyhjiössä, vaan se on sosiaalinen ja kulttuurisidonnainen prosessi. Verkko-oppimisympäristöjen lisääntyvä käyttö ja tietotekniikan kehittyminen lisäävät tarvetta ympäristöille, joissa tiedon siirtämisen ja välittämisen sijaan opiskelijat osallistuvat aktiivisina toimijoina koko oppimisprosessiin. Korhonen löysi tutkimuksessaan kolme oppimiskokemuksiin liittyvää kontekstia: henkilökohtainen, yhteisöllinen ja oppimisen organisoinnin konteksti. Korhosen tutkimuksessa kaikkein tärkeimmäksi näytti nousevan yhteisöllinen konteksti, joka luo puitteet yhteisölliselle oppimiselle. Opiskelijoiden kokema oppimisympäristö ei ollut mikään yksittäinen konteksti, vaan siihen sisältyi monenlaisia osa-alueita, joissa oppimista tapahtui (kuva 10).



Kuva 10. Yhteisöllisen kontekstin merkitys ja paikannus oppimisympäristössä. [41]

Kontekstualismin juuret ihmistieteissä ovat Suorannan [92] mukaan lähestymistavoissa, joita kutsutaan konstruktionistisiksi eli asioilla on asiayhteydestä riippuva merkitys. Konteksti käsitettiin aluksi tutkimuksen ulkopuoliseksi vaikuttimeksi, jota pyrittiin eliminoimaan ja minimoimaan virhelähteenä. Jatkossa konteksti alettiin ottaa huomioon tutkimuksessa, mutta sitä pidettiin edelleen virhelähteenä. Kontekstualismi viittaa Suorannan mukaan toimintojen tilannesidonnaisuuteen, tämän takia ilmavoimien kadettien matematiikan opetus ja materiaali (esim. 3.1.1, liitteet 4 ja 5) pyrittiin sitomaan mahdollisimman hyvin ilmavoimien toimintaan. Tämä taas on asioiden liittämistä oikeisiin yhteyksiinsä (vrt. Suoranta), jolloin mm. ohjekirjoista muokatut tehtävät saivat oman merkityksensä ilmavoimien kontekstissa.

Järvinen ja Poikela [32] tarkastelevat artikkelissaan työssä oppimista, jossa he pitävät tärkeinä reflektiivistä ja kontekstuaalista oppimista. Reflektointi on määritettävä heidän mielestään työssä ja organisaatiossa kontekstuaalisissa yhteyksissään, jolloin sillä on omat määreensä tarkastelunäkökulman mukaan (kuva 11). Kuvassa näkyvät myös kadettien matematiikan opiskeluun sisältyneet yksilöllinen, yhteisöllinen ja organisatorinen konteksti, joiden kautta reflektointia tapahtui.

Reflektointi	**-**	**Konteksti**
palaute	-	yksilöllisen työn konteksti
arviointi	-	yhteisen työn konteksti
evaluointi	-	organisaation työn konteksti
Tutkiminen	**-**	**Yhteiskunta**

Kuva 11. Työssä oppimisen konteksti. [32]

Ilmavoimien kadettien opiskelua ohjaa voimakkaasti ilmavoimallinen konteksti, ilmavoimat on kohtuullisen pieni yhteisö verrattuna koko puolustusvoimien henkilöstöön. Ilmavoimien päätehtävän (hävittäjätorjunnan, jota kaikki muut ilmavoimien järjestelmät tukevat) myötä myös matematiikan kurssin eräs idea oli teorian ja tehtävien sitominen mahdollisimman hyvin ilmavoimalliseen kontekstiin (esim. liite 5). Matematiikan kurssilla olleita tehtäviä ja kurssimateriaalia pyrittiin sitomaan mahdollisimman paljon ilmavoimissa käytössä olevaan ohjekirjallisuuteen [16, 46] sekä ilmasotaan liittyviin käytänteisiin [88], minkä perusajatuksena oli matematiikan teorian käyttäminen ilmavoimien kontekstissa.

1.6.3. Yhteisöllisyys

Ihminen voidaan määritellä yhteisölliseksi olennoksi, jonka minuus löytyy samanaikaisesti toisten henkilöiden kanssa syntyneistä keskinäisistä suhteista. Tuovisen [99] artikkelin mukaan eräänä hyvinvoinnin ulottuvuutena voidaan pitää yhteisyyssuhteita (Allardt), joiden avulla yksilöillä on mahdollisuus kuulua sosiaalisten suhteiden verkkoon. Niinpä yksilön mahdollisuus erikoistua tiettyyn ammattiin voidaan ajatella olevan yhteisöllisyyden ansiota, jolloin yksilön ei tarvitse olla täydellinen selviytyäkseen elinympäristössään.

Vaikka yhteisöllisyys koetaan Räsäsen [80] ym. mukaan ihmisen kehityksessä tärkeäksi osaksi harmonista minuutta, individualismin väitetään olevan nykyyhteiskunnan nouseva trendi. Matkapuhelimien ja tietoverkkojen yleistyessä viestintää voidaan kuvata individualisoituneeksi, jolloin ihmiset eivät ole riippuvia toisten ihmisten fyysisestä läheisyydestä. Vaikka monet sosiaaliset toimintamallit ovat yksilöllisempiä kuin aikaisemmin, ihmisen valinnat ovat kuitenkin sosiaalisten rakenteiden rajoittamia.

Weidner käsittelee artikkelissaan [104] opettajan roolia luokkahuoneessa yhteisöllisyyden rakentajana, ja hän määrittää opettajan olevan kuin palvelija. Weidnerin mukaan opettaja rohkaisee ja kuuntelee opiskelijoita, jolloin hän ei ole autoritäärinen vaan rakentaa omalla esimerkillään yhteisöllisyyttä.

Järvelä ym. [30] käsittelevät artikkelissaan yhteisöllisyyttä yhteisöllisen oppimisen ja vuorovaikutuksen kannalta. He kokevat yhteisöllisen oppimisen haasteeksi pedagogisesti mielekkään ja kokonaisvaltaisen oppimisympäristön rakentamisen, mikä tukee opiskelijoita tiedon aktiiviseen rakentamiseen ja syvälliseen ymmärrykseen. Yhteisöllisessä vuorovaikutuksessa on heidän mielestään tärkeää miettiä otetun teknologian tuomaa lisäarvoa opetukseen, jos opetus olisi mahdollista järjestää perinteisenä lähiopetuksena.

Vesa Korhonen [40] tarkastelee väitöskirjassaan *yhteisöllistä* ja *yhteistoiminallista* oppimista, jotka liittyvät oleellisesti oppimisen peruselementteihin puhuttaessa verkko-opiskelusta. Yhteistoiminnallisessa oppimisessa painottuu Korhosen mukaan oppijoiden suoriutuminen yhdessä ja oppijoiden sosiaalisten suhteiden kehittyminen, jolloin painottuu yhteinen jaettu tavoite. Yhteisöllisessä oppimisessa painottuu varsinainen oppimisprosessi, missä käsityksiä, selityksiä ja argumentteja vertaillaan julkisesti ja kriittisesti tarkastellen.

Ilmavoimien kadettien opetuksen eräänä piirteenä tässä tutkimuksessa oli kurssien lyhyt kesto; kurssit olivat hyvin intensiivisiä ja vaativat varsinkin heikommilta opiskelijoilta suurta venymiskykyä. Vertaistutorien vetämät pienryhmät olivat pieniä yhteisöjä, jolloin opiskelijat eivät kokeneet jäävänsä yksin. Verkkokurssin mukanaan tuoma lisäetu lähiopetuskurssiin verrattuna oli mm. laskuharjoitusohjauskeskustelujen tallentuminen, jolloin kaikki näkivät käydyt keskustelut.

1.6.4. Käytettävyys

Käytettävyyttä (engl. usability) ei voida De Moiij'n ym. mukaan [12] määrittää yksiselitteisesti, sillä käytettävyydestä on olemassa useita eri versioita tarkastelutavan mukaan. Käytettävyys voidaan määritellä ominaisuudeksi ja mittariksi, jolla mitataan tuotteen käytön tehokkuutta, tuloksellisuutta ja miellyttävyyttä.

Käytettävyyden voidaan ajatella olevan menetelmä- ja teoriakenttä, jonka avulla käyttäjän ja käytettävän laitteen välistä toimintaa pyritään parantamaan. Käyttäjän kanssa kommunikoivaa laitteen osaa kutsutaan käyttöliittymäksi (koulutusportaali). Käytettävyyttä voidaan tarkastella käyttäjäystävällisyyden

näkökulmasta, jolloin käytettävyys voidaan selittää termeillä ymmärrettävyys, vaivattomuus, kattavuus ja estetiikka. [81, 109]

Koska käytettävyys itsessään riippuu käyttöympäristöstä, on myös käytettävyyden mittareiden muututtava ympäristön mukana. Kuitenkin on mahdollista tunnistaa joitain yleisiä kriteereitä käytettävyyden mittaamiselle. Eräitä käytettävyyttä kuvaavia muuttujia ovat muun muassa suorituskyky, tehokkuus ja käyttäjäystävällisyys. [7]

Parkkinen [72] kirjoittaa ISO 9241-11 standardin mukaan, että yleisesti määritettyä hyvää käytettävyyttä ei ole olemassa, vaan käytettävyys riippuu aina kontekstista. Tämän lisäksi käytettävyyteen vaikuttavat käyttäjän tietotaso, henkilökohtaiset ominaisuudet, käyttötarkoitus sekä käytettävät välineet ja ympäristö.

Nielsenin [65] mukaan käytettävyys on osa tuotteen käyttökelpoisuutta. Jos tuotteen käytettävyys ei ole riittävän hyvää, tuotetta ei voi käyttää sujuvasti. Nielsenin mukaan tuotteen käytettävyys muodostuu opittavuudesta, tehokkuudesta, muistettavuudesta, virheettömyydestä ja miellyttävyydestä.

Opittavuudella tarkoitetaan Nielsenin [65] mukaan uuden laitteen tai ohjelman käyttämisen helppoutta ensimmäisellä kerralla. Muistettavuudella tarkoitetaan laitteen tai järjestelmän helppokäyttöisyyttä rutiininomaisessa käytössä, jolloin laitteen tai järjestelmän opetteluun ei enää kulu aikaa. Virheettömyydellä tarkoitetaan, että virheiden tekemisen on oltava mahdollisimman hankalaa eikä käyttäjää saa käytön aikana johdattaa harhaan.

Tässä tutkimuksessa mielenkiinto kohdistui lähinnä koulutusportaalin käytettävyyteen matematiikan opetuksessa, koska tutkimuksen alkaessa koulutusportaalista oli melko vähän käyttökokemuksia ilmavoimissa. SUS-

kysymyssarjoja soveltaen tehdyt kyselyt ja niiden analysointi osoittautuivat käyttökelpoisimmiksi niiden selkeyden ja yksinkertaisuuden vuoksi. Tutkimuksessa tehtiin tarkkaan valitut samanlaiset kysymyssarjat kolmelle kadettikurssille (90–92), joista kadettikurssi 90:llä koulutusportaali oli lähinnä informaation jakamiseen tarkoitettu alusta.

Tässä tutkimuksessa koulutusportaalin helppokäyttöisyyttä, monimutkaisuutta, kurssien johdonmukaisuutta sekä koulutusportaalin oppimisen helppoutta mitattiin SUS-kysymyssarjoista soveltaen tehdyillä kysymyksillä (vrt. Nielsenin ja Brooken käytettävyyden määritelmät, liite 6). Muita vastaavia standardoituja kysymyssarjoja ovat muun muassa SUMI, WAMMI ja CSUQ. Nämä edellä mainitut menetelmät rakentuvat strukturoiduista kysymyksistä, missä dataa kerätään erilaisilla numeroasteikkoisilla kysymyksillä. [87]

1.6.5. Oppimateriaalin merkitys verkko-opetuksessa

Oppimateriaalilla voidaan käsittää monia asioita. Tässä tutkimuksessa verkko-oppimismateriaalilla tarkoitetaan sekä kirjallisessa että sähköisessä muodossa olevaa oppimista tukevaa materiaalia. Eija Aalto [1] käsittelee oppimateriaalia tekijöidensä näkemysten kuvastajana. Näkemykset saattavat vaihdella paljonkin opettajan ja opettajan valitsemien arvojen ja menetelmien mukaan. Aallon artikkelista voidaan havaita, että kielten opetuksessa oppimateriaalin laatijoina on sekä kieliopin että käytännön puhekielen opetuksen arvostajia, mikä aiheuttaa erilaisia painotuksia oppimateriaaliin.

Kajanto [33] selvittää artikkelissaan suomalaisen metsäteollisuuden verkko-opetuksen tilaa ja toteaa sen olevan korkeatasoista, mihin on syynä ainakin verkko-opetukseen ja oppimateriaaleihin tehdyt satsaukset. Opetuksessa käytetään simulaatioita, videoita ja tekstejä, jotka on integroitu johonkin

oppimisympäristöön, joita ovat muun muassa KnowPap (paperinvalmistus), KnowPulp (sellunvalmistus) ja KnowTimber (mekaaninen puu). Oppimisympäristöissä on erilaisia hakutoimintoja ja sanakirjoja, jotka mahdollistavat monipuolisen opiskelun. Oppimateriaali on näin ollen hyvin monipuolista, mikä lisää sen käyttökelpoisuutta opiskelussa.

Internetin kontrolloimattomuus asettaa Tuomisen [98] mukaan ongelmia materiaalin autenttisuudelle, sillä kun vapaata levytilaa saa ilmaispalvelimilta, voi kuka tahansa laittaa mitä tahansa materiaalia verkkoon jaettavaksi. Digitaalisten dokumenttien hyödynnettävyyttä estävät muun muassa materiaalin sekaan piilotetut virukset, mikä taas johtuu julkaisijan vilpillisestä suhtautumisesta dokumenttien julkaisuun. Julkaisujen tiedollinen auktoriteetti on viralliseen tai epäviralliseen kategoriaan sidoksissa oleva tiedonlähde (ihminen), jolla katsotaan olevan riittävä määrä tietoa tai tietämystä jostakin asiasta. Sähköisiin verkossa oleviin materiaaleihin, myös oppimateriaaleihin, voi kohdistua myös tietomurtoja, jotka saa aikaan jokin vahinkoa haluava tai kilpailijaa estävä taho. Vaatiikin aikaa ja taitoa, jotta vahinkoa ja epäuskottavuutta aikaansaavien tahojen toimintaa saadaan estettyä.

Ilkka Mäyrä [62] kehitti audiovisuaalisen mediakulttuurin verkko-opintoja, joissa käytettiin oppimateriaalina verkko-oppimismateriaaleja sekä runsaasti oheismateriaalia. Oppimateriaali oli koodattu HTML-muotoon hierarkkisiksi poluiksi, joita voitiin käyttää monella tavalla. Opettajalle oli kehitetty oma oppimateriaalisivustonsa, josta opettaja sai tarvittaessa lisätietoa ja apua pulmiin. Opiskelijoiden tuotokset pyrittiin ohjeistamaan niin, että suoritteet tehtiin hyperteksti- tai hypermediamuodossa.

Helsingin yliopiston opiskelijoille tehdyssä tutkimuksessa kartoitettiin painetun ja verkosta löytyvän materiaalin merkitystä. Asiaa tutkittiin kohdistamalla kysymykset neljään aineistotyyppiin: kurssikirjaan, artikkeliin, esseen tai

tutkielman tekoon tarvittavaan aineistoon ja tiedon tarkistukseen. Perinteinen kurssikirja näytti Karvasen [36] mukaan olevan suosittu, sillä 94 % vastaajista oli sitä mieltä, että painettua kirjaa ei voi korvata sähköisellä versiolla. Verkossa olevan artikkelin valitsisi 59 % vastaajista, missä oli kuitenkin eroja eri suuntautumisvaihtoehdoissa olevilla opiskelijoilla. Tutkielman tai esseen tekoon käytettiin verkkomateriaalia ja painettua materiaalia suunnilleen yhtä paljon. Tiedon tarkistamiseen käytettiin verkkoa huomattavasti enemmän painettuun materiaaliin verrattuna, sillä 80 % vastanneista opiskelijoista käytti verkkoa mieluummin.

1.7. Tutkimusongelmat

Tutkimuksen ensimmäinen tavoite on löytää reunaehtoja kadettien matematiikan verkkotuettuun opiskeluun ilmavoimallisessa ympäristössä. Tällaisia reunaehtoja ovat muun muassa opiskelun paikkasidonnaisuus, oppimiskulttuuri (käskytys vs. avoin) ja itseohjautuvuus. Tutkimusongelman voi muotoilla kysymyksiksi: **1. Millainen on ilmavoimien kadettien matematiikan opetukseen soveltuva verkkokurssi? 2. Millaiseksi opiskelijat kokevat SUS-analyysin mukaan koulutusportaalin käytettävyyden matematiikan opetuksessa? ja 3. Miten verkko-opiskelu vaikuttaa kurssituloksiin lähiopetuksella toteutettuun kurssiin verrattuna?**

Ensimmäiseen tutkimuskysymykseen vastattiin tutkimalla verkko-opetuksen historiaa ja tutkittuja verkko-opetusmalleja (mm. Jonassen, Staupe ja Hernes, Yanes, ADL), joita yhdistämällä rakennettiin design-tutkimuksella kadettien matematiikan opetuksen verkkokurssi. Verkkokurssin sisällön kehittämisessä tärkeässä osassa olivat verkkokeskustelut ja tutorpäiväkirjat, joita analysoitiin sisällön analyysillä.

Toisessa tutkimuskysymyksessä selvitettiin kadettien kokemuksia koulutusportaalin käytettävyydestä matematiikan opetuksessa SUS-kysymyssarjoilla, jotka kerättiin kadeteilta matematiikan kurssien päätyttyä.

Kolmannessa tutkimuskysymyksessä selvitettiin kovarianssianalyysillä opetustavan muutoksen vaikutusta matematiikan kurssin loppukokeen tuloksiin, kun kovariaattina käytetään lähtötasokokeiden tuloksia.

1.8. Tutkimuksen toteutus

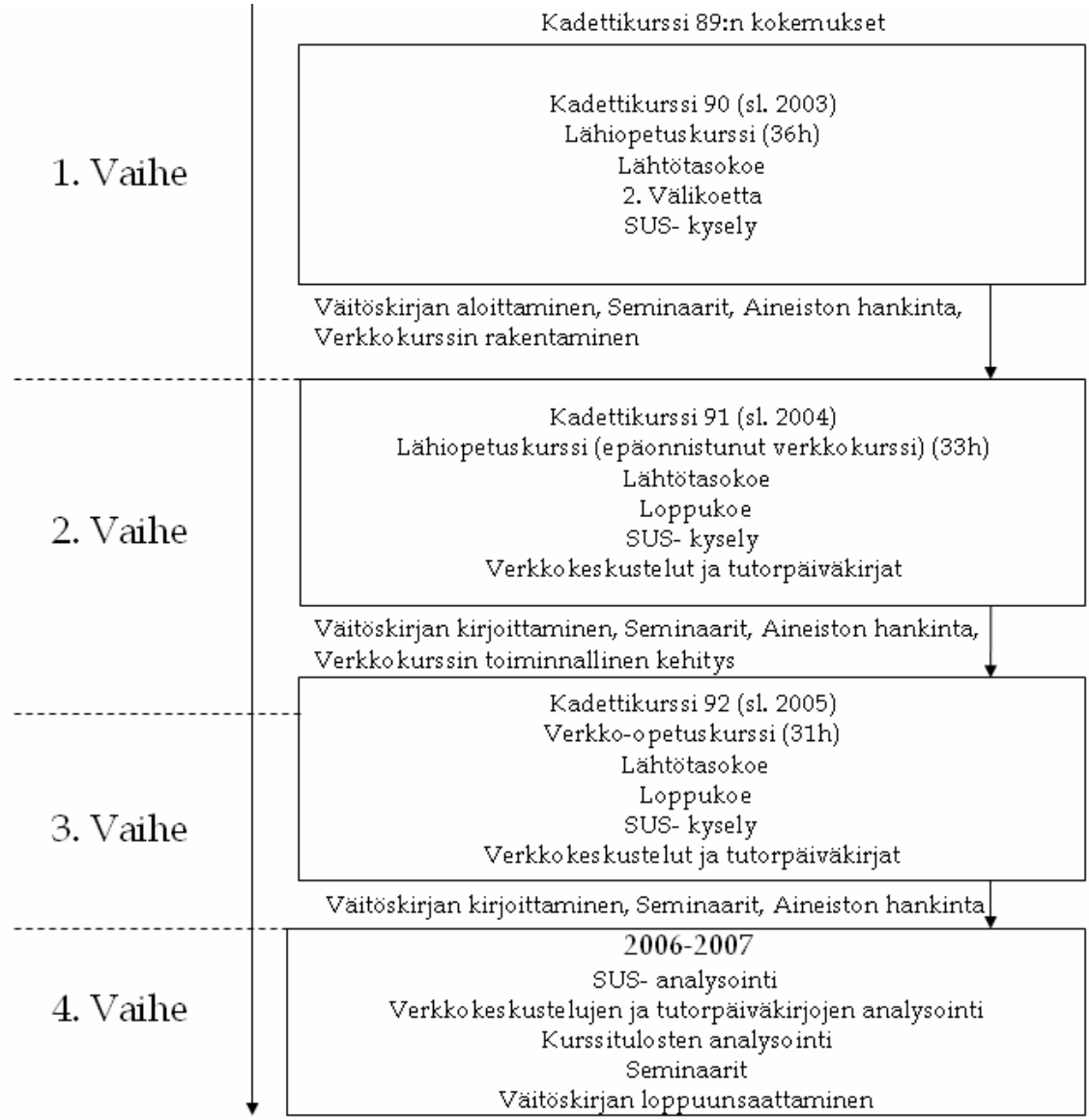
Tutkija tuli ilmavoimien palvelukseen vuonna 2002, jolloin heti työn alettua alkoi kadettikurssi 89:n opetus. Opetus oli kadettikurssilla 89 pelkästään lähiopetusta ilman minkäänlaisia verkko-opetukseen liittyviä välineitä, kurssi oli tiukassa aikataulussa suunniteltu ja läpiviety kurssi, eikä sitä sen tähden otettu tutkimukseen muuten kuin viitekurssina mukaan. Tutkimuksen aikana on pidetty päiväkirjaa, jonka tarkoituksena on ollut pitää muistissa päivämääriä ja tutkijan kokemuksia tutkimuksen etenemisestä (ao. esimerkit).

” 12.12.2004 SUS-kyselyt KK91: lle.”

” 5.9.05. Verkkokurssin stilisointia ja verkkolaskuharjoitusten tekoa.
Koulutusportaali nurin. Eläköön verkko-opetus.”

” 26.04.2006.
Kysymysten lajittelut IRT:tä varten.”

Tutkimus eteni neljässä vaiheessa, jotka on esitetty kuvassa 12. Tutkijalla oli suuri haaste pysyä mahdollisimman objektiivisena, sillä hän toimi myös matematiikan kurssien opettajana ja aineistonkerääjänä. Tutkimus on tehty oman toimen ohessa, mikä on omalta osaltaan vaikeuttanut tutkimuksen etenemistä.



Kuva 12. Tutkimuksen toteutusaikataulu.

1.8.1. Tutkimuksen ensimmäinen vaihe

Tutkimuksen ensimmäinen vaihe toteutettiin pääasiassa syksyn 2003 aikana, jolloin kadettikurssi 90 suoritti perusopintojaan Ilmasotakoulussa. Kadettikurssilla oli yhteensä 40 kadettia, jotka olivat kolmella eri ilmavoimalinjalla (ohjaajalinja, johtamisjärjestelmälinja ja lentoteknillinen linja) opiskelevia.

Matematiikan kurssin alkaessa kaikille kadeteille pidettiin lähtötasokoe, jossa hyvin (75 % maksimista) menestyneet kadetit toimivat vapaaehtoisina tutoreina heikommin menestyneille kadeteille. Kurssi arvioitiin kahden välikokeen yhteispisteiden perusteella, jolloin kurssin läpäisyyn vaadittiin puolet välikokeiden yhteispistemäärästä. Koulutusportaalin käytettävyyttä mitanneet SUS-kysymykset kerättiin kurssin lopussa ja koulutusportaalia käytettiin opinnoissa materiaalin jako- ja säilytyspaikkana.

1.8.2. Tutkimuksen toinen vaihe

Tutkimuksen toisessa vaiheessa tutkija oli jo tutustunut muualla tehtyihin tutkimuksiin verkko-opiskelusta, niinpä kadettikurssin 91 alkaessa oli tarkoituksena käyttää koulutusportaalia laskuharjoitusten tekemiseen. Tämä ei kuitenkaan onnistunut Ilmasotakoulussa olleiden kunnostustöiden takia, jolloin tutkija päätti toteuttaa tämän kurssin opetuksen perinteisenä lähiopetuskurssina. Kurssille osallistui 33 kadettia.

Tälläkin kurssilla pidettiin aluksi lähtötasokoe, jossa hyvin menestyneet kadetit olivat vertaistutoreina heikommin menestyneille, sekä yksi loppukoe. Kadettikurssin 91 opiskelijat saivat osan matematiikan loppukokeen kysymyksistä etukäteen opettajan ”kömmähdyksen” takia, joten kurssitulokset eivät ole vertailtavissa muiden kurssien kanssa. Matematiikan kurssin loppuessa kerättiin SUS-kysymyssarjat.

1.8.3. Tutkimuksen kolmas vaihe

Kadettikurssilla 92 opiskeli 25 kadettia. Kadettikurssin 92 alkaessa Ilmasotakoulussa olivat ulkoiset puitteet kunnossa verkko-opetukselle, mistä johtuen kurssilla oli hyvät mahdollisuudet opiskella puolet kurssista luennoilla ja puolet vertaistutoreiden ohjaamissa koulutusportaaliin tehtävissä laskuharjoituksissa.

Kurssilla pidettiin edellisten kurssien tapaan lähtötasokoe, jossa hyvin menestyneet kadetit toimivat kurssin aikana vertaistutoreina heikommin menestyneille kadeteille. Kurssin loppuarvioinnissa otettiin huomioon sekä loppukoe että koulutusportaaliin palautetut laskuharjoitukset, joita osa kadeteista palautti toisilta kopioituina mutta itse tehtyinä. Tämän vuoksi kurssitulosten vertailussa otettiin huomioon vain henkilökohtaisten suoritteiden pistemäärät. Matematiikan kurssin loppuessa kerättiin SUS-kysymyssarjat.

1.8.4. Tutkimuksen neljäs vaihe

Tutkimuksen viimeisessä vaiheessa tutkija keskittyi koostamaan keräämäänsä aineiston, josta sekä kvantitatiivisesti (kurssikokeet ja SUS-pisteet) että kvalitatiivisesti (verkkokeskustelujen ja tutorpäiväkirjojen sisällön analyysi) analysoiden saatiin määritettyä tutkimuksen lopputulokset. Vaikka tutkija pyrki rakentamaan verkkokurssin konstruktivistisen ihmiskäsityksen viitekehyksessä, tutkimuksen analysointi oli puhtaasti kvantitatiivista aineiston tulkintaa. Viimeisen vaiheen aikana suurimmaksi haasteeksi muotoutui tutkimuksen jäsentely, sillä tutkimus oli tehty kohtuullisen pitkällä aikajänteellä ja oman työn ohella pätkittäin.

2. Tutkimusmetodologia

Tässä tutkimuksessa on piirteitä monista tutkimusstrategioista (design-tutkimus, toimintatutkimus, tapaustutkimus), mutta päämääränä olleen matematiikan verkkokurssin kehittäminen ohjaa tutkimuksen lähimmäksi design-tutkimusta. Tutkija on ollut hyvin läheisessä yhteistyössä opiskelijoiden kanssa eri rooleissa, opettajana ja tutkijana.

2.1. Design-tutkimus opetuksen tutkimuksessa

Opetusta ja oppimista on tutkittu viime vuosina paljon ja monella eri tutkimusstrategialla. Opetuksen tutkimuksessa käytettyjä tutkimusstrategioita ovat olleet muun muassa opetuksellinen rekonstruktio, toimintatutkimus ja sen sisarstrategia, design–tutkimus, joissa on vivahde-eroja mutta myös yhtäläisyyttä. [21, 28, 69]

Tässä tutkimuksessa oli tavoitteena kehittää ilmavoimien kadettien matematiikan perusopetukseen soveltuva verkkokurssi, suunnittelua on ohjannut aikaisemmat tutkimukset ja kirjallinen materiaali. Tämän tutkimuksen eräänä tutkimuksellisena lähtökohtana oli tutkijan aikaisempi kokemus kurssien kehittämisestä Jyväskylän yliopiston fysiikan laitoksella tutkijaryhmässä, missä tutkija oli mukana kehittämässä fysiikassa lahjakkaille lukion opiskelijoille fysiikan kursseja [66].

Tutkimustulokset saatiin kvantitatiivisesti aineistoa analysoiden, mutta kurssin kehitys oli sykleittäin etenevää ja tavoitteena lopputuote. Täten voidaan ajatella tutkimuksen sijoittuvan lähimmin design-tutkimuksen tutkimuskenttään. [29]

2.1.1. Design-tutkimuksesta

Juuti ja Lavonen määrittävät design-tutkimukselle kolme luonteenomaista piirrettä: se on toistuva prosessi, sen tuloksena saavutetaan haluttu lopputulos (tässä tutkimuksessa matematiikan verkkokurssi) ja samalla tuotetaan uutta tietoa opetuksesta, jotta opetus ja oppiminen voi tapahtua entistä paremmin. [29]

Edelsonin mukaan design-tyyppiseen tutkimukseen sisältyy kuvaus tutkimusprosessista, tutkimuksen tavoitteista ja lopputuotteesta [14]. Tässä tutkimuksessa design-tutkimus toteutuu siten, että tavoitteena on ollut selvittää verkko-opetuksen vaikuttavuutta matematiikan kurssituloksiin ilmavoimien kadettikursseilla, ja syklittäisen tutkimusprosessin tuloksena on kehitetty ilmavoimien kadettien matematiikan verkko-opetukseen soveltuva malli.

Hoadleyn [24] ajatusten mukaan kasvatuksen tutkimuksessa on teorian ja käytännön väliltä puuttunut yhteys, jota design-tutkimuksella pyritään toteuttamaan. Jos tutkimuksia ei suunnitella ja säädellä tarkasti, tutkimus pyrkii painottumaan liian tarkkaan tutkimuksen johonkin yksittäiseen osa-alueeseen. Toisaalta design-tutkimus pakottaa yksittäiset tutkijat tarkastamaan tutkimuksessa käytettyjä tutkimusmenetelmiä, jotta ne pysyisivät tutkimuksessa olevan teorian ja tutkimusaineiston kanssa sopusoinnussa.

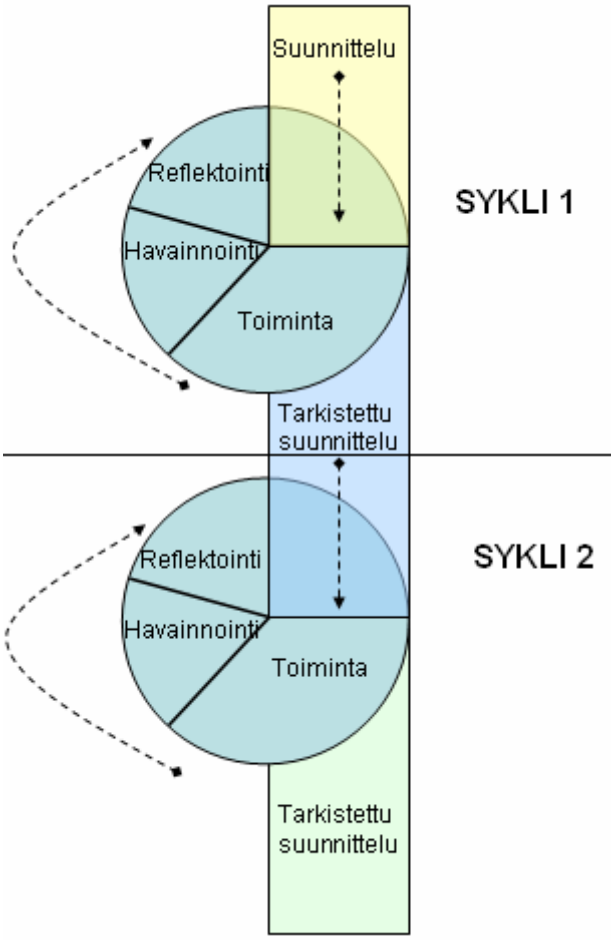
Cobbin ja kumppaneiden [9] mukaan design-tutkimuksen tarkoituksena on kehittää teoriaa koskien sekä oppimisen prosesseja että prosesseja tukevia toimintoja. Toisaalta design-tutkimuksen luonteeseen kuuluu tutkimuksessa käytettyjen metodien voimakas innovatiivinen vaikutus, jolla pyritään parantamaan opetukseen liittyviä käytänteitä. Design-tutkimuksen luonteeseen kuuluu myös suunnitteluprosessin kehittävä luonne, mutta tutkimustulosten avulla voidaan tarkastella ja arvioida kehitetyn mallin toimivuutta. Kehittävän

ja reflektoivan otteen vuoksi design-tutkimukseen kuuluu myös jatkuvuus, jota voidaan kuvata sykleittäin etenevänä prosessina. Pragmatismiin nojaavana strategiana design-tutkimuksessa kehitetyn mallin pitää toimia myös käytännössä, sitä voidaan todentaa ja tutkia sekä kvalitatiivisesti että kvantitatiivisesti, toisin sanoen monimenetelmätutkimuksella (mixed-methods) [70].

Tässä tutkimuksessa on piirteitä myös toimintatutkimuksesta, mikä ei ole kuitenkaan ongelmallista design-tutkimuksen kannalta. Toimintatutkimuksen tarkoituksena on kehittää omaa toimintaa ja edistää sen ymmärtämistä, kun taas design-tutkimuksessa kehitetään toimintaa ja teoriaa ja tutkimuksen tuloksena saatu lopputuote on Hassisen [21] mukaan käytettävissä laajemmin kuin tietyssä yksittäisessä ympäristössä. Toimintatutkimus on Juutin [28] mukaan ikään kuin sisartutkimusstrategia design-tutkimukselle, ja tässäkin tutkimuksessa design-tutkimus osoittautui sopivimmaksi lähestymistavaksi kurssin kehittämiseen lähinnä tutkimustulosten kvantitatiivisuuden sekä tutkimuksen opetuskäytänteitä kehittävän luonteen vuoksi.

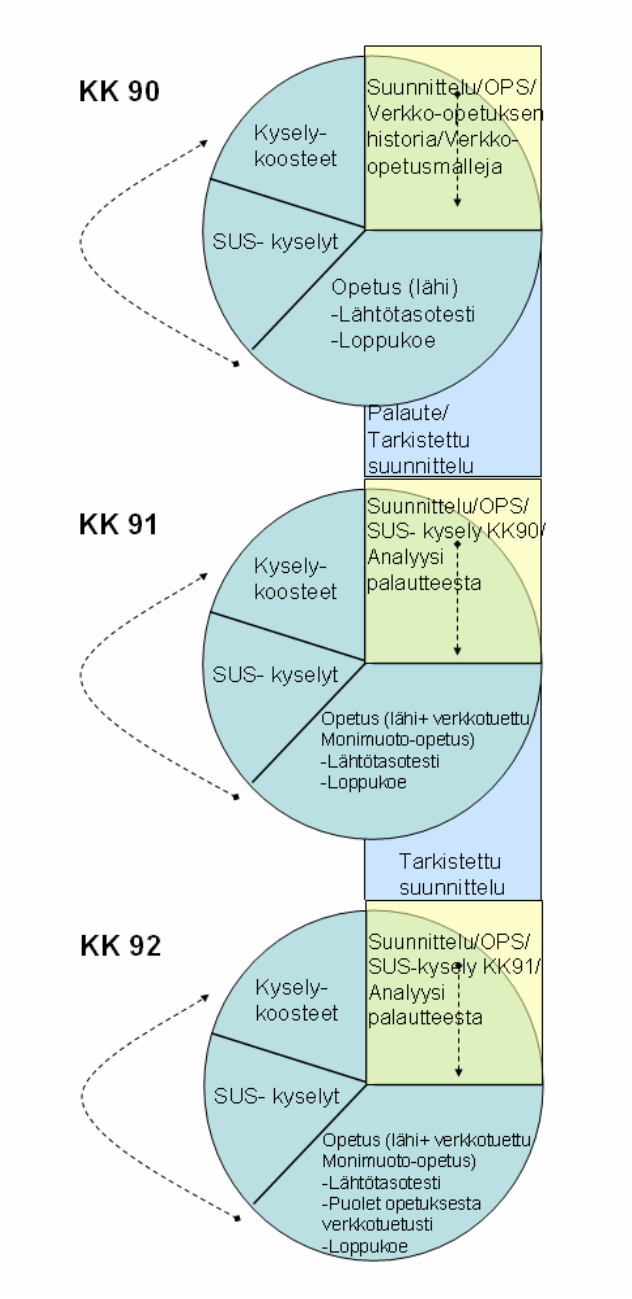
2.1.2. Syklit

Hannu Linturi selvittää artikkelissaan [48] erään verkko-oppimisympäristön kehityksen toimintatutkimuksellista strategiaa (kuva 13), jossa toimintatutkimuksen avulla kehitetään toimintaa sykleittäin. Toiminnasta saatu tieto ja ymmärrys lisääntyvät kumulatiivisesti, mistä on seurauksena itseään korjaava ja kehittävä toiminta. Linturin mukaan toimintatutkimuksen lähtökohtana on usein käytännön työelämän tilanne, josta halutaan lisätietoja, kuten tutkijalla verkko-opetuksen kehittäminen koulutusportaalissa.



