Tampereen yliopisto

Emmi Nuutinen

PAKOPELI KIRSTUSSA

Pakopelipedagogiikka matematiikan opetuksessa

Informaatioteknologian ja viestinnän tiedekunta
Pro gradu -tutkielma
Maaliskuu 2022

TIIVISTELMÄ

Emmi Nuutinen: Pakopeli kirstussa – Pakopelipedagogiikka matematiikan opetuksessa
Pro gradu -tutkielma
Tampereen yliopisto
Matematiikan ja tilastotieteen tutkinto-ohjelma
Maaliskuu 2022

Tämä pro gradu -tutkielma on kehittämistutkimus eli design-tutkimus, jonka tavoitteena oli kehittää pakopelipedagogiikkaa. Pedagogisten pakohuoneiden keskeinen ongelma on, että ne ovat usein työläitä rakentaa ja pelaamisen järjestäminenkään ei ole aina kovin helppoa. Pakopelaaminen koetaan kuitenkin hauskaksi oppimistavaksi, joten halusin lähteä kehittelemään peliä, jonka pelaaminen olisi mahdollisimman vaivatonta, mutta silti elämyksellistä ja hauskaa. Tämän tutkimuksen tuotteena syntyi liikuteltava pakopeli, jonka pystyttäminen ja peluuttaminen on vaivatonta eikä sen pelaaminen ole paikkaan sidottua.

Pakohuoneet ovat elämyksellisiä kokemuksia ja ne kehittävät etenkin ongelmanratkaisua ja yhteistyötä. Koska ongelmanratkaisu on matematiikan ydintä, pakopelin hyödyntäminen nimenomaan matematiikan opetuksessa tuntui luontevalta. Halusin kehitetyllä pakopelillä osoittaa, ettei matematiikka ole pelkkää laskemista, vaan matematiikan avulla harjoitellaan mm. ongelmanratkaisua, arviointia, loogista päättelykykyä, yhteistyötä ja muita ”piileviä” taitoja, joita arjessa tarvitsemme.

Tämän tutkielman tavoitteena oli siis kehitellä helposti pelattavissa oleva pakopeli yläkoulun matematiikan opetukseen, kuitenkin niin, että pakohuoneisiin liitetty elämyksellisyys ei liiaksi kärsisi. Laadullisen tutkimuksen keinoilla selvitettiin, miten hyvin pelin kehittelyssä onnistuttiin ja kuinka se sopii osaksi yläkoulun matematiikan opetusta. Tutkimusaineisto kerättiin keväällä 2021 Tampereen yliopiston normaalikoulussa. Kehitetyn pelin pelasi kaksi 8. luokkalaisten muodostamaa oppilasryhmää. Pelaaminen videoitiin ja pelin jälkeen oppilaita lyhyesti haastateltiin. Lisäksi he vastasivat sähköiseen kyselylomakkeeseen.

Sisällönanalyysin avulla kerätty aineisto järjesteltiin analysoitavaksi. Tulosten perusteella kehitelty pakopeli sopii osaksi yläkoulun matematiikan opetusta kohtalaisen hyvin. Oppilaat pitivät pelaamista hauskana vaihteluna. He eivät ilman pelin jälkeisiä loppukeskusteluja olisi ymmärtäneet tehtävien yhteyttä matematiikkaan. Kuten pakopelit usein, myös tässä pelissä rajoittavaksi tekijäksi jäi ryhmäkoko. Vain pieni ryhmä voi pelata peliä, joten pelin järjestäminen vaatii opettajalta suunnittelua.

Avainsanat: pakohuone, ongelmanratkaisu, oppimispeli, elämyskolmio

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck -ohjelmalla.

SISÄLLYS

1 JOHDANTO ... 4

2 PAKOPELIT ... 7

2.1 Mitä ovat pakopelit? ... 7
2.2 Pakopelien hyödyt ... 10
2.3 Pakopelit ja Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet ... 11
2.4 Pakopelien hyödyntäminen opetuskäytössä ... 13

3 PAKOPELIPEDAGOGIIKKA ... 16

3.1 Pelillisyys osana matematiikan opetusta ... 16
3.2 Pienryhmätyöskentely ... 18
3.3 Ongelmanratkaisu ... 19
3.4 Elämyksellisyys ... 21

4 PÄÄTTELY JA RISTIRIITATODISTUS MATEMATIIKASSA ... 25

4.1 Matemaattinen todistaminen ... 26
4.2 Tarkastelussa pakopelin tehtävä 2 ... 26
4.3 Peruskäsitteitä ... 27
4.4 Sekventit ... 31
4.5 Sekventtikalkyylin säännöt ... 32

5 TUTKIMUSONGELMA JA TUTKIMUSKYSYMYKSET ... 39

6 TUTKIMUSMENETELMÄT ... 40

6.1 Laadullinen tutkimus ... 40
6.2 Design-tutkimus ... 40
6.3 Aineiston hankintamenetelmät ... 42
6.4 Aineiston analyysimenetelmät ... 45

7 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS ... 47

7.1 Ongelma-analyysi ... 48
7.2 Pakopelin suunnittelu ja toteutus ... 49
7.3 Pakopelin pelaaminen ja aineiston kerääminen ... 51

8 TUTKIMUSTULOKSET ... 53

8.1 Hauskuus ja elämyksellisyys ... 53
8.2 Pienryhmätyöskentely ... 54
8.3 Ongelmanratkaisu ja yhteys matematiikkaan ... 55
8.4 Pelijärjestelyt ja pelin eteneminen ... 57

9 POHDINTA ... 58

9.1 Pakopelin suunnittelusta ja toteutuksesta ... 58
9.2 Tavoitteiden täyttyminen ... 59
9.3 Luotettavuus ... 60

LÄHTEET ... 62

LIITTEET ... 65

Liite 1: Pakopelin rakenne ja tehtävät ... 65
Liite 2: Pelin ohjeistaminen ... 71
Liite 3: Loppukeskustelut ja kyselylomake ... 72
Liite 4: Tutkimuksen aineistot ... 73

1 JOHDANTO

Pakohuoneet ovat saaneet alkunsa videopeleistä ja Suomen ensimmäinen pakohuone avattiin vuonna 2014 Helsingissä (Koiranen 2019, 16–18; Kortesuo 2018, 13). Muutama vuosi ensimmäisen pakopelin avaamisen jälkeen kävin itse pelaamassa ensimmäisen pakohuoneen Tampereella. Pakohuoneet jäivät harrastuksekseni ja huoneiden rinnalle nousi myös muita pakopelaamisen muotoja kuten mobiili-, lauta- ja korttipelejä. Harrastuksesta tuli opintojeni ohelle myös työ ja toimin lähes kaksi vuotta pakopelin ohjaajana tamperelaisessa pakohuoneyrityksessä. Vapaa-ajallani kehittelin omia pieniä etäpakopelejä lähipiirilleni ja samaan aikaan kypsyi ajatus omasta pedagogisesta pakopelistä matematiikan opetuksessa. Näin sai alkunsa tämä pro gradu -tutkielma.

Pakopelien pedagoginen potentiaali on huomattu myös kouluissa ja niiden hyödyntäminen opetuskäytössä on räjähdysmäisesti kasvanut viime vuosina, tämän on huomannut myös Koiranen (2019). Pakohuoneiden hyödyntäminen voi kuitenkin osoittautua työlääksi ja vaivalloiseksikin. Tämän tutkimuksen tavoitteena on kehittää helposti pelattavissa oleva, mutta silti elämyksellinen pakopeli yläkoulun matematiikan opetukseen ja tutkia, miten pakopelipedagogiikka sopii osaksi matematiikan opetusta. Erityisesti yläkoulun matematiikan oppitunneilla oppilaat pohdiskelevat usein tuttuja kysymyksiä: *miten tämä liittyy matematiikkaan* ja *missä tätä ikinä tarvitaan*. Koska matematiikka on paljon muutakin kuin pelkkää laskemista, on tässä kehitetyn pakopelin tavoitteena tehdä näkyväksi ne piilotaidot, joita matematiikan tunneilla harjoitellaan. Matematiikan avulla harjoitellaan mm. ongelmanratkaisua, arviointia, loogista päättelykykyä ja yhteistyötä. Kaikkia kyseisiä taitoja on mahdollista harjoittaa pakopelien avulla. Tässä kehitetyssä pakopelissä ei ole yhtään laskutehtävää, mutta jokaisen tehtävän taustalta löytyy silti matematiikkaa.