Kuva 13. Toimintatutkimuksen syklit. [48]

Tutkija suunnitteli ja kehitti verkko-opetusympäristöön kursseja havainnoiden jatkuvasti kurssilla etenemistä kurssipalautteiden ja kyselyiden pohjalta (kuva 14). Toiminta eteni sykleittäin, minkä takia tässä tutkimuksessa syklit on tehty toimintatutkimuksen strategiaan pohjautuen (vrt. [48]). Syklien edetessä ja vaihtuessa uuteen oli oleellista kehittää edellisen kadettikurssin palautteen, verkkokeskustelujen ja tutorpäiväkirjojen sekä SUS-kyselyn pohjalta seuraavalle kadettikurssille suunniteltua verkko-opetusmallia, jolloin opetus ja käytetty malli kehittyivät vaiheittain entistä paremmiksi. Syklien vaiheet kuvataan tarkemmin luvussa 3.1.2.



Kuva 14. Verkkokurssin suunnittelun eteneminen ilmavoimien kadettikurssien 90–92 matematiikan perusopetuksen verkkotuetussa opetuksessa.

2.1.3. Verkkokeskustelujen ja tutorpäiväkirjojen sisällön analyysi

Miles ja Huberman [61] pitävät sisällön analyysia yhtenä kvalitatiivisen tutkimuksen tutkimusmenetelmänä, jossa aineistosta saadaan luokittelemalla jäsenneltyä tarkoituksenmukaista tietoa. Kvalitatiivisen aineiston tiivistäminen, jota voidaan tehdä luokittelemalla, kirjoittamalla yhteenvetoja yms., ei Milesin ja Hubermannin mukaan tarkoita tarpeetonta tiedon kvantifiointia vaan tiivistämistavan valinta riippuu tutkimuksen tavoitteesta.

Silvermanin [83] mukaan kvantitatiivisesti suuntautuneet tutkijat pyrkivät luokittelemalla löytämään kirjallisesta aineistosta informaatiota, ja tässä on ratkaisevaa aineiston luokittelu. Eri luokittelijoiden pitää saada samasta aineistosta samanlaisia tuloksia, jolloin luokittelua voidaan pitää onnistuneena. Silvermanin mukaan kvalitatiivisessa tutkimuksessa joistakin dokumenteista voidaan analysoida tekstejä monella tavalla, ja eräänä pääkohtana on tutkimukseen osallistuneiden luokittelun ymmärtäminen eikä niinkään lukumäärät.

Masonin [54] mukaan kvalitatiivinen aineisto voidaan käsitellä koko aineiston kattavalla samalla luokittelumenetelmällä, luokittelua voidaan muuttaa tarpeen mukaan ja aineisto voidaan esittää tarpeen tullen kaavioina tai muuna graafisena esityksenä. Toisaalta Masonin mukaan aineiston käsittelyssä voidaan käyttää rinnakkain näitä kolmea tapaa, jolloin eri käsittelytavoilla saadaan muodostettua aineistosta käsiteltävissä olevaa informaatiota kattavasti. Tutkimusaineiston käsittelyssä on tärkeää huomata Masonin mukaan myös tulkinnan syvyys, jota hänen mukaansa voidaan tehdä tulkitsemalla aineistosta muotoja, tyyliä, rakennetta yms. Toisaalta aineistoa voidaan tulkita syvällisemmin analysoimalla sen sisältöä.

Pietilän [75] mukaan sisällönanalyysillä voidaan luokitella aineistoa eri menettelytavoilla, joiden avulla dokumenttien sisällöstä voidaan tehdä havaintoja tieteellisesti hyväksytyillä menetelmillä. Sisällönanalyysissä aineisto voidaan jakaa pääluokkiin, jotka voivat sisältää useita pienempiä luokiteltavissa olevia tekijöitä. Menetelmän onnistumiseen vaikuttava tekijä ovat Pietilän mukaan analyysin objektiivisuus, jota voidaan testata toistamalla luokittelu ja selvittämällä analyysin vastaavuus tutkimuskysymyksiin. Analyysin pitää olla myös systemaattista, jolloin tutkijan hypoteeseja tukemattomia väitteitä ei rajata analyysin ulkopuolelle. Sisällönanalyysin pitää Pietilän mukaan olla myös yleistettävää, jolloin tuloksen pitää liittyä johonkin laajempaan teoriaan.

Verkko-oppimisympäristön sykleittäin edenneessä kehittämisessä käytettiin kirjallisuuden ja SUS-kyselyiden lisäksi verkkokeskusteluja, minkä lisäksi vertaistutorit palauttivat tutorpäiväkirjat. Tutkija luki aineiston useaan kertaan, ja lukukertojen välillä oli muutaman päivän tauko. Verkkokeskustelujen ja tutorpäiväkirjojen sisällöistä nousi tutkimuskysymysten kannalta kolme oleellista pääteemaa, joita olivat käytännön järjestelyjen toimiminen, varsinainen tehtävien tekeminen ja vertaistutorien toiminta (3.1.2).

2.1.4. Design-tutkimuksen luotettavuus

Positivistisesti suuntautuneissa tutkimuksissa tuotetun tiedon hyvyyttä tarkastellaan sisäisen ja ulkoisen validiteetin, toistettavuuden ja objektiivisuuden näkökulmasta, konstruktivistisissa tutkimuksissa tutkimuksen laatua voidaan arvioida tuotetun tiedon uskottavuuden ja oikeellisuuden näkökulmasta. [47]

Edelson tarkastelee artikkelissaan design-tutkimuksen arviointia, ja hän määrittelee tutkimuksen tärkeimmiksi arviointikriteereiksi tiedon uutuuden ja hyödynnettävyyden. [14]

Juuti ja Lavonen [29] esittävät kaksi tapaa arvioida design-tutkimuksen luotettavuutta. Ensiksikin sitä voidaan arvioida koko tutkimuksen luotettavuuden suhteen, jolla tarkoitetaan tutkimuksen kykyä tuottaa uutta tietoa, tutkimuksen hyödynnettävyyttä ja vakuuttavuutta, toisin sanoen sitä, miten tutkimus on kokonaisuudessaan auttanut sekä opiskelijoita että opettajaa toimimaan entistä paremmin. Toiseksi tutkimuksen luotettavuutta voidaan Juutin ja Lavosen mukaan arvioida käytettyjen tutkimusmenetelmien ja aineiston keruutapojen perusteella, joiden luotettavuus ei kuitenkaan tarkoita välttämättä koko tutkimuksen luotettavuutta.

Kvalitatiivisen tutkimuksen luotettavuudelle voidaan esittää Guban ja Lincolnin [18] sekä Milesin ja Hubermanin [61] ajatusten pohjalta viisi kriteeriä, joita voidaan käyttää soveltaen pragmatistiseen tutkimukseen: vahvistettavuus, tarkastelun kestävyys, vastaavuus, siirrettävyys ja hyödynnettävyys. Vahvistettavuudella tarkoitetaan ennen kaikkea raportoinnin luotettavuutta, mikä ilmenee tutkijan tekemien valintojen todennettavuutena. Tarkastelun kestävyydellä tarkoitetaan lähinnä reliabiliteettia, tosin kvantitatiivisen tutkimuksen mukainen reliabiliteettitarkastelu ei ole usein edes mielekästä kvalitatiivisessa tutkimuksessa. Tässä tutkimuksessa reliabiliteetti liittyy käytettävyyden ja kurssitulosten osalta pelkästään numeraalisen tiedon käsittelyyn, joten kvantitatiivinen reliabiliteettitarkastelu on hyväksyttävää tässä tutkimuksessa. Tutkimuksen vastaavuudella voidaan arvioida tutkijan onnistuneisuutta tutkimuksen kuvaamien konstruktioiden kuvailussa ja muodostamisessa, ja siihen vaikuttaa tutkijan perehtyneisyys tutkimukseen liittyvään teoriaan, aikaisempiin tutkimuksiin ja tutkimuskontekstiin. Tutkimuksen siirrettävyydellä voidaan käsittää tutkimuksen teoreettisten käsitteiden tai tutkimuksessa tehtyjen havaintojen soveltamista toiseen toimintaympäristöön. Tutkimuksen hyödynnettävyys riippuu tutkimuksen ja tutkimustulosten soveltamismahdollisuuksista käytännössä, mikä on pragmatistisen tutkimuksen eräs perusidea.

Hassinen tarkastelee väitöskirjassaan tutkimuksen luotettavuutta uskottavuuden, siirrettävyyden ja käytettävyyden kannalta. Väitöskirjassaan hän pyrkii arvioimaan muun muassa tutkimuksen vastaavuutta tutkimusongelmiin, teorian ja toimenpiteiden vuorovaikutuksen johdonmukaisuutta sekä tuotteen käyttökelpoisuutta. [21]

Tämän tutkimuksen luotettavuutta tarkastellaan pragmaattisesta näkökulmasta, miten käytetty verkkokurssi toimi käytännössä sekä soveltaen Edelsonin [14], Juutin ja Lavosen [29] määrittämiä design-tutkimuksen luotettavuuden kriteerejä koko tutkimukselle ja käytetyille tutkimusmenetelmille. Näitä ovat käytettyjen tutkimusmenetelmien arviointi, tuotetun tiedon tarkastelu, tutkimuksen vakuuttavuus ja hyödynnettävyys. Tutkimuksen luotettavuustarkastelu käsitellään myöhemmin kappaleessa 4.

2.2. Kvantitatiiviset menetelmät

Kvantitatiivisen aineiston analyysimenetelmiä on monia, ja tarkoituksen mukaisen menetelmän valitseminen oli tässä tutkimuksessa haaste, sillä toisiaan hyvin samantapaisia asioita mittaavia menetelmiä on hyvin paljon. Päämääränä oli internetpohjaisen oppimisalustan käytettävyyden selvittäminen, kurssitulosten kehittymisen selvittäminen verrattuna kontrolliryhmään (lähiopetus) sekä matemaattisten testien hyvyyden määritys.

2.2.1. Koulutusportaalin käytettävyyden testaaminen

Yksinkertainen käytettävyysmittari on kehitetty vastaamaan kappaleessa 1.4.6 esitettyihin tarpeisiin. Järjestelmäkäytettävyysmittari (SUS) on Brooken mukaan [7] yksinkertainen, kymmenkohtainen Likert-asteikollinen mittari, joka antaa kattavan kuvan käyttäjäkohtaisista käytettävyysarvioista. Tekniikka Likert-

asteikon kohtien valitsemisen taustalla tähtää siihen, että valituksi tulevat väittämät tai kysymykset, jotka todennäköisimmin herättävät vastaajassa äärimmäisiä reaktioita kiinnostuksen kohteena olevaan ilmiöön. Ottaen huomioon laajan väittämien joukon on todennäköistä, että löytyy väittämiä, joista valtaosa vastaajista on liki samaa mieltä. Lisäksi osa näistä on sellaisia väittämiä, joita valtaosa joko kannattaa tai vastustaa jyrkästi. Likert-asteikolliseen käytettävyysmittariin tulisi Brooken valita juuri tällaisia väittämiä, joista valtaosa on samaa mieltä ja mielipide on joko vahvasti väittämän puolella tai vastaan. Väittämät, joista valtaosa on samaa mieltä mutta mielipide ei ole juuri puolesta eikä vastaan, ovat huonoja väittämiä. [7]

SUS on tehty Brooken artikkelin [7] mukaan käyttäen edellä mainittua tekniikkaa. Ensimmäiseksi kasattiin kyselylomakkeeseen tulevan 50 mahdollisen väittämän joukko, minkä jälkeen kaksi esimerkkijärjestelmää valittiin arvosteltavaksi (yksi kielitieteellinen ohjelma, joka on suunnattu loppukäyttäjille ja ohjelma, joka on suunnattu järjestelmäohjelmoijille). Valintakriteerinä ohjelmille oli, että niiden käytettävyydestä oltiin yleisesti samaa mieltä. Ne väittämät, jotka johtivat kaikkein selkeimpiin ja vahvimpiin mielipiteisiin, valittiin 50 alkuperäisen väittämän joukosta. Korrelaatiokertoimet valittujen väittämien välillä olivat erittäin suuria (itseisarvoltaan 0,7–0,9).

SUS-vastausten pisteytykset tehdään Brooken [7] mukaan niin, että positiivista korrelaatiota kuvaavissa kysymyksissä vastausten pisteluvusta vähennetään yksi ja negatiivista korrelaatiota kuvaavista kysymyksistä maksimista (5) vähennetään järjestysluvun osoittama pistemäärä (esim. 5–3). Tämän jälkeen pisteet lasketaan yhteen ja kerrotaan 2,5:lla, jolloin saadaan kysymyssarjojen pisteytys.

2.2.2. Kurssitulosten vertaaminen eri kadettikurssien kesken

Kurssitulosten kehittymistä voidaan tutkia vertaamalla keskenään kurssien loppukokeiden keskiarvoja, joita voidaan mitata muun muassa mediaanitestillä, kovarianssianalyysilla, varianssianalyysillä, t-testillä ja t-testin parametrittomalla vastineella eli U-testillä. Samaa asiaa voidaan tutkia useilla eri menetelmillä; eräs jako voidaan tehdä parametrisiin ja parametrittomiin menetelmiin. [26, 57]

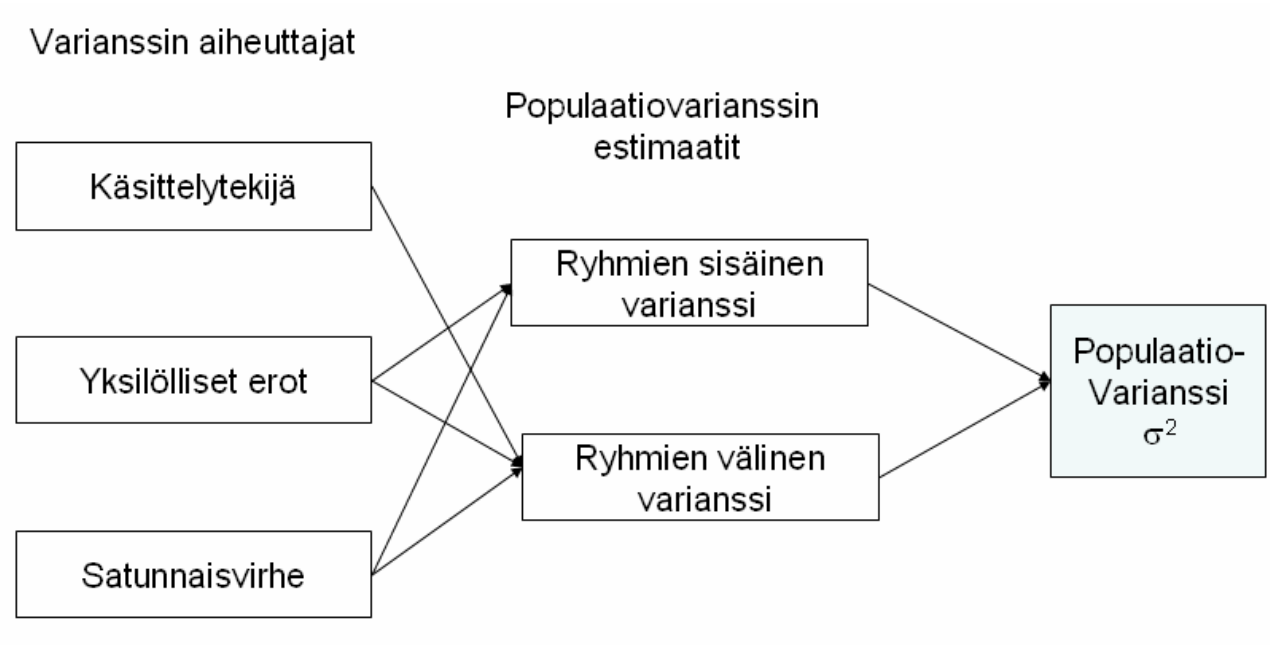
Tässä tutkimuksessa käytettiin tutkimusmenetelmänä kovarianssianalyysiä, sillä sen avulla voidaan pienentää tilastollisin menetelmin tutkimuksessa olevaa kohinaa. Toisaalta käytetyn opetusmuodon vaikutusta lopputesteihin eri ryhmissä voidaan verrata järkevästi vertaamalla loppukokeiden ratkaisuosuuksia kovariaattiin eli lähtötasokokeeseen, jonka tulee korreloida loppukokeen kanssa. [57]

Kovarianssianalyysi kurssitulosten vertailussa

Kovarianssianalyysi on Metsämuurosen [57] mukaan eräs varianssianalyysin laajennus, jossa mittauksissa syntynyttä vaihtelua pyritään pienentämään rajoittamalla vaihtelua jonkin kovariaatin suhteen. Kovarianssianalyysin peruskysymykseksi muotoutuukin ryhmien välisten keskiarvojen erojen määrittäminen, kun muuttujien arvoja on korvattu kovariaatin antamalla lisäinformaatiolla.

Yksisuuntaisen varianssianalyysin (kuva 15) perusidea on Nummenmaan [68] mukaan tarkastella muuttujissa havaittavaa hajontaa eli varianssia, jota esiintyy aineistossa ryhmissä sisäisesti, ja ryhmien välillä. Varianssia voivat aiheuttaa kokeellisen käsittelyn erilaisuus eri ryhmissä, ryhmissä olevien henkilöiden väliset erot sekä kontrolloimaton mittauksissa esiintyvä tekijä eli

satunnaisvirhe. Varianssianalyysi pyrkii selvittämään ryhmien välisen vaihtelun suhdetta ryhmien sisäiseen vaihteluun, mitä tutkitaan yleisesti F-testin avulla.



Kuva 15. Yksisuuntaisen varianssianalyysin perusidea Nummenmaan mukaan. [68]

Varianssianalyysin toteutumiselle on Metsämuurosen [57] mukaan kolme keskeistä oletusta, joiden pitäisi toteutua. Havaintojen pitää olla riippumattomia, jakaumien muodon pitää olla riittävän normaali ja ryhmien varianssien pitää olla yhtä suuret.

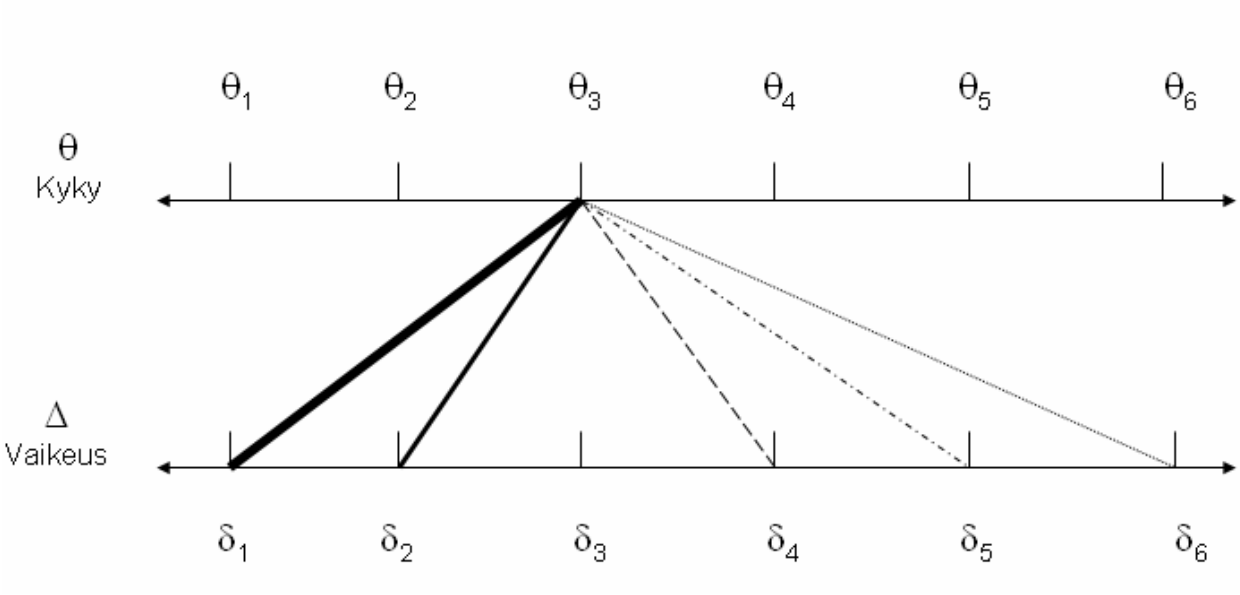
Kovarianssianalyysin ideana on verrata tutkittavan muuttujan arvoja satunnaisesti suoritetusta kokeesta kovariaattiin, joka tässä tutkimuksessa tarkoittaa lähtötasokokeen tuloksia. Edellä mainittuja suureita voidaan mallintaa lineaarisen rakennemallin avulla, mistä voidaan muodostaa lineaariseen regressioon perustuva kovarianssianalyysin rakennemalli. Rakennemallissa on otettu huomioon kovariaatin tuoma lisätieto, joka saadaan

erillisen korjauskertoimen sekä yksittäisten havaintoarvojen ja yleiskeskiarvon erotuksen tulosta. [77]

Lopputestin pisteiden vastaavuus toisiinsa nähden eri kadettikursseilla

Tutkimuksessa eräs mielenkiinnon kohde oli eri opetustyylien vaikutus kurssituloksiin, ja sitä tässä tutkimuksessa lähestyttiin kovarianssianalyysin kautta vertaamalla kahden kadettikurssin identtisiä lähtötasokokeita paralleeleihin loppukokeisiin. Tässä tutkimuksessa olisi ollut ongelmallista verrata suoraan kadettikurssien 90 ja 92 loppukokeiden pistemääriä keskenään, sillä kokeet olivat erilaiset. IRT:llä (osiovasteteoria, Item Response Theory) voidaan kokeiden pistemääriä estimoida sekä osioiden vaikeustason että oppilaiden kyvyn mukaan, jolloin eri kokeiden pistemäärät voidaan määrittää vastaamaan toisiaan. [57].

Latentin piirteen tai kyvyn taustalla on kysymys siitä, mittasivatko laaditut testit juuri sitä mitä haluttiin eli matemaattista osaamista ilmailun kontekstissa. Latenttia muuttujaa merkitään yleensä θ:lla. Tässä tutkimuksessa lopputesteillä haluttiin mitata opetussuunnitelman (liite 2) mukaisia matematiikan osa-alueita ,ja matemaattinen osaaminen voidaan merkitä θ:lla. Latentin ominaisuuden määrä määrittää todennäköisyyden, jolla vastaaja vastaa tietyllä tavalla, ja osiovastauksen todennäköisyys riippuukin vastaajan latentin ominaisuuden suuruudesta (kuva 16). [57]



Kuva 16. Vastaustodennäköisyyden riippuvuus osion vaikeudesta ja vastaajan kyvystä. [57]

Tässä tutkimuksessa käyttökelpoisimmaksi IRT-malliksi osoittautui 1-parametrinen polykotominen malli, koska tutkimuksessa arvioitiin vain opiskelijoiden matemaattisen osaamisen tasoa eri kadettikursseilla. Mallin avulla dikotomisesta Raschin mallista [102] on johdettu polykotominen eli monia vastausvaihtoehtoja (esim. 0, 1, 2, 3, 4,..) huomioiva malli PCM (Partial Credit Model) [71]. PCM:lla voidaan näin ollen estimoida mahdollisimman luotettavasti osioiden vaikeutta ja samanaikaisesti vastaajien kykyä vastata osioihin keskenään [102]. Tässä tutkimuksessa käytetyllä 1-parametrisella PCM:lla täytyy ensimmäiseksi laatia matriisiotannan rakenne ja kiinnittää eri versioissa olevat ankkuritehtävät vastaamaan toisiaan.

CML-menettelyllä (conditional maximum likelihood) estimoidaan osioiden (tehtävien) vaikeustaso muihin osioihin nähden. [102] Ongelmana tässä menettelyssä on se, että tavallinen suurimman uskottavuuden menetelmä ei toimi osioparametrien estimoinnissa, koska se johtaa tarkentumattomiin osion

vaikeustasoa kuvaaviin parametrien estimaatteihin. Osioparametrien estimaatit voidaankin ratkaista ehdollistamalla uskottavuusfunktio.

Ehdollisen suurimman uskottavuuden menetelmän ideana tai perusajatuksena on Kiviniemen [38] mukaan estimoida osioparametrit (beta) erikseen, ehdolla, että oppilasparametrit (theta) tunnetaan. Oppilasparametreja ei varsinaisesti tunneta, mutta tämä oletus mahdollistuu sillä, että oppilaan saama kokonaispistemäärä on tyhjentävä tunnusluku oppilasparametrille. Näin ollen voidaan kirjoittaa auki niin sanottu ehdollinen uskottavuusfunktio (ehdollistettuna oppilaspistemäärillä) ja ratkaista tästä numeerisin menetelmin (esim. Newton-Raphson algoritmi) tarkentuvat estimaatit osioparametreille.

MML-menettelyllä estimoidaan oppilaiden latentin osaamisen tason keskiarvo ja keskihajonta kunkin version osalta. Estimointi perustuu niin sanottuun marginaaliuskottavuusfunktioon, josta voidaan ratkaista oppilasparametrit numeerisin menetelmin, jos osioparametrit tunnetaan. Jos ne ovat tuntemattomia, ne voidaan korvata osioparametrien CML-estimaateilla. [38]

Viimeisenä estimointina tässä mallissa määritetään otoksen vapaan osaamisen taso eri versioissa osioiden vaikeutta ja latenttia osaamista kuvaavien jakaumien keskiarvojen ja keskihajontojen perusteella. Tämän jälkeen eri versioiden pistemäärät voidaan skaalata samalle asteikolle. [102]

Testien toistettavuus l. reliabiliteetti

Toistettavuutta mitataan yleensä ottaen kahdella menetelmällä, joko testi-uusintatestimentelmällä tai mittaamalla mittarin sisäistä yhtenäisyyttä eli konsistenssia. [57] Tässä tutkimuksessa toistettavuutta tarkasteltiin käyttäen Cronbachin alfaa, jota on käytetty hyvin paljon määriteltäessä tilastollisten

tutkimusten toistettavuutta. Muita vastaavia, kenties tarkempia, ovat faktorianalyysiin perustuvat menetelmät (mm. Tarkkonen) [57].

Korkea reliabiliteetti kertoo Metsämuurosen [57] mukaan käytetyn mittarin mittaaman tiedon samanlaisuudesta sekä siitä, että samat ihmiset vastaavat samalla tavalla toisellakin mittauskerralla. Reliabiliteetti kertoo myös mittarin erottelu- ja luokittelukyvystä.

Cronbachin alfa reliabiliteetin mittaajana

Alfan käyttö reliabiliteetin mittarina perustuu siihen, että mittauksessa käytetyn aineiston osioiden mitatessa samaa asiaa osiot ovat konsistentteja keskenään. Laskettaessa alfaa mittari ositetaan, eikä osien tarvitse olla samansuuruisia. Metsämuurosen mukaan ositusten, split-halfien, korrelaatioiden keskiarvon voidaan ajatella olevan haluttu kerroin alfa [57]. Alfalle ei ole yhteisesti hyväksyttyä alarajan arvoa. Metsämuurosen mukaan hyväksyttynä alarajana voi pitää 0.60, kun taas Heikkinen [22] on valinnut väitöskirjassaan alfan alarajaksi 0.70.

Cronbach käsittelee artikkelissaan [10] alfan laskemiseen liittyviä tekniikoita ja ajatuksia, joita hänellä on ollut reliabiliteettitarkasteluissa. Eräs näistä perusajatuksista liittyy matriisitarkasteluun, jossa henkilökohtaisesti saavutetut osiopisteet muodostavat matriisin. Vehkalahti [103] kritisoi voimakkaasti alfan käyttöä, ja hän sanookin sen käytön antavan reliabiliteetin alarajan. Hänen mukaansa Tarkkosen faktorianalyysiin perustuva reliabiliteetin laskutapa antaa tarkemman reliabiliteetin arvon.

3. Tutkimustulokset

Tutkimuksessa pystyttiin vastaamaan asetettuihin kolmeen tutkimusongelmaan, joita tutkittiin edellisessä kappaleessa mainituilla menetelmillä.

3.1. Verkko-opetusmallin kehittämisprosessi

Opetuksen lähtökohdat olivat opetussuunnitelmassa (liite 2), jonka tutkija laati uuteen upseerikoulutukseen. Opetussuunnitelman pohjana olivat ennen kaikkea sellaiset sisällöt, jotka palvelivat mahdollisimman hyvin monentasoisen joukon tarpeita ilmavoimien [88] kontekstissa. Lähtökohtina olivat erityisesti materiaalin kontekstuaalisuus ja monipuolisuus sekä verkkokurssin yhteisöllisyys ja reflektiivisyys, jotka otettiin huomioon sisällöissä ja laskuharjoituksissa. Verkkoon vähitellen siirretty materiaali oli varsinkin kadettikurssilla 92 hyvin monipuolinen ja laaja, ja siitä pystyi halutessaan valitsemaan itselleen sopivan materiaalin. Verkkokurssi kehittyi vähitellen kadettikurssille 92, minkä kehityksessä oleellisia piirteitä olivat aikaisemmin käytössä olleet verkko-opetusmallit (1.4), koulutusportaalin käytettävyyttä mitanneet SUS-kyselyt (1.6.4, 3.2) ja verkkokeskustelut sekä tutorpäiväkirjat (2.1.3, 3.1.2).

3.1.1. Oppimateriaalin kehittämisprosessi

Kurssien alussa kadetit saivat kirjallisen materiaalin, joka perustui täysin opetussuunnitelmassa olleisiin sisältöihin. Tämän lisäksi kadettikurssilta 90 lähtien verkossa olleen materiaalin rooli korostui ja kirjallisen materiaalin merkitys väheni. Verkkoympäristössä käytetyn oppimateriaalin kehittämisessä

oli taustalla kappaleissa 1.5.2 ja 1.6.5 olleet ajatukset, joissa on käsitelty muissa verkkoympäristöissä olleiden materiaalien jakoa (kirjallinen ja sähköinen), hyödynnettävyyttä, ongelmia ja kehittämislähtökohtia.

Oppimateriaalin kehittämisen lähtökohtia

Ilmavoimien kadettien, tulevien ilmavoimien virkamiesten, työskentelyä ohjaavat erilaiset puolustusvoimien sisäiset ohjeistukset ja määräykset, joiden pohjalta virkamies pyrkii tekemään työelämän ratkaisuja. Kadeteille laadittu matematiikan oppimateriaali perustui osaltaan näihin määräyksiin ja ohjeistuksiin, joita lentokonetyössä toimiva virkamies joutuu noudattamaan. Muun muassa tällä tavoin oppimateriaalin tavoitteena oli tukea kadettien kontekstuaalista (1.6.2) oppimista ja vahvistaa heidän kuulumistaan ilmavoimien yhteisöön (1.6.3).

Oppimateriaalia kehitettäessä tavoitteena ei ollut kehittää puhtaan matemaattista aksioomiin ja niiden todisteluun keskittyvää kokonaisuutta, vaan kehitetty materiaali pyrki olemaan hyvin soveltavaa. Ajoittain se oli hyvin lähellä fysiikkaa ja fysiikan matemaattisia sovelluksia käsittelevää. Näin ollen tutkijan mielestä materiaali tuki paremmin kontekstuaalista (mm. Wenger [106], Mezirow [58], Korhonen [40]) oppimista, koska esimerkit olivat suoraan muun muassa ilmavoimien ohjekirjallisuudesta [16] ja oppikirjoista [46] kuin käyttöympäristöstään irrallaan oleva puhtaan teoreettinen matematiikka.

Kirjallinen materiaali

Kirjallisen materiaalin sisältö keskittyi kolmeen pääteemaan, jotka opetussuunnitelmaa laadittaessa katsottiin tarpeelliseksi ilmavoimallisessa ympäristössä: lukualueisiin ja funktioihin, derivaattaan ja

todennäköisyyslaskentaan. Alkuosa kirjallisesta materiaalista käsitteli lähinnä kertauksenomaisesti matematiikan perustietoja, joita kuitenkin sovellettiin kadettien ympäristöön. Esimerkiksi ilmanvastuksen muuttuminen nopeuden kasvaessa (kuva 18) on toisen asteen funktio, mitä oli hyvä soveltaa kerrattaessa polynomifunktioita.

Lukualueet käsiteltiin kirjallisessa materiaalissa lähinnä lukumuunnoksina binääri-, oktaali- ja heksadesimaalilukujen välillä, sillä Hornetien tulon myötä lentokoneiden toiminnassa tietokoneet ja erilaiset koodijärjestelmät tuottavat dataa lukujärjestelmiin pohjautuen (esim. kuva 17). Näin ollen datan tulkinta ja analysointi ovat tärkeitä järkevien johtopäätöksien tekemiseksi saadusta datasta.

A1-F18AC-FIM-100 **(FI)004 00**

Page 26

Table 25. MSB Value ±45

UNIT ADDRESS:			REF CODE:										ACCESS CODE:					
OCTAL DATA READOUT																		
BINARY BIT FORMAT			15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
BINARY WORD																		

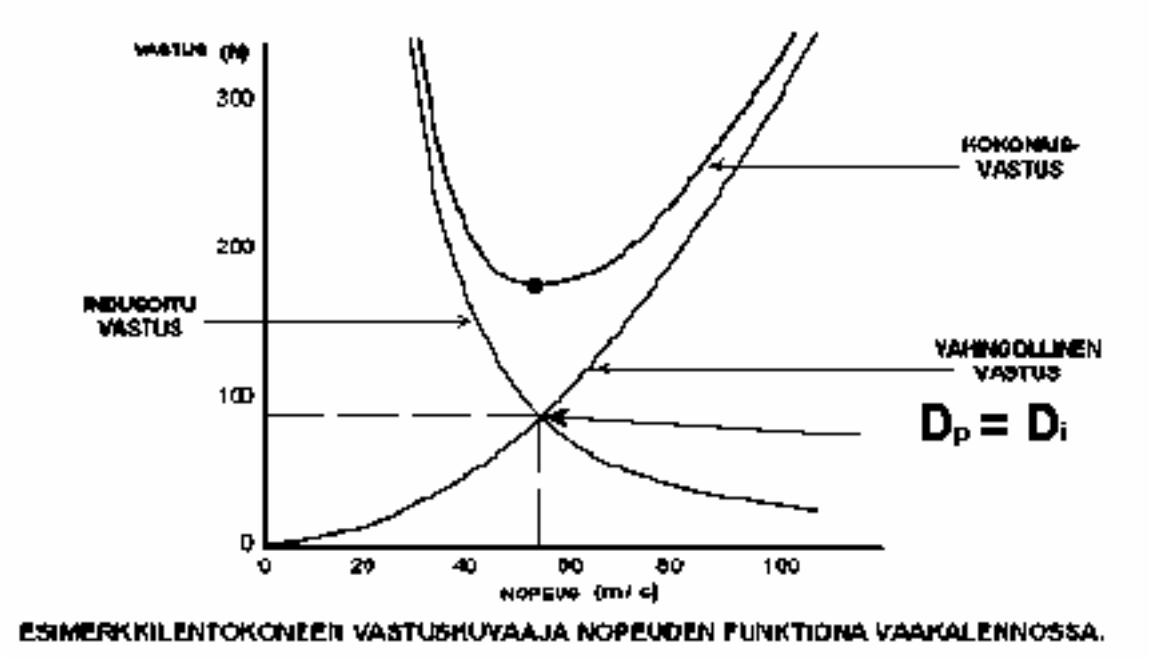
Scaling shown is for MSB value position of bit 15. If memory inspect table establishes a different MSB position, shift MSB value to that bit to determine the decimal range of reference code. The sign of the MSB value is defined in the memory inspect table. Algebraically add the decimal value for each binary 1 in any position.

	BIT	SIGN	VALUE
LSB	0	+	0.001373
	1	+	0.002746
	2	+	0.005493
	3	+	0.010986
	4	+	0.021972
	5	+	0.043945
	6	+	0.087890
	7	+	0.175781
	8	+	0.351562
	9	+	0.703125
	10	+	1.40625
	11	+	2.8125
	12	+	5.625
	13	+	11.25
	14	+	22.6
	15	±	45
MSB			

DECIMAL VALUE =

Kuva 17. Esimerkki lukumuunnoksien soveltamisesta ilmavoimalliseen kontekstiin. [16]

Derivaatan käsite sisältyy lentoteknillisessä ympäristössä ja lentoympäristössä (rasitukset, lentotilat, yms.) niin moneen asiaan, että sen katsottiin kuuluvan opetussuunnitelman ytimeen. Asiaa ei lähestytty erotusosamäärien vaan ääriarvojen kannalta, jolloin esim. maksimi- ja minimiarvoista voidaan päätellä muun muassa lentokoneiden keston kannalta tärkeitä tai lentotilaan liittyviä tärkeitä asioita (esim. kuva 18).



Kuva 18. Kokonaisvastuksen muuttuminen nopeuden muuttuessa. [46]

Todennäköisyyslaskennan perusteiden oppiminen liittyy kadettien matematiikan opetuksessa läheisesti tulen tehon laskentaan, joka on sotilaallisissa operaatioissa keskeinen asia tehokkaassa ja niin kutsutussa taloudellisessa sodankäynnissä. Yhä lisääntyvät simulaatiot ja mallinnukset sekä niihin liittyvät todennäköisyydet olivat myös lähtökohtana suunniteltaessa matematiikan kurssia kadeteille. Taulukossa 4 on esimerkkejä kirjallisesta kurssimateriaalista.

Taulukko 4. Todennäköisyyslaskennan esimerkkejä matematiikan kirjallisesta kurssimateriaalista. [55]

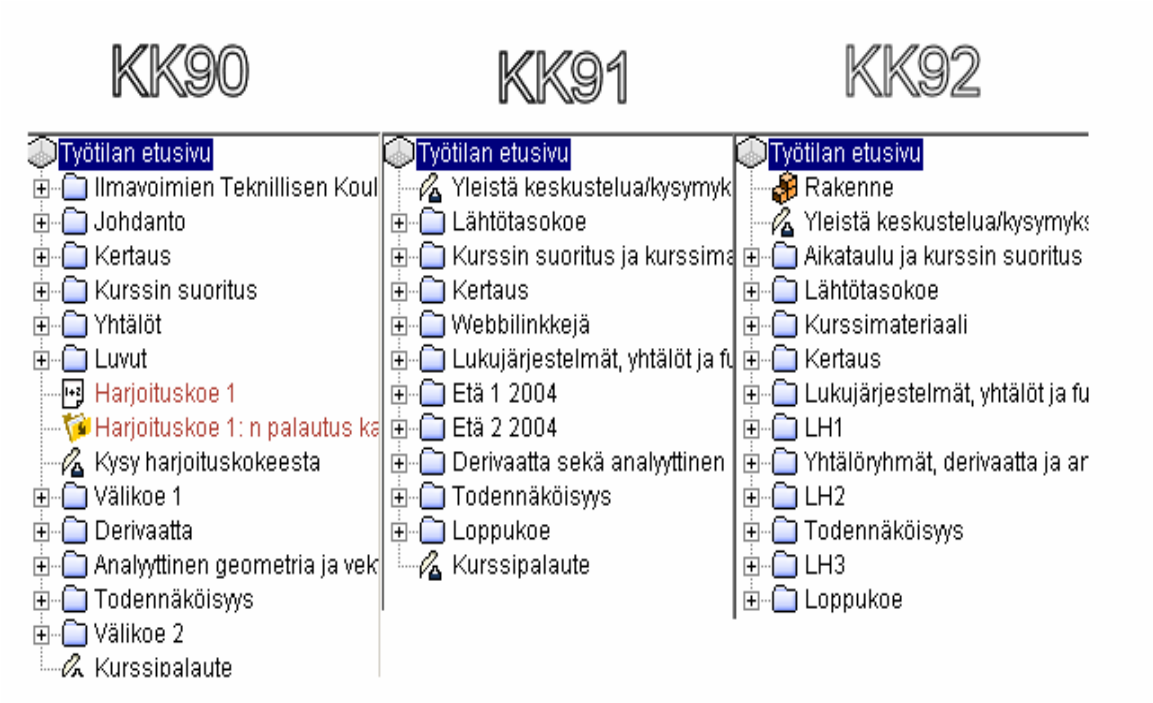
8. Olkoon yhden laukauksen osumistodennäköisyys 0.6 ja osuneen laukauksen tuhoamistodennäköisyys 0.9. Millä todennäköisyydellä yksi laukaus tuhoaa maalin?
9. Ammutaan samoilla ampuma-arvoilla kolme laukausta, joiden jokaisen osumistodennäköisyys on 0.6. Millä todennäköisyydellä saadaan täsmälleen 0, 1, 2 tai 3 osumaa? 10. Pistemaalin taakse iskevän laukauksen todennäköisyys on 0.6 ja eteen iskevän laukauksen 0.4. Ammutaan samoilla ampuma-arvoilla 4 laukausta. Millä todennäköisyydellä saadaan 3 iskemää eteen ja yksi taakse?
11. Maantietukikohtaa tulitetaan ammuksilla, joiden osumistodennäköisyys tukikohtaan on 3 %. Tukikohta tuhoutuu kolmesta osumasta. Kuinka monta laukausta on ammuttava, jotta tukikohta tuhoutuisi yli 85 %:n todennäköisyydellä?

Verkkomateriaali

Staupe ja Hernes [84] ja Yanes [110] käsittelevät artikkeleissaan verkko-oppimisympäristöä kokonaisuutena, josta verkkomateriaali on vain yksi osa kokonaisuutta. Tutkimuksessa kehitetyssä mallissa verkossa ollut materiaali tuki opetussuunnitelman mukaista tavoitetta luennolla jaetun kirjallisen materiaalin lisäksi, joka oli tosin saatavissa myös verkosta.

Kadettikursseilla 90, 91 ja 92 koulutusportaalissa ollut materiaali koostui luennoilla käytetystä opettajan tekemästä kirjallisesta materiaalista,

videoleikkeistä sekä monipuolisista web-linkeistä, joissa osa oli virtuaalista matematiikkaan liittyvää graafista harjoitusmateriaalia.



Kuva 19. Kooste koulutusportaalissa olleesta matematiikan kurssimateriaalista ilmavoimien kadettikursseille 90–92.

Sähköisellä materiaalilla pyrittiin paikkamaan kirjallisessa materiaalissa olleita puutteita asianmukaisilla web-linkeillä tekemällä verkkokurssin rakenne hierarkkisiksi poluiksi (kuva 19, vrt. Mäyrä [62]), jolloin opiskelijat saivat tarvitessaan täydentää omassa osaamisessaan olleita aukkoja tätä kautta loogisesti helpommasta asiasta vaikeampaan edeten. Sähköisiksi lähteiksi pyrittiin valitsemaan vain ko. asiaa tukevat tunnettujen tekijöiden lähteet, jolloin voitiin varmistua käytetyn materiaalin laadusta (1.6.5). Toisaalta opettajan arvostuksia (Aalto [1], 1.6.5) matematiikan erilaisten lähestymistapojen (teoria vs. soveltava) suhteen pyrittiin välttämään hakemalla verkkototeutukseen lähdemateriaaleiksi pelkästään opetussuunnitelmaa hyvin

tukevia luotettavia lähteitä (vrt. [98]), jolloin koko kursseilla käytetty materiaali oli mahdollisimman monipuolista (vrt. [33]) ja luotettavaa.

3.1.2. Opetuksen kehityssyklit kadettikursseilla 90, 91 ja 92

Upseerikoulutuksen uudistuessa edellisen kerran kadettikurssille 88 ilmavoimiin tuli lisää uusia linjoja ohjaajalinjan lisäksi. Tämä asetti uudet haasteet opettamisen järjestämiselle, sillä kadettien joukko tuli entistä heterogeenisemmaksi tiukkaan seulottuun ohjaajalinjaan verrattuna. Tutkija hakeutui juuri tällöin puolustusvoimiin töihin, ja erääksi vastuualueeksi tuli verkko-opetuksen ja matemaattisluonnontieteellisten aineiden opetuksen kehittäminen ilmavoimissa. Tästä syystä tutkija alkoi kehittää ilmavoimien kadettien perusopetusta ottaen matematiikan kurssin tutkimuksen lähtökohdaksi ja pilottikurssiksi, koska kurssin sisältö oli hyvin matematiikkaa soveltavaa ja mielenkiintoista tekniikan opetuksen kannalta (ks. liite 1, 2 ja 3).

Kadettikurssi 89:n opetuksesta

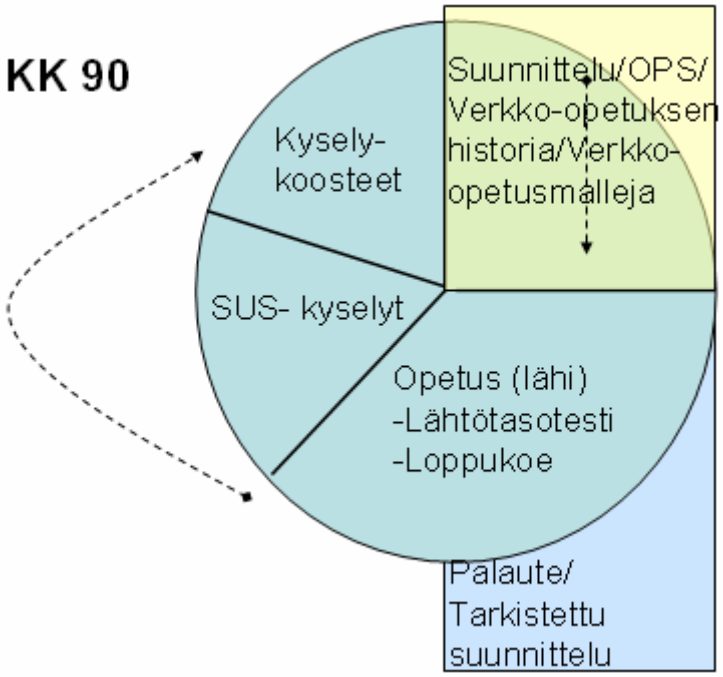
Tässä tutkimuksessa kehitetyn verkko-opetusmallin taustalla olevat ajatukset alkoivat kehittyä kadettikurssi 89:n aikana, jolloin tutkija opetti ensimmäisen kerran matematiikan perusopinnot ilmavoimien kadeteille. Opetuksesta saatujen kokemusten perusteella ja esimiesten innoittamana alkoi opetuksen kehittäminen vaiheittain verkko-opetuksen suuntaan, jotta perinteisen lähiopetuksen sijaan opetus voitaisiin järjestää tehokkaammin ja monipuolisempia menetelmiä käyttäen kuin aikaisemmin.

Kadettikurssilla 89 opetus oli pelkästään lähiopetusta, koska tutkija opetti ensimmäistä kertaa ilmavoimissa. Tosin jo silloin heräsi ajatus tutkimuksen tekemisestä, joten otin lähiopetuskurssin lähtökohdaksi verkko-opetukseen

liittyvässä tutkimuksessa. Opetus noudatti perinteistä luento – harjoitukset – välikoe -kaavaa, mikä tuntui siinä tilanteessa kaikkein luontevimmalta tavalta opettaa matematiikkaa, koska opetusjärjestelyt muuttuivat jatkuvasti ja samanaikaisesti tiloja kunnostettiin.

Kurssin alussa pidettiin lähtötasokoe, jossa 75 % maksimipistemäärästä saaneet kadetit toimivat vapaaehtoisina tutoreina heikommin lähtötasokokeessa menestyneille opiskelutovereilleen. Varsinainen opetus tapahtui luennoilla, joita laskuharjoitukset tukivat. Opetusta ja oppimista testattiin välikokeilla.

Kadettikurssi 90:n opetuksen suunnittelu, toteutus ja kehitysideat



Kuva 20. Kadettikurssi 90:n matematiikan perusopetuksen kehityssykli.

Kadettikurssilta 89 saatujen kokemusten perusteella sekä Texasin yliopistossa ja Teknillisessä korkeakoulussa olleiden matematiikan verkko-opetuskokeilujen (1.5.2) innoittamana tutkija alkoi kehittää matematiikan verkkokurssia (kuva

20), jonka asiasisältöön vaikuttivat ennen kaikkea matematiikan opetussuunnitelmat. Suunnittelun apuna tutkija perehtyi verkko-opetuksen kehitysvaiheisiin (1.1 ja 1.2) sekä siviilikouluissa että joidenkin maiden sotilasopetuslaitoksissa ja rohkaistui kehittämään ilmavoimien kadeteille matematiikan verkko-opetusta. Verkko-opetuksen kehitysvaiheista on tärkeää huomata ajasta ja paikasta riippumaton opiskelu, mikä vaatii sekä opettajilta että oppilailta uudenlaista asennetta opiskeluun. Erityppiset kirjekoulut, radio-opetuskokeilut, teleopetus yms. ovat olleet pohjana nykyisille tekniikaltaan kehittyneemmille tavoille opettaa verkossa, mutta verkko-opetuksessa on nykyisinkin samoja piirteitä kuin 1800-luvun lopulla Chicagossa järjestetyssä etäopetuskokeilussa (1.1).

Jonassenin, Staupen ja Hernesin, Talleyn, Curdan ja Yanesin verkko-opetusmallit (1.5.2) tukivat tutkijan ajatuksia opiskelijan aktiivisesta roolista oppijana: verkko-opetusmallin tuli sisältää ilmavoimien kadeteille tärkeitä ominaisuuksia, kuten vahva yhteisöllisyys, kontekstuaalisuus ja reflektiivisyys (1.6). Vahva yhteisöllisyys muodostuu siitä, että kadetit sekä opiskelevat yhdessä että ovat paljon yhdessä vapaa-ajalla. Myös samanlainen vaatetus ja toimintatavat tukevat yhteisöllisyyttä.

Kadettien tuleva ura ja opiskelu on sidottu ilmavoimien kontekstiin, jota opiskeluaikana järjestettävät sotaharjoitukset vahvistavat. Kadettien vahva yhteisöllisyys tukee jatkuvaa reflektointia, sillä kadetit oppivat tuntemaan toisensa läpikotaisin ja oppivat oppitunneilla samalla antamaan ja ottamaan joskus hyvin suoraakin palautetta toiminnastaan toisiltaan ja opettajalta. Samalla kehitettävän verkko-opetusmallin tulisi olla käytettävyydeltään (1.6.4) hyvä, jotta sen käyttö opiskelussa olisi mielekästä.

Tutkija päätti toteuttaa kadettikurssi 90:n matematiikan kurssin lähiopetuksena saadakseen vertailupohjan tuleville verkko-opetusta enemmän käyttäville

kadettikursseille, joten koulutusportaali olikin tällä kurssilla lähinnä materiaalin ja informaation jakelukanava. Osa materiaalista oli myös ilmavoimien intranetissä, mikä aiheutti sekaannusta opiskelijoiden keskuudessa. Intranetin käyttö johtui siitä, että silloin ei vielä tiedetty tarkkaan koulutusportaalin käyttömahdollisuuksista opetuksessa ja opetus oli käytännössä lähiopetusta.

Aikaisemmin (1.5.3) on käsitelty verkko-opetuksessa olevia henkilörooleja, missä näkyy päällimmäisenä opettajan roolin muuttuminen tiedon jakajasta oppimisen ohjaajaksi, kun opettaja aktivoi opiskelijoita ottamaan vastuuta omasta oppimisestaan entistä enemmän. Samoin muiden ohjaajien, kuten tutoreiden, mentoreiden, vertaistutoreiden yms. merkitys oppimisessa lisääntyy. Tämän tutkimuksen aikana olleilla verkkokursseilla opettajan roolia pyrittiin muuttamaan oppimisen ohjaamisen suuntaan, jolloin opettajan apuna käytettiin lähtötasokokeessa hyvin menestyneitä kadetteja vertaistutoreina, joita muun muassa Maor [53] oli käyttänyt menestyksekkäästi omissa opetuskokeiluissaan.

Varsinainen opetus alkoi lähtötasokokeella, jossa 75 % maksimipistemäärästä saaneet toimivat vapaaehtoisina tutoreina lähtötasokokeessa heikommin menestyneille opiskelijoille. Opettajan ja kadettien väliseen kommunikointiin käytettiin sähköpostia (koulutusportaalin sisäinen milnet sekä muut sähköpostit), ilmavoimien sisäistä sähköpostia, koulutusportaalin keskustelupalstaa sekä puhelinta normaalin lähiopetuksessa tapahtuneen reflektoinnin sijaan, joten vuorovaikutus oli mahdollisimman joustavaa vallitsevissa olosuhteissa. Kurssilla oli kaksi välikoetta ja pisteytetyt laskuharjoitukset, jotka vaikuttivat kurssiarvosanaan (3.3).

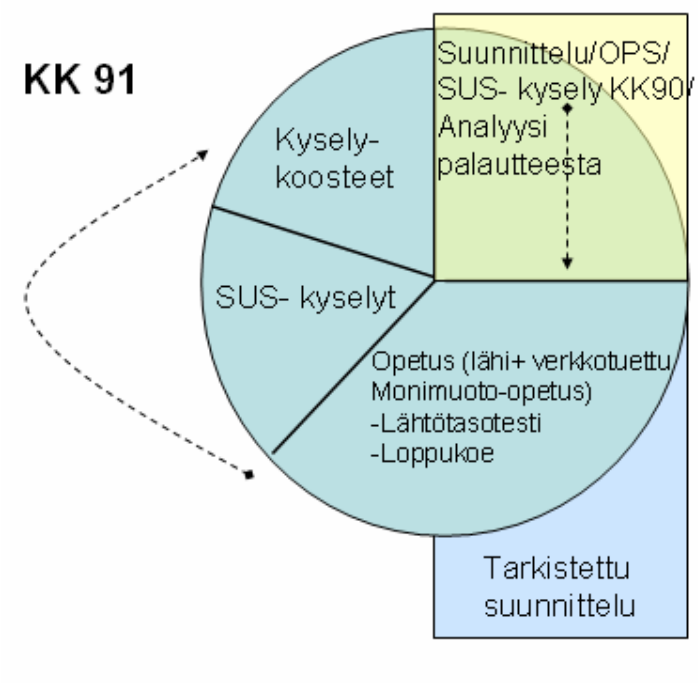
Koulutusportaaliin rakennetun matematiikan verkkokurssin perusajatuksena oli tukea pelkästään lähiopetuksena etenevää matematiikan opiskelua

vapaaehtoisena lisämahdollisuutena luento-opetuksen lisäksi, jota suurin osa käyttikin hyväkseen. Verkkokurssin rakenne oli hierarkkinen (1.6.5, kuva 19) ja eteni loogisessa toteutussuunnitelman (liite 1) mukaisessa kansioista koostuvassa järjestyksessä.

Verkko-opetusmallin käytettävyyttä testattiin SUS-kysymyssarjalla (3.2, 4.1.2 ja liite 7), josta saatujen palautteiden (liite 7) pohjalta kadetit kokivat verkkomallin melko johdonmukaiseksi ja helpoksi käyttää, joten tutkija päätti pitää verkkokurssin rakenteen lähestulkoon samanlaisena kaikilla kolmella tutkimukseen osallistuvalla kadettikurssilla. Kaikkein heikoimmaksi osaksi näytti muodostuvan opiskelun varmuus (liite 7, kysymys 9) koulutusportaalia – materiaalin ja informaation jakelukanava sekä vapaaehtoinen itseopiskelukanava – käytettäessä. Seuraavalle kurssille lisättiinkin vertaistutoreiden roolia parantamaan verkko-opiskelun tuomaa epävarmuutta, jotta verkko-opiskelun tuoma muutos lähiopetukseen ei olisi niin suuri.

Tutkijan/opettajan ja opiskelijoiden välinen reflektointi oli jatkuvaa ja hyvin välitöntä, jolloin muun muassa kirjallisessa materiaalissa olleita virheitä oli helppo korjata saadun palautteen pohjalta ja materiaalin luettavuus parani. Samalla kurssille annettua ohjeistusta pyrittiin selventämään saatua palautetta hyödyntäen, jotta seuraavalle kurssille saataisiin entistä paremmin toimiva kokonaisuus.

Kadettikurssi 91:n opetuksen suunnittelu, toteutus ja kehitysideat



Kuva 21. Kadettikurssi 91:n matematiikan perusopetuksen kehityssykli.

Opetus kehittyi kadettikurssi 91:llä (kuva 21) aikaisempiin lähiopetuskursseihin verrattuna entistä enemmän verkko-opetukseksi, mutta opetussuunnitelman sisältöön ei tehty muutoksia vaan kurssin toteutustapaa muutettiin, jotta verkko-opiskelusta saataisiin lisää käyttökokemuksia. Edellisen kadettikurssin kokemusten perusteella lähtötasokokeessa hyvin menestyneiden kadettien osuutta verkkokurssin toteutuksessa lisättiin velvoittamalla heidät ohjaamaan heikompia kollegojaan paremmin siten, että vertaistutorit suorittivat laskuharjoitukset ohjatessaan muita ja saivat näin suoritusmerkinnän. He pitivät samalla kurssin lopussa palautettavaa laskuharjoituspäiväkirjaa.

Verkkokeskusteluista ja tutorpäiväkirjoista saatujen palautteiden pohjalta teemoiksi [61, 54, 75, 83] nousivat käytännön järjestelyjen toiminta (tietotekniset toiminnat, oppimateriaali ja yleinen toteutus) ja varsinainen tehtävien tekeminen sekä tutorien omat kokemukset tutortoiminnasta. Koska

verkkokokeilu jäi tällä kadettikurssilla yhden etälaskuharjoituksen mittaiseksi eikä kadeteilla ollut pakkoa osallistua verkkokeskusteluihin, kadettien verkkokeskustelukommenttien vähäinen määrä (n=11) lienee johtunut juuri näistä syistä. Verkkokeskusteluista on otettu esimerkkejä kadettien kommenteista jokaista pääteemaa koskien sekä opettajan vastauksia, joista on otettu kuhunkin teemaan liittyen kuvaavimmat esimerkit.

Käytännön järjestelyt

Verkkokeskustelujen palautteiden perusteella käytännön järjestelyt -pääteema jakautui kolmeen alateemaan (vrt. Pietilä [75]), mitä tukivat oppimateriaalia, tietoteknisiä toimintoja ja yleistä toteutusta koskeneet kommentit.

Palaute oppimateriaalista

Varsinainen matematiikan luento-opetus pidettiin kadettikurssi 90 :n tapaan lähiopetuksena, minkä lisäksi laskuharjoitukset suunniteltiin pidettäväksi verkon kautta tapahtuvina vertaistutoreiden vetäminä tilaisuuksina. Kirjallisen materiaalin laadinta jäi melko lähelle kurssin alkua ja sitä kehitettiin vaiheittain. Tämän vuoksi kadettikurssin johtajan ja tutkijan välillä ei tieto siirtynyt tarpeeksi hyvin, ja kurssin alkaessa kadeteilla oli materiaalista eri versio kuin opettajalla, mikä aiheutti epämääräisyyttä.

Verkkokeskusteluissa palaute (3/11) liittyi oppimateriaalin epätäsmällisyyteen. Kadetit kommentoivat verkkolaskuharjoituksen aikana muun muassa seuraavasti:

Kadetit:

" … meillä on edelleen eri luentomoniste kun sulla siellä eli tehtävänumerot ja -sivut ei pidä paikkaansa. Ei löydetä oikeita tehtäviä."

"…yhtä tehtävää emme löytäneet…"

"… rakenne on harmittavan epäselvä…"

Opettaja:

"… käymme ko. tehtävät läpi ensi kerralla…"

Palaute tietoteknisistä toiminnoista

Opetusjärjestelyjä sotki erityisesti uusien opetustilojen valmistuminen Ilmasotakouluun Tikkakoskelle, jolloin kadettien käytössä olevia tietokoneita ei puuttuvien internetyhteyksien vuoksi ollut riittävästi. Kadettien majoitustiloissa ei myöskään ollut mahdollista käyttää internetiä, joten matematiikan kurssilla ollut verkko-opetusosio epäonnistui osittain. Suunnitelmassa etäopetuksena pidetyksi aiotut kolme etälaskuharjoitusta supistuivat vain yhteen eli ensimmäiseen laskuharjoitukseen. Sen jälkeen edettiin opetuksessa perinteiseen luento-opetukseen ja vertaistutoravusteisiin lähiopetuksena pidettyihin laskuharjoituksiin nojautuen, toisin sanoen opettaja oli paikalla, mutta tutorit ohjasivat omaa vertaisryhmäänsä.

Palaute (4/11) koski puutteellisia internetyhteyksiä, minkä vuoksi opiskelijoiden kommentit jättivät seuraavan verkkokurssin toteuttamiseen mietittävää.

Kadetit:

"… tämä Tikkakosken verkkotilanne on tällä hetkellä käytännössä puhdas nolla eli ainoat toimivat koneet ovat remonttiin menevässä rakennuksessa …"

".. verkko-opiskelusta ei tule tällä hetkellä käytännössä oikein mitään …"

"… todella harvalla meistä on toimiva pääsy KOPO:on …"

"… milnet-sähköpostini ei ole toiminut…"

Opettaja:

"…näyttäähän tuo toimivan jollakin tavalla. Pitää miettiä asiaa…"

"…oletko lukenut sähköpostiasi viime aikoina. Laitoin viestin sinne…"

Palaute yleisestä toteutuksesta

Kurssin mekaanisessa suorittamisessa ei tapahtunut radikaalia muutosta aikaisempiin kursseihin verrattuna. Ainoa muutos oli kahdesta välikokeesta luopuminen ja loppukokeeseen siirtyminen. Verkko-oppimisympäristössä käytettiin verkossa tehtävissä ja sinne palautettavissa etälaskuharjoituksissa monipuolista keskustelupalstaa, jolloin opettajan ollessa etäpisteellä Ilmavoimien teknillisessä koulussa Hallissa pystyin keskustelupalstan välityksellä ohjaamaan ja neuvomaan kadetteja. Keskustelupalstan lisäksi kurssilla oli käytössä normaali sähköposti ja puhelinyhteys, jotka olivat laskuharjoituksessa myös käytössä.

Kadettien antama palaute (3/11) liittyi kurssin yleisessä toteutuksessa olleisiin epäselvyyksiin tai toimintatapoihin.

Kadetit:

"…mitäs tehtäviä tänään pitää tehdä…"
"…mites se nyt meni kun toi portaali vähän vihjailee, että tehtävät pitäis tehdä nettiin eikä paperille…"
"…suosittelen ja pyydän, että seuraavalla kerralla jaetaan tehtävät paikanpäällä paperilla…"

Opettaja:
"… palauttakaa laskuharjoitukset seuraavalle kerralle paperiversiona…"

Tehtävien tekeminen

Tehtävien tekeminen sujui verkkokommenttien (1/11) perusteella normaalilla tavalla, mitä tukee myös vertaistutorien päiväkirjoissaan antamat kommentit (kpl vertaistutortoiminta).

"… kaikki tehtävät on tehty, joten hyvin menee…"

Vertaistutortoiminta

Vertaistutoreiden käytön ajateltiin lisäävän yhteisöllisyyttä ja reflektointia matematiikan opetuksessa, jolloin opettajan ja opiskelijan välinen auktoriteettiongelma ei häiritsisi niin paljon oppimista vaan kysymykset olisi helpompi tehdä vertaiselleen opiskelijalle. Vertaistutorien päiväkirjoista (3 A4 sivua) ilmenee samoja pääteemoja kuin verkkokeskusteluissakin: käytännön järjestelyt ja tehtävien tekeminen. Edellä mainittujen teemojen lisäksi päiväkirjoissa tutorit pohtivat omaa oppimistaan ja omaa rooliaan toisten ohjaajina. Kaikki viisi tutoria palauttivat päiväkirjat.

Käytännön järjestelyt

Päiväkirjoissa kurssin käytännön järjestelyt saivat samansuuntaista palautetta kuin verkkokeskusteluissa, mikä oli sinänsä odotettuakin. Oppimateriaalissa esiintyneet puutteet sekä tietotekniset ongelmat ja kurssin yleinen toteutus saivat melko voimakastakin kritiikkiä, mikä ilmenee vertaistutoreiden kommenteista:

"… tutoreille olisi pitänyt selittää opiskelun kulku ja toimintamenetelmät juurta jaksain …"
"… olisi parempi, jos opettaja teettäisi opiskelijoiden materiaalin kuntoon ennen kurssin alkua …"
"… harjoittelu annetulla materiaalilla oli hankalaa, kunnes saimme korjatun version…"
"…nettiopiskelu ei oikein toiminut…"

Kurssin loppupuolella pidettyjä, alun perin etälaskuharjoituksiksi tarkoitettuja mutta lopulta lähiopetuksena pidettyjä laskuharjoituksia vertaistutorit pitivät onnistuneina.

"… se, että osaa matematiikkaa ei vielä tee hyvää tutoria …"
"… tällöin oppiminen ei ollut pelkästään oman ja tutoreiden varassa …"
"… lopussa pidetyt oppitunnit ja niiden jälkeiset harjoitukset oli paljon parempi järjestely …"

Tehtävien tekeminen

Tutorien kokemukset ryhmänsä kadettien tehtävien tekemisestä etälaskuharjoituksessa vaihtelivat, mikä ilmenee tuoreiden kommenteista:

"..ensimmäiset itseopiskelut menivät reisille, koska verkossa ei osattu tehdä mitään…"

"… ryhmätyöskentely sujui hyvin ja kaikki saivat tehtyä tehtävät ajoissa…"

"… ryhmän toiminta alkoi hyvin, saimme tehtyä kaikki saamamme tehtävät …"

Tutoreiden oma oppiminen

Tutorit tekivät kurssin läpäisyyn vaikuttaneita laskuharjoituksia ohjaamalla toisia kadetteja etälaskuharjoituksissa, mikä osoittautui melko haasteelliseksi tehtäväksi. Matematiikkaa he eivät juuri oppineet lisää, sillä kurssi oli tarkoitettukin aikaisemmin (lukiossa) opittujen asioiden kertaamiseen ja soveltamiseen.

"... matematiikkaa en voi sanoa paljon oppineeni, ihmissuhdetaitoja kylläkin …"

"… oma oppiminen keskittyi lähinnä vanhojen asioiden kertaamiseen …"

"… itsellekään ei kaikki asiat muistuneet mieleen tuosta vaan…"

Tutoreiden kokemuksia toisten ohjaamisesta

Tutorit kokivat ohjaamisen melko hankalana, mitä vaikeutti kadeteille uusi opiskelutapa eli verkko-oppiminen. Toisaalta päiväkirjoista ilmenee myös, että ryhmien välillä tapahtui vuorovaikutusta eikä ohjaaminen kohdistunut pelkästään oman ryhmän kadeteihin.

"…ei ohjaajana toiminut itselle helppoa ollut…"

"…suurin ongelma tutoroinnissa oli uusi verkko-opiskelukonsepti"

"…oppilaiden ohjaamisessa oli alussa vaikeata, kun ei itse tarkalleen muistanut miten lasku lasketaan…"

"…itseltä ratkaisut tulevat takaraivosta, mutta kun pitäisi selittää miksi"

"… loppujen lopuksi huomasin, että tutorina toimiminen ei rajoittunut pelkästään oman ryhmän sisällä toimimiseen… "

"…tutorkäytäntö on hyvä juttu, mutta se kuitenkaan takaa jokaisen kehittymistä …"

Vaikka tämän kurssin hyvät koetulokset johtuivat omalta osaltaan etukäteen lasketuista koekysymyksistä, vertaistutoreiden merkitystä ei voi vähätellä tällä kurssilla. Olisivatko kurssitulokset ilman vertaistutoreita olleet niin hyviä kuin nyt on mahdoton sanoa, mutta kaikkien kurssin läpivientiin epäsuotuisasti vaikuttaneiden negatiivisten kokemusten rinnalla vertaistutoreiden käyttö osoittautui hyväksi tavaksi edistää oppimista ja opetuksen läpivientiä.

Kehitysideat

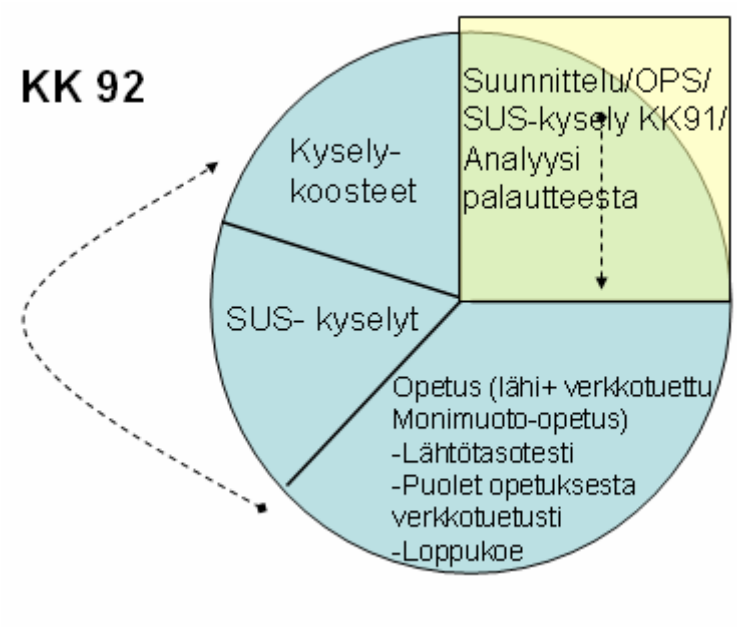
Käytännön järjestelyihin liittyneet ongelmat oppimateriaalissa ja opetuksen yleisessä toteutuksessa otettiin huomioon seuraavalla kurssilla. Oppimateriaali, kirjallinen ja sähköinen, tehtiin valmiiksi hyvissä ajoin ennen kurssin alkua, samoin viikko-ohjelmat ja tehtäviin liittyvät ohjeistukset pyrittiin laatimaan tällä kurssilla saadun palautteen perusteella mahdollisimman selkeiksi. Tietotekniset valmiudet opettaa suunnitellun kaltaista verkko-opetusta selvitettiin ja varmistettiin hyvissä ajoin ennen seuraavan kurssin alkua.

Tutortoiminta ei ollut palautteen perusteella toivotunlaista tällä kurssilla, vaikka positiivistakin palautetta päiväkirjoista löytyi. Palautteen perusteella seuraavalle kurssille tutorien toiminta pyrittiin ohjeistamaan mahdollisimman selvästi ennen opetuksen alkua, jolloin tutoroinnissa tällä kurssilla esiintyneitä ongelmia ei esiintyisi.

Tällä kadettikurssilla verkko-opetuskokeilu sai SUS-kyselyissä käytettävyydestä huonot arviot (3.2, 4.1.2 ja liite 7), mikä verkkokeskustelujen, päiväkirjojen ja suullisen palautteen perusteella johtui suurelta osin aikaisemmin mainituista käytännön järjestelyistä. SUS-pisteet jäivätkin jokaisen kysymyksen osalta hyvin alhaisiksi, mikä aiheutti epävarmuutta tutkimuksen läpiviennissä.

Kaikesta huolimatta tutkija päätti kuitenkin jatkaa verkko-opetuskokeilua, sillä muista verkko-opetuskokeiluista [5,6,17] saadut kokemukset olivat artikkelien mukaan positiivisia ja tällä kadettikurssilla saadut kurssitulokset osoittautuivat erittäin hyviksi, sillä kaikki kadetit läpäisivät kurssin ensimmäisellä yrittämällä.

Kadettikurssi 92 opetuksen suunnittelu, toteutus ja kehitysideat



Kuva 22. Kadettikurssi 92:n matematiikan perusopetuksen kehityssykli.

Varsinainen opetus perustui vastaavaan opetussuunnitelmaan kuin edellisellä kadettikurssilla, sillä tutkijalla oli vankka käsitys opetuksen läpiviennin onnistumisesta. Opetusmateriaali tehtiin hyvissä ajoin ennen kurssin alkua. Tällä haluttiin välttää edellisen kurssin antamien palautteiden mukaiset epäselvyydet.

Kadettikurssilla 92 tutkija hyödynsi edellisen kurssin kokemuksia – verkko-opetuksen osittaista epäonnistumista sekä positiiviseksi osoittautunutta

tutortoimintaa – ja päätti viedä opetuksen läpi samalla tavoin kuin edellisellä kurssilla, mutta ohjeistaa vertaistutoreiden toiminnan paremmin ja selkeämmin. Ennen varsinaisen opetuksen alkua tutkija/opettaja kävi vertaistutoreiden kanssa tarkan ohjauskeskustelun, jossa tutoreiden toiminta ja yleiset tavoitteet ja toimintatavat käytiin pikkutarkasti läpi. Näin pyrittiin välttämään edellisen kurssin epämääräisyydet. Samalla pyrittiin vertaistutoreiden välityksellä ohjaamaan matematiikan opetusta kadetteja aktivoivaan suuntaan ottamalla heidät mukaan kurssin toteutukseen jo etukäteen vertaistutoreiden välityksellä (1.6.1 ja 1.6.3).

Kadettikurssi 92:n laskuharjoitukset toteutettiin etäohjauksen avulla, jolloin vertaistutorit johtivat laskuharjoituksia omissa työpisteissään, jotka sijaitsivat kadettien majoitustiloissa tai erityisesti ryhmätöihin varatuissa tiloissa Ilmasotakoulussa Tikkakoskella. Etälaskuharjoitukset pystyttiin toteuttamaan alkuperäisen suunnitelman mukaisesti, jolloin laskuharjoitusten pisteytys pystyttiin ottamaan huomioon kurssin arvioinnissa (ks. liite 3). Kurssin alussa pidetyn lähtötasokokeen maksimispistemäärästä 75 % saavuttaneet toimivat etälaskuharjoituksissa tutoreina, jolloin he pitivät tietyn ohjeistuksen mukaan päiväkirjaa suorittaen samalla laskuharjoituksia (liite 3).

Tärkeitä tekijöitä opettajan ja opiskelijoiden välisessä vuorovaikutuksessa (1.6.1 ja 1.6.3) oli verkko-opetusmallissa olleet verkkokeskustelut, jotka jäivät kaikkien verkko-opetustyötilaan kutsuttujen opiskelijoiden nähtäviin. Samalla ne ohjasivat toisia opiskelijoita samoissa ongelmissa, joihin edelliset ohjelman käyttäjät olivat matematiikkaa opiskellessaan törmänneet. Verkkokeskustelujen lisäksi etäohjausta tapahtui myös puhelimen ja sähköpostin avulla, ja ne täydensivät verkkokeskustelujen välityksellä tapahtunutta ohjausta. Verkkokeskusteluissa (n=25 kommenttia) löytyivät samat pääteemat kuin kadettikurssilla 91, käytännön järjestelyt ja tehtävien tekeminen.

Vertaistutoreiden käyttö etälaskuharjoituksissa osoittautui tällä kurssilla toimivammaksi kadettikurssiin 91 verrattuna.

Käytännön järjestelyt

Verkkokeskusteluissa ilmeni käytännön järjestelyjen suhteen samansuuntaisia kommentteja (10/25) kuin edellisellä kadettikurssilla, mutta oppimateriaalin epämääräisyydestä ei tullut yhtään palautetta.

Palaute tietoteknisistä toiminnoista

Tutkija oli varmistanut ennen kurssin alkua, että opetuksessa on riittävät tietotekniset apuvälineet. Tämän kadettikurssin antaman palautteen mukaan aikaisemmalla kadettikurssilla olleita ongelmia tietokoneiden vähyydestä ei esiintynyt. Verkkokeskusteluissa olleiden kommenttien (8/25) mukaan tietoteknisiä toimintoja koskeva palaute liittyi yksittäisiin ongelmiin: videotiedosto ei näkynyt, tehtävät hävisivät KOPO:sta ja KOPO:a oli kankea käyttää.

Kadetit:

"… sain laskettua tehtävät, mutta kun painoin seuraava-painiketta, niin kone alkoi herjata jotain erroria…"

"…miten muutan aikaisemmin tehtyjä tehtäviä…"

"…KOPO on susijärjestelmä…"

"…kolmostehtävän liitteenä oleva videotiedosto ei näy…"

Opettaja:

"… kirjoita vastauksesi ensin esim. Wordille. On kypsää jos vastaukset häviävät, mutta jatketaan…"

"…hyväksy kaikki suojausasetukset ja kokeile uusiksi. Laitan videon kuitenkin sähköpostiisi…"

Ongelmat korjautuivat varmuuskopioinnilla ja suojausasetuksia muuttamalla sekä laittamalla video sähköpostissa opiskelijoille, jolloin videotiedosto avautui jokaisen tietokoneessa.