Pakopeli on yläkäsite, jonka alakäsitteitä ovat mm. pakohuone, pakohuonelautapeli sekä oppimispakopeli. Pakopeli on tosielämän seikkailupeli,

joka pelataan yleensä ryhmässä. Kaikissa pakopeleissä ryhmien tavoitteena on tehtäviä ratkomalla edetä pelissä ja lopulta läpäistä peli. Pakopelin läpäisy voi tarkoittaa huoneesta pakenemista, mysteerin ratkaisemista tai esineen löytämistä. Samaa pakopeliä ei yleensä pelata koskaan uusiksi. Tarkemmin pakopeleistä ja niiden pedagogisista hyödyistä kerrotaan luvussa 2. Samassa luvussa tarkastellaan myös, miten pakopelit vastaavat voimassa olevan Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteisiin.

Käsitteenä pakopelipedagogiikka on uusi ja sen voidaan ajatella koostuvan ainakin oppimispeleihin, ryhmätyöskentelyyn ja elämyksellisyyteen liittyvistä teorioista. Lisäksi pakopeleihin kuuluu olennaisena osana ongelmanratkaisu, jonka ajatellaan olevan matematiikan ydintä ja siksi pakopelien yhdistäminen matematiikan oppitunteihin vaikuttaisi luontevalta. Edellä mainittuja teorioita käsitellään luvussa 3.

Luvussa 4 esitellään päättelyä ja ristiriitaisuutta matematiikassa käyttämällä formaalia syntaktista päättelysysteemiä. Luvun lukijalta edellytetään logiikan perusteiden tuntemusta.

Tämä tutkimus on design-tutkimus, joka alkoi ongelma-analyysillä ja eteni pakopelin suunnittelusta ja toteutuksesta luokkahuoneeseen, jossa varsinainen tutkimusaineisto kerättiin. Tutkimusongelmaa ja -kysymyksiä avataan tarkemmin luvussa 5. Tutkimuskysymykset ovat hyvin moniulotteisia ja niiden analysointiin tarvitaan sekä laadullisia että määrällisiä menetelmiä. Tutkimusmenetelmistä kerrotaan luvussa 6.

Pakopelin suunnittelu alkoi keväällä 2020 ja aineisto saatiin kerätyksi kevätlukukauden 2021 lopulla. Peliä pelasi yhteensä viisi eri pelaajaryhmää, joista kaksi ryhmää koostui tutkimuksen kohderyhmästä eli yläkoululaisista. Kyseessä on siis pieni tapaustutkimus eikä tuloksia voida yleistää. Luvussa 7 perehdytään tarkemmin tutkimuksen toteutukseen ja käydään läpi pakopelin suunnittelu- ja toteutusprosessia. Lisäksi luvussa 7 esitellään aineiston hankinta- ja analyysimenetelmät.

Luvussa 8 esitellään tutkimuksen tuloksia. Tutkimustuloksissa käydään läpi, miten hyvin kehitetty pakopeli saavutti sille asetetut tavoitteet ja kuinka hyvin pelin käyttäminen sopii osaksi yläkoulun opetusta.

Viimeisessä luvussa eli luvussa 9 arvioidaan tutkimuksen luotettavuutta ja pohditaan tutkimuksen tuloksia sekä ehdotetaan sopivia jatkotutkimusaiheita.

Liitteenä ovat pakopelin tehtävät sekä tutkimuksen aineiston keräämistä varten laaditut haastattelurungot ja kysely. Lisäksi liitteistä löytyvät esimerkki havaintoaineistosta sekä kyselylomakkeen vastaukset graafeina.

2 PAKOPELIT

Tässä luvussa esitelty teoria perustuu pitkälti pakohuoneessa työskentelyni aikana hankittuun kokemukseen ja asiantuntemukseen.

2.1 Mitä ovat pakopelit?

Pakopeli on tosielämän seikkailupeli, joka rakentuu tietyn teeman ja tarinan ympärille. Pakopeliä pelataan yleensä ryhmässä, jonka kokoon vaikuttaa tilan, tehtävien tai pelimuodon asettamat rajoitukset. Kaikissa pakopeleissä ryhmien tavoitteena on ongelmanratkaisutehtäviä ratkomalla edetä pelissä ja lopulta läpäistä peli annetun aikarajan puitteissa. Tehtävien ratkaisemiseen ei tarvitse tietää mitään yksittäisiä tietoja etukäteen, vaan kaikki tieto ja vihjeet ratkaisuun ovat saatavilla huoneessa. Ongelmanratkaisutehtävät vaativat usein luovuutta ja yhteistyötä ja niiden ratkaisemiseen on mahdollista saada myös lisävinkkejä. Annettu aikaraja ja olosuhteet saattavat vaikuttaa ongelmanratkaisukykyyn, jolloin helpotkin tehtävät muuttuvat pakopelissä haasteellisiksi. Hyvässä pakopelissä tehtävät ovat monipuolisia ja toiminnallisia ja ne liittyvät pakopelin teemaan ja tarinaan. Pakopelin läpäisy voi tarkoittaa huoneesta pakenemista, mysteerin ratkaisemista tai esineen löytämistä. Samaa pakopeliä ei yleensä pelata koskaan uusiksi.

Tässä tutkimuksessa pakopeliin osallistuvia ryhmän jäseniä kutsutaan seikkailijoiksi, koska haluan korostaa osallistujien aktiivista roolia ja sitä, että hyvissä pakopeleissä usein pelaaminen unohtuu ja osallistujat uppoutuvat peliin tullen ikään kuin osaksi sen tarinaa ja seikkailua. Lisäksi pelaaminen yhdistetään usein kilpailuun, jonka merkitystä haluan häivyttää puhuttaessa pedagogisista pakopeleistä. Pakopelit eivät kuitenkaan ole roolipelejä, jotka edellyttävät tiettyyn hahmoon eläytymistä, vaan jokainen voi osallistua pakopeliin omana itsenään.

Pakopeli on yläkäsite, jonka alakäsitteitä ovat mm. pakohuone, pakohuonelautapeli sekä oppimispakopeli. Pakopeli voi olla myös kokonaan

virtuaalinen, mutta tässä tutkimuksessa keskitytään pelkästään fyysisiin ja toiminnallisiin peleihin pakopeleistä puhuttaessa. Seuraavaksi käyn läpi edellä mainitut pakopelin alakäsitteet. Lisäksi määrittelen pakopelien tärkeimmän elementin eli lukon.

Pakohuone

Pakohuone on nimensä mukaisesti huoneessa tapahtuva pakopeli ja usein ajattelemme nimenomaan pakohuoneita, kun puhumme pakopeleistä. Pakohuoneet ovat saaneet alkunsa videopeleistä ja Suomen ensimmäinen pakohuone avattiin vuonna 2014 Helsingissä (Koiranen 2019, 16–18; Kortesuo 2018, 13). Hyvissä pakohuoneissa huoneen tarina ja teema näkyvät lavastuksessa, äänimaisemassa sekä valaistuksessa, mutta myös tehtävissä. Seikkailija voi oikeasti kokea astelevansa sisälle hylättyyn mökkiin tai ydinvoimalan valvomoon. Hyvässä pakohuoneessa on salaovia ja salahuoneita, joiden olemassaolosta seikkailijat eivät parhaimmassa tapauksessa ole etukäteen tienneet mitään. Pakohuoneissa seikkailijoita valvotaan useimmiten pelitilan ulkopuolelta. Seikkailun valvoja eli pelin ohjaaja näkee huoneeseen ikkunan tai kameran kautta. Mikrofonien avulla hän myös kuulee huoneessa olijoiden puheet. Tarvittaessa pelin ohjaaja voi antaa seikkailijoille vinkkejä, jos tehtävät eivät lähde etenemään. Pakohuoneissa voi olla myös näyttelijöitä. Pakohuoneen palaamisen jälkeen pelin ohjaaja keskustelee seikkailijoiden kanssa. Loppukeskustelu voi keskittyä onnistumisiin ja harmituksiin tai epäselviksi jääneisiin asioihin. Seikkailuun käytetty aika on usein hyvin intensiivinen ja se on saattanut tuntua seikkailijoista kuluneen nopeasti. Loppukeskustelun yhtenä tarkoituksena on myös palauttaa mieliin huoneen tapahtumia ja joskus myös tarinaa.