Palaute yleisestä toteutuksesta

Viikko-ohjelmassa ollut epäselvyys aiheutti hämmennystä, sillä kadetit luulivat eräänä aamuna opetuksen olevan lähiopetusta eikä etälaskuharjoituksia. Tämä johtui kadettien kurssinjohtajan ja opettajan välisestä väärinymmärryksestä, josta johtuvaa häiriötä ei kuitenkaan lopulta mainittu kuin yhdessä kommentissa. Kurssin yleistä toteutusta ei kuitenkaan kommentoitu kovinkaan vilkkaasti (2/25), joten kurssitoteutuksen voidaan olettaa toimineen suunnitellulla tavalla.

Kadetit:

"… viikko-ohjelmaan oli merkitty, että meillä olisi luokassa. Kävin kuitenkin KOPO:ssa ja huomasin, että meillä on etälaskuharjoitusta…"

"…meille on jäänyt ilmeisesti epäselväksi, että mihin mennessä LH1-laskut tulee tehtyä…"

Opettaja:

"…kaikki laskuharjoitustehtävät on tehtävä loppukokeeseen mennessä. Nämä viikko-ohjelmaan merkityt ajat ovat vain etäohjausta varten…"

Tehtävien tekeminen

Palautteen mukaan tietotekniset ongelmat olivat vähäisiä, joten kadetit pystyivät keskittymään paremmin tehtävien tekemiseen. Verkkokeskusteluissa olleet kommentit (15/25) vaihtelivat kriittisistä kommenteista normaaleihin kysymyksiin.

Kadetit:

"…itse en ainakaan opi tästä yhtään mitään. Tutori selittää tossa vaikka mitä…"
"…tämä saattaisi toimia, jos olisi selkeitä laskuja eikä tällaisia ihme miettimishärdellejä…"
"…mitähän tuossa kolmosessa pitää tehdä. Pitääkö tässä nyt ajatella, että kohtauskulma kasvaa liian isoksi …"
"… eiköhän kohta tule palautetta, kunhan päästään käyntiin …"

Opettaja:

"…kommentista näkee, että oppimista todella tapahtuu eikä opiskelu ole pelkästään sujuvaa kuuntelua…"
"…ymmärsit asiat ihan jetsulleen…"

Vertaistutortoiminta

Vertaistutoreiden toiminta oli esimerkillistä koko kurssin ajan, sillä kurssitulosten perusteella erityisesti lähtötasokokeessa heikommin menestyneet opiskelijat näyttivät loppukokeessa osaavan enemmän (3.3). Edelliseen kadettikurssiin verrattuna tutoreiden palaute oli positiivisempaa, mikä ilmeni myös heidän positiivisena toimintanaan kurssin aikana. Tutorien päiväkirjoissa toistuivat samat teemat kuin kadettikurssilla 91: käytännön järjestelyt, tehtävien tekeminen, tutoreiden oma oppiminen sekä tutoreiden kokemukset toisten ohjaamisesta. Kaikki tutorit palauttivat päiväkirjat (11 A4 sivua).

Käytännön järjestelyt

Kurssin käytännön järjestelyihin liittyvä palaute oli tutorpäiväkirjoissa samansuuntaista kuin verkkokeskusteluissa ja koski lähinnä viikko-ohjelmassa ollutta epäkohtaa. Samoin videotiedoston toimimattomuus joidenkin koneissa aiheutti hämmennystä ja KOPO:n käyttöliittymää kritisoitiin, mutta tehtävien tekemiseen varattu aika oli riittävä.

"… hetken aikaa luokassa istuttua selvisi, että tänään opetus onkin etälaskuharjoituksia…"
"...KOPO vaikuttaa melko hankalalta…"
"…aikaa oli varattu riittävästi tehtävien läpikäymiseen…"

Tehtävien tekeminen

Tehtävät pystyttiin ratkaisemaan etälaskuharjoituksissa pääosin hyvin, mikä ilmenee päiväkirjojen kommenteista. Kritiikkiä aiheutti lähinnä sanallisten tehtävien suuri määrä. Samoin heikommin alussa asiaa osannut kadetti onnistui

lisäämään osaamistaan, jolloin hän pystyi lopussa neuvomaan muita tehtävien tekemisessä.

"…tuli tohkeissaan näyttämään laskua minulle, hän oli osannut ne hyvin…"
"...sanalliset tehtävät ovat kyllä asiallisia, mutta on hyvin vaikea saada toisia motivoitua tekemään niitä näin paljoa …"
"...aloitimme ensimmäistä tehtävää hyvin motivoituneina…"
"muistelemisen jälkeen, laskujen suoritus sujui mallikkaasti…"
"… laskut ovat edenneet hyvin…"
"…pääpiirteittäin laskut sujuivat hyvin…"
"… Ensimmäinen tehtävä oli kaikista helpohko ja tunnelmaa kohottava. Kolikon heittely alkoi tosin puuduttaa 50 heiton jälkeen …"
"…huomasin myös ryhmäni jäsenissä paljon kehitystä. Etenkin yhdessä henkilössä, jolla aluksi oli paljonkin ongelmia, mutta loppuvaiheessa hän saattoi oivaltaa asioita joita kukaan muu ryhmästä ei keksinyt…"
"… Kun oikeaa ratkaisua ei tahtonut löytyä, niin annoin vähän evästeitä tehtävän ratkaisemiseksi.…"

Tutoreiden oma oppiminen

Tutorit valmistautuivat etälaskuharjoituksiin hyvin ja kokivat oppineensa myös itse opettaessaan toisia. Päiväkirjojen perusteella tutorit eivät ainakaan kertoneet, etteivät he olisi oppineet kurssilla.

"… Itselleni tutorina tämä oli hyvä kokemus. Tuntui siltä, että erittäin hyvä tapa oppia ja kerrata itselleen jotain asiaa on opettaa toista…"
"…omalla kohdallani tehtävien suorittamisessa ei ilmennyt vaikeuksia…"
"… olin laskenut laskut etukäteen, joten ihmettelyyn ei kulunut aikaa…"

Tutoreiden kokemuksia toisten ohjaamisesta

Vertaistutoreiden palautteen perusteella tutoreiden toiminta vahvisti kadettien yhteisöllistä oppimista oikeassa kontekstissa (1.6.1, 1.6.2 ja 1.6.3) ja motivoi kadetteja opiskelemaan tehokkaammin, jolloin oppiminen ja opiskelu oli palautteen mukaan mielekästä.

"… Kokonaisuutena toiminta tutor-ryhmissä toimi mielestäni oikein hyvin. Saimme yleensä lyhyessä ajassa paljon aikaan.....…"

"… Laskimme laskut yhdessä läpi, ja pienen muistelemisen jälkeen laskujen suoritus sujui mallikkaasti …"

"… Tutorina pyrin kaikkien käsitteiden kohdalla antamaan esimerkkejä niiden käyttötavasta. Käytin hyväksi matematiikan materiaalia ja kirjallisuutta omalta lukioajaltani …"

"… Ryhmä on toiminut erittäin motivoituneesti. Kaikki ovat jaksaneet pohtia ongelmia aktiivisesti koko aamupäivän ajan …"

"… Ryhmän pyynnöstä laskemme yhdessä ja vastailen kysymyksiin. Jotkin yksinkertaisetkin asiat tuottavat kysymyksiä, mutta toisaalta jotkin vaativammat sujuvat hyvin. Pojat ovat ainakin tehneet kovasti töitä. Toivotaan, että se näkyy kokeessa …"

Kehitysideat

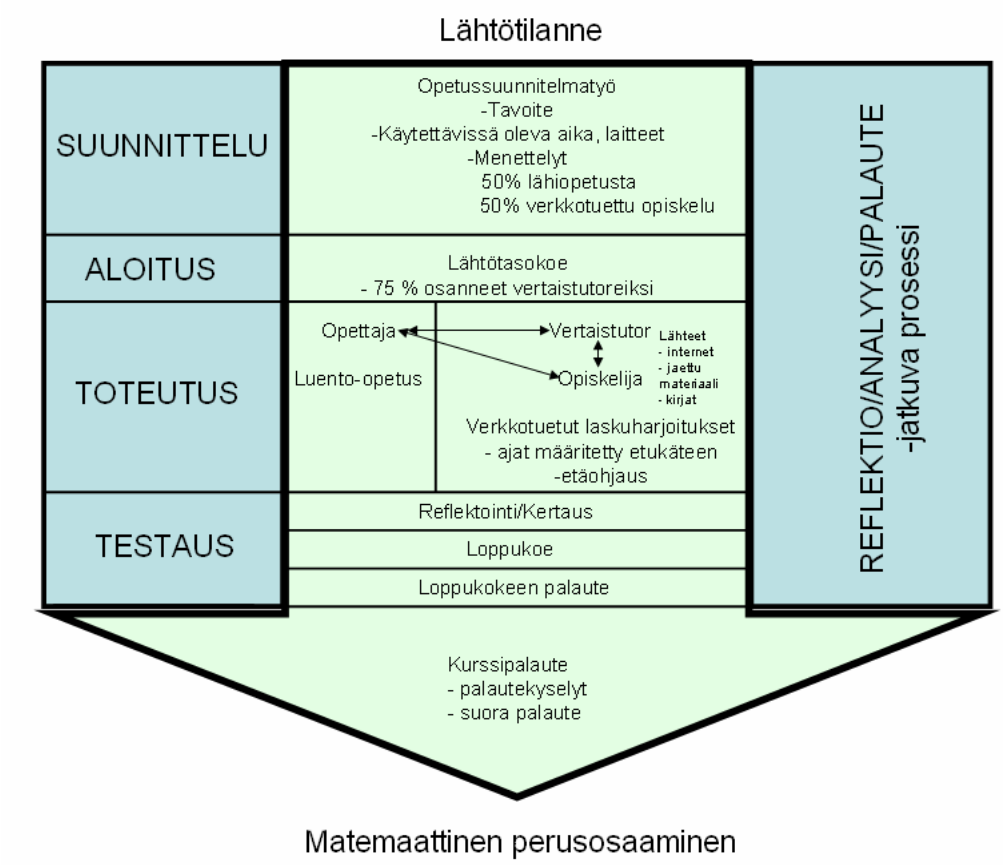
Tällä kadettikurssilla kurssin yleinen toteutus voitiin viedä suunnitellusti läpi, mistä johtuen seuraavilla kadettikursseilla toteutukset voidaan viedä läpi samansuuntaisesti. Jotta etälaskuharjoituksesta saatava tieto olisi nykyistä tietoa monipuolisempaa, niin laskuharjoitukset kannattaisi esimerkiksi videoida. Samoin jokaisen opiskelijan oppimisen aikaisia kokemuksia voitaisiin saada paremmin esiin oppimispäiväkirjalla.

Verkkokurssin käytettävyys oli SUS-kysymysten perusteella melkein samalla tasolla kuin kadettikurssilla 90, joissakin kohdin oli tapahtunut kehitystä, ja kokonaiskäytettävyys (3.2 ja 4.1.2) oli kuitenkin tällä mittarilla mitattuna samansuuntainen.

Yhteenveto

Helsingin yliopiston verkko-opetuksen laatukäsikirjan [107] mukaan linjakas verkko-oppimisympäristö tukee konstruktiivista [20, 59] oppimista (vrt. 1.5.2, 1.6.1, 1.6.2, 1.6.3), mihin myös kadettikurssien matematiikan verkkokurssilla pyrittiin. Vaiheittain kehitetyllä mallilla pyrittiin tukemaan kadettien jo ennestään vahvaa reflektiivistä ja yhteisöllistä toimintatapaa oppimisessa, ja sitä tuki ilmavoimien kontekstiin sidottu oppimateriaali.

Kuvassa 23 on periaatekuva kadettien matematiikan verkkokurssista. Vasemmassa reunassa olevat suunnittelu-, aloitus-, toteutus- ja testausvaihe ovat oleellisia ja tarkasti mietittäviä asioita verkkokurssia kehitettäessä. Tämän mallin taustalla olevat perusoletukset, että kadetti on aktiivinen oppija ja oppii reflektion ja yhteisöllisen vuorovaikutuksen avulla, ovat keskeisiä kurssin toimintaa ohjaavia tekijöitä. Verkkokursseilla opettajan roolin opiskelijan oppimisprosessissa ei ollut ainakaan tarkoitus olla autoritäärinen käskijä, jollaisiin puolustusvoimissa on totuttu, vaan oppimiseen ohjaava ja kannustava (1.6). Tätä pyritään vahvistamaan mallin oikeassa reunassa kuvatulla opiskelijoiden ja opettajan välisellä jatkuvalla reflektiolla ja palautteen analysoinnilla, mikä siten ohjaa kurssin onnistunutta läpivientiä. Mallin keskellä olevissa laatikoissa on kuvattu kadettien matematiikan verkko-opetusmallin toteutustapa, joka pitää suunnitella tutkijan kokemusten mukaan hyvin tarkasti etukäteen. Kurssin lopussa on tässä mallissa kerätty käytettävyyskysely, jonka avulla verkko-opetusmallia voidaan kehittää seuraavalle kurssille.



Kuva 23. Malli verkkotuetun opetuksen järjestämiseksi matematiikan perusopinnoissa ilmavoimien kadettikurssilla 92.

3.2. Verkko-opetuksen käytettävyyden analysointi

Tutkijana mielenkiintoni kohdistui verkkoympäristön käytettävyyteen, joka oli toinen tutkimuskysymys. Tässä tutkimuksessa käytettävyys liittyi valmiin verkkoympäristön, koulutusportaalin, tutkimiseen matematiikan opiskelussa, jolloin käytettävyys painottui lähinnä koulutusportaaliin käytön tutkimiseen matematiikan opetuksessa. Käytettävyyttä tutkittiin Nielsenin [65] ajatusten pohjalta kehitetyillä, SUS-kysymyssarjaa soveltavilla kysymyksillä, joiden tuloksena saaduista pisteistä verkko-opetusmallin käytettävyyttä voitiin arvioida.

3.2.1. Verkko-opetusmallin käytettävyys – SUS-analyysi

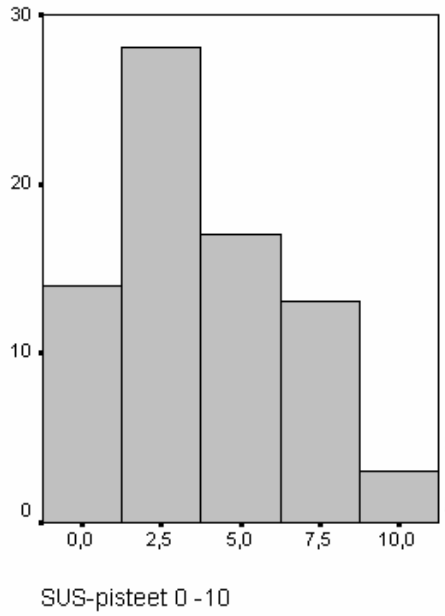
Koulutusportaalin käytettävyys matematiikan opetuksessa oli tässä tutkimuksessa toinen päämielenkiinnon kohde, jossa esiintyi vaihtelua eri kurssien välillä. Seuraavissa tarkasteluissa analysoin kysymyksittäin (liite 6) (vrt. [87, 7, 65]), miten opiskelijat kokivat koulutusportaalin käytettävyyden matematiikan opiskelussa. Kyselykaavakkeet, jotka kerättiin kurssien jälkeen, palautti 75 opiskelijaa 110 opiskelijasta, joten vastaukset eivät edusta koko tutkittua populaatiota. Otoskoon edustavuutta koko populaation suhteen voi tutkia määrittämällä riskitaso, jonka perusteella voidaan määrittää tarvittava otoskoko ko. riskitasolla [57].

Tässä tutkimuksessa kehitetyn mallin käytettävyyttä voidaan tutkia soveltamalla Nielsenin [65] ajatuksia käytettävyydestä, ja niitä on tässä tutkimuksessa mitattu SUS-kysymyssarjojen pohjalta. Kolmelta kadettikurssilta kerätyt kysymyssarjat mittasivat koulutusportaalin helppokäyttöisyyttä (SUS-kysymys 3 ja 8, liite 6), monimutkaisuutta (SUS-kysymys 1, 2 ja 4), johdonmukaisuutta (SUS-kysymys 5 ja 6) ja matematiikan opiskelun helppoutta (SUS-kysymys 7, 9 ja 10), joiden pohjalta arvioitiin aikaisemmin tässä kappaleessa pohdittua käytettävyyttä (taulukko 16).

Kysymyslomakkeet palautti täysin vastattuna 75 opiskelijaa 110:stä kyselyyn osallistuneesta, osa ei vastannut kaikkiin kysymyksiin ja osa palautti lomakkeen tyhjänä. Otoksen SUS-summapisteiden keskiarvo oli 51 pistettä ja keskihajonta 15 pistettä. Sallittaessa SUS-pisteisiin kahden pisteen virhe (aineiston keskivirhe) 5 %:n riskitasolla (t-arvo 75 vapausasteella n. 1,665 [86]), yksisuuntaisessa testauksessa kyselyiden vaatima otoskoko olisi noin 65 henkilöä, jotta otos kuvaisi koko 110 henkilön populaatiota sallituissa rajoissa.

Koulutusportaalin säännöllinen käyttö

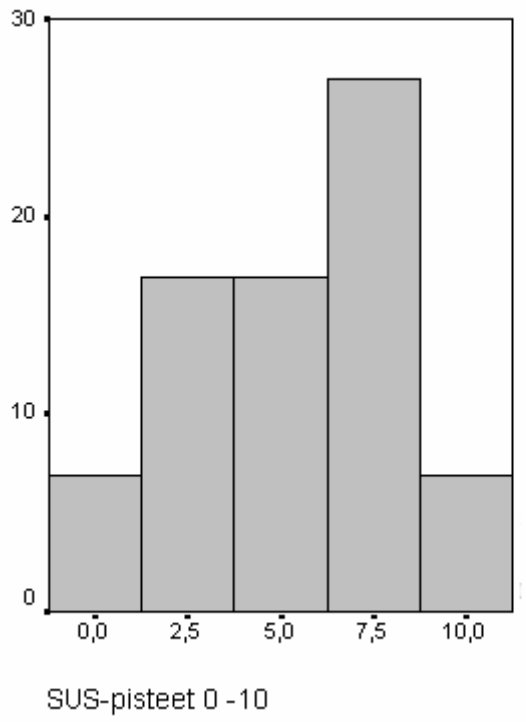
Ensimmäisessä kysymyksessä kysyttiin halua koulutusportaalin säännölliseen käyttöön opiskelussa (kuva 24). Kadettikursseilla 90 ja 92 opiskeluolot olivat melko vakaita, mikä näkyy kurssilaisten antamasta palautteesta: SUS-pisteiden keskiarvot ovat 5 ja 3,8 sekä keskihajonnat 1,2 ja 1,0. Kadettikurssin 91 aikaan Ilmasotakoulussa tapahtui muutto uusiin tiloihin ja varsinkin tietotekniset valmiudet olivat tutkijan kokemusten mukaan matematiikan kurssin aikaan hyvin huonot, mikä näkynee suoraan opiskelijapalautteessa siten, että SUS-pisteiden keskiarvo on tämän kysymyksen osalta 2,3 ja keskihajonta 0,8 (liite 7).



Kuva 24. SUS-kysymys 1, ($\bar{x} = 3{,}8, \sigma = 2{,}8, N = 75$); Voisin opiskella KOPO:n avulla tehtyjä kursseja säännöllisesti; Kooste kadettikursseilta 90, 91 ja 92.

Koulutusportaalin monimutkaisuus

Toisessa SUS-kysymyksessä testattiin käyttäjien kokemuksia käyttöympäristön monimutkaisuudesta (kuva 25). Kadetit eivät pitäneet koulutusportaalia monimutkaisena. Kaikkien kyselyyn vastanneiden kadettien vastausten SUS-keskiarvo oli 5,3 ja keskihajonta 2,9, kadettikurssilla 90 keskiarvo oli 6,0 ja keskihajonta 1,4, kadettikurssilla 91 keskiarvo oli 4,2 ja keskihajonta 1,1 ja kadettikurssilla 92 keskiarvo oli 5,6 ja keskihajonta 1,0 (liite 7).

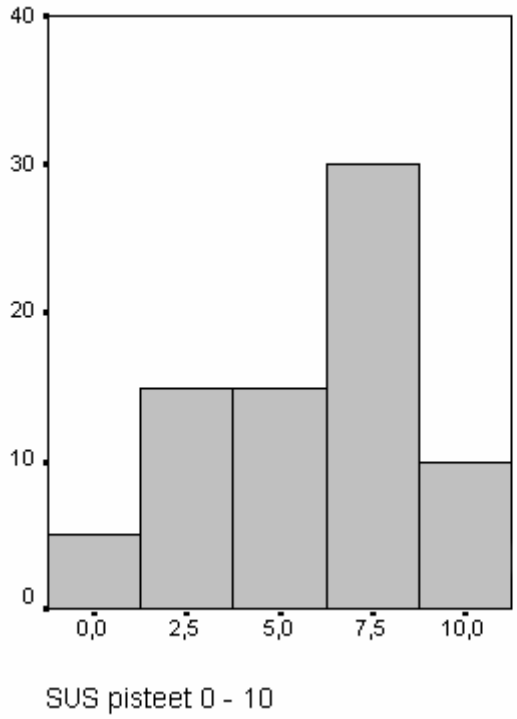


Kuva 25. SUS-kysymys 2, ($\bar{x} = 5{,}3, \sigma = 2{,}9, N = 75$); KOPO oli monimutkainen oppimisympäristö; Kooste kadettikursseilta 90, 91 ja 92.

Koulutusportaalin helppokäyttöisyys

Kolmannessa kysymyksessä (kuva 26) opiskelijoita pyydettiin arvioimaan koulutusportaalin helppokäyttöisyyttä, ja vastausten perusteella opiskelijat pitivät portaalia kohtuullisen helppokäyttöisenä. Koko otoksen SUS-keskiarvo tässä kysymyksessä oli 5,8 ja keskihajonta 2,9. Kadettikurssien 90 ja 92 keskiarvot olivat 6,3 ja 6,5 ja keskihajonnat 1,4 ja 1,1, mutta kadettikurssilla 91 keskiarvo oli 4,6 ja keskihajonta 1,0.

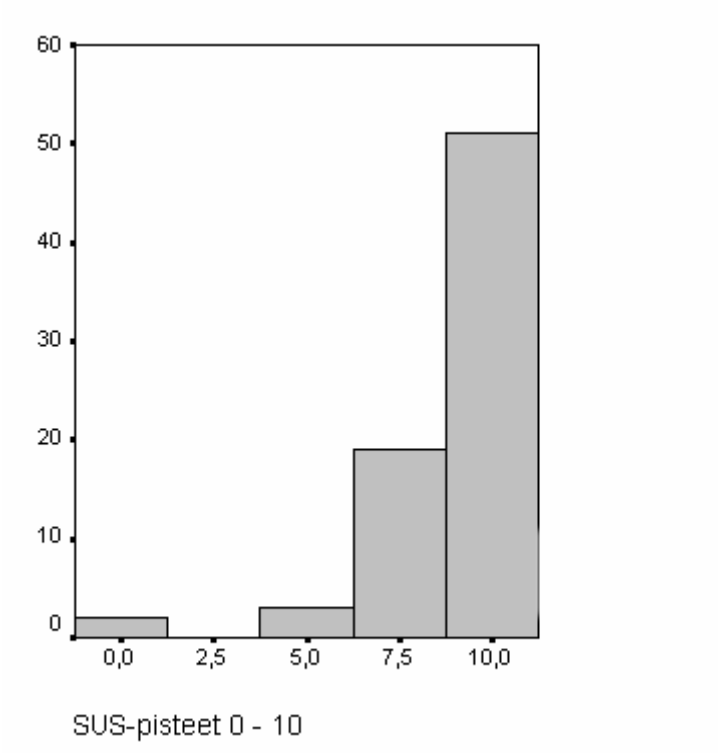
.



Kuva 26. SUS-kysymys 3, ($\bar{x} = 5{,}8, \sigma = 2{,}9, N = 75$); KOPO:a oli helppo käyttää; Kooste kadettikursseilta 90, 91 ja 92.

Teknisen tuen tarve koulutusportaalia käytettäessä

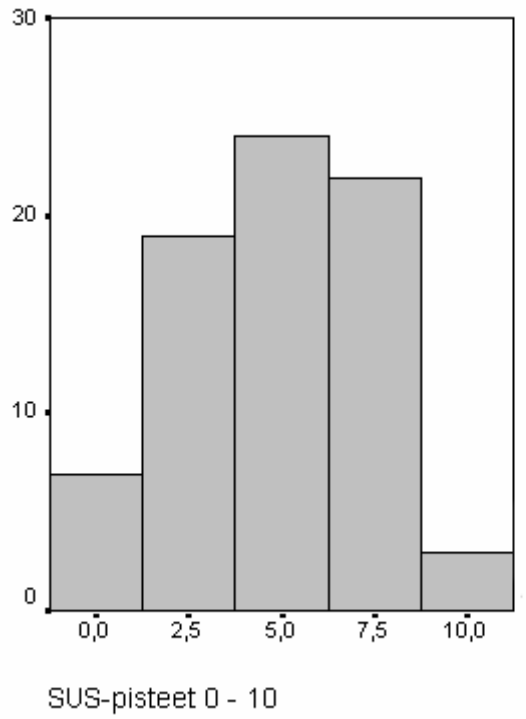
Opiskelijat kokivat teknisen tuen tarpeen olevan vähäistä (kuva 27), sillä kaikilla kadettikursseilla tähän kysymykseen vastattiin SUS-pisteiden kannalta positiivisesti. Kadettikurssien 90, 91 ja 92 SUS-pisteiden keskiarvot olivat tässä tehtävässä 8,8, 9,0 ja 8,9 ja keskihajonnat 0,8, 0,7 ja 0,9. Ilmeisesti tähän kysymykseen vastattiin juuri tekniseltä kannalta, sillä vertaamalla pisteitä muihin kysymyksiin (esim. 2 ja 3) voidaan havaita, että tässä tehtävässä oli huomattavasti korkeammat keskiarvot eikä kadettikurssien vastausten välillä ollut tilastollisesti merkitsevää eroa.



Kuva 27. SUS-kysymys 4, ($\bar{x} = 8{,}9, \sigma = 2{,}0, N = 75$); Tarvitsisin erillisen mikrotukihenkilön opiskellessani KOPO:ssa; Kooste kadettikursseilta 90, 91 ja 92.

Kurssien johdonmukaisuus

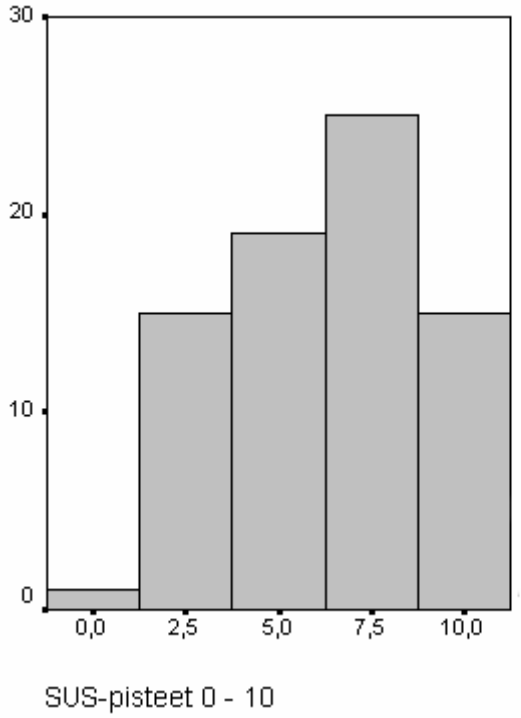
Viidennessä kysymyksessä (kuva 28) opiskelijoilta kysyttiin kurssien johdonmukaisuutta, ja vastausten perusteella kadettikurssien tulokset olivat samansuuntaiset kuin edellisissä kysymyksissä. Kurssien SUS-pisteiden keskiarvot olivat 5,5, 2,7 ja 6,1 ja keskihajonnat 1,0, 0,9 ja 0,8.



Kuva 28. SUS-kysymys 5, ($\bar{x} = 4{,}8, \sigma = 2{,}6, N = 75$); Matematiikan kurssi KOPO:ssa oli johdonmukainen; Kooste kadettikursseilta 90, 91 ja 92.

Kurssien epäjohdonmukaisuus

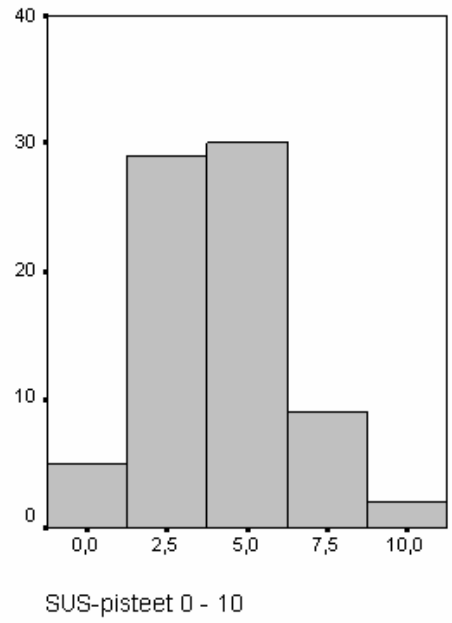
Kuudennessa kysymyksessä (kuva 29) kysyttiin päinvastoin samaa asiaa kuin viidennessä kysymyksessä, mutta vastauksista saaduissa SUS-pisteissä oli kuitenkin näiden kysymysten osalta tilastollisesti merkitsevä ero (liite 13). Pisteiden keskiarvot olivat tässä tehtävässä 6,8, 5,0 ja 6,9 ja keskihajonnat 1,1, 1,2 ja 0,8, mitkä ovat jonkin verran enemmän kuin kysymyksessä viisi.



Kuva 29. SUS-kysymys 6, ($\bar{x} = 6{,}3, \sigma = 2{,}7, N = 75$); Matematiikan kurssilla asiat esitettiin sekavasti ja epäjohdonmukaisesti; Kooste kadettikursseilta 90, 91 ja 92.

Koulutusportaalin käyttö matematiikan opetuksessa

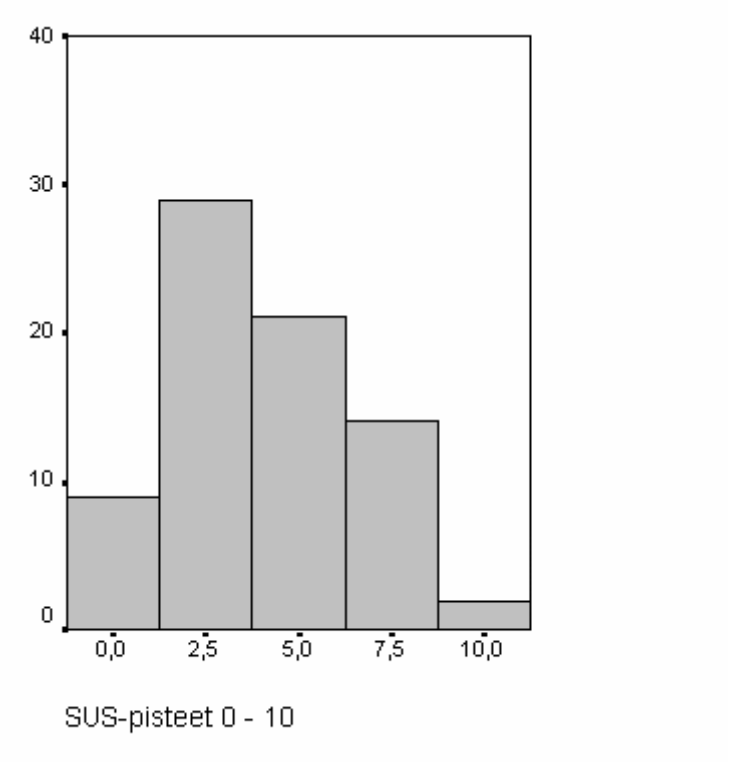
Ilmavoimien kadettien matematiikan kurssit ovat hyvin tiiviitä ja nopeatempoisia, mikä aiheuttaa käytetylle opetusmenetelmälle haasteen. Seitsemännessä kysymyksessä (kuva 30) opiskelijat arvioivat koulutusportaalin käyttöä matematiikan opiskelussa. Koko otoksen keskiarvo oli tässä kysymyksessä 4,1 ja keskihajonta 2,2. Kadettikurssilla 90 pistemäärien keskiarvo oli korkein, 5,0, kurssilla 91 2,9 ja kurssilla 92 4,3 ja keskihajonnat olivat 1,2, 0,9 ja 0,7. Tässä on huomioarvoista se, että kadettikurssi 90 oli lähiopetuskurssi ja koulutusportaali oli vain materiaalin jakamista varten, kun kurssilla 91 tehtiin yksi laskuharjoitus verkossa etäohjauksella. Kurssilla 92 tehtiin vastaavia laskuharjoituksia kolme, jolloin kadeteilla oli käytössään riittävä määrä teknistä tukea ja tietokoneita, mitä kurssilla 91 ei vielä ollut. Kurssien 90 ja 92 välillä ei tämän tehtävän suhteen ollut kuitenkaan tilastollisesti merkitsevää eroa (liite 13), joten keskiarvojen ero voi olla pelkkää kohinaa.



Kuva 30. SUS-kysymys 7, ($\bar{x} = 4{,}1, \sigma = 2{,}2, N = 75$); Kurssilla käydyt asiat voi tällaisessa oppimisympäristössä useimmat ihmiset oppia nopeasti; Kooste kadettikursseilta 90, 91 ja 92.

Koulutusportaalin vaivattomuus

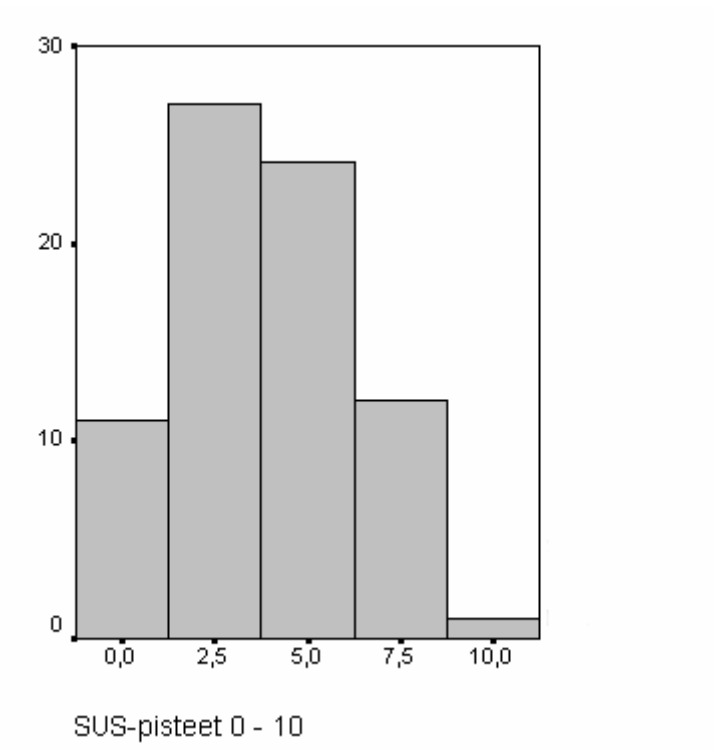
Koulutusportaalin sujuvaa käyttöä edistää portaalin vaivattomuus, josta kysyttiin kahdeksannessa kysymyksessä (kuva 31). Rinnakkainen tälle kysymykselle oli kolmas kysymys, jossa tiedusteltiin opiskelijoiden kokemuksia portaalin helppokäyttöisyydestä. Tässä kysymyksessä opiskelijoiden vastausten SUS-keskiarvo oli koko otoksella 4,0 ja keskihajonta 2,5, ja vastaavat luvut olivat kursseittain 5,2, 2,7 ja 4,0 sekä 1,0, 0,7 ja 0,9.



Kuva 31. SUS-kysymys 8, ($\bar{x} = 4{,}0, \sigma = 2{,}5, N = 75$); Puolustusvoimien koulutusportaali KOPO:ssa opiskelu sujuu vaivattomasti; Kooste kadettikursseilta 90, 91 ja 92.

Opiskelun varmuus käytettäessä koulutusportaalia

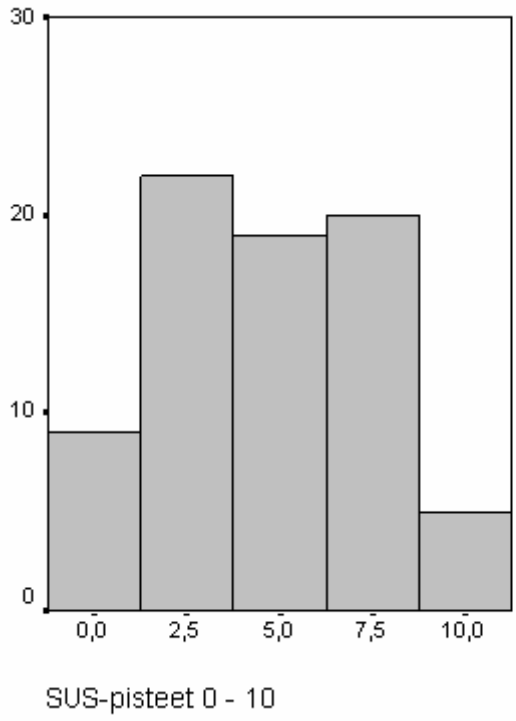
Yhdeksännessä kysymyksessä (kuva 32) opiskelijat arvioivat omaa itsevarmuuttaan käyttäessään KOPO:a matematiikan kurssilla. Tässä oli opiskelijoiden kesken melkoista vaihtelua keskiarvon 3,8 ja keskihajonnan 2,4 perusteella. Kurssien välillä oli tosin eroja: kadettikurssilla 90 keskiarvo oli 4,1, kadettikurssilla 91 2,7 ja kadettikurssilla 92 4,6, ja keskihajonnat olivat vastaavasti 0,8, 0,9 ja 0,9.



Kuva 32. SUS-kysymys 9, ($\bar{x} = 3{,}8, \sigma = 2{,}4, N = 75$); Matematiikan opiskeluni tapahtui KOPO:ssa itsevarmasti; Kooste kadettikursseilta 90, 91 ja 92.

Lisäopintojen tarve

Viimeisenä kysymyksenä (kuva 33) SUS-kysymyssarjassa oli lisäopintojen tarpeen arviointi, mikäli opiskelee tällaisella järjestelmällä tehtyjä kursseja. Kysymyksen alkuperäinen tarkoitus lienee selvittää paremminkin järjestelmän lisäopiskelua, mihin tutkija lisäsi matematiikan osuuden. Tässä kysymyksessä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa eri kurssien välillä (toinen vastaava kysymys oli 4), mutta SUS-pisteet jäivät asteikon puolivälin alapuolelle. Koko otoksen keskiarvo oli 4,7 ja keskihajonta 2,9, eri kadettikursseilla 90–92 vastaavat tunnusluvut olivat 5,0, 4,1 ja 4,8 sekä 1,3, 1,2 ja 1,0.



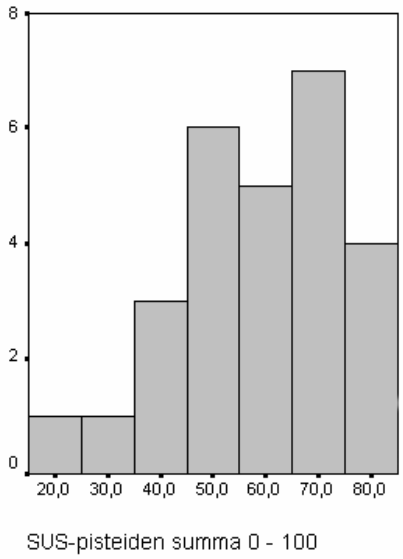
Kuva 33. SUS-kysymys 10, ($\bar{x} = 4{,}7, \sigma = 2{,}9, N = 75$); Tarvitsen paljon enemmän lisätietoja matematiikassa opiskellessani vastaavia kursseja; Kooste kadettikursseilta 90, 91 ja 92.

Yhteenveto yksittäisistä kysymyksistä

Kolmelta eri kadettikurssilta kerätty SUS-data osoitti sen, että koulutusportaalin käyttökokemukset erosivat hyvinkin paljon toisistaan olosuhteiden mukaan. Kadettikurssien 90 ja 92 opiskelijoiden koulutusportaalin käyttökokemukset olivat pääosin lähellä toisiaan, mutta kadettikurssilla 91 suurin osa eri kysymysten SUS-pisteistä (liite 7) erosi toisistaan tilastollisesti merkitsevästi kadettikurssien 90 ja 92 pistemääristä (liite 13).

Kadettikurssi 90; Yhteenveto SUS- pisteistä

Tällä kadettikurssilla opiskelu oli lähiopetukseen perustuvaa, ja sitä tuki internetissä ollut materiaali. Koulutusportaali oli näin ollen pelkästään materiaalin jakopaikka, jolloin opiskelijat saivat portaalin kautta tarvitsemansa oppimateriaalin. SUS-pisteet ovat tällä kurssilla kolmelta eri kadettikursseilta kerätyistä kyselyistä parhaat eli noin 57, mihin saattaa vaikuttaa muun muassa internetissä käynnin vapaus. Materiaalin saattoi hakea mihin kellonaikaan hyvänsä, jolloin varsinaista ruuhkaa ei ehtinyt muodostua vähäisille internetkoneille.

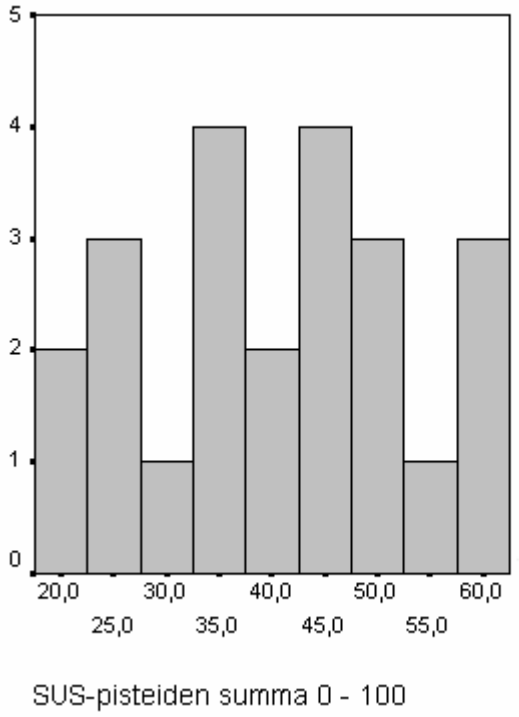


Kuva 34. SUS-kooste kadettikurssilla 90 ($\bar{x} = 57{,}4, \sigma = 15{,}4, N = 27$).

Kadettikurssi 91; Yhteenveto SUS-pisteistä

Kadettikurssi 91:n aikaan Ilmasotakoulussa muutettiin vanhoista tiloista uusiin, mutta opetuksen suunnittelun aikaan tutkijalla oli tieto riittävistä internetyhteyksistä. Näin ei kuitenkaan kurssin toteutuksen aikana ollut, vaan opiskelijoilla oli käytössään vain kaksi internetkonetta. Näin ollen kurssin aikana ehdittiin pitää yksi etäohjattu laskuharjoitus. Tämän jälkeen opetus oli perinteistä lähiopetusta.

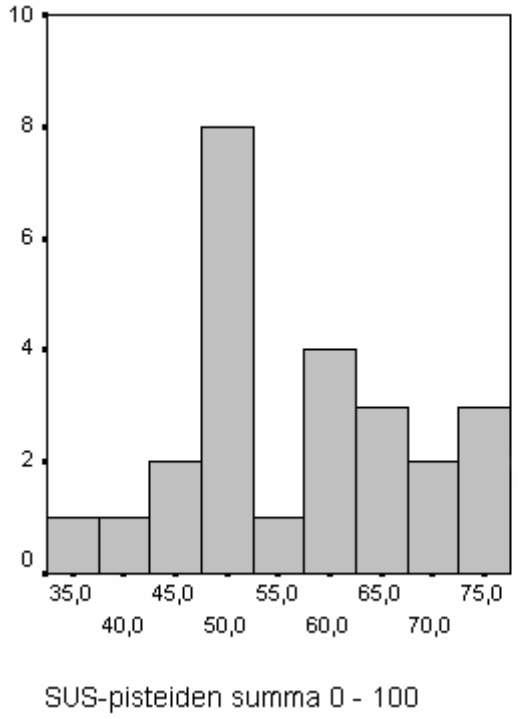
Tällä kurssilla SUS-pisteet (n. 40) jäivät huomattavan alhaisiksi muihin tutkimuksessa mukana olleisiin kadettikursseihin verrattuna. Tähän tutkijalla ei ole muuta selitystä kuin opiskelijoiden riittämättömät internetyhteydet, mitä tukee myös kappaleessa 3.1.2 analysoidut verkkokommentit. Lähtötasokokeissa ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa kadettikurssien välillä, joten lähtötaso ei luultavasti ole alhaisten SUS-pisteiden syy.



Kuva 35. SUS-kooste kadettikursseilla 91 ($\bar{x} = 39{,}8, \sigma = 12{,}6, N = 23$).

Kadettikurssi 92; Yhteenveto SUS-pisteistä

Kadettikurssilla 92 opetus oli verkkotuettua monimuoto-opetusta, jolloin opetuksesta puolet tapahtui verkkotuettuina laskuharjoituksina ja puolet oli perinteistä lähiopetusta. Opiskelijoilla oli riittävä määrä tietokoneita käytössään, ja koneet toimivat pääosin moitteettomasti. Silti kurssin SUS-pisteet (56) jäivät hieman kadettikurssin 90 alapuolelle. Tosin pistemäärien ero kurssien 90 ja 92 välillä ei ole tilastollisesti merkitsevä (t = 0,506, p = 0,615).

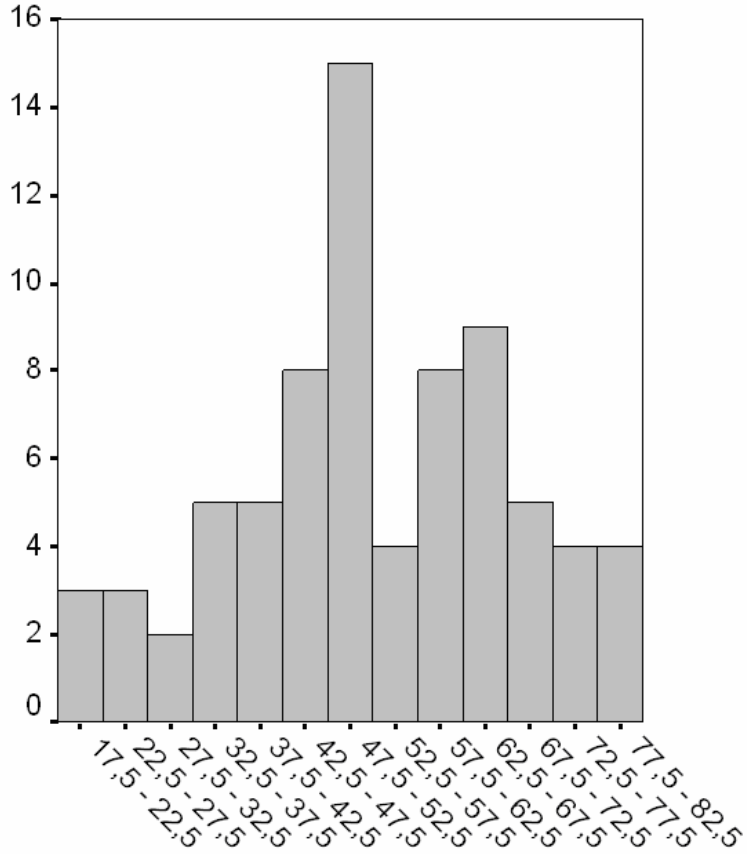


Kuva 36. SUS-kooste kadettikursseilla 92 ($\bar{x} = 55{,}5, \sigma = 11{,}3, N = 25$).

Yhteenveto koko otoksen SUS-pisteistä

Kolmen tutkimuksessa mukana olleen kadettikurssin yhteenlaskettujen SUS-pisteiden keskiarvo oli noin 51 pistettä 100 mahdollisesta, mistä on vaikea tehdä suoria päätelmiä koulutusportaalin käytettävyydestä matematiikan verkkotuettuun monimuoto-opetuksessa ilmavoimien kadettikursseilla.

Pelkästään SUS-pisteitä tarkasteltaessa näyttää siltä, että käytettävällä opetustavalla ei ole suurtakaan merkitystä. Poikkeuksena on kadettikurssilta 91 saadut alhaiset SUS-pisteet. Aineistossa reliabiliteettia mitattiin Cronbachin alfalla, joka oli noin 0,79.



SUS-pisteet kadettikursseilla 90, 91 ja 92 (Asteikko 0 - 100)

Kuva 37. SUS-kooste kadettikursseilta 90, 91 ja 92 ($\bar{x} = 51{,}4, \sigma = 15{,}3, N = 75$).

3.3. Kurssitulosten vertailu kadettikursseilla 90 ja 92

Tutkija teki kurssitulosten vertailun kurssien 90 ja 92 välillä, sillä kurssilla 91 opiskelijat saivat loppukokeen joitakin kysymyksiä etukäteen laskuharjoitusten muodossa. Tällä kadettikurssilla kurssitulokset olivat poikkeavan hyviä, joten tutkija jätti kyseisen kurssin lähtötasokokeiden ja loppukokeiden tarkastelun pois tutkimuksesta. Lähtötasokokeet (liite 4) olivat lähestulkoon identtiset eri kadettikursseilla, mutta kadettikurssin 92 kokeet sisälsivät hieman enemmän välivaiheita kahdessa kysymyksessä. Alun perin samantasoisiksi suunniteltujen loppukokeiden pistemäärät jouduttiin kuitenkin varmistamaan toisiaan vastaaviksi skaalaamalla kokeiden pistemäärät IRT:llä (Item Response Theory).

3.3.1. Lähtötasokokeiden tulokset

Lähtötasokokeet pidettiin ennen varsinaisen matematiikan peruskurssin alkua. Niiden pääasiallinen tarkoitus oli matemaattisen osaamisen kartoitus, ja hyvin menestyneet (75 %) opiskelijat toimivat kurssilla tutoreina heikommin menestyneille opiskelijoille. Lähtötasokokeet (liite 4) olivat lähes samanlaisia kadettikursseilla 90 ja 92. Kaksi tehtävää oli tutkijan oman arvion mukaan paralleeleja, mutta tehtävät osoittautuivat kuitenkin jonkin verran karsiviksi. Osittain tästä johtuen kadettikurssin 92 lähtötasokokeiden tulokset jäivät huomattavasti kadettikurssia 90 alhaisemmiksi.

Puolikokeellisissa asetelmissa, kuten tässä tutkimuksessa, ilmenee usein Metsämuurosen [57] mukaan attenuaatiota, mikä saa todellisten keskiarvojen lisäksi myös niin sanotun pseudoefektin. Tätä voidaan korjata muun muassa Porterin menettelyllä, jossa alkuperäisiä mittauksen arvoja korjataan mittauksen reliabiliteetilla eli tässä tutkimuksessa Cronbachin alfalla. Jos lähtötasokokeiden pisteiden reliabiliteetti on 1, korjausta ei Metsämuurosen mukaan tarvita.

Taulukko 5. Kadettikurssin 90 lähtötasokokeen tulokset (α=0,7726).

Oppilasnumero	Porterin menetelmällä korjatut pisteet/30
1	0,31
2	0,41
3	0,16
4	0,53
5	0,31
6	0,51
7	0,43
8	0,31
9	0,63
10	0,51
11	0,68
12	0,61
13	0,36
14	0,38
15	0,26
16	0,53
17	0,28
18	0,48
19	0,71
20	0,41
21	0,68
22	0,66
23	0,41
24	0,73
25	0,43
26	0,43
27	0,63
28	0,78
29	0,86
30	0,76
31	0,41
32	0,71
33	0,38
34	0,76
35	0,88
36	0,76
37	0,38
38	0,43
39	0,76
40	0,51
Keskiarvo	**0,53**

Taulukko 6. Kadettikurssin 92 lähtötasokokeen tulokset (α=0,7223).

Oppilasnumero	Porterin menetelmällä korjatut pisteet/30
74	0,15
75	0,33
76	0,29
77	0,29
78	0,33
79	0,33
80	0,13
81	0,72
82	0,22
83	0,26
84	0,17
85	0,15
86	0,17
87	0,77
88	0,51
89	0,26
90	0,65
91	0,61
92	0,49
93	0,40
94	0,54
95	0,58
96	0,63
97	0,38
98	0,33
99	0,61
100	0,51
Keskiarvo	**0,40**

Kuten yllä olevasta taulukoista nähdään, kurssien lähtötasokokeiden keskiarvot eroavat toisistaan. Jos määritetään tilastollisesti merkitsevää eroa mitattavaksi t-arvoa vastaavaksi p-arvoksi 0,05, niin kurssien välillä on tilastollisesti merkitsevää eroa (t=2,001, p=0,049). Eroa voi aiheuttaa kaksi tutkijan mielestä paralleelia tehtävää, jotka kuitenkin olivat osoittautuneet osittain karsiviksi.

3.3.2. Loppukokeiden tulokset

Matematiikan loppukokeet (liite 5) olivat kadettikursseilla 90 ja 92 erityyppiset, mutta tutkija arvioi kuitenkin loppukoetta tehdessään tehtävien olevan pääosin paralleeleja. Jotta opiskelijoiden taitotaso ja osioiden vaikeus voitiin estimoida mahdollisimman hyvin, päädyttiin tutkimuksessa käyttämään 1-parametrista polykotomista osiovasteteoriaa (IRT, 2.2.2.) edellä mainittuun määrittelyyn sen yksinkertaisuuden vuoksi.

Osioiden ankkurointi

Jotta molempien kurssien pistemäärät skaalautuisivat samoin, pitää kummankin kurssin pistemääristä määrittää matriisiotanta ja ankkuriosiot vastaamaan toisiaan (liite 9 ja 10). Osioiden pisteiden ankkurointi tapahtui tutkimuksessa käytetyssä IRT-mallissa siten, että osioiden pisteet järjesteltiin minimistä 0 maksimipisteisiin (esim. 0, 1, 2; 0, 1, 2, 3, 4, 5 jne.). Ankkuritehtäviksi valittiin tutkijan mielestä paralleelit, samaa asiaa samalla vaikeustasolla mittaavat tehtävät. Näistä kaikki eivät kuitenkaan osoittautuneet paralleeleiksi, mikä näkyy myöhempien tarkastelujen yhteydessä.

Osioiden keskimääräiset ratkaisuosuudet

Osioiden vaikeustasoa toisiinsa nähden voidaan arvioida ratkaisuosuuksia vertaamalla, jolloin erityisesti paralleelien ankkuritehtävien vaikeustasoa voidaan arvioida keskenään. Taulukoissa 7–10 on ilmavoimien kadettikurssien 90 ja 92 osioiden keskimääräiset ratkaisuosuudet sekä koko loppukokeen pistemäärien keskiarvot.

Taulukko 7. Osioiden/tehtävien keskimääräiset ratkaisuosuudet kadettikurssilla 90.

Tehtävä	p (keskim. ratk.os.)	**Tehtävä**	p (keskim. ratk.os.)
1	**0,833**	7	**0,813**
2	**0,730**	8	**0,525**
3	**0,742**	9	**0,379**
4	**0,438**	10	**0,620**
5	**0,608**	11	**0,855**
6	**0,660**	12	**0,485**

Taulukko 8. Kokonaispistemäärien keskiarvo ja keskihajonta kadettikurssilla 90.

Keskiarvo	Keskihajonta	Cronbach'n α
34,150	10,458	0,781

Taulukossa 9 on kadettikurssin 92 matematiikan kurssin loppukokeiden tehtävien kesimääräiset ratkaisuosuudet, joista on huomattava tehtävän 11 keskimääräinen ratkaisuosuus 0,481. Vertaamalla sitä kadettikurssin 90 paralleelin tehtävän ratkaisuosuuteen 0,855 huomataan, etteivät tehtävät ole aivan paralleeleja keskenään.

Taulukko 9. Osioiden/tehtävien keskimääräiset ratkaisuosuudet kadettikurssilla 92.

Tehtävä	p (keskim. ratk.os.)
3 (1 kk92)	**0,784**
13	**0,889**
4 (3 kk92)	**0,481**
6 (4 kk92)	**0,607**
7 (5 kk92)	**0,963**
11 (6 kk92)	**0,481**
9 (7 kk92)	**0,265**

Taulukko 10. Kokonaispistemäärien keskiarvo ja keskihajonta kadettikurssilla 92.

Keskiarvo	Keskihajonta	Cronbach'n α
18,333	4,967	0,629

Keskimääräisiä ratkaisuosuuksia hyväksi käyttäen voidaan CML-menettelyllä (conditional maximum likelihood, 2.2.2) arvioida eri osioiden vaikeustasoa toisiinsa nähden.

Opiskelijoiden latentin osaamisen keskiarvo ja keskihajonnat

Jotta IRT:llä voidaan arvioida vapaan osaamisen tasoa eri versioiden (loppukokeiden) välillä, suurimman uskottavuuden menettelyllä eli MML-menettelyllä (marginal maximum likelihood, 2.2.2) määritetään opiskelijoiden latentin osaamisen tason keskiarvot ja keskihajonnat.

Kadettikurssin 90 latentin osaamisen keskiarvo oli 0,388 ja keskihajonta 0,458 (liite 11). Kadettikurssiin 92 verrattuna kurssin 90 tulokset poikkesivat huomattavasti enemmän toisistaan, mutta toisaalta kurssin 90 tulosten

keskiarvo oli huomattavasti parempi kurssiin 92 verrattuna. Kadettikurssin 92 latentin osaamisen keskiarvo oli (liite 12) 0,208 ja keskihajonta 0,271 (liite 12).

Kadettikurssien 90 ja 92 loppukokeiden pistevastaavuudet

Osioiden vaikeusparametrin ja latentin osaamisen keskiarvojen ja hajontojen avulla voidaan estimoida vapaan osaamisen tasoa kadettikursseilla 90 ja 92 (taulukot 11 ja 12), jolloin kurssien loppukokeiden tulokset voidaan skaalata samalle asteikolle jatko-analyysejä varten.

Taulukko 11. Kadettikurssi 90:n vapaan osaamisen taso matematiikan loppukokeessa.

Pisteet	θ	Pisteet	θ
* 0	-2,980	29	0,141
1	-2,567	30	0,179
2	-2,006	31	0,217
3	-1,695	32	0,256
4	-1,479	33	0,295
5	-1,313	34	0,334
6	-1,177	35	0,374
7	-1,062	36	0,415
8	-0,961	37	0,457
9	-0,872	38	0,500
10	-0,791	39	0,545
11	-0,717	40	0,591
12	-0,648	41	0,640
13	-0,584	42	0,691
14	-0,524	43	0,745
15	-0,468	44	0,803
16	-0,415	45	0,867
17	-0,364	46	0,936
18	-0,315	47	1,014
19	-0,268	48	1,103
20	-0,223	49	1,207
21	-0,179	50	1,334
22	-0,136	51	1,493
23	-0,095	52	1,708
24	-0,054	53	2,026
25	-0,014	54	2,609
26	0,025	* 55	3,085
27	0,064		
28	0,102		

Taulukko 12. Kadettikurssin 92 vapaan osaamisen taso matematiikan loppukokeessa.

Pisteet	θ
* 0	-2,691
1	-2,359
2	-1,816
3	-1,496
4	-1,264
5	-1,081
6	-0,927
7	-0,794
8	-0,676
9	-0,569
10	-0,471
11	-0,380
12	-0,293
13	-0,211
14	-0,131
15	-0,053
16	0,023
17	0,099
18	0,175
19	0,251
20	0,328
21	0,405
22	0,484
23	0,564
24	0,648
25	0,737
26	0,834
27	0,944
28	1,075
29	1,243
30	1,486
31	1,932
* 32	2,056

IRT-mallinnuksen lopputuloksena loppukokeiden pistemäärät saadaan skaalattua samalle asteikolle, jotta kurssituloksista voidaan tehdä järkevällä tarkkuudella kovarianssianalyysi. Taulukossa 13 on kadettikurssien 90 ja 92 loppukokeiden skaalatut pisteet, jotka perustuvat aikaisemmin tässä kappaleessa käsiteltyihin menettelyihin.

Taulukko 13. Ilmavoimien kadettikurssien 90 ja 92 matematiikan perusopintojen loppukokeiden skaalatut pisteet.

Pisteet KK90	Theta	Frekvenssi	Pisteet KK90	Theta	Frekvenssi	Pisteet KK92	Theta	korjattu piste	Frekvenssi
0	-2,980	0	33	0,295	3	0	-2,691	0	0
1	-2,567	0	34	0,334	0	1	-2,359	1	0
2	-2,006	0	35	0,374	1	2	-1,816	2	0
3	-1,695	0	36	0,415	2	3	-1,496	4	0
4	-1,479	0	37	0,457	2	4	-1,264	5	0
5	-1,313	0	38	0,500	1	5	-1,081	7	0
6	-1,177	0	39	0,545	2	6	-0,927	8	0
7	-1,062	0	40	0,591	0	7	-0,794	10	0
8	-0,961	0	41	0,640	0	8	-0,676	12	0
9	-0,872	1	42	0,691	1	9	-0,569	13	1
10	-0,791	0	43	0,745	0	10	-0,471	15	0
11	-0,717	0	44	0,803	1	11	-0,380	17	0
12	-0,648	0	45	0,867	0	12	-0,293	19	1
13	-0,584	1	46	0,936	0	13	-0,211	20	5
14	-0,524	0	47	1,014	2	14	-0,131	22	1
15	-0,468	0	48	1,103	2	15	-0,053	24	1
16	-0,415	0	49	1,207	0	16	0,023	26	3
17	-0,364	0	50	1,334	2	17	0,099	28	0
18	-0,315	0	51	1,493	0	18	0,175	30	2
19	-0,268	1	52	1,708	0	19	0,251	32	1
20	-0,223	1	53	2,026	2	20	0,328	34	2
21	-0,179	1	54	2,609	0	21	0,405	36	2
22	-0,136	1	55	3,085	0	22	0,484	38	2
23	-0,095	0				23	0,564	39	2
24	-0,054	1				24	0,648	41	1
25	-0,014	0				25	0,737	43	0
26	0,025	2				26	0,834	45	1
27	0,064	1				27	0,944	46	1
28	0,102	0				28	1,075	48	1
29	0,141	0				29	1,243	49	0
30	0,179	2				30	1,486	51	0
31	0,217	3				31	1,932	53	0
32	0,256	4				32	2,056	53	0

3.3.3. Lähtötaso- ja loppukokeiden tulosten vertailu

Kurssitulosten kehittyminen erilaisia opetusmenetelmiä käytettäessä oli tutkimuksen kolmas tutkimusongelma, ja sitä tutkija lähestyi kovarianssianalyysilla (2.2.2). Jotta erilaisten loppukokeiden pistemäärät vastaisivat toisiaan, ne skaalattiin samalle asteikolle IRT:n avulla. Kovariaatiksi otettiin lähtötasokokeen tulokset, joissa huomattiin kurssien 90 ja 92 välillä olevan tilastollisesti merkitsevä ero (3.3.1). Lähtötasokokeen ja loppukokeen tulokset ovat taulukossa 14.

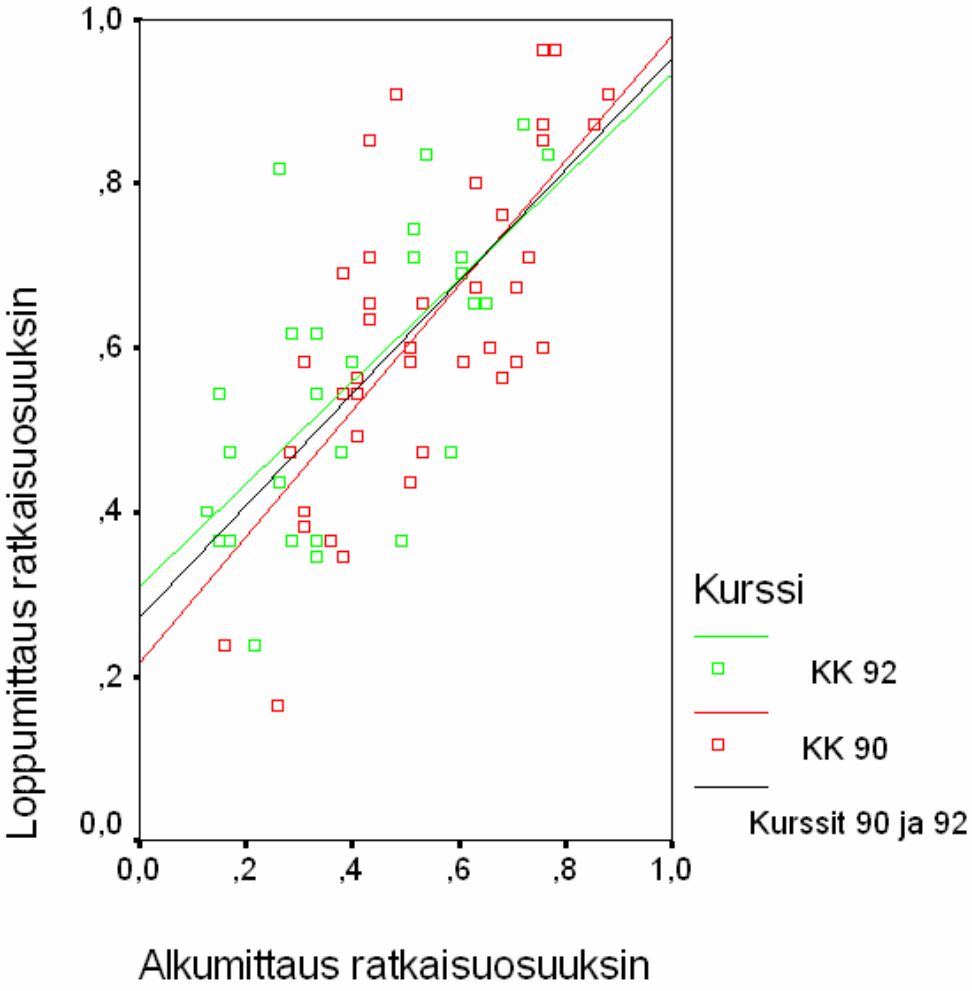
Lähtötasokokeiden ja loppukokeiden pistemäärien varianssien yhtäsuuruus tarkastettiin Levenen testillä, jonka tulosten ($p=0,929$ ja $p=0,678$) perusteella voitiin todeta varianssien olevan tilastolliselta merkitsevyydeltään samansuuruisia. Lähtötasokokeiden ja loppukokeiden pistemäärien normaalisuuden testaus voidaan tehdä Kolmogorov-Smirnovin testillä, jonka tulokset ($p=0,543$ ja $p=0,930$) osoittivat nollahypoteesin (jakaumat normaalisia) olevan voimassa, jolloin kovarianssianalyysi voidaan tehdä (2.2.2).

Taulukko 14. Ilmavoimien kadettikurssien 90 ja 92 lähtötasokokeiden ja loppukokeiden tulokset.

KK90			KK92		
OPNU	Lähtötasokoe /maks.	Loppukoe /maks.	OPNU	Lähtötasokoe /maks.	Loppukoe /maks.
1	0,31	0,4	74	0,15	0,36
2	0,41	0,49	75	0,33	0,36
3	0,16	0,24	76	0,29	0,62
4	0,53	0,47	77	0,29	0,36
5	0,31	0,58	78	0,33	0,55
6	0,51	0,58	79	0,33	0,35
7	0,43	0,64	80	0,13	0,4
8	0,31	0,38	81	0,72	0,87
9	0,63	0,67	82	0,22	0,24
10	0,51	0,6	83	0,26	0,44
11	0,68	0,76	84	0,17	0,47
12	0,61	0,58	85	0,15	0,55
13	0,36	0,36	86	0,17	0,36
14	0,38	0,55	87	0,77	0,84
15	0,26	0,16	88	0,51	0,75
16	0,53	0,65	89	0,26	0,82
17	0,28	0,47	90	0,65	0,65
18	0,48	0,91	91	0,61	0,71
19	0,71	0,58	92	0,49	0,36
20	0,41	0,55	93	0,4	0,58
21	0,68	0,56	94	0,54	0,84
22	0,66	0,6	95	0,58	0,47
23	0,41	0,56	96	0,63	0,65
24	0,73	0,71	97	0,38	0,47
25	0,43	0,71	98	0,33	0,62
26	0,43	0,65	99	0,61	0,69
27	0,63	0,8	100	0,51	0,71
28	0,78	0,96			
29	0,86	0,87			
30	0,76	0,96			
31	0,41	0,56			
32	0,71	0,67			
33	0,38	0,35			
34	0,76	0,87			
35	0,88	0,91			
36	0,76	0,85			
37	0,38	0,69			
38	0,43	0,85			
39	0,76	0,6			
40	0,51	0,44			
k.a.	**0.53**	**0.62**		**0.40**	**0.55**

Eräs kovarianssianalyysin oletus on, että regressiosuorat ovat samansuuntaisia kaikissa ryhmissä [57]. Tässä tutkimuksessa mahdollinen yhteisvaikutus voi olla muun muassa kurssin ja lähtötasokokeen (kovariaatti) välillä, mitä voidaan testata F-testillä. Tuloksista (p=0,446) nähtiin, että yhdysvaikutusta ei ilmennyt kurssin ja lähtötasokokeen välillä eli regressiomallit olivat yhtenevät kummallakin kurssilla. Koska yhdysvaikutusta ei ilmennyt, varsinainen kovarianssianalyysi voitiin tehdä ilman yhdysvaikutuksen huomioon ottamista. Tutkimuksen eräs perusajatus oli, että opetusmenetelmillä ei ole merkitystä kurssituloksiin ja näin ollen kurssien välillä ei saa olla tilastollisesti merkitsevää eroa. Kovarianssianalyysin tuloksista voitiin päätellä, että kurssien välillä ei ollut kurssituloksissa tilastollisesti merkitsevää eroa (F=0,645 ja p=0,425).

Kovarianssin graafisesta esityksestä (kuva 38) huomataan, miten kurssitulokset ovat kehittyneet kadettikursseilla 90 ja 92. Vaikka kadettikurssien 90 ja 92 lähtötasokokeiden tulosten välillä oli tilastollisesti lähes merkitsevä ero (liite 8), kovarianssianalyysin tulokset osoittavat, että kurssitulosten välillä ei ole tilastollisesti merkitsevää eroa (liite 8) eri tavalla opiskelleiden kadettikurssien välillä.



Kuva 38. Kurssitulosten kehittyminen kadettikursseilla 90 ja 92.

4. Pohdinta

Tässä tutkimuksessa oli tarkoituksena löytää ratkaisuja verkko-opetuksen käyttämiseen ilmavoimien kadettien opetuksessa. Ilmavoimien kadettien matematiikan perusopetukseen kehitettiin reflektiivistä, yhteisöllistä ja kontekstuaalista oppimista edistävä ja käytettävyydeltään kohtuullisen hyvä verkko-opetusmalli, jota käyttäen saavutettiin vastaavia kurssituloksia kuin lähiopetuskurssilla opiskellen.

4.1. Verkko-opetusmallin käyttökokemuksia ilmavoimien kadettikursseilla 90–92 matematiikan perusopinnoissa

Verkko-opetusmallin kehittäminen oli mielenkiintoinen prosessi, joka tapahtui tutustumalla verkko-opetuksen kehitysvaiheisiin ja viime vuosina käytössä olleisiin verkko-opetusmalleihin. Koulutusportaalin käytöstä saadut kokemukset vaihtelivat hyvin paljon, mikä ilmeni SUS-kysymyssarjoissa suurina vaihteluina eri kurssien välillä. Ilmasotakoulu eli suuren muutoksen aikaa tutkimuksen edetessä, mikä näkyi erityisesti kadettikurssilla 91 työvälineiden eli tietokoneiden puutteena.

4.1.1. Verkko-opetusmallin kehittämisen analysointi

Tutkija alkoi opettaa ilmavoimien kadettikursseja vuonna 2002, jolloin opiskelijat olivat kadettikurssia 89. Opetus oli yksinomaan lähiopetusta, mutta kehittyi vähitellen verkko-opetukseksi kadettikurssille 92. Tällöin opetuksesta puolet oli luento-opetusta ja puolet tapahtui verkkotuettuina vertaistutorin ohjaamina laskuharjoituksina, jotka tehtiin ja palautettiin koulutusportaalissa olleeseen laskuharjoitustyökaluun.

Kehitettyä mallia ja verkko-opetuksen historiassa käytettyjä opetusmuotoja (1.4.1, 1980- ja 1990-luku) vertaamalla voidaan huomata joitakin yhtäläisyyksiä, joita ovat muun muassa opettajien ja oppilaiden sijainti eri paikoissa, opettajien ja oppilaiden välisen vuorovaikutuksen luonne, joka ei ole pelkästään lähiopetuksessa syntyvää usein opettajajohtoista vuoropuhelua vaan kommunikointi mahdollistetaan useiden viestivälineiden avulla, ja opetusmateriaalin monipuolisuus lähiopetukseen verrattuna.

Verkko-opetuksen kehityttyä yhä enenevässä määrin internetverkkoja hyödyntäväksi eri oppilaitosten väliseksi yhteistyökanavaksi (1.4.1, 2000-luku), verkko-opetuksen kehittäminen tarvitsee normeja ja ohjeistuksia toimiakseen sujuvasti eri toimijoilla. Samoin tässä tutkimuksessa kehitetty verkko-opetusmalli toimii kaupalliseen käyttöön kehitetyssä r5-ympäristössä ja siitä edelleen puolustusvoimille erikseen suunnitellussa koulutusportaalissa, minkä vuoksi tutkimuksessa kehitettyä verkko-opetusmallia (kuva 23) on myös helpompi käyttää ja soveltaa muualla kuin puolustusvoimissa.

Suomen, kuten muiden maiden puolustusvoimien, joukko-osastojen sijaitessa hajallaan (1.4.2) tarve kehittää koulutusmenetelmiä ja tehostaa opetusta on lisääntynyt. Kehitystarpeet ovat olleet pitkälti samansuuntaisia kuin tässäkin tutkimuksessa, ja niitä ovat muun muassa monipuolisemmat opetusmenetelmät, opiskelijoiden matkustelun vähentämisen tuomat kustannussäästöt sekä yhteistyön (vrt. [49], 1.4.2) lisääminen eri toimijoiden välillä. Tutkimuksessa saatujen kokemusten perusteella voi todeta, että eri organisaatioiden välinen yhteistyö on erittäin tärkeää tässä tutkimuksessa kehitetyn verkko-opetusmallin mukaisen opetuksen onnistumiselle. Viikko-ohjelmat ja käytettävissä olevat opetusresurssit pitää olla opetuksen toteuttajan tiedossa hyvissä ajoin ennen opetuksen alkua eikä viikko-ohjelmiin saa tulla suuria muutoksia opetuksen aikana, mikä luo haasteita verkko-opetukselle

puolustusvoimissa jatkuvasti tehtävästä toiseen siirtyvien henkilöiden takia. Tämän tutkimuksen aikana opetusta järjestävä taho, Ilmasotakoulu, ei tiedottanut aina viikko-ohjelmaan tulleista muutoksista opetuksen toteuttajalle eli tutkijalle/opettajalle, mikä aiheutti epämääräisyyttä ja epävarmuutta sekä opiskelijoissa että opettajassa.

Erityisen tärkeänä tutkija pitää tutkimuksessa kehitetyn verkko-opetusmallin (kuva 23) oikeassa reunassa olevia asioita: jatkuvaa reflektiota ja sen analyysia ja palautetta (3.1.2). Reflektion, joka tukee Kolbin [39], Miettisen [59] ja Törmän [101] mukaan kokemuksellista ja vuorovaikutuksellista oppimista, avulla pyrittiin tukemaan yksilön oppimista ryhmäytymisen kautta erityisesti etälaskuharjoituksissa, joissa yksittäinen opiskelija pystyi lisäämään osaamistaan vertaistutoreiden ja toisten opiskelijoiden avulla omiin havaintoihinsa ja kokemuksiinsa pohjautuen. Vertaistutoreiden käyttö matematiikan opetuksen tukena oli tämän tutkimuksen mukaan erittäin onnistunut ratkaisu, mitä todistavat myös kadettikurssilla 92 saavutetut kurssitulokset ja vertaistutoreiden kokemukset (3.1.2).