Pakohuonelautapeli

Pakohuonelautapelit poikkeavat pakohuoneista siten, että ne on pakattu pieneen laatikkoon. Lavastuksen puuttuessa pelaajat eivät välttämättä koe oikeasti olevansa Faaraon hautakammiossa tai keskellä viidakkoa. Toisaalta pakohuonelautapelien teema ja tarinavaihtoehdot saattavat olla mielikuvituksellisempia kuin pakohuoneissa ja osa tehtävistä voi olla jopa toiminnallisempia kuin pakohuoneissa, koska vastaus saattaa muodostua

leikkelemällä paperia saksien avulla. Saatavilla on pakohuonelautapelejä, joihin saa äänimaiseman esimerkiksi pelin oman mobiilisovelluksen kautta. Pakohuonelautapeleissä seikkailijat ottavat vinkkejä itse ja ne voivat joskus osoittautua jopa turhiksi eivätkä auta seikkailijoita eteenpäin. Pakohuoneessa pelin ohjaaja pystyy lukemaan tilannetta koko ajan ja hän voi antaa vinkkejä juuri tilanteeseen sopivalla tavalla. Toisin kuin useimpia pakohuoneita, pakohuonelautapelejä voi pelata myös yksinpelinä.

Oppimispakopeli

Tavallisesta pakopelistä oppimispakopeli eroaa siten, että siinä on selkeä oppimistavoite pelkän viihteellisyyden sijasta. Oppimispakopelien vertailu viihteellisiin elämysbisneksen pakopeleihin ei ole järkevää. Oppimispakopelien seikkailijat eivät odota salahuoneita tai monimutkaisia teknisiä toteutuksia. Pieninkin resurssein tuotettu peli voi olla hauska ja kiinnostava tapa oppia ja testata seikkailijoiden kykyjä. (Koiranen 2019, 69–79, 132–133.) Oppimispakopelit ovat usein lavastukseltaan suppeampia kuin pakohuoneet. Niissä onkin ajateltu enemmän huoneen liikuteltavuutta, muunneltavuutta ja helppoa toteutusta. Oppimispakopeleissä pelin ohjaaja voi olla seikkailijoiden kanssa samassa tilassa ja pelin jälkeen ohjaajan johdattelema loppukeskustelu nousee tärkeämmäksi kuin viihteellisissä pakopeleissä. Oppimispakopelien yhteydessä loppukeskustelua voidaan ohjata nimenomaan opittavien asioiden äärelle. Ilman loppukeskustelua oppimispakopelin pedagoginen hyöty voi jäädä laihaksi.

Lukko

Vielä yksi tärkeä pakopeleihin liittyvä käsite on lukko. Pakopelissä eteneminen tarkoittaa usein lukkojen avaamista. Pakohuoneissa voi olla perinteisten yhdistelmä- ja avainlukkojen lisäksi sähköisiä magneettilukkoja, jotka ovat upotettuina lavasteisiin siten, etteivät seikkailijat välttämättä tiedä niiden sijainneista. Pakohuonelautapeleissä ei ole fyysisiä lukkoja ollenkaan, vaan lukot löytyvät usein pelin osiin painettuina ja niitä avataan muodostamalla koodeja. Saadut koodit voidaan tarkastaa mobiilisovelluksella, erillisellä pelin mukana tulevalla laitteella tai pelistä löytyvien vastauskorttien avulla. Peli kertoo, oliko koodi oikein ja saavatko seikkailijat luvan jatkaa etenemistä.

Oppimispakopeleissä voidaan fyysisten lukkojen lisäksi käyttää lukkoina myös naruja, nippusiteitä tai muita hidasteita, jotka estävät tai kieltävät avaamasta jotain. Lisäksi oppimispakopelin ohjaaja voi toimia lukkona esimerkiksi luovissa tehtävissä, joihin ei välttämättä ole yhtä tiettyä oikeaa ratkaisua (Koiranen 2019, 177).

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on toteuttaa oppimispakopeli, joka yhdistää pakohuoneen elämyksellisyyttä pakohuonelautapelin helppoon liikuteltavuuteen. Pelin ohjaaja on seikkailijoiden kanssa samassa tilassa ja lukot ovat kaikki oikeita lukkoja (koodi- ja avainlukkoja).

2.2 Pakopelien hyödyt

Ensisijaisesti pakopelit koetaan viihdyttävinä elämyksiä, mutta niiden avulla on mahdollista harjoittaa ja kehittää erilaisia (elämän)taitoja ja oppia kokonaan uusiakin asioita. Seuraavaksi tarkastelen, millaisia hyötyjä pakopeleissä voidaan nähdä. Hyödyistä tärkein pedagogisesta näkökulmasta on se, että pakopeleissä on mahdollista saavuttaa oppimisen kannalta hyödyllinen flow-tila. Sitä tarkastelen yksityiskohtaisemmin luvussa 3 pelillistämisen yhteydessä.

ElämysTeeri-blogiin (2020) on kahden pakohuoneyrittäjän toimesta koottu kattava lista asioita, joita pakohuoneessa seikkailu mahdollistaa. Hyödyt ovat helposti yleistettävissä kaikkiin pakopeleihin, myös pedagogisiin pakopeleihin. Tähän lukuun olen koonnut pääasiassa ElämysTeeri-blogin pohjalta pakopelipelaamisen hyötyjä.

Ilmeisin pakopelien hyödyistä on se, että pelaaminen kehittää ongelmanratkaisukykyä. Pakopeleissä on mahdollistaa oivaltaa uudenlaisia ja monipuolisia näkökulmia ongelmiin, koska jokaiseen tehtävään on eri ratkaisu eikä ensimmäinen ratkaisuidea aina toimi. Pakopeliseikkailu opettaa siis lähestymään hankalaa ongelmaa uudesta näkökulmasta ja täten päästämään irti aiemmasta ideasta. Kun erityisen hankala tehtävä lopulta ratkeaa, tavalla tai toisella, seikkailija oppii samalla sinnikkyyttä.

Keskeistä pakopelissä onnistumisen kannalta ovat ryhmän kommunikointitaidot. Pakopeli voi olla mahdollista ratkaista ilman ääneen ajattelemista ja muiden kuuntelemista, mutta silloin kokemus saattaa jäädä

huonoksi. Kun ryhmä ymmärtää, että tehtävät ratkeavat nopeammin yhteistyöllä, kehittyvät myös kommunikoinnin taidot ja sosiaaliset taidot. Lisäksi ryhmä tarvitsee sisäistä kannustusta ja avointa ilmapiiriä, jossa jokaisen ideat huomioidaan. Erikoisessa tilanteessa saattavat tulla näkyviin seikkailijoiden yllättävätkin luonteenpiirteet.

Tehtävien ratkaiseminen yhteistyöllä kasvattaa luottamusta niin omiin kuin muidenkin vahvuuksiin. Seikkailijat huomaavat, että eri ihmiset onnistuvat eri tehtävissä ja oppivat iloitsemaan myös muiden onnistumisista. Pakopelin aikana ei koeta pelkkää onnistumista, vaan myös negatiivisia tunteita ja aikapainetta. Pakopelissä pääsee siis kehittämään tunnetaitoja ja oppii paineen alla keskittymistä. Vaikka stressitasot voivat pakopelissä hetkellisesti nousta, pääasiassa ne kuitenkin laskevat, koska aivot keskittyvät ajattelemaan vain käsillä olevia tehtäviä eikä mitään muuta. Stressitasojen laskun lisäksi onnistunut pakopeli tarjoaa seikkailijoille positiivisen kokemuksen, joten pakopeli voi lisätä hyvinvointia.

Kaikki edellä luetellut taidot virittyvät pakopelissä ja jatkavat kehittymistään myös pelin jälkeen. Pakopelikokemuksen jälkeen seikkailija osaa jatkossakin paremmin arvostaa omia ja muiden ideoita, ymmärtää kuuntelemisen tärkeyden ja osaa lähestyä asioita uusista näkökulmista. Lisäksi arkiset ongelmat näyttäytyvät pelielämyksen jälkeen haasteina ja tehtävinä, jotka vain odottavat ratkaisun löytymistä. (ElämysTeeri, 2020.)

2.3 Pakopelit ja Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet

Pakopelien käyttö perusopetuksessa sopii hyvin Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteiden (Opetushallitus 2014, 17) oppimiskäsitykseen. Siinä oppilasta pidetään aktiivisena toimijana, joka toimii sekä itsenäisesti että yhdessä muiden kanssa. Yhdessä oppimisen nähdään edistävän ongelmanratkaisutaitoja, luovuutta ja kykyä ymmärtää erilaisia näkökulmia. Lisäksi opetussuunnitelman perusteissa toistuu usein vaatimus monipuolisille ja vaihteleville työskentely- ja arviointitavoille. Työskentelytavoista mainitaan ainakin yhdessä tekeminen ja oppimispelit. Arviointia voisi kokeen lisäksi tapahtua myös itse- ja vertaisarviointina.