Oppimateriaalin laadinnassa korostui opetuksen ja oppimateriaalin sitominen ilmavoimien ja sitä kautta sotilaalliseen kontekstiin, jolloin opiskelijat pystyivät käyttämään opetettua matematiikkaa mahdollisimman autenttisessa ja tilannesidonnaisessa ympäristössä. Ohjekirjoista sekä sodankäyntiin liittyvästä tekniikasta kehitetyt esimerkit ja tehtävät sitoivat matematiikan opiskelun ilmavoimien kontekstiin, jossa kadetit toimivat. Tällaista oppimista tehosti myös opetus sotilaallisessa ympäristössä, jolloin opetusta ja oppimista pystyi vertaamaan paremmin käytäntöön. Tätä tukevat myös Korhosen [40] ajatukset oppimisesta sosiaalisena ja kulttuurisidonnaisena prosessina, mitä yhteisöllisyys tukee.

Tutkimuksessa kehitetyssä verkko-opetusmallissa yhteisöllisyys oli kontekstuaalisuuden ohella tärkeä elementti, jota pyrittiin edistämään monipuolisilla viestintävälineillä ja perinteisesti pidetyllä luento-opetuksella. Luento-opetusta tukivat vertaistutoreiden pitämät laskuharjoitukset. Niiden tarkoituksena oli madaltaa opiskelijoiden kynnystä kysyä opettajalta ongelmien ilmaantuessa. Se, että opiskelijat eivät uskalla kysyä ongelmakohdista, on tutkijan kokemuksen mukaan eräs oppimista hidastava tekijä.

Erilaisilla luennoilla jaetuilla sekä verkkokurssilla olleilla tehtävillä oli tarkoitus parantaa opiskelijoiden reflektiivistä otetta opiskeluun, mutta kadettikurssilla 92 eräät opiskelijat palauttivat toisten laskuharjoitustehtäviä ominaan, vaikka ne oli tehty suoraan toisilta kopioimalla. Tällaista voi ehkäistä laittamalla koulutusportaalissa olleen estotoiminnon päälle, jolloin opiskelijat eivät näe toistensa vastauksia verkkoympäristössä. Tämä voi toisaalta ehkäistä rehellisesti opiskelevien toivottavaa reflektointia toisten vastauksiin, joten tehtävien laadintaa ja toteutusta pitää kehittää seuraaville kurssitoteutuksille.

Tässä mallissa on huomattavaa, että ilmavoimien kadettien matematiikan opetus tapahtui tarkkaan säädeltynä ja määrättynä ajanjaksona. Tämän ajanjakson jälkeen kadetit siirtyivät opiskelemaan muualle ja siirtymisvaiheessa heillä täytyi olla tietty matemaattinen perusosaaminen, joten kurssit olivat hyvin intensiivisiä.

4.1.2. KOPO:n käytettävyys matematiikan opetuksessa

Käytettävyydellä ei ole yksiselitteistä määritelmää, vaan sitä voidaan lähestyä mittaamalla muun muassa tuotteen esteettisyytä, käyttökelpoisuutta ja opittavuutta (1.6.4). Tässä tutkimuksessa käytettävyyttä tutkittiin SUS-kysymyssarjoilla, jotka tehtiin kullakin kadettikurssilla kurssien lopussa. SUS-

kysymysten pistemääräasteikko on 0–100, ja saadut pistemäärät vaihtelivat eri kadettikursseilla paljon.

Tarkasteltaessa kaikkien tutkimuksessa mukana olleiden kadettikurssien (90, 91 ja 92) SUS-pisteiden keskiarvoa huomataan keskiarvon asettuvan asteikon puoliväliin 51 pisteeseen. Kursseittain vaihtelu on kuitenkin voimakasta, ja erityisesti kadettikurssin 91 verkko-opiskelusta saamat kokemukset olivat pääosin negatiivisia. Päällimmäisenä syynä negatiivisiin käyttökokemuksiin olivat luultavimmin (liite 7) Ilmasotakoululla tapahtuneet muutokset, jolloin kadeteilla ei ollut majoituksessa eikä varsinaisissa opiskelutiloissa riittäviä internetyhteyksiä.

Tässä tutkimuksessa kerätystä aineistosta saadun informaation mukaan koulutusportaalin käyttö matematiikan opetuksessa on käytettävyyden osalta mahdollista. SUS-pisteiden kokonaiskeskiarvo oli noin 51 pistettä 100 mahdollisesta, eli tämän perusteella koulutusportaalin käytöstä saadut kokemukset olivat neutraaleja, ja varmoja päätelmiä koulutusportaalin käytettävyydestä on vaikea tehdä. Jos kadettikurssi 91:ltä saatu palaute jätetään huomiotta tuolloin vallinneen poikkeustilanteen vuoksi, kadettikurssien 90 ja 92 SUS-pisteiden keskiarvo on noin 56,5, mikä puoltaa koulutusportaalin käyttöä matematiikan opetuksessa.

SUS-pisteiden erot (taulukko 15) eivät mahdollisesti johdu ainakaan matemaattisen lähtötason eroista, sillä kaikkein heikoimmin lähtötasokokeessa menestyneen kadettikurssin 92 SUS-pisteet olivat samansuuruiset parhaiten lähtötasokokeessa menestyneen kadettikurssi 90:n kanssa. SUS-kyselyissä tilastollisesti merkitsevä ero oli kadettikurssi 91:n ja kahden muun kadettikurssin välillä, mikä johtunee yksinomaan kadettikurssi 91:n aikana olleen muutostilanteen aiheuttamista ongelmista verkkotuetussa opiskelussa.

Taulukko 15. t-testi lähtötasokokeille ja SUS-pisteille ilmavoimien kadettien matematiikan perusopetuksessa kadettikursseilla 90–92.

	Lähtötasopisteiden keskiarvo/maksimipisteet	t-testi	vs.
KK 90	0,53	0,23	KK91
KK 91	0,45	0,362	KK92
KK 92	0,40	0,049	KK90
	SUS- pisteiden keskiarvo	t-testi	vs.
KK 90	57	0,000	KK91
KK 91	40	0,000	KK92
KK 92	56	0,615	KK90

Käytettävyyden kaikkein kriittisimmäksi kohdaksi näyttää muotoutuvan KOPO:n käytettävyys matematiikan opetuksessa (taulukko 16), mikä ilmenee tutkijan mielestä matematiikan opiskeluun kuuluvien työvälineiden vähäisenä määränä koulutusportaalissa. Koulutusportaaliin laitettujen tehtävien pitääkin tutkijan mielestä olla enemmän matemaattisia käsitteitä ja ajatuksia testaavia tai monivalintatyyppisiä tehtäviä, jolloin matemaattisiin kaavoihin ja laskutoimituksiin liittyvät laskutoimitukset voidaan tehdä esimerkiksi paperille ja siirtää sitten muodostetut käsitteet ja saadut numeeriset vastaukset koulutusportaaliin. Käytettävyyttä mitanneet muut kokonaisuudet näyttävät puoltavan verkko-opetuksen käyttöä opetuksessa.

Taulukko 16. Verkkokurssin helppokäyttöisyyden, monimutkaisuuden ja johdonmukaisuuden sekä matematiikan opiskelun helppouden mittaaminen SUS-kysymyssarjoilla (SUS-pisteet 0–10).

Mitattava kokonaisuus	Keskiarvo	Keskihajonta (n=75)
Helppokäyttöisyys	4,9	0,9
Monimutkaisuus	6	1,1
Johdonmukaisuus	5,5	1,0
KOPO:n käyttö matematiikan opiskelussa	4,2	1,0

4.1.3. Kurssitulosten analysointi

Kurssitulosten vertailu tehtiin tässä tutkimuksessa kadettikurssien 90 ja 92 välillä. Kadettikurssit 90 ja 92 olivat hyviä vertailukohteita keskenään, koska niissä oli ilmavoimien jokaisen linjan (ohjaaja, johtamisjärjestelmä, lentoteknillinen) kadetteja ja kyseiset kurssit edustivat näin ollen laajinta mahdollista opiskelijapopulaatiota ilmavoimien kadeteista.

Matematiikan opiskelu alkoi lähtötasokokeella, johon osallistuivat kaikki kadetit. Lähtötasokokeessa maksimipisteistä 75 % saaneet kadetit toimivat kurssin ajan vertaistutoreina auttaen lähtötasokokeessa heikommin menestyneitä kollegojaan. Erityisesti kadettikurssilla 92 vertaistutorointi oli merkittävää, kun tutorit ohjasivat ryhmäänsä verkon (koulutusportaalin) kautta tapahtuneissa etälaskuharjoituksissa. Tähän tutkija oli saanut idean tutustuessaan aikaisemmin tässä tutkimuksessa esiteltyihin etäopetuksen malleihin.

Tutkittaessa lähtötasokokeiden pistemäärien reliabiliteettia huomattiin, ettei minkään kysymyksen poisjättäminen lähtötasokokeesta olisi sanottavasti nostanut reliabiliteettikertoimen arvoa. Varsinkin kadettikurssin 92 lähtötasokokeiden reliabiliteetti (α=0,69) on alhaisempi verrattuna kadettikurssin 90 reliabiliteettikertoimeen (α=0,75), mistä voidaan päätellä lähtötasokokeen erotelleen opiskelijoita heikommin.

Loppukokeen pisteiden reliabiliteettia tarkasteltaessa huomio kiinnittyy erityisesti kadettikurssin 92 loppukokeen pistemäärien reliabiliteettiin (α=0,63), jonka voi todeta olevan alhainen kadettikurssin 90 loppukokeesta saatujen pistemäärien reliabiliteettiin (α=0,78) verrattuna. Tästä voidaan päätellä kadettikurssin 92 matematiikan loppukokeen olleen toistettavuuden suhteen huonommin onnistunut kuin kadettikurssin 90 kokeet. Tämän perusteella voi sanoa, että samat tai mahdollisimman samanlaiset kokeet olisivat parempia vertailukohteita keskenään.

Loppukokeiden pistemäärät skaalattiin vastaamaan toisiaan osiovasteteorialla, joka osoittautui raskaaksi käyttää. Teoria toimii ikään kuin binäärilukuja vertaavana järjestelmänä, jossa verrataan keskenään esimerkiksi pisteitä 0 ja 1, 2, 3, 4, 5, 6 eli enemmän kuin 0. Jos alkuperäisessä kokeessa olleen kysymyksen pistemäärät olisivat olleet 0–6 ja jos esimerkiksi pistemäärää 4 ei olisi kokeessa saanut kukaan opiskelijoista, niin tällöin pistemäärät olisi skaalattu siten, että pistemäärät olisivat olleet 0, 1, 2, 3, 4, 5. Tällöin esimerkiksi pisteet 4 ja 5 olisivat vastanneet alkuperäisen kysymyksen pisteitä 5 ja 6. Tämä herätti tutkijassa mielenkiinnon tutkia alkuperäisten ja osiovasteteorialla skaalattujen pisteiden eroavuutta kovarianssianalyysin tuloksissa, missä ei kuitenkaan ilmennyt tilastollisesti merkitseviä eroja, kun kovarianssianalyysi tehtiin raakapisteiden perusteella.

Koulutusportaalin käyttökokemukset osoittivat, että portaalin käyttö ei ole suunniteltu erityisesti matematiikan etäopiskelua varten. Tämä ilmeni koulutusportaalin laskuharjoitustyökalujen kankeutena, joskaan kaavatyökaluja ei portaalin toiminnoissa edes ollut. Kaikesta huolimatta tällainen vertaistutoreita hyväksi käyttävä (3.1.2) opiskelutapa stimuloi heikommatkin opiskelijat tekemään töitä, mikä ilmeni kadettikurssi 92:lla tapahtuneesta tason noususta (loppukoe vs. lähtötasokoe) kadettikurssiin 90 verrattuna.

Verrattaessa kadettikurssien 90 ja 92 lähtötasokokeiden tuloksia voidaan todeta, että niissä on tilastollisesti lähestulkoon merkitsevä ero ($p=0,049$), mutta loppukokeiden tuloksissa ero ei enää ole tilastollisesti merkitsevä ($p=0,425$). Edellä olevien tulosten perusteella voidaan päätellä, että verkko-opiskelun avulla voidaan saavuttaa vastaavia tuloksia matematiikan opiskelussa kuin perinteisesti opettajajohtoisesti lähiopiskellen. Tarkasteltaessa kovarianssianalyysin graafista esitystä (kuva 38) voidaan päätellä, että lähtötasokokeessa heikommin menestyneet näyttävät nostaneen paremmin kurssitulostaan kadettikurssilla 92 kuin kadettikurssilla 90. Tätä tukevat tulokset Pohjois-Arizonan [6] ja Texasin yliopistojen [5] sekä Goodson-Espyn ym. [17] verkko-opetuskokeiluissa, joissa erilaisilla verkko-opetusmenetelmillä opiskelleet saivat kyseisten artikkelien mukaan vastaavia tai parempia oppimistuloksia kuin perinteisesti lähiopetuksena opiskelleet.

4.2. Tutkimuksen luotettavuudesta

Tarkasteltaessa tutkimuksen luotettavuutta pragmatistisen totuusteorian pohjalta, jonka mukaan väite on tosi, mikäli se toimii käytännössä [111], keskeisimmäksi tutkimuksen luotettavuutta mittaavaksi ominaisuudeksi nousee verkkokurssin toimivuus käytännössä. Kysymykseen luotettavuudesta pyrittiin vastaamaan arvioimalla tutkimuksen vakuuttavuutta,

hyödynnettävyyttä sekä tutkimuksessa tuotetun tiedon uutuutta. Niiden lisäksi tutkimuksen toistettavuutta arvioitiin Cronbachin alfalla.

4.2.1. Käytettyjen tutkimusmenetelmien arviointia

Tutkimuksen pääongelmaan vastattiin design-tutkimuksella, jonka perusteella tutkimuksessa kehitettiin verkko-opetusmalli. Tutkimuksen alaongelmiin, käytettävyyteen ja kurssitulosten vertailuun, vastattiin SUS-kysymyssarjoja ja kovarianssianalyysiä käyttäen.

Designtutkimus verkko-opetusmallin kehittämisessä

Tutkimusta aloitettaessa tutkija teki verkko-opetusmallin kehittäessään mielestään toimintatutkimusta, sillä tämä tutkimus oli luonteeltaan oman työn kehittämistä ja oman työn tutkimista. Tutkimuksen edetessä myöhäisempään vaiheeseen tutkimukseen tuli entistä enemmän kvantitatiivista luonnetta ja tutkija alkoi pohtia toimintatutkimuksen soveltuvuutta tutkimusstrategiana, minkä vuoksi tämän tutkimuksen lähestymistavaksi alkoi muotoutua entistä enemmän pragmatistiseen lähestymistapaan perustuva design-tutkimus. Tämä osoittautui oikeaksi valinnaksi, koska tutkimuksen aikana käytettiin sekä kvalitatiivisia (sisällön analyysi, kirjallisuustutkimus) että kvantitatiivisia menetelmiä verkkokurssin kehittämisessä.

Tässä tutkimuksessa oli tavoitteena parantaa ilmavoimien kadettien opetuksessa käytössä olleita menetelmiä, mikä on Cobbin [9] mukaan eräs design-tutkimuksen tavoite. Toisaalta tutkimuksessa on kehitetty uusi verkko-opetusmalli toistuvana prosessina (2.1.2 ja 3.1), minkä tuloksena on saatu uutta tietoa kadettien verkko-opiskelusta. Tämän vuoksi tutkimus on ollut luonteeltaan enemmän design-tutkimusta kuin toimintatutkimusta, sillä

design-tutkimukselle on Juutin ja Lavosen [29] mukaan ominaista kehitysprosessin jatkuvuus.

Verkkokeskustelujen ja tutorpäiväkirjojen sisällön analyysi

Verkkokurssin sisällön kehittämisessä olivat tärkeässä osassa verkkokeskustelut ja tutorpäivät, joista nousi esiin joitakin pääteemoja (2.1.3, 3.1.2). Teemoista saadun informaation perusteella verkkokurssia pystyi kehittämään loogisesti sisältöä analysoimalla, jolloin kursseilla olleet ongelmakohdat pystyi havaitsemaan ja niitä pystyi korjaamaan seuraavalle kurssitoteutukselle.

SUS-kysymyssarjat

Koska SUS-kysymyssarjojen toiminta oli testattu jo etukäteen Brooken [7] toimesta, ne osoittautuivat käyttökelpoisiksi ja helposti kvantitatiivisilla menetelmillä analysoitaviksi. SUS-kysymyksistä saatu tieto vaatisi tutkijan mielestä esimerkiksi etälaskuharjoitusten videointia, jolloin laskuharjoituksista saataisiin mahdollisimman autenttista tietoa täydentämään varsinaisia käytettävyyttä testaavia kysymyksiä.

Kovarianssianalyysi kurssitulosten vertailussa

Kolmanteen tutkimuskysymykseen vastattaessa kaikkein käyttökelpoisimmaksi tutkimusmenetelmäksi sopi tutkijan mielestä kovarianssianalyysi (2.2.2), koska sillä pystyi arvioimaan suoraan lähtötasokokeen eli kovariaatin ja loppukokeen välistä yhteyttä. Jotta toisistaan hyvin paljon poikkeavien loppukokeiden tuloksia voitiin vertailla järkevästi toisiinsa, niiden pistemäärät skaalattiin samalle tasolle IRT:lla (2.2.2). Jos oletusta kokeiden erilaisuuden vaikutuksesta

ei olisi tehty, kurssituloksia olisi voitu vertailla suoraan toisiinsa. Tehtäessä U- ja t-testi (liite 8) lähtötaso- ja loppukokeiden pistemäärille huomattiin, ettei näillä keskiarvojen vertailuun soveltuvilla perustutkimusmenetelmillä saavutetuilla tuloksilla ollut mitään eroa varsinaisiin tutkimustuloksiin. Tutkimuksessa käytetyillä tutkimusmenetelmillä pystyttiin kuitenkin paremmin arvioimaan kokeiden vaikeustasoa ja oppilaiden osaamista, jolloin toisistaan eronneet loppukokeiden pistemäärät voitiin skaalata samalle tasolle vastaamaan toisiaan.

4.2.2. Vakuuttavuus

Design-tutkimukseen kuuluu Edelsonin [14] mukaan kuvaus tutkimusprosessista (1.8, 2.1.2), tutkimuksen tavoitteista (1.1, 1.2) ja lopputuotteesta (3.1), jotka on esitetty aikaisemmin tässä tutkimuksessa. Toisaalta Hoadleyn [24] mukaan design-tutkimuksella pyritään yhdistämään kasvatuksen teoria ja käytäntö, mihin tämän tutkimuksen avulla on pystytty vastaamaan kehittämällä ilmavoimien kadettien matematiikan perusopetukseen käytännössä toimiva verkko-opetusmalli.

Tutkimuksessa on käytetty useita tutkimusmenetelmiä (4.2.1), mikä on parantanut tutkimuksessa kehitetyn verkko-opetusmallin käytettävyyden arviointia (SUS-kysymykset ja sisällön analyysi) ja kurssitulosten vertailua kadettikursseilla 90 ja 92 (kovarianssianalyysi ja IRT). Kvantitatiivisista tuloksista on tehty reliabiliteettitarkastelu Cronbachin alfaa käyttäen, millä on pystytty arvioimaan tämän tutkimuksen kvantitatiivisen osan toistettavuutta.

Koulutusportaalin käytettävyyden määrittämiseen käytetyt SUS-kysymyssarjat antoivat numeraalista tietoa käytettävyydestä, ja oppilaiden antamien vastausten reliabiliteetti oli melko hyvä, mutta tutkija aikoo kehittää seuraavilla kadettikursseilla kysymyssarjoja siten, että niihin lisätään haastatteluosio tai

etälaskuharjoitusten videointi. Tällä tavalla tutkija uskoo saavansa lisätietoa opiskelijoiden antamista vastauksista, joiden antama informaatio koulutusportaalin käytöstä matematiikan opetuksessa jäi tutkijan mielestä melko pinnalliseksi.

Tarkasteltaessa tässä tutkimuksessa kolmantena tutkittavana asiana olleen verkko-opetuksen vaikutusta matematiikan kurssituloksiin huomataan, ettei verkko-opetuksella ollut heikentävää vaikutusta kurssituloksiin lähiopetuskurssiin verrattuna ainakaan tilastollisesti merkitsevästi. Käytetty ilmavoimien kadettien matematiikan perusopetuksen verkko-opetusmalli osoitti toimivuutensa käytännössä siinä mielessä, että verkko-opetuksella saavutettiin matematiikan opetuksessa vastaavanlaisia tuloksia kuin lähiopetuskursseilla. Toisaalta verkko-opetuksella ei saavutettu myöskään sanottavaa etua lähiopetukseen verrattuna, mutta tutkimus antoi uutta tietoa tutkijalle verkko-opetuksen käyttömahdollisuuksista matematiikan ja luonnontieteellisten aineiden teorian opetuksessa.

Kadettikurssin 91 loppukokeen kysymyksistä osa oli vahingossa joutunut opiskelijoille laskuharjoitusten muodossa, mitä voi pitää epätoivottuna virheenä. Tämän vuoksi kadettikurssin matematiikan loppukokeiden pistemäärät olivat luonnottoman korkeat, jolloin tutkija joutui rajaamaan kadettikurssin pois kurssitulosten vertailusta.

4.2.3. Tuotetun tiedon tarkastelua

Tutkimuksesta saadun tiedon perusteella pystyttiin vastaamaan tutkimuskysymyksiin, mikä osoitti, että tutkimuksesta saatu tieto oli loogista ja että tutkimus eteni johdonmukaisesti. Toisin sanoen tutkimuksessa tutkittiin juuri sitä, mitä oli aiottukin tutkia. Tutkimuksessa saatiin uutta tietoa verkko-opetuksesta ilmavoimien kadeteille, mikä on Juutin ja Lavosen [29], Cobbin [9],

Milesin ja Hubermanin [61] mukaan tutkimuksessa tuotetun tiedon eräs päätarkoitus. Verkko-opetusta käyttäen saavutettiin matematiikan opetuksessa vastaavia tuloksia kuin lähiopetuksella ja tulokset olivat samansuuntaisia muiden matematiikan verkko-opiskelusta tehtyjen tutkimusten kanssa (4.1.3).

Verkko-oppimismallia kehitettäessä lähteinä käytettiin sekä sähköisiä että kirjallisia lähteitä, joista oli haasteellista löytää tutkimukseen soveltuvia lähteitä niiden suuren määrän vuoksi. Verkko-oppimisesta saadut kokemukset lisääntyvät jatkuvasti ja tutkitun tiedon määrä kasvaa, joten tutkijan havaintojen mukaan sähköiset eli internetin välityksellä löytyvät lähteet olivat kirjallisia lähteitä paremmin ajan tasalla (1.4, 1.5). Tutkimuksessa käytettiin myös joitakin hallinnollisia asiakirjoja lähteinä, sillä niistä pystyi näkemään verkko-opetukselle asetettuja tavoitteita.

Verkko-oppimismallin käytettävyyden mittaukseen käytetyt SUS-kysymykset toistettiin kolmella kadettikurssilla täysin identtisinä, minkä pohjalta mallia oli helppo kehittää edellisen kurssin palautteen pohjalta. Koska kyselyt toistettiin kolmella kadettikurssilla täysin identtisinä, eri kurssien käyttökokemusten välinen vertailu oli helppoa.

Tutkimusaineiston reliabiliteetti oli kohtuullisen hyvä (3.3, 4.1.2, 4.1.3), kun jätetään ulkopuolelle kadettikurssin 92 matematiikan loppukokeen pistemäärien reliabiliteetti. Reliabiliteetin alhaisuus ei kuitenkaan kerro suoranaisesti tutkimuksen luotettavuudesta, mutta mahdollisesti se kertoo kadettikurssin 92 matematiikan loppukokeen erotelleen heikosti opiskelijoita.

Tutkijaa jäi askarruttamaan kokeiden analysoinnissa lähtötasokokeessa kaksi hieman poikkeavaa kysymystä, joita tutkija pyrki selventämään uusinta-analyysilla jättäen toisistaan poikenneet kysymykset uusintatarkastelusta pois. Tehtyjen analyysien perusteella lähtötasokokeiden pistemäärien keskiarvot

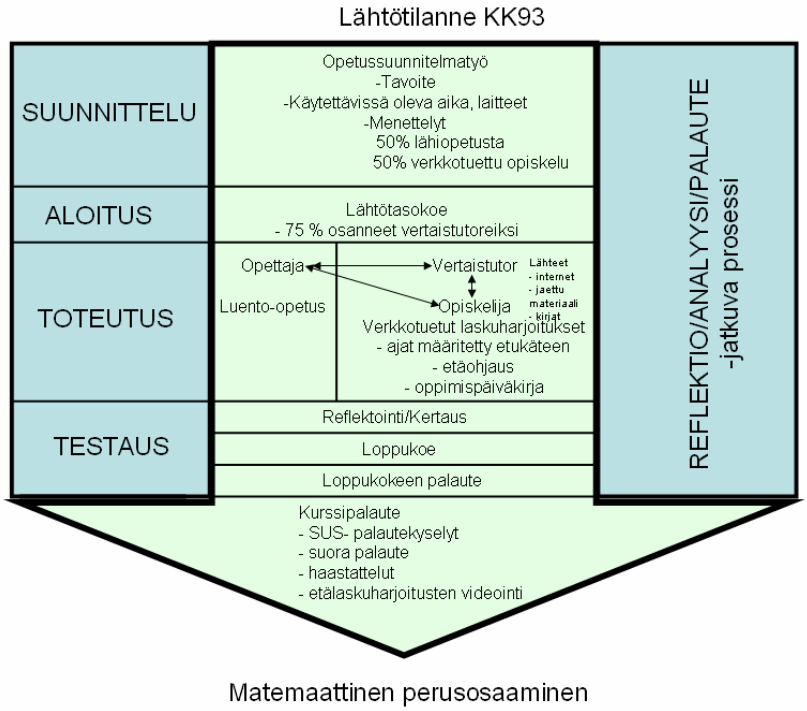
lähenivät huomattavasti toisiaan kadettikursseilla 90 ja 92, jolloin näiden kurssien lähtötasokokeiden pistemäärien välillä ei ollut enää tilastollisesti merkitsevää eroa (p=0.46). Toisaalta kovarianssianalyysin tuloksesta voidaan päätellä, että tilastollinen merkitsevyyden (p=0.74) ero näiden kahden kurssin tulosten välillä pieneni.

4.2.4. Hyödynnettävyys

Design-tutkimuksessa tutkimuksen hyödynnettävyydellä tarkoitetaan tutkimustulosten hyödyntämistä käytännössä [9], mitä myös toisaalta tutkimuksen siirrettävyys [18,61] vahvistaa. Tämän tutkimuksen tavoitteena on ollut verkko-opetuksen tuomien mahdollisuuksien tutkiminen ja niiden käyttö ilmavoimien lentoteknillisessä opetuksessa, joka on usein melko intensiivistä ja missä kurssit sisältävät mahdollisimman vähän oppitunteja, kuten tämänkin tutkimuksen matematiikan kurssi. Tämän vuoksi tutkimuksessa valittu melko hierarkkinen etenemistyyli (vrt. Mäyrä [62]) on ollut käytännöllinen tapa toteuttaa tämänkaltainen tutkimus, jonka tuloksia on mahdollisimman helppo soveltaa muihin ilmavoimissa järjestettäviin opintokokonaisuuksiin.

Ilmavoimien Teknillisessä Koulussa tutkimuksen tuloksia on hyödynnetty henkilökunnan täydennyskursseilla, joille rakennetut kokonaisuudet ovat toimineet ensisijaisesti materiaalin ja informaation jakelukanavina. Joillakin kursseilla koulutusportaaliin tehtyihin verkkototeutuksiin on sisällytetty seuraavan jakson lähiopetuksesta etätehtäviä, jotka on pitänyt palauttaa tiettyyn päivämäärään mennessä. Tutkimuksessa saatujen kokemusten mukaan vastuullinen verkkoa ja monipuolisia opetusmenetelmiä hyväksi käyttävä opetustapa on huomattavasti työläämpää opettajalle kuin lähiopetukseen perustuva opetustyyli, mikä pitää ottaa huomioon suunniteltaessa opettajien ajankäyttöä verkko-opetuksen lisääntyessä.

Kadettikurssista 93 alkaen ilmavoimien kadettien matematiikan opetussisältö muuttuu matematiikan perusopetuksesta (yleiskurssi) tilasto- ja todennäköisyysmatematiikkaan, minkä perusteella kursseille laadittavat lähtötaso- ja loppukokeet sekä laskuharjoitukset on laadittava uudelleen. Tästä tutkimuksesta saatu tieto verkko-opetuksen vaikutuksista kurssituloksiin oli tutkijalle tärkein tieto, jonka perusteella tutkija aikoo keväällä 2007 opetettavan kadettikurssin 93 kanssa käyttää edelleen verkko-opetusta matematiikan opetuksessa (kuva 39) ja lisätä sen käyttöä myös fysiikan opetuksessa. Kadettikurssin 93 malliin on lisätty oppimispäiväkirja, joka lisää tutkijan mielestä oppilaan reflektiivistä kykyä arvioida oppimistaan. Tällainen analysointi tuo lisäarvoa; tutkitaan oppimista eikä pelkästään kurssituloksia.



Kuva 39. Kadettikurssi 93:n matematiikan opetuksessa käytettävä verkko-opetusmalli, joka on kehitetty kadettikurssi 92:lla käytetystä mallista.

Tässä tutkimuksessa toisistaan eroavat kadettikurssien 90 ja 92 loppukokeet aiheuttivat vertailuongelman, jonka vuoksi tutkija joutui tekemään kokeiden ja

oppilaiden tason skaalaamiseksi toisiaan vastaaviksi IRT:lla monimutkaisen ja paljon työtä vaatineen prosessin. Tämän perusteella tuleville kadettikursseille laadittavat kokeet ovat täysin identtisiä (kokeet kerätään talteen), minkä vuoksi eri kurssien kokeiden pistemääriä voidaan verrata suoraan keskenään. Kokeet kerätään koetilaisuuden jälkeen talteen.

4.2.5. Yhteenveto

Tällä tutkimuksella on pystytty vastaamaan tavoitteena olleisiin tutkimusongelmiin, mikä osoittaa tutkimuksen olleen looginen ja tavoitteisiin nähden oikein toteutettu. Tutkimuksella on pystytty tuottamaan uutta tietoa (vrt. [14] ja [29]) verkko-opiskelusta ilmavoimissa kehittämällä kadettien matematiikan perusopetukseen malli, jota on ollut helppo soveltaa muuhun ilmavoimien lentoteknilliseen opetukseen (4.2.4).

Tiedonkeruu- ja tutkimusmenetelmät

Tutkimuksessa on käytetty erilaisia tiedonkeruumenetelmiä, kirjallisuutta, sähköisiä lähteitä, kyselyitä, verkkokeskusteluja ja päiväkirjoja sekä matematiikan kokeita, mitkä on dokumentoitu huolellisesti. Tutkimuksessa on käytetty useita verkkomallin kehittämiseen ja sen tutkimiseen soveltuvia menetelmiä, joiden avulla tutkimuksessa asetettuihin tutkimusongelmiin on pystytty vastaamaan.

Verkkokeskustelujen ja tutorpäiväkirjojen analyysi

Sisällönanalyysin pitää olla Pietilän [75] mukaan systemaattista, objektiivista ja yleistettävää, mitä myös tässä tutkimuksessa käytettyjen verkkokeskustelujen ja tutorpäiväkirjojen analysointi on ollut. Verkkokeskustelut ja tutorpäiväkirjat on analysoitu systemaattisesti samalla tavalla, jolloin keskusteluissa ja tutorpäiväkirjoissa esiin tulleet teemat on saatu luokiteltua samalla tavalla eri kadettikursseilla. Tällä tavoin aineistoa luokittelemalla on voitu mahdollisimman objektiivisesti tarkastella tutkimusaineistoa, mikä tässä tutkimuksessa on ollut eräs huomioon otettava tekijä tutkijan toimiessa myös opettajana ja aineistonkerääjänä.

SUS-kyselyt

Arvioitaessa käytetyn SUS-kyselyn luotettavuutta, korkea reliabiliteettikerroin kertoo tutkimuksessa käytetyn kysymyssarjan mitanneen samantyyppistä asiaa. Jos määritämme alfan luottamusvälin [57] 95 %:n varmuudelle, niin tuloksista nähdään alfan vaihtelevan 0,71 ja 0,85 välillä sekä varsinaisen alfan olevan 0,79. Tuloksista voidaan päätellä kysymysten reliabiliteetin olleen kohtuullisen korkea.

Toisaalta voidaan myös kysyä, oliko joku kysymyksistä reliabiliteettia heikentävä. Tätä asiaa voidaan tarkastella jättämällä kyseinen tehtävä reliabiliteettitarkasteluista pois ja määrittämällä tutkimusaineiston reliabiliteetti siinä tapauksessa. Minkään kysymyksen poisjättämisen ei kuitenkaan nähdä reliabiliteettitarkasteluissa tekevän reliabiliteettia paremmaksi kuin alfan ylärajan arvo 95 %:n luottamusvälillä, joten SUS-kysymykset olivat kysymyssarjassa tarpeellisia.

Kokeet

Jatkossa samankaltaisia tutkimuksia tehtäessä erityinen huomio kannattaa kiinnittää opiskelijoiden testaamisessa käytettäviin kysymyssarjoihin, joiden tulisi olla tasoltaan ja laajuudeltaan samanlaisia. Tällä tavalla eri kurssien välistä vertailua voidaan tehdä entistä paremmin ja joustavammin, mikä parantanee entisestään tässä tutkimuksessa saavutettujen tulosten toistettavuutta ja hyödynnettävyyttä.

4.3. Jatkotutkimuksia

Tutkimuksessa saadut rohkaisevat tulokset antavat aiheen moniin jatkotutkimuksiin Ilmavoimien teknillisen koulun järjestämässä lentoteknillisessä opetuksessa. Jatkotutkimuksia on tarkoitus tehdä tutkimalla fysiikan teoriaopetusta ja laajemmin koko lentoteknillisen henkilökunnan täydennyskoulutusta, mikäli siihen löytyy riittävästi resursseja.

Tässä tutkimuksessa kehitetyn verkko-opetusmallin käyttö tulevien kadettikurssien fysiikan opetuksessa on hyvin samankaltaista tämän tutkimuksen kurssien soveltavan luonteen vuoksi, minkä perusteella tutkija aikoo selvittää verkko-opetuksen vaikutusta fysiikan teoriakurssien kurssituloksiin. Demircin [13] tutkimuksessa fysiikan verkkopohjaisen kotitehtäväympäristön kautta opiskelleet saavuttivat FCI-testeissä vastaavat tulokset kuin perinteisesti opiskelleet, tosin heidän kotitehtävien ratkaisukyvyssään oli tilastollisesti merkitsevää eroa perinteisesti kotitehtävänsä tehneiden hyväksi.

Verkko-opetuksen laajentamisessa koskemaan koko lentoteknillistä koulutusta riittää monia haasteita, joista viranomaisluokiteltu oppimateriaali rajoittaa ainakin vielä koulutusportaalin käyttöä kyseisten aiheiden opetuksessa. Toinen

suuri haaste verkko-opetuksen lisäämiseen lienee opettajien asenteissa, joita tutkija toivottavasti pystyy ohjaamaan tässä tutkimuksessa saatujen rohkaisevien tulosten valossa verkko-opiskelumyönteisemmiksi. Verkko-opetusta lisättäessä on kuitenkin harkittava tarkkaan verkko-opiskelun tuoma lisäarvo opetukseen, sillä jos uusi opiskelutapa ei tuo merkittäviä uudistuksia lähiopetukseen, niin sitä ei silloin kannata ottaa käyttöön. Jatkotutkimuksilla saataisiin lisätietoa verkko-opetuksen vaikutuksista eri kurssien tuloksiin, ja samalla voitaisiin tutkia verkko-opetuksen mukanaan tuomia kustannusvaikutuksia, kun matkapäivät vähenevät opiskelijoiden opiskellessa kotipaikkakunnillaan.

Koska mobiiliteknologia kehittyy ja yhteydet nopeutuvat, ajan ja paikan merkitys opiskelussa ja opettamisessa ei tulevaisuudessa enää ole tutkijan mielestä niin merkityksellistä kuin nyt. Matkapuhelimien videopuhelutoiminnoilla opetusta voidaan tehdä näkö- ja kuuloyhteydessä, jolloin ihmisten ei tarvitse olla samassa tilassa niin kiinteästi kuin nykyisin toistensa kanssa kommunikoidessaan. Matkapuhelin voidaan ottaa mukaan matkalle joustavammin kuin nykyiset melko kiinteät videopuhelinlaitteistot. Lisäksi jo nykyisinkin matkapuhelimissa olevat internetselaimet mahdollistavat verkko-opiskelun, jolloin kiinteiden tilojen ja välineiden tarve vähenee. Tämä tuo uusia mahdollisuuksia puolustusvoimien koulutukseen ja opetukseen, ja esimerkiksi taisteluharjoituksissa paljon liikkuvia joukkoja pystytään opettamaan ja kouluttamaan entistä paremmin aikaisempaan kiinteään aikaan ja paikkaan sidonnaiseen lähiopetukseen verrattuna.