Perusopetuksen tehtävänä on auttaa oppilaita löytämään omat vahvuutensa ja rakentamaan tulevaisuutta oppimisen keinoin. Laaja-alainen osaaminen on tietojen, taitojen, arvojen, asenteiden ja tahdon muodostama kokonaisuus ja se on jaettu opetussuunnitelman perusteissa useisiin eri aihealueisiin. Pakopelien hyödyntäminen opetuksessa sopii erityisesti ensimmäiseen laaja-alaisen osaamisen alueeseen: ajattelu ja oppimaan oppiminen. Siinä korostuvat tiedon päättely, yhdessä tekeminen ja luova työskentely. Opettajan odotetaan rohkaisevan oppilaita luottamaan itseensä, myös ristiriitaisen tiedon äärellä. Toiminnalliset työtavat kuten leikit ja pelillisyys edistävät oppimisen iloa ja luovat edellytyksiä oivaltamiseen. Pakopelipelaaminen vastaa samalla myös työelämätaitojen ja yrittäjyyden laaja-alaisen osaamisen tavoitteisiin, joissa edellisten lisäksi kannustetaan kokeilevaan oppimiseen ja johtopäätösten tekemiseen sekä harjoitellaan sisukkuutta myös epäonnistumisten ja pettymysten jälkeen. (Opetushallitus 2014, 18–21.)

Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteissa edellytetään vähintään yhtä monialaista oppimiskokonaisuutta lukuvuodessa jokaisella vuosiluokalla. Monialaiset oppimiskokonaisuudet ovat opetusta eheyttäviä ja oppiaineita yhdisteleviä opiskelujaksoja, joiden erityisenä tavoitteena on edistää laaja-alaisen osaamisen kehittymistä. (Opetushallitus 2014, 31–32.) Esimerkiksi pakopelin rakentaminen voisi olla monialainen oppimiskokonaisuus.

Vuosiluokkien 7.–9. tavoitteissa nostetaan tärkeäksi myös oppilaiden mahdollisuudet itsetuntoa vahvistaviin osaamisen ja onnistumisen kokemuksiin sekä omien vahvuuksien ja kehittymistarpeiden löytämiseen. Pakopelien avulla opitaan kuuntelemaan itseä ja toisia, nähdään asioita useista eri näkökulmista ja tehdään luovia ratkaisuja. Pakopelit mahdollistavat oivaltamisen, harjaannuttavat havaintoherkkyyttä ja kehittävät vuorovaikutustaitoja. (Opetushallitus 2014, 281.)

Matematiikan oppiaineen näkökulmasta pakopelien käyttö opetuksessa tuo opetukseen vaadittua konkretiaa ja toiminnallisuutta ja ne kehittävät myös vuorovaikutus- ja yhteistyötaitoja. Matematiikan opetuksen tavoitteena on ohjata oppilaita ymmärtämään matematiikan hyödyllisyys omassa elämässä ja auttaa oppilaita soveltamaan matematiikkaa monipuolisesti. Lisäksi pakopelit vastaavat hyvin lähes kaikkiin matematiikan työskentelyn taidoille laadittuihin tavoitteisiin. Ne ohjaavat oppilasta näkemään opittujen asioiden välisiä yhteyksiä, tukevat

loogista ajattelua ja auttavat tarkastelemaan ratkaisun mielekkyyttä. (Opetushallitus 2014, 374.)

Pakopelit näyttäisivät siis vastaavan hyvin moniin Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteiden (2014) asettamiin vaatimuksiin. Seuraavassa alaluvussa tarkastellaan yksityiskohtaisemmin pakopelien hyödyntämistä opetuksessa.

2.4 Pakopelien hyödyntäminen opetuskäytössä

Kuten minä, myös monet muut (ks. Koiranen 2019) ovat huomanneet saman: pakopeleissä tuntuisi olevan suuri pedagoginen potentiaali, joka voisi sopia kouluun erityisen hyvin. Tai oikeastaan pakopeli voisi sopia minne tahansa, missä ollaan jollain tavalla tekemisissä oppimisen kanssa. Ainoastaan ryhmäkoko tuntuu olevan rajoittavana tekijänä, koska pakohuoneita pelataan yleensä alle kuuden hengen ryhmässä. Pelatessa kuitenkin oppii ja kehittyy ja samalla huomaa ratkaisevansa myös sellaisia asioita, joita ei tiennyt osaavansa. Olen tätä kirjoittaessa pelannut yli 20 pakohuonetta ja siihen päälle saman verran pakohuonelautapelejä. Lisäksi olen työskennellyt pakohuoneyrityksessä pelin ohjaajana ja olen nähnyt satoja pelejä. Useissa peleissä pelkästään oivaltaminen näyttäisi kohottavan seikkailijan itsetuntoa ja uskoa omiin kykyihinsä. Tällaista näkökulmaa ei koulussa voi koskaan olla liikaa. Seuraavaksi tarkastelen, miten pakopelit saadaan valjastettua opetuskäyttöön.

Varsinkin nuorten opiskelumotivoiminen voi olla haastavaa ja Tuomo Parkki (DigiErkon iltakoulu, 2021) näkeekin pakopelien vaikuttavan merkittävästi juuri opiskelumotivaatioon. Hän sanoo, että pakopelin pelaaminen poikkeaa koulun normaalista arjesta ja se aktivoi oppilaita, mutta ei hänen kokemuksensa mukaan kuitenkaan toimi yksinään tehokkaana tiedonsiirtäjänä. Samasta syystä pidän itsekin pelin jälkeen tapahtuvaa loppukeskustelua pakopelien pedagogisen hyödyntämisen kannalta oleellisimpana seikkana. Loppukeskustelussa pelin ohjaaja johdattelee keskustelua opittavien asioiden äärelle ja saa oppilaat huomaamaan ja oivaltamaan asioita, joiden oivaltaminen ei ehkä muuten olisi tullut ollenkaan esiin. Motivaatiobuustia päästään hyödyntämään edelleen pelin jälkeen opetuksessa poimimalla pelistä asioita, joihin voidaan syventyä

tarkemmin. Pakopelissä oppimista tapahtuu siis kuin vahingossa. Ensikertalainen seikkailija voi aluksi olla pakopelin äärellä ymmällään, mutta onnistunut tarina ja tunnelma vievät mukanaan ja auttavat seikkailijaa uppoutumaan. Haasteet ja yllätyksellisyys koukuttavat ja seikkailijan valtaa innostuneisuus ja keskittyneisyys. Pakopelissä motivoivat hauskuus, itsensä haastaminen ja pelin läpäiseminen, mutta jos pakopelin oppimistavoite on liian ilmeinen, motivaatio todennäköisesti lopahtaa. (Koiranen 2019, 19, 57; DigiErkon iltakoulu 2021).

Tuomo Parkin (DigiErkon iltakoulu, 2021) mukaan pakopelit eivät opetusvälineenä korvaa kirjoja, mutta niissä oppiainerajojen ylittäminen on helpompaa ja onnistuu luonnollisella tavalla. Pakopelejä voidaan käyttää niin laajojen ajatusmallien kuin yksittäisten faktojen ja käytännöllisten taitojen opetukseen. Niillä voidaan opettaa kokonaan uutta aihesisältöä tai harjoittaa äskettäin opittua. Pakopelejä voidaan käyttää myös etukäteen opiskellun sisällön testaamiseen tai pakopeli voi antaa merkitystä sisällöille, joiden yhteyttä arkielämän taitoihin ei perinteisen opetuksen keinoin ole niin helppoa huomata. Pakopeli voi toimia myös puhtaasti opetusta ja oppimista piristävänä. Esimerkki piristävästä pakopelistä voisi olla ns. episodimainen pakopeli, jolloin opettaja peluuttaa yksittäisiä pakopelitehtäviä kerran viikossa ja tarina aukeaa pala kerrallaan. (Koiranen 2019, 37, 69–72.)

Perinteisen kokeen rinnalla pakopeli voisi toimia yhtenä arviointitapana. Arvioinnin kohteena olisi oppiainesisältöä voimakkaammin esimerkiksi ryhmätyöskentely. Koiranen (2019, 35–36.) kertoo, että seikkailijoista saattaa pakopelin aikana tulla esiin sellaisia piirteitä, joita opettaja ei muuten näe. Seikkailijat saattavat ottaa pakopelissä sellaisia rooleja, joita eivät ennen ole ottaneet. Opettaja ja oppilaat saavat pelikokemuksesta siis arvokasta tietoa ryhmätyötaitojen harjoittamisesta sekä ryhmäytymisestä. Pelin jälkeen oppilaat voisivat arvioida ryhmätyöskentelyä ja omaa osallistumistaan myös itse. Pakopelissä epäonnistumista ei tarvitse pelätä, sillä seikkailijan ei tarvitse onnistua tehtävässä ensimmäisellä kerralla, vaan seikkailijan on mahdollista kehittyä ja parantaa suoritustaan (Koiranen 2019, 24, 37). Parhaimmillaan pakopeli edistää ryhmäytymistä ja pelin aikana huomatut hyvät toimintatavat vakiintuvat osaksi arkea. (Koiranen 2019, 35–36.)