LÄHTEET

1. Aalto, E. 1996. Oppimateriaali tekijöidensä näkemysten kuvastajana. Virittäjä 2.
2. Advance Distributed Learning. About ADL. http://www.adlnet.org/aboutadl/index.cfm: Luettu 2.8.2005
3. Advance Distributed Learning. SCORM. http://www.adlnet.org/scorm/index.cfm: Luettu 2.8.2005
4. Autio, O. 1983. Monimuoto-opetuksen mahdollisuudet. Aikuiskasvatus 3.
5. Bailey, M., Hall, B., Cifuentes, L. 2001. Web-Based Instructional Modules Designed To Support Fundamental Math Concepts In Entry Level College Mathematics: Their Effects, Characteristics Of Succesfull Learners, And Effective Learning Strategies: World Conference on the WWW and Internet Proceedings. ERIC, ED 466 577.
6. Beaudrie, B. Redesigning College Algebra Delivery from Direct Instruction to a Computer Environment: Northern Arizona University. In Proceeding of SITE 2002: Society for Information Technology & Teacher Education International Conference. ERIC, ED 472 238.
7. Brooke, J. 1986. SUS-A quick and dirty usability scale. Redhat Consulting Ltd.
8. Burnett, C. 2003. Learning to chat: tutor participation in synchronous online chat. Teaching in Higher Education. Vol. 2, No. 2, pp. 247–261.
9. Cobb, P., Confrey, J., diSessa, A., Lehrer, R., Schauble, L. 2003. Design experiments in educational research. Educational researcher. Vol. 32, No. 1, pp.9–13.
10. Cronbach, L. 2004. My Current Thoughts on Coefficient Alpha and Successor Procedures. CSE Report 643.

11. Curda, S., ja L. 2003. Advance Distributed Learning, A Paradigm Shift for Military Education. The Quarterly Review of Distance education. Volume 4(1), pp. 1–14.
12. De Mooij, M., Kortesmäki, T., Lammi, M., Lautamäki, S., Pekkala, J. & Sinkkonen, I. 2005. Kompassina asiakas. Näkemyksiä ja kokemuksia käyttäjälähtöisyydestä. Tammer-paino Oy.
13. Demirci, Neset. 2006. Developing Web-oriented Homework System to Assess Students' Introductory Physics Course Performance and Compare to Paper-based Peer Homework. ERIC, ED 494 339.
14. Edelson, D.C.2002. Design Research. What We Learn When We engage in Design. The Journal of the Learning Sciences, pp. 105–121, 11(1).
15. Engeström, Y. 1987. Learning by expanding. Gummerus, 82–137.
16. FIM-100. Fault isolation manual. F-18C ja F-18D. Huolto-ohjekirja 1. Suomen ilmavoimat.
17. Goodson-Espy, T., Espy S.L. 2002. *Warrick's Secrets*. Teaching Mathematics Through an Internet-based 3D Massively Multi-Player Role Playing Game. University of North Carolina at Charlotte: In Proceeding of site. ERIC, ED 472 238.
18. Guba, E.G., Lincoln, Y.S. 1989. Fourth Generation evaluation. Sage Publications.
19. Gunawardena, McIsaac. Toim. David H. Jonassen. 2004. Distance education. Handbook of research on educational communications and technology.
20. Haapasalo, L. 2004. Oppiminen, tieto & ongelmanratkaisu. 6.painos. Medusa Software.
21. Hassinen, S. 2006. Idealähtöistä koulualgebraa. IDEAA opetusmallin kehittäminen algebran opetukseen peruskoulun 7. luokalla. Helsingin yliopisto. Väitöskirja.
22. Heikkinen, E. 2003. Malli terveysalan käytännössä ja koulutuksessa ilmenevästä kateudesta. Oulun yliopisto. Väitöskirja.

23. Hewitt-Taylor, J. 2003. Technology-assisted Learning: Journal of Further and Higher Education. Vol. 27, N:o 4, November
24. Hoadley, C.M. 2004. Methodological alignment in design-based research.
25. Huovinen, L. 2000. Virtuaaliyliopistoa rakentamassa. Yliopistotieto 2, s. 48–52.
26. Johnson, B., Christensen, L. 2004. Educational research. Quantitative, qualitative and mixed approaches. Allyn and Bacon. pp.298–325.
27. Jonassen, D. Design of constructivist learning environments. http://www.coe.missouri.edu/~jonassen/courses/CLE/
28. Juuti, K. 2005. Towards Primary School Physics Teaching and Learning; Helsingin yliopisto. Väitöskirja.
29. Juuti, K., Lavonen, J.2006. Design-based research in Science education. One Step Towards Methodology. NorDINA 4.
30. Järvelä, S., Häkkinen, P., Lehtinen, E.(toim.). 2006. Oppimisen teoria ja teknologian opetuskäyttö. WSOY.
31. Järvinen, A., Kontkanen, L., Poikela E., Stachon K., Valkama H. 1995. Työ, Asiantuntijuus ja Oppiminen. Aikuiskasvatus 2.
32. Järvinen, A., Poikela E. 2000. Työssä oppiminen – reflektiivistä ja kontekstuaalista. Aikuiskasvatus 4, s. 316–324.
33. Kajanto, A. 2003. Suomalainen metsäteollisuus verkko-opetuksen kärjessä. Aikuiskasvatus 1.
34. Kalli, Pekka., Sallila, Pekka. 2001. Verkot ja teknologia aikuiskoulutuksen tukena. Kansanvalistusseura.
35. Kalliomaa, M. Verkkopohjaisen monimuoto-opetuksen kehittäminen Maanpuolustuskorkeakoululla 1996–2002. 2003. Julkaisusarja 2, N:o 13. Maanpuolustuskorkeakoulu. Väitöskirja.
36. Karvanen, S. 2001. Helsingin yliopiston keskustakampuksen opiskelijat verkko-opintoaineistojen käyttäjinä. http://www.opiskelijakirjasto.lib.helsinki.fi/vj/09/09.pdf

37. Kivinen, O. Lukemalla pragmatisteja enemmän luulee vähemmän. http://www.tsv.fi/ttapaht/035/kivinen.pdf. Luettu 12.01.2007.
38. Kiviniemi, Vesa. 2000. Diskreettien osiovastausten monipiirreanalyysi yleistetyllä Raschin mallilla. Jyväskylän yliopisto. Pro Gradu.
39. Kolb, D. 1984. Experiential learning. Prentice-Hall.
40. Korhonen, V. 2003. Oppijana verkossa. Tampereen yliopisto. Väitöskirja.
41. Korhonen, V. 2003. Oppimisen kontekstuaalisuutta tunnistamassa. Aikuiskasvatus 3, s.204–213.
42. Koulutusportaali. https://www.milnet.fi. Suomen puolustusvoimat.
43. Lampikoski, K., Sivonen, P. 1989. Teleopetusprojektin kokeilutuloksia: Aikuiskasvatus 2.
44. Larsen, S. 1987. Helsingin yliopisto monimuoto-opetusta kehittämässä. Korkeakoulutieto 4.
45. Lehtinen, V. 1984. Monimuoto-opetuksen kehitysnäkymiä. Oppima 7, s.5–7.
46. Lentokoneopin kurssimateriaali ilmavoimien lentoteknisille kadeteille. 2003. Ilmavoimien Teknillinen Koulu.
47. Lincoln, Y., Guba, E. 2000. Paradigmic controversies, contradictions and emerging confluences. Handbook of qualitative research.
48. Linturi, H. 2000. Toimintatutkimus. http://nexusdelfix.internetix.fi/fi/sisalto/materiaalit/2_metodit/5_actix?C:D=61566&C:selres=61566
49. Lorenzetti-Patterson, J. 2004. Lessons from the Field. What eArmyU Can Teach Distance Education Providers. Distance Education Report. Volume 8, Issue 11, June 1.
50. Mackenzie, N., Knipe, S. 2006. Research dilemmas. Paradigmas, methods and methodology. Educational research. Volume 16. No.2.
51. Manninen, J., Matikainen, J. (toim.). 2000. Aikuiskoulutus verkossa. Verkko-pohjaisten oppimisympäristöjen teoriaa ja käytäntöä. Helsingin yliopiston Lahden tutkimus- ja koulutuskeskus. Tammer-Paino.

52. Manninen, T. 1990. Satelliittivälitteinen opetus teknisen alan täydennyskoulutuksessa. Aikuiskasvatus 1.
53. Maor, D. 2003. The Teacher's Role in Developing Interaction and Reflection in an Online Learning Community. Education Media International, pp. 127–137
54. Mason, J. 2002. Qualitative researching. Sage publications.
55. Matematiikan kurssimateriaali ilmavoimien kadettikursseille 92. 2005. Ilmavoimien Teknillinen Koulu.
56. MatTA sivusto. http://matta.hut.fi/matta2/. Teknillinen korkeakoulu.
57. Metsämuuronen, J. 2005. Tutkimuksen tekemiseen perusteet ihmistieteissä. 3. painos. Gummerus Kirjapaino Oy
58. Mezirow, J. 1991. Transformative Dimensions of adult learning. Jossey-Bass Publishers, 99–117.
59. Miettinen, R. 1998. Miten kokemuksesta voi oppia? Aikuiskasvatus 2, s.84–97.
60. Miettinen, R. 2000. Konstruktivistinen oppimisnäkemys ja esineellinen toiminta. Aikuiskasvatus 4.
61. Miles, M.B., Huberman, A.M. 1994. Qualitative data analysis. An expanded source book. 2.painos. Sage Publications.
62. Mäyrä, Kimmo. 2000. Audiovisuaalista mediakulttuuria verkko-opintoina: Aikuiskasvatus 2, s.151–156.
63. NATO: n verkko-oppimisympäristö. http://www.adllms.cmil.org/
64. Ng Chi Kwok & Murphy, D., Jenkins W. 2002. The teacher's role in supporting a learning centered learning environments. Voices from a group of parttime postgraduate students in Hong Kong. International Journal Of Lifelong Education. Vol. 21, N:o 3, pp.462–473.
65. Nielsen, J. Papers and Essays by Jakob Nielsen. http://www.useit.com/papers/ (luettu 09.03.2007)

66. Nieminen, Mika. 2000. Ilmiöiden fysiikkaa ja matematiikkaa – kurssi fysiikassa lahjakkaille oppilaille. Jyväskylän yliopisto. Fysiikan laitos. Lisensiaatin työ.
67. Niinimäki, Jukka. 2003. Verkko-opetus ammattikorkeakoulussa. Katsaus pedagogisiin malleihin ja toiminnan organisointiin. Turun ammattikorkeakoulun raportti.
68. Nummenmaa, L. 2004. Tilastolliset menetelmät. Tammi. Vammalan Kirjapaino.
69. Nurkka, N. 2006. Voiman momentin tutkimusperustaisen opetusjakson kehittäminen ja arviointi. Jyväskylän yliopisto. Väitöskirja.
70. Onwuebuzgie, A.J., Teddlie, C. 2003. A framework for analyzing data in mixed methods research. Toim. Tashakkori, A. ja Teddlie C. Handbook of mixed methods in social & behavioural sciences. Sage publications, pp. 351–383.
71. Ostini, R., Nering, M.L. 2006. Polytomous Item Response Theory Models. Sage Publications, Inc.
72. Parkkinen, J. 2002. Hyvään verkkopalveluun! –käytettävyysopas verkkoviestijöille. Tammer-Paino Oy.
73. Peltz, S. 2000–2001. Distance learning fiscal and statistical report. West Walley College. ERIC, ED 462 966.
74. PictureTel Videoconferencing Best Practises. 1996. National Defence College of Sweden. http://www.wainhouse.com.
75. Pietilä, V. 1976. Sisällön erittely. Gaudeamus.
76. Pääesikunnan käsky. 2000. PEkoul-os 107/1/D/1.
77. Ranta – Rita – Kouki. 2006. Biometria-tilastotiedettä ekologeille. 6.painos. Yliopistopaino.
78. Rocco, T., Bliss, L., Gallagher, S., Perez-Prado, A., Alacaci, C. Dwyer, E. Fine, J., Pappamihiel, N. The pragmatic and dialectical lenses. Two views of mixed methods use in education. Toim. Tashakkori, A. ja Teddlie C.

Handbook of mixed methods in social & behavioural sciences. Sage publications, pp. 351–383.

79. Royal Danish Defense College. http://forsvaret.dk/FAK/Fakulturer+og+centre/CFU/eng. Luettu 23.08.2005
80. Räsänen, P., Erola, J. 1998. Postmoderni individualismi – perusteeton argumentti. Tiedepolitiikka 1.
81. Sarala, U., Sarala, A. 1999. Oppiva organisaatio. Oppimisen, laadun ja tuottavuuden yhdistäminen. Tammer-Paino Oy.
82. Schaffer, S. 2000. Learning System Design Consideration in Creating an Online Learning Environment. Annual Proceedings of Selected Research and Development Papers Presented at the National Convention of the Association for Educational Communications and Technology. Florida State University. ERIC, ED 455 804.
83. Silverman, D. 2005. Doing Qualitative research. Sage publications.
84. Staupe, A., Hernes, M. How to create a Learning Environment on the Internet, based on constructivism and sociocultural approaches. ERIC, ED 444506.
85. Steven, A., Colin, T. 2000 A new approach to Computer-aided Distance Learning. The "Automated Tutor".Open Learning, Vol.15, No.2.
86. Studentin t-jakauma. http://www.helsinki.fi/sokla/malu/tutkmenet/4_tiedonanalysointimenet.pdf.
87. Subjective assessment. Luettu 17.01.2006. http://www.usabilitynet.org/tools/subjective.htm.
88. Suomen Ilmavoimat. http://www.ilmavoimat.fi/
89. Suomen Virtuaaliammattikorkeakoulun kehittäminen AMK-verkostossa. Luettu 2.8.2005. https://www.virtuaaliamk.fi/bin/get/dd/51IVtTJIj.51IMp4d55.

90. Suomen virtuaaliyliopiston strategia 2005—2010. Luettu 2.8.2005. http://www.virtuaaliyliopisto.fi/data/files/strategia/SVY strategia_2005- 2010.pdf:
91. Suomen virtuaaliyliopiston toiminta- ja taloussuunnitelma 2001—2004. Luettu 2.8.2005. http://www.virtuaaliyliopisto.fi/data/files/sopimukset/SVY_TTS_2001-2004.pdf:
92. Suoranta, J. 1996. Kontekstualismi kasvatustieteen metodologiassa. Kasvatus 27 (5) , s.451–461.
93. Tainio, J., Lakio L., Korpilähde O. 1995. Radio monimuoto-opetuksessa. Kehittyvä koulutus 3. Opetushallitus.
94. Talley, C. 2005. Course Design. 10 Tips from a distance learning trainer: University of West Georgia. Online classroom. Apr, pp.3, 1p.
95. Tashakkori. A., Teddlie, C. 1998. Mixed Methodology. Combining Qualitative and Quantitative Approaches. Sage Publications.
96. Telemaattiset kulttuuripalvelut. 1990. Opetusministeriön työryhmän muistio.
97. Tenhula, T., Pudas, A. 1994. Tutorointi suomalaisessa korkeakouluopetuksessa–holhousta vai opiskelun tukemista. 2.painos. Oulun yliopistopaino.
98. Tuominen, K. 2003. Tarvitaanko verkkodokumenttien kuvailussa käsityötä? Informaatiotutkimus 22 (3), 87–94.
99. Tuovinen Pentti. 2001. Tulevaisuudentekijän ihmiskäsitys. Futura 4.
100. Tura, T., Paananen, S.,Jauhiainen, A. Uuden oppimisen aika. 2004. Julkaisusarja A/4. Käyttäytymistieteiden osasto. PvKK. Edita Prima
101. Törmä, S. Postmoderni maailma ja kasvu eettiseksi subjektiksi. http://elektra.helsinki.fi/se/k/0022-927-x/28/3/postmode.pdf.
102. Van der Linden – Hambleton. 1997. Handbook of Modern Item Response Theory. Springer-Verlag. New York.
103. Vehkalahti, K. 2000. Reliability of measurements scales. Helsingin yliopisto

104. Weidner, H. Classrooms as ”Places, Spaces” for Communion; Tennessee Technological University. RIC, ED 471393.
105. Weiner, R.G. 1996. The Internet Culture: Transitions and Problems: ERIC, ED 401 898.
106. Wenger, E. 1998, (2002) Communities of Practise.Cambridege University Press.
107. Verkko-opetuksen laatukäsikirja. http://www.helsinki.fi/vopla/laatukasikirja.html. Helsingin yliopisto
108. Vesanen, L. 1991. Puhelin monimuoto-opetuksen välineenä. Oppima 2, s.30–33.
109. Wiio, A. 2004. Käyttäjäystävällisen sovelluksen suunnittelu. Helsinki: Edita Prima Oy.
110. Yanes, M. 2004. Distance education in traditional classes. A hybrid model: The Quarterly Review of Distance education. Volume 5(4), pp.265–276.
111. Yrjönsuuri, M., Toivanen, E., Yrjönsuuri, J. 2000. Tiedon rajat. Johdatus tietoteoriaan. 4.painos. Gummerus Kirjapaino Oy.

LIITTEET

Liite 1 Ilmavoimien kadettikurssien 89-92 matematiikan perusopintojen toteutussuunnitelmat

Liite 2 Ilmavoimien kadettikurssien matematiikan perusopintojen opetussuunnitelma

Liite 3 Ilmavoimien kadettien perusopintojen matematiikan pisteytysohjeet kadettikursseilla 89–92

Liite 4 Ilmavoimien kadettikurssien 90–92 matematiikan perusopintojen lähtötasokokeet

Liite 5 Ilmavoimien kadettikurssien 90–92 matematiikan loppukokeet

Liite 6 Kadettikursseilla käytetyt SUS-kysymyssarjat

Liite 7 SUS- pistekooste kadettikursseilta 90–92

Liite 8 Lähtötaso-ja loppukokeiden U- ja t-testit tutkimusaineistolle

Liite 9 Kadettikurssi 90 ilmavoimalinjan matematiikan perusopintojen loppukokeen ankkurit (paralleelit tehtävät) pisteytyksineen.

Liite 10. Kadettikurssi 92 ilmavoimalinjan matematiikanperusopintojen loppukokeen ankkurit (paralleelit tehtävät) pisteytyksineen.

Liite 11 Latentin osaamisen taso kadettikurssilla 90.

Liite 12 Latentin osaamisen taso kadettikurssilla 92.

Liite 13 SUS-kysymysten U-testi kadettikurssien 90, 91 ja 92 välillä

Liite 1 Ilmavoimien kadettikurssien 89-92 matematiikan perusopintojen toteutussuunnitelmat

Kadettikurssi 89
IlmavVK
Mika Nieminen
Matemattikan kurssi
Tuntisuunnitelma

09.10.2002

8 oppituntia

Yhtälöt ja funktiot, kertausta
Lukujärjestelmät
Potenssit ja juuret
Logaritmifunktioden käyttöä
Pythagoras ja sinilause

14.10.2002

4 oppituntia
Kotitehtävien läpikäynti
Yhtälöpari
Yhtälöryhmät
Kertausta

16.10.2002

4 oppituntia
Kotitehtävien läpikäynti
Laskuharjoituksia

18.10.2002

2 oppituntia
Funktioiden analysointia
Kertausta

21.10.2002

4 ot

Analyyttinen geometria
Vektorit
Kertausta

24.10.2002

2 ot
Koe

25.10.2002

2 ot
Satunnaisilmiö
Todennäköisyyksiä
Laskusääntöjä

31.10. 2002

4 ot
Tunnuslukuja
Toistokoe
Binomitodennäkäisyys
Binomijaukauma

Kadettikurssi 90

Matematiikan sisältösuunnitelma

Viikko	Tunnit	Aihe	HUOM!
38	1-2	Tasokoe	
39	3-6	1. ja 2. asteen yhtälöt, Trigonometriaa	Omatoimista, ohjattua opiskelua, ryhmänohjaajat
40	7-10	Yhtälöt ja funktiot, lukujärjestelmät	
41	11-12	Logaritmifunktioiden käyttöä	
42	13-16	Pythagoraan lause, sinilause, yhtälöryhmät	
43	17-20	Kertausta, koe	
44	x	xxx	
45	x	xxx	
46	21-22	Funktioiden analysointia	Etäopetusta, Ebeam
47	23-26	Funktioiden analysointia, analyyttinen geometria, vektorit	
48	x	xxx	
49	27-30	Todennäköisyyslaskentaa, tilastomatematiikkaa, jakaumia	
50	31-34	Todennäköisyysjakaumia, kertausta	
51	35-36	Koe	

Kadettikurssi 91

Matematiikan sisältösuunnitelma

Viikko	Tunnit	Aihe	HUOM!
38	1-2	Tasokoe	
39	3-6	Aloitus. Lukujärjestelmät, yhtälöt ja funktiot.	
40	7-9 10	Laskuharjoitus 1, KOPO Ennakkotehtävä 2. lähijaksolle	
40	11-14	Etäharjoitus 1,OT, KOPO	
42	15-18	Etäharjoitus 2,OT, KOPO	
43 (19.10)	19-22	LH 1:n kommentointi Yhtälöryhmät, derivaatta, analyyttinen geom.	
43 20.10	23-26	LH 2, KOPO Ennakkotehtävä 3. lähijaksolle	
43 21.10	27-30	Todennäköisyyslaskentaa	
44	31-33	Loppukoe	

Kadettikurssi 92

Matematiikan sisältösuunnitelma

Viikko	Tunnit	Aihe	HUOM!
37 12.9	1-2	Tasokoe	
38 22.9	3-6	Aloitus. Lukujärjestelmät, yhtälöt ja funktiot.	
39 28.9	7-10	Laskuharjoitus 1, KOPO Ennakkotehtävä 2. lähijaksolle	
39 30.9	11-14	LH 1:n kommentointi Yhtälöryhmät, derivaatta, analyyttinen geometria	
42 17.10	15-18	LH 2, KOPO Ennakkotehtävä 3. lähijaksolle	
42 19.10	19-22	Todennäköisyyslaskentaa	
42 20.10	23-25	LH 3, KOPO	
43 21.10	26-29	Kertausta	
44 26.10	30-21	Loppukoe.	

LIITE 2 Ilmavoimien kadettien perusopintojen matematiikan opetussuunnitelma

Matematiikan perusteet 1 1 ov.
1 Tavoite
Antaa opiskelijalle ne matematiikan perustaidot ja -tiedot, joita hän tarvitsee myöhemmissä opinnoissaan sekä tulevissa tehtävissään. Tavoitteena on harjaannuttaa ja kehittää opiskelijan matemaattista ajattelutapaa sekä opettaa käyttämään matemaattisia menetelmiä ongelmien ratkaisussa.
1.2 Sisältö
Peruslaskutoimitukset, lukujärjestelmät, vektorit, geometriaa, derivaatan perusteet todennäköisyys- ja tilastolaskentaa
1.3 Vaatimukset aiemmista opinnoista
Toisen asteen opinnot ja preppauskurssin tiedot
1.4 Kirjallisuus
Kurssimoniste
1.5 Koulutyöt ja arvostelu
Kurssista pidetään kaksi välikoetta.

1.6 Toteutus

Matematiikan perusteet 1	KOODI	TOTEUTUS						OPPIAINE	HUOM
		L	O	H	RT	OT	yht		
Lukujärjestelmät		2		1		1	4		
Potenssit, juuri ja logaritmi		2		1		1	4		
Pythagoraan lause, sini- ja kosinilause		1		1			2		
Analyyttinen geometria		2		1		1	4		
Vektorit		1		1		1	3		
Kertausta				1			1		
1. välikoe		2					2		
Derivaatan perusteet		1		1		1	3		
Funktioiden graafista tulkintaa		1		1			2		
Satunnaismuuttuja ja perustodennäköisyksiä		1		1		1	3		
Toistokokeet		1		1			2		
Binomi- ja poissonjakauma		2		1		1	4		
Normaalijakauma		1		1		1	3		
Kertausta				1			1		
2. välikoe		2					2		
YHTEENSÄ		19		13		8	40		

Liite 3 Ilmavoimien kadettien perusopintojen matematiikan pisteytysohjeet kadettikursseilla 90 ja 92

Kadettikurssi 90

Matematiikan kurssin suoritus ja pisteytys

Koko kurssin maksimipistemäärä 72 p, josta 50% eli 36 pistettä on saavutettava arvosanaan 1.

0-34p	0	
36 p	1	(50%)
40 p	1+	(55%)
43 p	1,5	(60%)
47 p	2-	(65%)
50 p	2	(70%)
54 p	2+	(75%)
58 p	2,5	(80%)
61 p	3-	(85%)
65 p	3	(90%)

Kokeet:

Kurssin alussa pidetään lähtötasokoe, jonka tuloksella 75% maksimipisteistä läpäisseet voivat suorittaa kurssin itsenäisesti opettajan kanssa sovitulla tavalla.
Kokeita pidetään kaksi kappaletta (6 tehtävää/koe), joissa kummassakin maksimipistemäärä 36 p.
Kummastakin välikokeesta saatava vähintään 11 pistettä, muuten koko kurssin joutuu uusimaan.
Kumpaankin välikokeeseen osallistuttava.

Kadettikurssi 92

Matematiikan kurssin suoritus ja pisteytys

Tavoite

Antaa opiskelijalle ne matematiikan perustaidot ja -tiedot, joita hän tarvitsee myöhemmissä opinnoissaan sekä tulevissa tehtävissään. Tavoitteena on harjaannuttaa ja kehittää opiskelijan matemaattista ajattelutapaa sekä opettaa käyttämään matemaattisia menetelmiä ongelmien ratkaisussa.

Sisältö

Peruslaskutoimitukset, lukujärjestelmät, vektorit, geometriaa, derivaatan perusteet, todennäköisyys- ja tilastolaskentaa.

Kurssin arviointi

Kurssin arviointi koostuu loppukokeesta ja laskuharjoituksista.

Kokonaisarvio = 0.5*loppukoe + 0.5*laskuharjoitukset.

Kokeet:

Kurssin alussa pidetään lähtötasokoe, jonka tuloksella 75% maksimipisteistä läpäisseet toimivat laskuharjoitustutoreina.

Kurssin alussa opiskelijat jakautuvat kuuteen laskuharjoitusryhmään, joiden vetäjinä toimivat 75 % lähtötasokokeesta saaneet kadetit.

Kurssilla pidetään loppukoe, jonka maksimipistemäärä on 36 pistettä, kokeesta on saatava vähintään 18 pistettä hyväksytyn kurssin suorittamiseen.

0-17p	0
18 p	1
20 p	1+
22 p	1,5
24 p	2-
26 p	2
28 p	2+
30 p	2,5
32 p	3-
34-36 p	3

Kurssin käytänteitä

Laskuharjoitukset

Yleistä:

Tekeminen:

Laskuharjoitukset tehdään ryhmittäin, laskuharjoitustehtävät ovat KOPO: ssa sijaitsevissa kansioissa LH1, LH2 ja LH3.

Laskuharjoituspäivinä opettaja ei ole läsnä, vaan tekeminen tapahtuu ryhmissä kadettitutorin ohjauksessa (75% lähtötasokokeesta saanut kadetti) opettajan ollessa netin kautta keskusteluyhteydessä opiskelijoihin. Keskustelupalstat sijaitsevat kussakin laskuharjoituskansiossa LH1, LH2 ja LH3 ja ovat nimeltään LH1 keskustelu, LH2keskustelu ja LH3keskustelu. Myös muulloin kuin laskuharjoituspäivinä voi ko. palstoille jättää kysymyksiä, ongelmia yms. Niin vastaukset tulevat muutaman tunnin viiveellä.

Kurssin aikana pidetään oppimispäiväkirjaa, joka palautetaan kurssin lopussa.

Palautus:

Laskuharjoitukset tehdään verkossa ja vastaukset palautetaan verkkoon. Kadettitutorit pitävät etälaskuharjoituksissa oppimispäiväkirjaa, jonka perusteella he saavat laskuharjoitussuoritteensa.

Tutorin oppimispäiväkirja:

- ryhmän toiminta
- laskuharjoituksissa ilmenneet pulmat
- seuraavan kerran etätehtävän tutustumisen ohjaaminen

Arviointi:

Oikein ratkaistu tehtävä 1p, kokonaan väärin tai paljon pieniä virheitä 0 pistettä.

Pisteet/maksimi	Arvosana
90%	3
80%	2,5
70%	2
60%	1,5
50%	1

KOPO

Kurssin verkkomateriaali sijaitsee KOPO: ssa (www.milnet.fi → Verkkosotakoulu → Kadettikurssi 92; Ilmavoimien kadettien matematiikka), missä on kaikki kurssiin liittyvä ohjeistus ja kurssimateriaali.

Liite 4 Matematiikan lähtötasokokeet

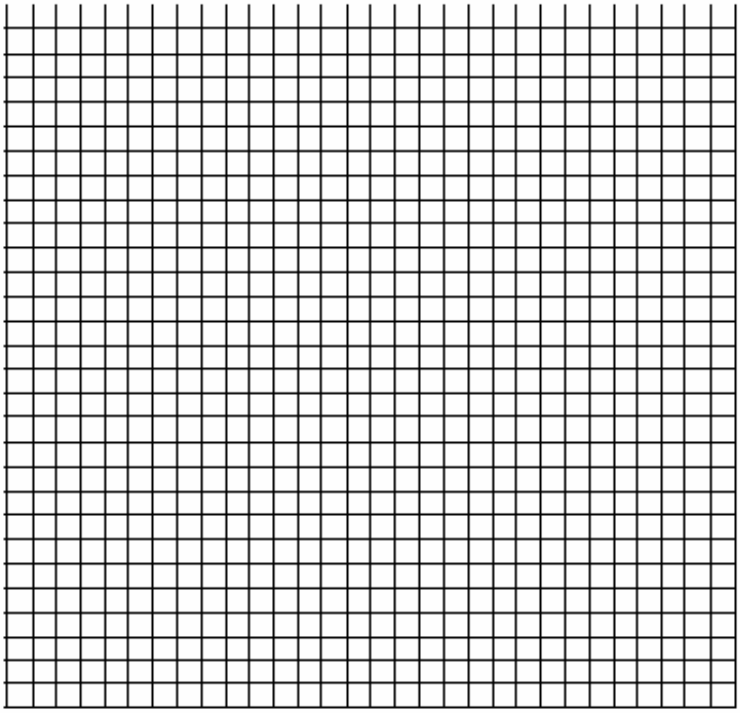
Kadettikurssi 90

Matematiikan lähtötasokoe

Nimi:_____

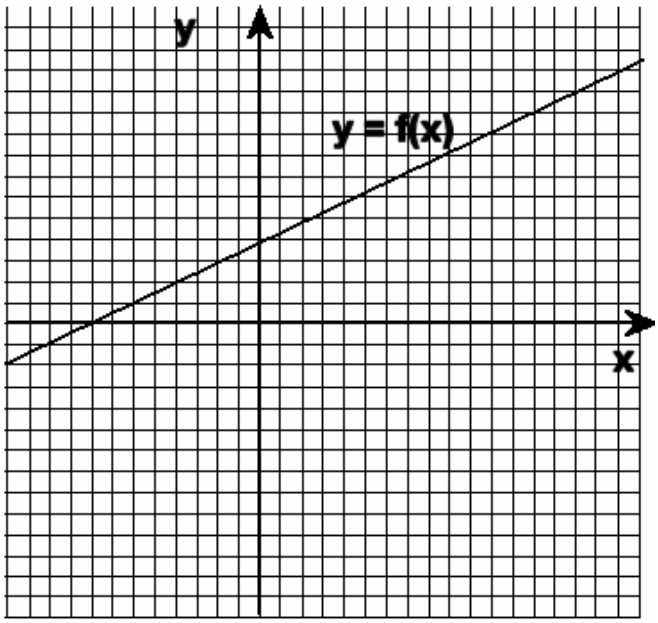
Pistemäärä:___ / 30

1. Piirrä alla olevaan ruudukkoon suorakulmainen kolmio, jonka kateettien pituudet ovat 3 ja 4. Kuinka pitkä on kolmion kolmas sivu ja minkä niminen? Määritä sen jälkeen kolmion korkeus.



/6p

2. Määritä alla olevassa koordinaatistossa olevan kuvaajan funktio.



/6p

3.

a) Laske $1101_{BIN} + 1001_{BIN}$ ja muunna tulos 10-järjestelmään.

b) Keskeisvoiman vaikutusta kuvaa funktio $G = mg = F_{kesk} = \frac{mv^2}{r}$.

Lentäjä tekee Hawkilla ympyränmuotoisen silmukan, jonka pituus on 3km. Millä nopeudella lentäjä voi tehdä ko. silmukan, jos oletetaan hänen kestävän silmukan aikana tulevia keskeisvoimia 6g: n verran ”selvin päin”.

c) Laboratoriossa oleva 200 ml: n erä 25-% rikkihappoliuosta pitää laimentaa 16-% sekoittamalla siihen 10-% rikkihappoliuosta. Kuinka paljon 10-% liuosta tarvitaan?

/6p

4. Polttomoottorin raskasmetallipäästöt P(mg/m^3) noudattavat käynnistyksen jälkeen funktiota $P(t) = 0{,}2 + 0{,}16t - 0{,}02t^2$ välillä [1,8]. Millä ajanhetkellä t (min) käynnistyksen jälkeen raskasmetallipäästöt ovat suurimmillaan ja kuinka paljon niitä pääsee tällöin ilmaan?

/6p

5. a) Luokittele seuraava aineisto ja määritä

i) Moodi (tyyppiarvo)

ii) Keskiarvo

Sotilaiden pituuden jakauma (cm): 160, 162, 157, 165, 160, 154, 165, 160, 154, 160, 155, 168, 158, 162, 156, 160, 162, 165, 162, 162, 161, 171, 155, 167, 158, 164, 168, 154, 154, 165, 160, 161, 165, 173, 157, 159, 160, 158, 167, 162, 174, 153, 172, 150, 163, 154, 166, 168

b) Pelaajan kassissa on neljä punaista, kolme keltaista ja kaksi valkoista tennispalloa.

Hän ottaa niistä sattumanvaraisesti yhden.

i) Laske eri värien todennäköisyydet.

ii) Millä todennäköisyydellä pallo i) on keltainen tai valkoinen, ii) ei ole valkoinen?

/6p

Kadettikurssi 92

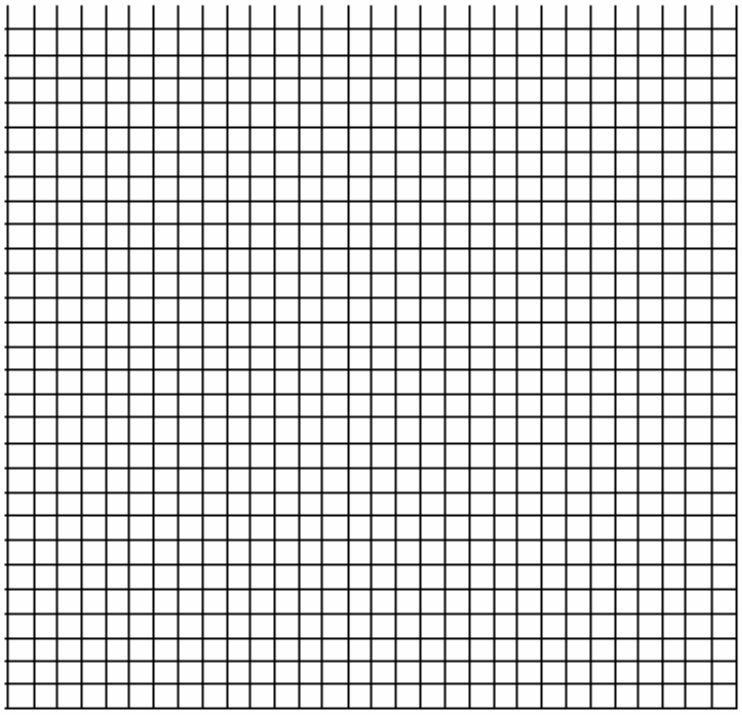
Matematiikan lähtötasokoe

Nimi:_____

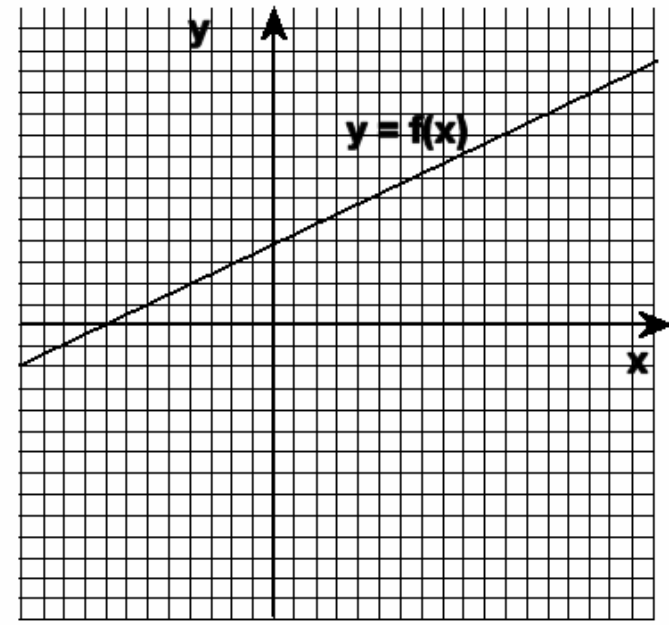
Pistemäärä:___ / 30

1. Piirrä alla olevaan ruudukkoon suorakulmainen särmiö, jonka särmien pituudet ovat 3, 4 ja 5. Kuinka pitkä on särmiön avaruuslävistäjä?

/6p



2. Määritä alla olevassa koordinaatistossa olevan kuvaajan funktio.



/6p

3.

c) Laske 1101_{BIN}+ 1001_{BIN} ja muunna tulos 10-järjestelmään ja heksadesimaalijärjestelmään.

d) Keskeisvoiman vaikutusta kuvaa funktio $G = mg = F_{kesk} = \frac{mv^2}{r}$.

Lentäjä tekee Hawkilla ympyränmuotoisen silmukan, jonka pituus on 3km. Millä nopeudella lentäjä voi tehdä ko. silmukan, jos oletetaan hänen kestävän silmukan aikana tulevia keskeisvoimia 6g: n verran ”selvin päin”.

c) Laboratoriossa oleva 200 ml: n erä 25-% rikkihappoliuosta pitää laimentaa 16-% sekoittamalla siihen 10-% rikkihappoliuosta. Kuinka paljon 10-% liuosta tarvitaan?

/

6p

4. Polttomoottorin raskasmetallipäästöt P(mg/m^3) noudattavat käynnistyksen jälkeen funktiota $P(t) = 0{,}2 + 0{,}16t - 0{,}02t^2$ välillä [1,8]. Millä ajanhetkellä t (min) käynnistyksen jälkeen raskasmetallipäästöt ovat suurimmillaan ja kuinka paljon niitä pääsee tällöin ilmaan?