Pakopeli voi toimia ilmiöoppimisen välineenä tai simulaationa todellisesta tai kuvitteellisesta tilanteesta. Pakopelit vaikuttavat tunteisiin ja voivat siksi tehdä

ilmiön konkreettisemmaksi, kun sen pääsee itse kokemaan. Kokemuksellisuuden myötä syntyy syvempi muistijälki verrattuna pelkkään passiiviseen viestin vastaanottamiseen. (Koiranen 2019, 37, 92.)

Pakopelissä oppimista tapahtuu useilla eri tasoilla esim. oivaltaminen, onnistuminen, oppiminen muilta ja omien vahvuuksien tunnistaminen. Lisäksi pakopelien avulla on mahdollista oppia paljon ns. hiljaista tietoa eli sellaista, jota emme voi edes määritellä opituksi. Oppiminen voi pakopelissä tapahtua yksinkertaisimmillaan tehtävien avulla. Tai oppiminen voi tapahtua tarinan kautta, jolloin tehtävät eivät saa viedä liiaksi huomiota. Oppiminen voi tapahtua myös siten, että koko kokonaisuus opettaa, jolloin merkitystä on sekä tarinalla, että tehtävillä, mutta yksittäisten tehtävien ei välttämättä tarvitse opettaa mitään, vaan ne voivat auttaa kokonaisuuden muodostumisessa. (Koiranen 2019, 92, 95.)

3 PAKOPELIPEDAGOGIIKKA

Pakopelipedagogiikka on hyvin uusi käsite, josta ei vielä kovin paljon löydy kirjallisuutta. Seuraavaksi tarkastellaan tarkemmin osa-alueita, jotka yhdistyvät pakopelipedagogiikassa. Pakopeli on oppimispeli, johon liittyy olennaisesti ongelmanratkaisu, yhteistyö ja elämyksellisyys. Alaluvussa 3.1 käydään läpi pelillisyyttä ja sen positiivisia vaikutuksia oppimiseen. Alaluvussa 3.2 tarkastellaan pienryhmätyöskentelyä ja sitä, miksi se sopii hyvin osaksi matematiikan opetusta. Ongelmanratkaisun sanotaan olevan matematiikan ydintä ja sitä tarkastellaan alaluvussa 3.3. Kaupallisten pakopelien teho perustuu elämykselliseen ja immersiiviseen kokemukseen. Vaikka pedagogiset pakopelit eivät aina yllä yhtä elämyksellisiin kokemuksiin kuin kaupalliset pelit, on kuitenkin syytä tarkastella elämyksellisyyttä ja sen hyötyjä oppimisen näkökulmasta. Niihin perehdytään tarkemmin alaluvussa 3.4.

3.1 Pelillisyys osana matematiikan opetusta

Jokainen peli on jollain tavalla oppimispeli, mutta usein ajattelemme matematiikan oppimispelit peleiksi, joissa selkeästi harjoitellaan toistoja tekemällä matematiikan tiettyjä osa-alueita pelillisyyttä hyödyntämällä. Pelillistäminen tarkoittaa peleistä tuttujen elementtien soveltamista eri ympäristöissä (Koiranen 2019, 22). Pelillisyyttä voivat olla esimerkiksi selkeä tavoite pelin läpäisemiseksi, säännöt tai etenemisen seuraaminen tasojen ja pisteytyksen avulla. Usein oppimispelit antavat myös jonkinlaista välitöntä palautetta. (Järvilehto 2014, 133–134, Koiranen 2019, 22–24.)

Onnistuneen oppimispelin tekeminen ei ole helppoa. Järvilehto (2014, 138–144) sanoo, että oppiaineksen integroiminen pelin sisältöön on tärkeää ja se kannattaisi tehdä rehellisesti pelillistämällä oppiaines tai tekemällä oppiaines olennaiseksi osaksi pelikokemusta. Oppiaineksella on oltava arvoa myös pelissä menestymisen kannalta eli sitä pitäisi pystyä soveltamaan jo pelin aikana. Tällöin

pelin etenemisen kannalta merkityksellisempää olisi sisällön ymmärtäminen. Käytännössä tämä ei toteudu kovinkaan monessa oppimispelissä. Tärkeintä olisi pelin avulla kuitenkin pitää yllä hauskuutta ja innostusta. Hauskaa peliä pelaamalla oppimiseen ei tarvita ulkoista motivaatiota. Pakopelien pelaaminen on hauskaa ja muistuttaa leikkimistä. Leikkiessään ihminen uppoutuu siihen, mitä hän tekee ja samalla hän oppii tehokkaasti (Järvilehto 2014, 7; 119). Pakopelien käyttäminen opetuksessa on huomattu hyödylliseksi, sillä sen lisäksi, että niiden pelaaminen on hauskaa ja motivoivaa, ne kehittävät pelaajia monilla eri osa-alueilla (ks. luku 2.2). Pienikin mysteeri voi toimia motivoivana tekijänä ja ongelmanratkaisuprosessi käynnistyy.

Parhaimmillaan pelaamalla saavutetaan flow-tila. Flow-tilalla tiedetään olevan positiivisia vaikutuksia muistijälkeen ja oppimiseen. Flow on Mihály Csikszentmihályin (2008) kehittämä teoria ihmisen optimaalisesta keskittymisen tilasta, jossa toimimme vaivattomasti, saamme aikaan asioita ja jatkamme sinnikkäästi eteenpäin. Flow-tilassa ajantaju hämärtyy, arkielämän huolet poistuvat ja tietoisuus itsestä katoaa. Flow-tilan saavuttaminen edellyttää tiettyjen ehtojen täyttymistä. Tärkein niistä on, että tehtävien vaativuustaso ja yksilön taidot ovat tasapainossa keskenään. Lisäksi oppilaan on pystyttävä uppoutumaan tekeillä olevaan tehtävään niin täydellisesti, ettei mikään ulkopuolinen muutos olosuhteissa voi häiritä häntä. Optimaalisen tilan saavuttaminen vaatii myös selkeitä tavoitteita ja jatkuvaa palautetta edistymisestä, ja pakopelit täyttävät näitä vaatimuksia hyvin. (Järvilehto 2014, 40–45, Koiranen 2019, 25–33.)

Järvilehto (2014, 64) sanoo, että opettajan tärkein tehtävä on saada oppilaat innostumaan oppimisesta, koska ilman innostusta ei ole oppimista. Kiinnostuksen herättäjänä voivat toimia asian esittäminen innostavalla tavalla ja sisäisiin motivaation lähteisiin vetoaminen. Joskus saatetaan tarvita ponnahduslautaa, jonka avulla oppilaiden kiinnostus aiheeseen herätetään ja ponnahduslautana voisi toimia esimerkiksi pakopeli, jonka avulla herätetään kiinnostus ongelmanratkaisuun ja matematiikkaan.

3.2 Pienryhmätyöskentely

Pienryhmätyöskentely on onnistuessaan tehokas opetusmenetelmä, jonka avulla voidaan saavuttaa monia pedagogisia tavoitteita. Nämä tavoitteet voivat liittyä esimerkiksi matematiikan aiheisiin tai vuorovaikutustaitojen kehittämiseen. Pienryhmätyöskentelyllä tarkoitetaan tässä 2–6 oppilaan ryhmiä. Ryhmälle annetaan yhteinen, työskentelyä varten luotu tehtävä, jonka valmiiksi saaminen edellyttää vuorovaikutusta. Pienryhmätyöskentelyn käyttö matematiikassa ei aina ole ollut itsestään selvää, koska matematiikan ajatellaan usein olevan oppiaine, jossa työskennellään pääasiassa itsenäisesti. Myös matematiikan opetuksessa voidaan kuitenkin onnistuneesti hyödyntää pienryhmätyöskentelyä opetusmenetelmänä, kunhan otetaan huomioon erityisesti tehtävän sopivuus pienryhmätyöskentelyyn. Ainoastaan tehtävä, joka on suunniteltu pienryhmätyöskentelyä varten, edistää oppimista tehokkaasti. Hyvä tehtävä edellyttää jokaisen ryhmän jäsenen osallistumista, eri näkökulmia, mielipiteitä ja ideoita eikä tehtävään ole olemassa vain yhtä oikeaa ratkaisua. Tehtävä kannustaa jokaista ryhmän jäsentä osallistumaan keskusteluun ja se antaa ryhmän jäsenille mahdollisuuden tehdä valintoja ja päätöksiä. (Sahlberg & Berry 2003, 15; 18; 26; 29; 40–41.)

Pienryhmätyöskentely mahdollistaa matemaattisen ajattelun kielentämisen eli omien ajatusten esittämisen muille suullisesti tai kirjallisesti luonnollisen kielen, kuviokielen ja matematiikan symbolikielen avulla (Joutsenlahti & Tossavainen 2018, 410). Erityisesti ongelmanratkaisussa pienryhmätyöskentely on suositeltu työtapa, koska tällöin oppilaat intoutuvat keskustelemaan käsillä olevasta ongelmasta useasta eri näkökulmasta ja pääsevät sanallistamaan omaa ratkaisutapaansa (Leppäaho 2007, 68). Kun oppilas puhuu ääneen matematiikkaa ja selittää muille ajatteluaan, hän joutuu ensin jäsentämään ajatteluaan itselleen, mikä vahvistaa syvällisempää ymmärtämistä ja tehostaa oppimista. Myös opettaja tulee tietoiseksi oppilaiden mahdollisista virhekäsityksistä pienryhmätyöskentelyä seuratessaan. Pienryhmätyöskentely mahdollistaa muilta oppimisen, kun oppilaat pääsevät reflektoimaan omia ratkaisutapoja muiden ratkaisutapoihin. Erilaiset ratkaisutavat herättävät myös kiinnostusta ja näin keskustelua syntyy lisää. (Joutsenlahti & Tossavainen 2018, 417–418.)

Jotta ryhmä onnistuu tehtävien ratkaisemisessa, tulee ryhmän huolehtia ryhmän tehokkaasta toiminnasta sekä ryhmän koossa pysymisestä (Jauhiainen & Eskola 1994, 99–103). Ryhmä toimii tehokkaasti, kun sen jäsenet työskentelevät yhteisen tavoitteen saavuttamiseksi hyvässä ilmapiirissä toisiaan auttaen ja tukien. Nämä taidot eivät tule ilman harjoittelua, joten toimiva pienryhmätyöskentely edellyttää tukea ja hyvää ohjeistusta myös opettajalta. Opettaja voi tukea ryhmätyöskentelyä ryhmäyttävillä harjoituksilla sekä antamalla tukea ja palautetta. (Sahlberg & Berry 2003, 35–39.) Kuitenkaan kaikkia ryhmiä ei ole aina mahdollista saada toimimaan hyvästä ohjeistuksesta ja harjoittelusta huolimatta, sillä ryhmän jäsenten välillä vallitseva dynamiikka on ennalta arvaamatonta ja siihen vaikuttaa jokaisen jäsenen yksilölliset ominaisuudet ja tilannesidonnaiset tulkinnat (Jauhiainen & Eskola 1994, 29–33).

3.3 Ongelmanratkaisu

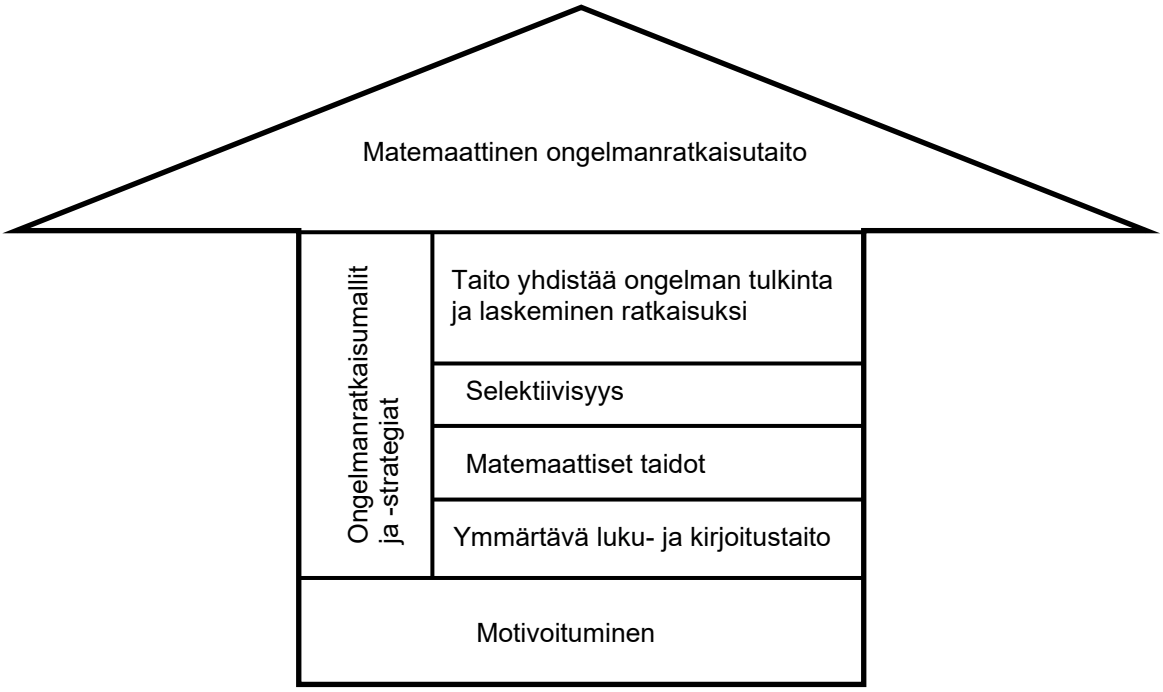
Ongelmanratkaisu on oleellinen osa ihmisten arkea ja siksi sen opettaminen koulussa on tärkeää. Yhä useammin niin opiskelussa kuin arjessakin kohdataan ajattelua ja pohdintaa vaativia ongelmia ja jos oppilas kokee epävarmuutta ja epäonnistumisen pelkoa ongelmatehtävien parissa, voi se pahimmillaan johtaa matematiikkapelkoon ja vähentää osaltaan matemaattis-luonnontieteellisten alojen kiinnostusta. Matematiikkapelkoa voidaan vähentää esimerkiksi ongelmanratkaisun avulla. Ongelmanratkaisu

1. kehittää yleisiä tiedollisia valmiuksia
2. edistää luovuuden kehittymistä
3. on osa matemaattista soveltamista ja
4. motivoi oppilaita matematiikan opiskeluun. (Leppäaho 2007, 16–19, 43.)

Tässä pro gradu -tutkielmassa ongelma määritellään sellaiseksi tehtäväksi, jonka ratkaisemiseksi oppilaan on yhdisteltävä hänelle tuttuja tietoja uudella tavalla. Tehtävän katsotaan olevan rutiinitehtävä, jos oppilas tunnistaa heti toimenpiteet, joita tehtävän suorittaminen vaatii. Sen sijaan ongelmatehtävä herättää oppilaassa tietoista, päämäärähakuista ja luovaa toimintaa, jonka tarkoituksena on päästä haluttuun tulokseen, vaikka keinot eivät vielä ole selvillä. Sama tehtävä voi siis olla toiselle oppilaalle rutiinitehtävä ja toiselle

ongelmatehtävä. Matemaattiseksi ongelman tekee, jos sen ratkaisemisessa on käytettävä apuna matematiikan keinoja. (Leppäaho 2007, 38–39.)

Ongelmanratkaisua pidetään yhtenä matematiikan keskeisimmistä osa-alueista, mutta sen opetus jää matematiikan tunneilla usein vain lisätehtävien varaan. Ongelmanratkaisutaidolla tarkoitetaan oppilaan kykyä ratkaista ongelmia matemaattista tietoa soveltamalla ja erilaisia ratkaisumalleja ja -strategioita monipuolisesti hyväksi käyttämällä. Ongelmanratkaisutaitoa on mahdollista kehittää ja mitä useampia malleja ja strategioita oppilas hallitsee, sen parempi ongelmanratkaisija hän on. Ongelmanratkaisutaito muodostuu useista osataidoista (kuvio 1), joita harjoittelemalla sitä voidaan kehittää. Tärkein näistä on motivaatio. Ilman motivaatiota, oppilaalla ei ole syytä harjoitella ja siksi oppilaan motivaation ylläpitäminen ja lisääminen on tärkeää. (Leppäaho 2007, 50–51.)



KUVIO 1. Matemaattinen ongelmaratkaisutaito Leppäahoa (2007, 50) mukaillen.