/6p

5. a) Luokittele seuraava aineisto ja määritä

j) Moodi (tyyppiarvo)

ii) Keskiarvo

Sotilaiden pituuden jakauma (cm): 160, 162, 157, 165, 160, 154, 165, 160, 154, 160, 155, 168, 158, 162, 156, 160, 162, 165, 162, 162, 161, 171, 155, 167, 158, 164, 168, 154, 154, 165, 160, 161, 165, 173, 157, 159, 160, 158, 167, 162, 174, 153, 172, 150, 163, 154, 166, 168.

b) Henkilö lottoaa yhden rivin (7 numeroa 39:stä). Mikä on todennäköisyys, ettei hän saa yhtään oikein tai kaikki oikein? Entä mikä on todennäköisyys, että lottoaja saa kolme oikein?

/6p

Liite 5 Matematiikan loppukokeet

Kadettikurssi 90

Matematiikan välikoe 1

22.10.2003

Nimi:_____

Pistemäärä:_____/36

HUOM! Välivaiheet näkyviin. Pelkkä vastaus 0 pistettä.

1. Ratkaise seuraavat yhtälöt

a) $5x - 5 = 0$

b) $5x - 5x = 0$

c) $x^2 - 9 = 0$

d) $x^2 + x - 6 = 0$

2. Piirrä seuraavien funktioiden kuvaajat ja määritä niiden nollakohdat

a) $y = 5x + 3$

b) $y = x^2 - 6x - 9$

c) $y = -x^2 - 6x + 9$

d) $y = 2^x - 2$

3.

a) Muunna seuraavat oktaalijärjestelmän luvut binääri - ja heksadesimaalijärjestelmään

i) 12, ii) 167, iii) 1645

b) Hornetin järjestelmät ilmoittavat tietoja binääri-, heksadesimaali- ja oktaalilukuina, joiden avulla voidaan saada erinäisiä tietoja halutuista asioista. Esimerkiksi FIM-100 sarjan kirjoista saadaan tietoa mm. oikean korkeusperäsimen asennosta (right rudder position).

Table 1. MEMORY INSPECT TABLE - CONFIG/IDENT 13C (Continued)

Ref Code	Nomenclature	Access Code	No Bits	LSB Pos	MSB Value	Units	Range/Remarks	R
ICBRAP	RIGHT AILERON POSITION	28 (07036001) 29 (07016101)	16	0	45	BAMS		
ICBRCO	B FLT CONT COMP OVERHEAT	28 (07002750)	1	14	NA	NA		
ICBRCS	ROLL CSS ENGAGED	28 (07035736) 29 (07016036)	1	5	NA	NA		
ICBRDY	FCECB MUX READY	28 (00021370)	1	15	NA	NA		
ICBREB	RT ENG.BLEEDAIR DOOR CLSD	28 (07035740) 29 (07016040)	1	2	NA	NA	1=CLOSED.	
ICBREN	RT ENGINE NH LOCKUP	28 (07035740) 29 (07016040)	1	3	NA	NA		
ICBRLG	GEAR NOT UP	28 (07035740) 29 (07016040)	1	11	NA	NA		
ICBRLO	R OTBD LEF POSITION	28 (07035774) 29 (07016074)	16	0	45	BAMS		
ICBRLV	R.PWR.LEVER ANGLE VALID	28 (07035765) 29 (07016065)	1	2	NA	NA		
ICBRNI	NOSE INSTALLED	28 (07035737) 29 (07016037)	1	2	NA	NA		
ICBRNU	F.T. MSG.1 WD.13 NOTUSED	28 (07036234)	12	4	NA	NA		
ICBROV	R.OTBD.LEF POS.VALID	28 (07035765) 29 (07016065)	1	6	NA	NA		
ICBRPF	RUDDER PEDAL FORCE	28 (07035757)	16	0	128	LBS		
ICBRPV	RUDDER PEDAL FORCE VALID	28 (07035741) 29 (07016041)	1	8	NA	NA		
ICBRR1	CH2 RDR SERVO OFF	28 (07036126)	1	5	NA	NA		
ICBRR2	RUD SERVO OFF NUMBER 3	28 (07036126)	1	4	NA	NA		
ICBRRL	ROLL RATE LIMIT ENGAGED	28 (07035737) 29 (07016037)	1	15	NA	NA		
ICBRRP	RIGHT RUDDER POSITION	28 (07036003) 29 (07016103)	16	0	45	BAMS		
ICBRRT	ROLL RATE	28 (07035743) 29 (07016043)	16	0	512	DEG/S		
ICBRRV	ROLL RATE VALID	28 (07035741) 29 (07016041)	1	2	NA	NA		

Table 25. MSB Value ±45

UNIT ADDRESS:			REF CODE:								ACCESS CODE:							
OCTAL DATA READOUT																		
BINARY BIT FORMAT			15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
BINARY WORD																		

Scaling shown is for MSB value position of bit 15. If memory inspect table establishes a different MSB position, shift MSB value to that bit to determine the decimal range of reference code. The sign of the MSB value is defined in the memory inspect table. Algebraically add the decimal value for each binary 1 in any position.

	BIT	SIGN	VALUE
LSB	0	+	0.001373
	1	+	0.002746
	2	+	0.005493
	3	+	0.010986
	4	+	0.021972
	5	+	0.043945
	6	+	0.087890
	7	+	0.175781
	8	+	0.351562
	9	+	0.703125
	10	+	1.40625
	11	+	2.8125
	12	+	5.625
	13	+	11.25
	14	+	22.6
	15	±	45
MSB			

DECIMAL VALUE =

Tehtäessä erästä testausta testattiin korkeusperäsimen asemaa, tietokoneelle annettiin osoite 07036003 ja kuvaruudulle ilmaantui näyttämä oktaalilukuna **001645**. Määritä oikean korkeusperäsimen asento yo. taulukoita apuna käyttäen.

4. Tutkatekniikan eräs perusyhtälöistä, tutkayhtälö on seuraavaa muotoa: $E_{\max} = \sqrt[4]{\dfrac{P_p G^2 \lambda^2 A_m}{(4\pi)^3 F \cdot kT \cdot B \cdot \frac{S}{N} L}}$, missä E_{max} on maksimikantama, P_p on lähettimen pulssiteho, G antennin vahvistus, λ aallonpituus, A_m maalin tutkakaikupinta, F vastaanottimen kohinakerroin, k Boltzmannin vakio $1{,}3807 \cdot 10^{-23} \frac{J}{K}$, T vertailulämpötila, B on kohinan kaistanleveys ja $\frac{S}{N} L$ $signaalikohinasuhde \cdot kokonaishäviöt$.

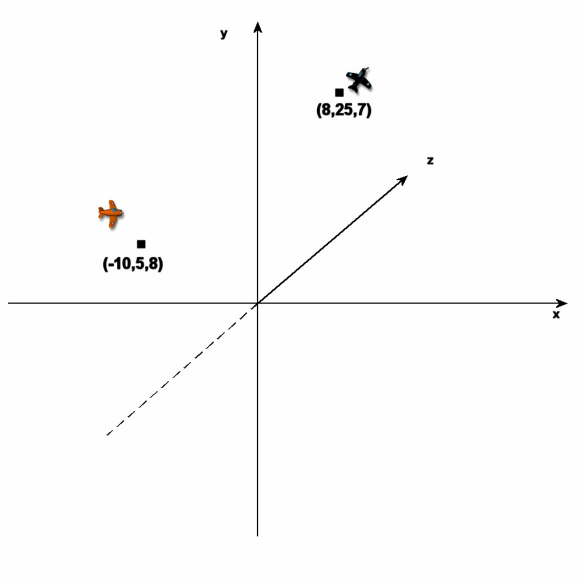
a) Määritä maksimikantama seuraavilla lähtöarvoilla:

P_p = 1 MW, G = 10000 (40 dB), λ = 0,1 m, A_m= 1 m², F = 10 (10dB), $kT = 4 \cdot 10^{-21} \frac{Ws}{k}$

B = 1 MHz, $\frac{S}{N} L = 125(21dB)$

b) 4 Hornetia aiheuttaa ylilennolla 100 dB äänen intensiteettitason lentäessään 200 m korkeudessa lentokentän yli. Mikä on yhden koneen aiheuttama äänen intensiteetti?

5. Määritä alla olevassa kuvassa olevien koneiden välinen etäisyys pituusyksiköissä.



6.

a) Ratkaise seuraava yhtälöpari sekä graafisesti että algebrallisesti.

$$\begin{cases} 5x - 2y = -13 \\ 3x + 7y = -16 \end{cases}$$

b) Auton polttoaineen kulutuksen K riippuvuutta nopeudesta v voidaan kuvata yhtälöllä $K = av^2 + bv + c; 50\frac{km}{h} \le v \le 140\frac{km}{h}$. Mittaamalla havaittiin, että auton nopeuksien ollessa 50 km/h, 90 km/h ja 120 km/h vastaavat kulutuslukemat olivat 5,5 l/100km, 6,5 l/100km ja 8,7 l/100km. Määritä vakiot a, b ja c. Määritä lisäksi kulutus auton nopeuden ollessa 140 km/h.

Kurssipalautetta:

Opetus:

Oma opiskelu:

Kadettikurssi 90

Ilmavoimalinja

Välikoe 2

17.12.2003

1. A) Pelaajan kassissa on neljä punaista, kolme keltaista ja kaksi valkoista tennispalloa.

a) Pelaaja ottaa kassista summittaisesti yhden pallon. Millä todennäköisyydellä pallo on punainen, musta tai keltainen? (2p)
b) Millä todennäköisyydellä pallo on keltainen tai valkoinen? (2p)

B) **Heitä 10 sentin kolikkoa 20 kertaa. Muodosta näistä tuloksista ennuste klaavojen ja kruunujen esiintymistodennäköisyyksille**. (2p)

2. Erään matematiikan kokeen arvosanat jakautuivat seuraavasti:

Arvosanat	**0**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**
Frekvenssi	**3**	**4**	**10**	**12**	**3**	**2**

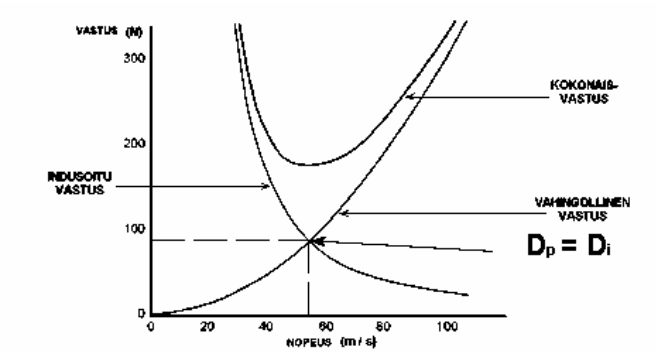
a) Määritä arvosanojen tyyppiarvo ja keskiarvo. (2p)
b) Piirrä yllä olevasta aineistosta viivadiagrammi. (2p)
c) Piirrä yllä olevasta aineistosta suhteellinen summafrekvenssikuvaaja ja määritä kuvaajalta mediaani. (2p)

3. Lentokoneen ohjausjärjestelmän ohjausyksikön valmistaja ei tiedä, että eräässä prosessorissa on vika keskimäärin 5 % todennäköisyydellä (prosessorin valmistaja huijaa eikä kerro ohjausjärjestelmän valmistajalle, vaan haluaa tyhjentää varastonsa). Ohjausyksikön valmistaja ostaa 100 prosessoria.

a) Millä todennäköisyydellä ainakin yksi prosessori on viallinen? (2p)
b) Millä todennäköisyydellä asiakas saa täsmälleen kaksi viallista prosessoria? (2p)
c) Millä todennäköisyydellä asiakas saa vähintään kaksi viallista prosessoria? (2p)

4. Millä todennäköisyydellä lotossa saa 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6 tai 7 oikein? Lotossa on 39 numeroa. (6p)

5. a) Määritä alla olevasta kuvasta kokonaisvastuksen suurin ja pienin arvo? Miten vastus muuttuu nopeuden muuttuessa?



ESIMERKKILENTOKONEEN VASTUSKUVAAJA NOPEUDEN FUNKTIONA VAAKALENNOSSA.

b) Auton bensiininkulutus riippuu mm. ajonopeudesta. Suoritetun testin perusteella todettiin, että bensiininkulutus k (litroina/100 km) riippuu nopeudesta v (km/h) seuraavasti $k(v) = 10 - 0{,}132v + 0{,}00128v^2$, kun v > 10 km/h. Millä nopeudella on taloudellisinta ajaa eli bensiininkulutus on pienimmillään?

6. Heität palloa vinottain ylöspäin nopeudella 10 m/s 30^0: n kulmassa. Palloon vaikuttaa samanaikaisesti vakion suuruinen sivutuulikomponentti $v_z = 1{,}0\frac{m}{s}$.

$$v_x = v_0 \cos\alpha, v_y = v_0 \sin\alpha - gt \quad ja \quad v_z = vakio$$

a) Määritä pallon nopeus 1, 0 s kuluttua heittämisestä.

b) Määritä kappaleen paikka (x,y,z) 2,0 sekunnin kuluttua heittämisestä.

Kadettikurssi 92

Ilmavoimalinja

Matematiikan perusteet

Loppukoe

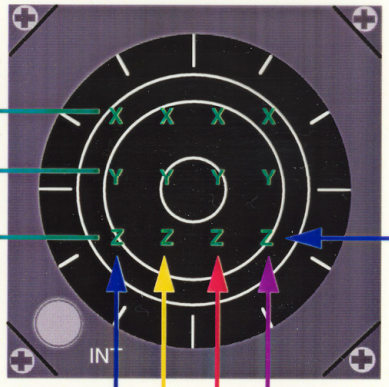
Vastaa kaikkiin kysymyksiin. Vastauksissa myös tarvittava määrä välivaiheita mukana.

1. a) Muunna seuraava heksadesimaaliluku BACF binääri- ja oktaaliluvuksi. **(3p)**

1.b) Hornetin tutkavaroittimessa vikakoodit tulevat heksadesimaalilukuina, mitkä muutetaan binääriluvuiksi, jotka muutetaan taulukkoa lukemalla vikakoodiksi ao. kuvan mukaisesti. Jos näytölle tulee ao.luvut , määritä mahdollinen vikatilanne (mitkä ehdot seuraavan sivun taulukosta täyttyvät). **(3p)**

A (bitit 12,13,14,15)	**A** (bitit 8,9,10,11)	**2** (bitit 4,5,6,7)	**3** (bitit 0,1,2 ja 3)
2 (bitit 12,13,14,15)	**4** (bitit 8,9,10,11)	**5** (bitit 4,5,6,7)	**C** (bitit 0,1,2 ja 3)
1 (bitit 12,13,14,15)	**7** (bitit 8,9,10,11)	**4** (bitit 4,5,6,7)	**5** (bitit 0,1,2 ja 3)

Special BIT Matrix



HEXADECIMAL VALUE INDICATES WHICH BITS ARE SET HIGH:

F hex=1111 binary

Word Z example:

F000 = Failure (BITs 12 thru 15)

8000=Failure (BIT 15)

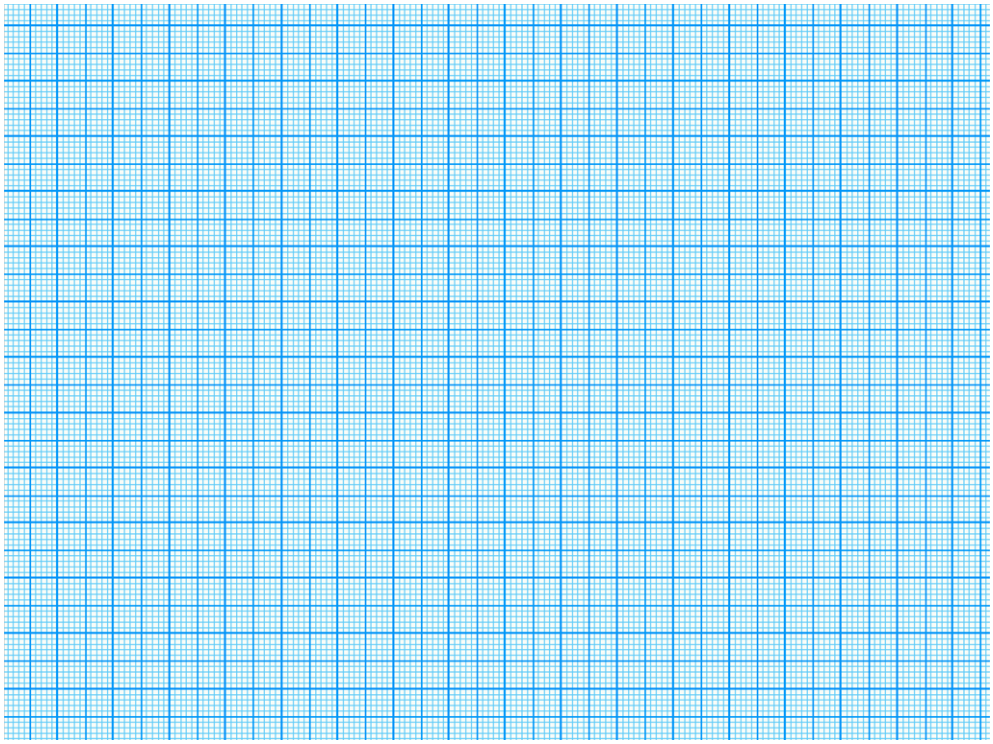
WORD \ BIT	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
CP-1293 PROCESSOR WORD (X)	PCU DMA Wideband Control Function Failed	TKR 1 Tracker Failed Self-Test	MR/SIU BUS Interface Failed Self-Test AV & EW BUS No Communication	TKR 1 Tracker Failed Self-Test	PCU Failed Puses 315°	PCU Failed Puses 225°	PCU Failed Puses 135°	PCU Failed Puses 45°	UDF CHECKSUM UDF Failed CKSM	MRU 2 Memory Failed Read Write Test	RMU-80(2) EEPROM For CPU-2 Failed CHECKSUM Test	CPU-2 Failed CPU-2 Test	MRSIU Memory SIU Failed Read/Write Test	RMU-80(1) EEPROM For CPU-1 Failed CHECKSUM Test	CPU-1 Failed CPU-1 Tests	Reserved
SPECIAL RECEIVER WORD (Y)	Alive Superhet Failed Power Test	Overtemp Superhet Overheat Detected	Lowband BIT Lowband BIT Generator Self-Test Failed	Overtemp Superhet Overheat Detected	Pulse THR Pulse Threshold Self-Test Failed	Pulse CORR Wideband Data Correlation Failed	Pulse Disc Pulse Discriminator Self-Test Failed	Pulse Amp Pulse Data Amplitude Too Low	Reserved	Pulse DMA Insufficient Data Pulse Channel	CW THR CW Threshold Self-Test Failed	IF ATTEN IF Attenuator Self-Test Failed	CW AMP CW Channel Log Amplitude Too Low	CW DMA Insufficient Data CW Channel	SOD Superhet Failed Stop On Detect Test	Reserved
QUADRANT RECEIVER LOWBAND RECEIVER IBU WORD (Z)	315° Failed RF Test	225° Failed RF Test	135° Failed RF Test	225° Failed RF Test	315° Failed Video	225° Failed Video	135° Failed Video	45° Failed Video	315° Failed Video	225° Failed Video	135° Failed Video	45° Failed Video	Reserved			
	QUADRANT RF				LOWBAND CVAD				QUADRANT CVAD							

IBU BIT FAIL CODE

HEX	FAILURE
4	Repeat Mode
3	Repeat Tag
2	Port 2 Blank
1	Port 1 Blank

2. Kivi heitetään vinoittain ylöspäin ilmaan. Kiven korkeus h (metreinä) määräytyy ajan t (sekunteina) funktiona seuraavasti $h(t) = 10t-5t^2$. **(6p)**

a) Piirrä kiven lentorataa kuvaava kuvaaja.

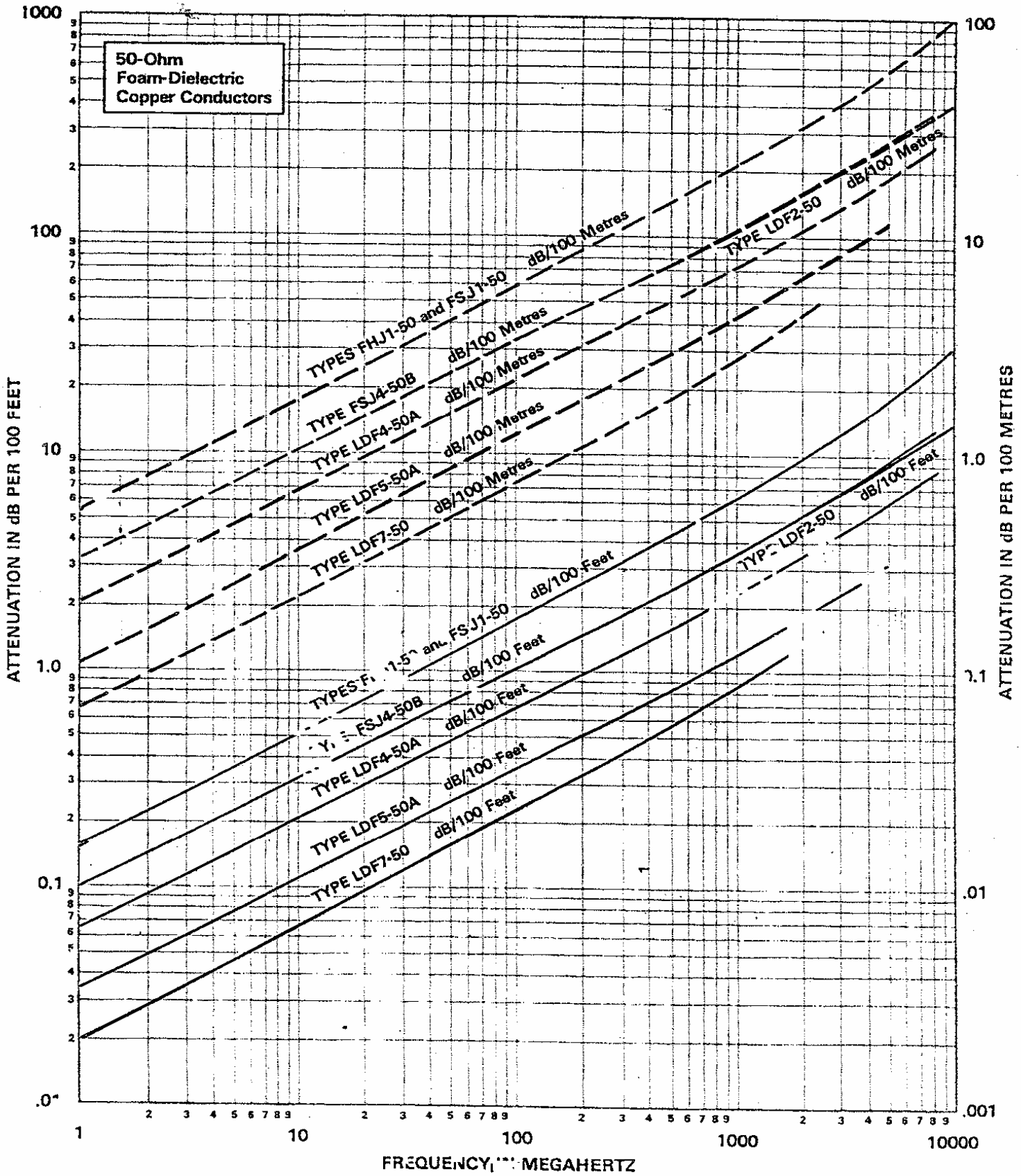


b) Määritä kiven lentoaika.

c) Kuinka korkealla kivi kävi?

3. a) Suuntaava antennijärjestelmä tuottaa vastaanottimeen 75 µV: n suuruisen jännitteen. Vieressä oleva standardivertailuantenni antaa ulostulojännitteeksi 15 µV. Mikä on suuntaavan antennin vahvistus? **(3p)**

3.b) 500 MHz: n linkkijärjestelmässä käytetään lähettimen ja antennin välillä kaapelia FSJ 4-50B. Kuinka kauas antenni voidaan sijoittaa, jos kaapelissa sallitaan 3 dB: n vaimennus (katso tiedot seuraavan sivun liitteestä)? **(3p)**



Attenuation Curves based on:
VSWR 1.0
Ambient temperature 24°C (75°F)

Conversion Data:
For other ambient temperatures, see curve on page 192.

4. a) Opiskelija saa lisäansioita pakkaamalla paketteja tavaratalon postimyynnissä. Tuntipalkka (euroina) riippuu siitä, kuinka monta pakkausta hän saa valmiiksi tunnissa. Tarjolla on kaksi mallia, $p(x) = 0{,}12x + 4{,}48$ ja $q(x) = 0{,}46x$, joissa x on tunnissa pakattujen pakettien lukumäärä. Kuinka monta pakettia opiskelijan tulisi tunnissa pakata, jotta jälkimmäinen malli olisi hänelle edullisempi? **(3p)**

4.b) Erään planeetan vetovoiman kiihtyvyyden g selvittämiseksi suoritettiin koe, jossa kappale heitettiin tornin huipulta ylöspäin. Kappaleen korkeus planeetan pinnalta mitattiin hetkinä 4 s, 18 s ja 30 s heittohetkestä lukien. Korkeuksiksi saatiin 240 m, 345 m ja 45 m. Laske g. Opastus: **(3p)**

$$h = h_0 + v_0 t - \tfrac{1}{2} g t^2$$

5. a) Heitä kolikkoa 50 kertaa. Laita tulokset ao. taulukkoon ja määritä empiirinen todennäköisyys kruunalle ja klaavalle. Mikä on klassinen todennäköisyys ao. tapahtumalle? **(3p)**

Kruuna	Klaava	Yhteensä	Kruunan tn	Klaavan tn.

5.b) Säiliöstä pumpataan öljyä kuusi tuntia. Pumpatun öljyn määrä tonneina saadaan yhtälöstä $m(t) = t^2(28 - t)$, jossa t on aika tunteina.**(3p)**

a) Kuinka kauan säiliöstä voi pumpata öljyä?
b) Määritä pumppausnopeus, kun on kulunut kolme tuntia pumppauksen alusta.

6. a) Pistemaalin taakse iskevän laukauksen todennäköisyys on 0.6 ja eteen iskevän laukauksen 0.4. Ammutaan samoilla ampuma-arvoilla 4 laukausta. Laske todennäköisyydet seuraaville tapahtumille: **(3p)**

i) Kaikki osuvat eteen

ii) Kaikki osuvat taakse

iii) 1 osuu eteen ja 3 taakse

iii) 3 osuu eteen ja 1 taakse

6.b) Maantietukikohtaa tulitetaan ammuksilla, joiden osumistodennäköisyys tukikohtaan on 3 %. Tukikohta tuhoutuu kolmesta osumasta. Kuinka monta laukausta on ammuttava, jotta tukikohta tuhoutuisi yli 85 %: n todennäköisyydellä? **(3p)**

Liite 6 Kadettikursseille 90-92 tehdyt kysymyssarjat (SUS- kysymykset merkitty lihavoidulla SUS- numerolla tekstin perään)

Ilmavoimat matematiikka

Kadettikurssi 90, 91 ja 92

SUS - kysymykset

1. Voisin opiskella KOPO: n avulla tehtyjä kursseja säännöllisesti.

1	**2**	**3**	**4**	**5**

2. KOPO oli monimutkainen oppimisympäristö.

1	**2**	**3**	**4**	**5**

3.KOPO: a oli helppo käyttää.

1	**2**	**3**	**4**	**5**

4. Tarvitsisin erillisen mikrotukihenkilön opiskellessani KOPO: ssa. **4**

1	**2**	**3**	**4**	**5**

5. Matematiikan kurssi KOPO: ssa oli johdonmukainen.

1	**2**	**3**	**4**	**5**

6. Matematiikan kurssilla asiat esitettiin sekavasti ja epäjohdonmukaisesti.

1	**2**	**3**	**4**	**5**

7. Kurssilla käydyt asiat voi tällaisessa oppimisympäristössä useimmat ihmiset oppia nopeasti.

1	**2**	**3**	**4**	**5**

8. Puolustusvoimien koulutusportaali KOPO: ssa opiskelu sujuu vaivattomasti **(kääntäen 8)**

1	**2**	**3**	**4**	**5**

9. Matematiikan opiskeluni tapahtui KOPO: ssa itsevarmasti.

1	**2**	**3**	**4**	**5**

10. Tarvitsen paljon enemmän lisätietoja matematiikassa opiskellessani vastaavia kursseja.

1	**2**	**3**	**4**	**5**

Liite 7 SUS- pistekooste kadettikursseilta 90-92

	KK90	KK91	KK92	keskiarvo
1. Voisin opiskella KOPO: n avulla tehtyjä kursseja säännöllisesti.	**5,0**	**2,3**	**3,8**	3,7
keskihajonta	1,2	0,8	1,0	
2. KOPO oli monimutkainen oppimisympäristö.	**6,0**	**4,2**	**5,6**	5,3
keskihajonta	1,4	1,1	1,0	
3. KOPO: a oli helppo käyttää.	**6,3**	**4,6**	**6,5**	5,8
keskihajonta	0,9	1,0	0,8	
4. Tarvitsisin erillisen mikrotukihenkilön opiskellessani KOPO: ssa.	**8,8**	**9,0**	**8,9**	8,9
keskihajonta	0,8	0,7	0,9	
5. Matematiikan kurssi KOPO: ssa oli johdonmukainen.	**5,5**	**2,7**	**6,1**	4,8
keskihajonta	1,0	0,9	0,8	
6. Matematiikan kurssilla asiat esitettiin sekavasti ja epäjohdonmukaisesti.	**6,8**	**5,0**	**6,9**	6,2
keskihajonta	1,1	1,2	0,8	
7. Kurssilla käydyt asiat voi tällaisessa oppimisympäristössä useimmat ihmiset oppia nopeasti.	**5,0**	**2,9**	**4,3**	4,1
keskihajonta	1,2	0,9	0,7	
8. Puolustusvoimien koulutusportaali KOPO:ssa opiskelu sujuu vaivattomasti	**5,2**	**2,7**	**4,0**	4,0
keskihajonta	1,0	0,7	0,9	
9. Matematiikan opiskeluni tapahtui KOPO: ssa itsevarmasti.	**4,1**	**2,7**	**4,6**	3,8
keskihajonta	0,8	0,9	0,9	
10. Tarvitsen paljon enemmän lisätietoja matematiikassa opiskellessani vastaavia kursseja.	**5,0**	**4,1**	**4,8**	4,6
keskihajonta	1,28	1,23	0,95	
Summa	**58**	**40**	**56**	**51,1**

Liite 8 Lähtötaso-ja loppukokeiden U- ja t-testit tutkimusaineistolle

	Lähtötasopisteiden keskiarvo/maksimipisteet	U-testi	t-testi	Kolmogorov-Smirnov
KK 90	0,53	0,034	0,049	Z = 0,791
KK 92	0,40			p = 0,559
	Loppukoepisteiden keskiarvo/maksimipisteet			
KK 90	0,67	0,769	0,783	Z=0,483
KK 92	0,66			p = 0,974

Liite 9. Kadettikurssi 90 ilmavoimalinjan matematiikan perusopintojen loppukokeen ankkurit (paralleelit tehtävät) pisteytyksineen.

Ankkuri	3 ja 1 (90 ja 92)	4 ja 3	6 ja 4	7 ja 5	9 ja 7	11 ja 6
Aihe	Luvut, funktiot, yhtälöt	Luvut, funktiot, yhtälöt	Luvut, funktiot, yhtälöt	Todennäköisyys	Todennäköisyys	Derivaatta
Oppilasnumero	Pisteet	Pisteet	Pisteet	Pisteet	Pisteet	Pisteet
1	0	2	0	2	3	5
2	6	0	2	2	0	5
3	3	2	0	1	0	1
4	6	0	4	0	0	5
5	6	0	4	2	2	5
6	3	2	2	2	2	5
7	6	1	2	2	2	4
8	4	0	1	2	0	5
9	6	2	4	2	2	5
10	6	1	0	0	6	4
11	6	4	5	0	2	4
12	4	2	5	2	2	3
13	2	0	2	2	2	3
14	1	2	4	1	0	5
15	2	0	2	0	0	0
16	2	0	5	2	4	5
17	6	1	1	2	0	5
18	6	5	4	2	6	4
19	6	2	5	0	0	5
20	3	2	3	2	0	5
21	0	4	2	2	0	5
22	6	3	4	2	0	5
23	6	1	3	2	0	5
24	6	4	3	2	2	5
25	3	6	5	2	0	5
26	6	3	4	2	0	5
27	6	5	4	2	2	3
28	6	6	5	0	6	5
29	6	4	5	2	6	5
30	6	6	5	2	6	5
31	3	4	4	2	6	2
32	6	4	4	2	4	4
33	1	2	1	1	1	3
34	5	6	5	2	6	4
35	6	6	3	2	6	5
36	6	4	5	2	4	5
37	4	2	4	2	0	4
38	6	3	5	2	5	5
39	5	2	2	2	2	3
40	1	2	4	2	2	5

Liite 10. Kadettikurssi 92 ilmavoimalinjan matematiikanperusopintojen loppukokeen ankkurit (paralleelit tehtävät) pisteytyksineen.

Ankkuri	3 ja 1 (90 ja 92)	4 ja 3	6 ja 4	7 ja 5	9 ja 7	11 ja 6
Aihe	Luvut, funktiot, yhtälöt	Luvut, funktiot, yhtälöt	Luvut, funktiot, yhtälöt	Todennäköisyys	Todennäköisyys	Derivaatta
Oppilasnumero	Pisteet	Pisteet	Pisteet	Pisteet	Pisteet	Pisteet
74	3	3	2	2	2	0
75	6	1	2	0	3	0
76	6	4	2	2	2	2
77	3	1	2	2	3	0
78	3	4	5	2	2	0
79	2	1	2	2	3	0
80	4	0	3	2	3	0
81	6	3	5	2	5	5
82	3	0	2	2	0	0
83	6	0	2	2	3	0
84	6	4	2	2	0	0
85	6	4	3	2	2	0
86	3	3	2	2	3	0
87	6	6	5	2	6	1
88	6	6	4	2	3	2
89	6	3	5	2	3	5
90	6	3	5	2	3	0
91	6	3	5	2	3	2
92	0	3	2	2	2	2
93	6	3	2	2	2	2
94	6	6	3	2	3	5
95	4	3	2	2	2	1
96	6	4	2	2	3	2
97	3	0	4	2	3	2
98	3	4	5	2	2	2
99	6	3	2	2	2	5
100	6	3	2	2	3	5

Liite 11. Latentin osaamisen taso kadettikurssilla 90.

Pisteet	EAP-keskiarvo	Frekvenssi	**Pisteet**	EAP-keskiarvo	Frekvenssi
0	-1,101	0	**28**	0,154	0
1	-1,030	0	**29**	0,187	0
2	-0,962	0	**30**	0,219	2
3	-0,899	0	**31**	0,251	3
4	-0,838	0	**32**	0,284	4
5	-0,780	0	**33**	0,317	3
6	-0,725	0	**34**	0,352	0
7	-0,672	0	**35**	0,388	1
8	-0,621	0	**36**	0,424	2
9	-0,572	1	**37**	0,461	2
10	-0,525	0	**38**	0,498	1
11	-0,480	0	**39**	0,535	2
12	-0,436	0	**40**	0,572	0
13	-0,394	1	**41**	0,611	0
14	-0,353	0	**42**	0,651	1
15	-0,312	0	**43**	0,693	0
16	-0,272	0	**44**	0,737	1
17	-0,233	0	**45**	0,783	0
18	-0,195	0	**46**	0,831	0
19	-0,158	1	**47**	0,880	2
20	-0,123	1	**48**	0,933	2
21	-0,089	1	**49**	0,988	0
22	-0,054	1	**50**	1,047	2
23	-0,020	0	**51**	1,110	0
24	0,015	1	**52**	1,178	0
25	0,050	0	**53**	1,251	2
26	0,085	2	**54**	1,329	0
27	0,120	1	**55**	1,413	0

Liite 12. Latentin osaamisen taso kadettikurssilla 92.

Pisteet	EAP-keskiarvo	Frekvenssi
0	-0,508	0
1	-0,466	0
2	-0,425	0
3	-0,384	0
4	-0,343	0
5	-0,303	0
6	-0,263	0
7	-0,224	0
8	-0,185	0
9	-0,146	1
10	-0,108	0
11	-0,070	0
12	-0,031	1
13	0,006	5
14	0,044	1
15	0,082	1
16	0,120	3
17	0,157	0
18	0,195	2
19	0,232	1
20	0,270	2
21	0,308	2
22	0,345	2
23	0,383	2
24	0,421	1
25	0,460	0
26	0,498	1
27	0,537	1
28	0,576	1
29	0,615	0
30	0,655	0
31	0,696	0
32	0,737	0

Liite 13 SUS-kysymysten U-testi kadettikurssien 90, 91 ja 92 välillä

KK 90 vs KK 91	SUS 1	SUS 2	SUS 3	SUS 4	SUS 5	SUS 6	SUS 7	SUS 8	SUS 9	SUS 10
Z	-3,16	-2,13	-2,08	-0,56	-3,75	-2,10	-3,21	-3,26	-1,96	-0,96
p	0,00	0,03	0,04	0,58	0,00	0,04	0,00	0,00	0,05	0,34

KK 90 vs KK 92	SUS 1	SUS 2	SUS 3	SUS 4	SUS 5	SUS 6	SUS 7	SUS 8	SUS 9	SUS 10
Z	-1,40	-0,79	-0,46	-0,35	-1,18	-0,09	-1,20	-1,66	-0,83	-0,25
p	0,16	0,43	0,65	0,72	0,24	0,93	0,23	0,10	0,41	0,81

KK 91 vs KK 92	SUS 1	SUS 2	SUS 3	SUS 4	SUS 5	SUS 6	SUS 7	SUS 8	SUS 9	SUS 10
Z	-2,29	-1,69	-2,87	-0,25	-4,30	-2,32	-2,48	-1,94	-2,62	-0,79
p	0,02	0,09	0,00	0,81	0,00	0,02	0,01	0,05	0,01	0,43