Leppäaho (2007, 69–73) esittelee neljä erilaista tapaa ongelmanratkaisun opettamiseen. Opetuksen tavoitteeksi voidaan asettaa se, miten oppilaat suhtautuvat ongelmatilanteisiin, kuinka he selittävät ratkaisustrategioitaan ja esittävät ajatteluaan. Toisaalta ongelmatehtävien tarkoituksena voi olla

houkutella oppilasta käyttämään jo hankittua matemaattista osaamistaan tai oppimaan uutta matematiikasta. Opetuksessa käytetyt ongelmatehtävät voivat olla myös kokonaan avoimia, jolloin yhtä oikeaa ratkaisutapaa ei ole, vaan tehtävä kannustaa luovaan soveltamiseen. (Leppääho 2007, 16–17, 43, 51.)

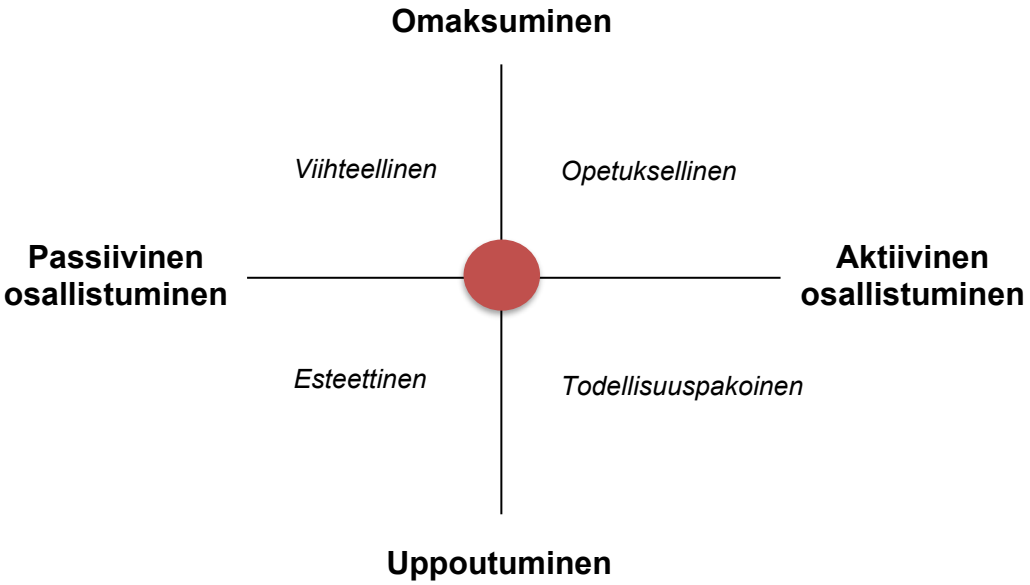
3.4 Elämyksellisyys

Elämyksellisyydestä puhutaan paljon esimerkiksi matkailun ja muiden palvelukokemusten yhteydessä, mutta elämyksellisyyteen vaikuttavat asiat ovat sovellettavissa myös oppimiskokemuksiin.

Kun tehdään ja koetaan jotain sellaista merkittävää, positiivista ja ikimuistoista, jota ei tavallisessa arjessa yleensä koeta, voidaan puhua elämyksestä. Elämykseen liittyy myös tunne itsensä ylittämisestä. Elämys voi parhaimmillaan johtaa yksilön henkilökohtaiseen kehittymisen ja pysyvään muutokseen, mutta elämys on lopulta aina henkilökohtainen kokemus eikä sitä voida varmuudella taata. Elämyksen syntymiseen vaikuttaa vuorovaikutustilanteen lisäksi myös oppilaan yksilölliset ominaisuudet. (Tarssanen & Kyllänen 2009, 6–10.)

Pinen ja Gilmoren (2011, 45–46) mukaan elämystä voidaan analysoida neljänä eri osa-alueena, jotka on esitetty kuviossa 2. Vaaka-akseli kertoo elämykseen osallistuvan oppilaan osallistuvuudesta (*participation*). Osallistuminen voi olla passiivista, jolloin oppilas ei suoraan vaikuta tapahtumaan, vaan pelkästään esimerkiksi kuuntelee konserttia. Aktiivinen osallistuminen tarkoittaa oppilaan vaikuttavan omaan elämykseensä omilla toimillaan. Aktiivinen osallistuja vaikuttaa samalla myös muiden elämykseen. Pystyakseli kertoo oppilaan yhteydestä (*connection*) elämykseen. Hän voi omaksua (*absorption*) elämyksen asetelman ajatuksen tasolla tai täysin uppoutua (*immersion*) elämykseen eli tuntea fyysisesti olevansa osa elämystä.

Elämyksen neljää ulottuvuutta yhdistelemällä syntyy neljä erilaista elämyksen osa-aluetta: viihteellinen (*entertainment*), opetuksellinen

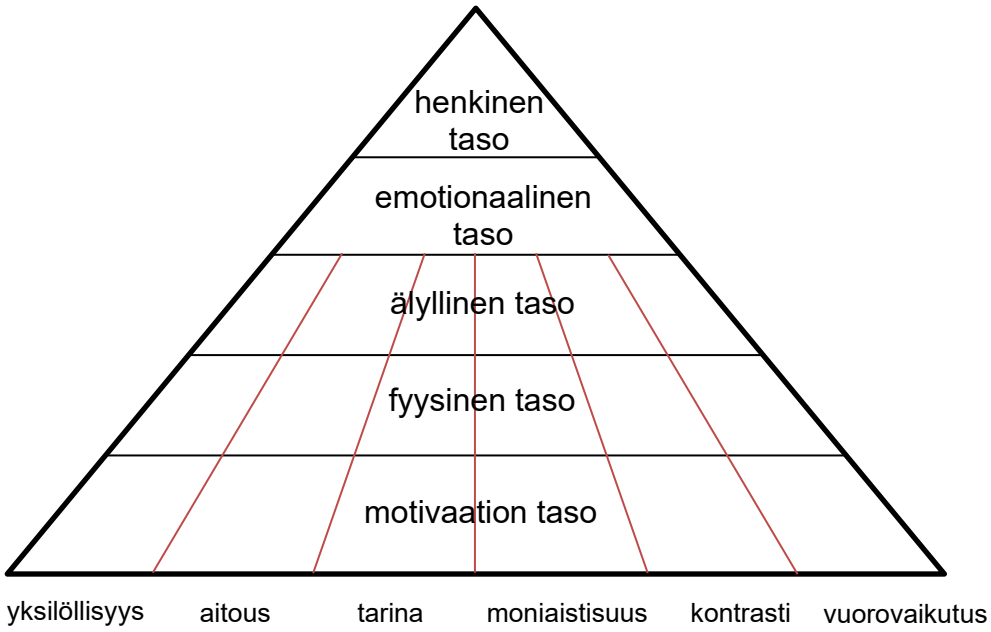


KUVIO 2. Elämyksen neljä ulottuvuutta ja ”The sweet spot” (Tarssanen & Kyllänen 2009, Pine & Gilmore 2011.)

(*educational*), todellisuuspakoinen (*escapist*) ja esteettinen (*esthetic*). Viihteellinen elämys on sitä, mitä useimmiten kulutamme eli passiivisesti omaksumme esimerkiksi musiikin kuuntelu tai kirjojen lukeminen. Puhtaasti viihteellisen elämyksen vastakohta on todellisuuspakoinen elämys, joka edellyttää aktiivisen osallistujan kokonaisvaltaista uppoutumista. Opetuksellinen elämys edellyttää aktiivista osallistumista ja erityisesti mielen aktiivista sitouttamista. Opetuksellinen elämys voi olla myös hauska. Esteettisessä elämyksessä osallistuja uppoutuu tapahtumaan tai ympäristöön, mutta ei juurikaan vaikuta siihen omilla teoillaan. (Pine & Gilmore 2011, 47–53.)

Monet elämykset sitouttavat osallistujiaan yhden edellä esitellyn ulottuvuuden kautta, mutta useimmiten ulottuvuuksien rajoja voidaan häivyttää ja jopa samassa elämyksessä voidaan nähdä useita eri ulottuvuuksia. Immersiivinen, todellisuuspakoinen elämys voi siis sisältää passiivisen tai opetuksellisen osion. Kokonaisvaltaisimmat elämykset sisältävätkin kaikkia neljää ulottuvuutta ja kuvion keskelle muodostuu "the sweet spot", joka sisältää jokaista neljää ulottuvuutta. Jotta voidaan suunnitella rikas, puoleensavetävä ja sitouttava elämys, on hyödynnettävä kaikkia neljää eri ulottuvuutta luovasti. (Pine & Gilmore 2011, 56–59.)

Tarssanen ja Kyllänen (2009, 11–12) esittelevät yksityiskohtaisemman mallin, (kuvio 3), jonka avulla on mahdollista analysoida ja ymmärtää elämyksellisyyttä ja sen tasoja. Mallia he kutsuvat elämyskolmioksi. Sitä voidaan käyttää työkaluna esimerkiksi silloin, kun halutaan analysoida tapoja kehittää elämystä. Hyvässä elämyksessä kaikki elämyksen elementit ovat mukana jokaisella tasolla.



KUVIO 3. Elämyskolmio (Tarssanen & Kyllänen 2009).

Elämyskolmion alareunassa on kuvattu kokemukseen vaikuttavat tekijät eli elämyksen elementit, joiden avulla elämys todennäköisesti syntyy. Näitä ovat yksilöllisyys, aitous, tarina, moniaistisuus, kontrasti ja vuorovaikutus. Yksilöllisyydellä tarkoitetaan kokemuksen ainutkertaisuutta ja vuorovaikutuksella voidaan vaikuttaa siihen. Vuorovaikutukseen liittyy myös yhteisöllisyyden tunne, joka tekee kokemuksesta arvokkaamman. Aitous tarkoittaa kokemuksen uskottavuutta. Uskottavuuteen vaikuttaa myös tarina, jolla kokemuksen eri elementit sidotaan toisiinsa. Tarinan tulisi aitouden lisäksi olla tiivis ja mukaansatempaava. Moniaistisuudella vahvistetaan haluttua teemaa ja kokemuksen mukaansa tempaavuutta. Kokemuksen on oltava jollain tavalla arjesta poikkeava. Kontrastia luomalla mahdollistetaan osallistuja näkemään itsensä toisesta näkökulmasta. (Tarssanen & Kyllänen 2009, 12–15.)

Elämyskolmion pystyakselilla on kuvattu kokemuksen rakentuminen alhaalta ylöspäin. Motivaation tasolla pitäisi jo mahdollisimman monen elämyksen elementin olla mukana, sillä tällä tasolla herätetään osallistujan kiinnostus. Fyysisellä tasolla mitataan kokemuksen tekninen laatu. Tällä tasolla osallistuja kokee ja tiedostaa kokemukseen vaikuttavat elementit. Älyllisellä tasolla tehdään päätös siitä, onko kokemus hyvä vai ei. Tällä tasolla on mahdollista oppia uutta ja kehittyä joko tiedostetusti tai tiedostamatta. Varsinainen elämys koetaan toisiksi ylimmällä tasolla, emotionaalisella tasolla, mutta elämyksen kokeminen edellyttää, että myös kaikki edeltävät tasot ovat onnistuneet. Jos elämys koetaan, se saattaa näkyä positiivisena tunnereaktiona. Ylimmällä tasolla voimakas tunnereaktio johtaa henkilökohtaiseen muutokseen. Muutos voi olla pysyvä esimerkiksi osallistujan fyysisessä olotilassa, mielentilassa tai elämäntavassa. Elämyksen kautta voi löytää itsestään uusia voimavaroja. (Tarssanen & Kyllänen 2009, 15–16.)

4 PÄÄTTELY JA RISTIRIITATODISTUS MATEMATIIKASSA

Pakopelin parissa seikkailijat kohtaavat tehtävää ratkaistessaan usein loogisia virheitä eli ristiriitoja. Ristiriitojen huomaaminen auttaa seikkailijoita parantelemaan käytössä olevaa ratkaisustrategiaa. Esimerkiksi seikkailijat saattavat löytää nelinumeroisen koodin lukkoon, johon tarvitaankin viisi numeroa. Seikkailijat kohtaavat ristiriidan, joka voi johtaa päättelyketjuun: puuttuuko meiltä yksi numero vai onko jossain nelinumeroinen lukko? Seuraavaksi seikkailijat ryhtyvät siis etsimään selitystä ristiriidalle ja kun lopputulos on ristiriidaton, tehtävä ratkeaa.

Matematiikassa ristiriitaisuudella on erityinen ja usein hankalaksikin mielletty rooli. Toisaalta pyrimme ristiriidattomuuteen, mutta sen osoittamiseen tarvitsemme erilaisia todistamisen työkaluja, joista yksi on ristiriitatodistus. (Byers 2007.) Ristiriitatodistuksella näytetään, että vastaoletuksen johtaessa ristiriitaan, alkuperäisen väitteen on oltava tosi. Ristiriitatodistus on ongelmanratkaisua, jonka ymmärtäminen vaatii matematiikan kielen ymmärtämisen lisäksi logiikan perusteiden hallitsemista. (Puhakka 2020.)

Tässä luvussa esitellään päättelyä ja ristiriitaisuutta matematiikassa käyttämällä Gerhard Gentzenin kehittämää formaalia päättelysysteemiä (ks. Gentzen 1935). Päälähteenä tässä luvussa on Ebbinghaus, Flum ja Thomas (1994, 61–70) ja esiteltävä päättelysysteemi poikkeaa säännöiltään Gentzenin kehittämästä. Ennen esiteltävää päättelysysteemiä käydään läpi tarvittavia peruskäsitteitä.

4.1 Matemaattinen todistaminen

Matemaattinen todistaminen etenee vaihe kerrallaan, kunnes lopulta käsillä oleva väite on saatu todistetuksi. Yksittäiset todistuksen vaiheet voivat olla todistettavan väitteen oletuksia tai ulkopuolisia väliaikaisia oletuksia. Ristiriitatodistuksessa väliaikainen oletus on vastaoletus, jonka avulla väite todistetaan. Esimerkiksi todistetaan väite tekemällä siitä vastaoletus. Jos päädytään ristiriitaan, on väite todistettu.

Edellä mainittu todistus ristiriidan avulla on eräs sääntö luvussa 4.4 esitettävässä sekventtikalkyylissä. Sekventtikalkyyli on matemaattisen todistamisen eräs syntaktinen formalisointi eli todistuksissa ei oteta kantaa todistettavan väitteen semantiikkaan. Luvun lopussa todistetaan, että jos jokin väite on todistettavissa sekventtikalkyylillä, on se loogisesti pätevä.

4.2 Tarkastelussa pakopelin tehtävä 2

Tarkastellaan seuraavassa esimerkissä ristiriitaisuuden hyödyntämistä pakopelin tehtävässä 2. Tehtävän tarkempi kuvaus on liitteessä 1.

Esimerkki 4.1. Pakopelin tehtävä 2.
Merkitään tehtävässä annettuja väitteitä:

$A :=$ Toinen sävel on valkoisen ja neljännen sävelen vieressä.

$B :=$ Toinen sävel ei ole pienin.

$C :=$ Neljäs sävel on suurempi kuin toinen sävel ja kolmas sävel on neljäs kaksinkertaisena.

$D :=$ Ensimmäinen sävel on keltainen.

Pakopelin ennakkoasetelmaan kuuluu, että kaikkien annettujen vihjeiden oletetaan olevan tosia ja ne johtavat oikeaan koodiin. Tässä tehtävässä seikkailija löytää oikean vastauksen helpoiten etenemällä vihjeet järjestyksessä A:sta D:hen, mutta muitakin tapoja voi olla. Jos seikkailija ajattelee, että ensimmäinen sävel on 4 eli punainen, hän törmää nopeasti ristiriitaan väitteen D kanssa.

4.3 Peruskäsitteitä

Lukijalta oletetaan tunnetuksi logiikan peruskäsitteet. Seuraavaksi esitellään muita lisäksi tarvittavia perustietoja ja merkintätapoja. Lähteenä tässäkin luvussa on Ebbinghaus ym. (1994, 10–57).

Määritelmä 4.2. Epätyhjää joukkoa *symboleja* kutsutaan *aakkostoksi*. Äärellistä jonoa aakkoston A symboleja kutsutaan *merkkijonoksi*. Lisäksi kaikkien aakkoston A merkkijonojen joukkoa merkitään A^*.

Määritelmä 4.3. *Ensimmäisen kertaluvun logiikan aakkosto* sisältää seuraavat symbolit:

(a) $v_0, v_1, v_2, \ldots$ (muuttujat)

(b) $\neg$, $\wedge$, $\vee$, $\rightarrow$, $\leftrightarrow$ (konnektiivit)

(c) $\forall, \exists$ (kvanttorit)

(d) $\equiv$ (identiteettisymboli)

(e) $), ($ (sulut)

(f) (1) jokaisella $n \geq 1$ (mahdollisesti tyhjä) joukko n*-paikkaisia relaatiosymboleja*

(2) jokaisella $n \geq 1$ (mahdollisesti tyhjä) joukko n*-paikkaisia funktiosymboleja*

(3) (mahdollisesti tyhjä) joukko *vakiosymboleja*

Merkitään A:lla joukkoa, joka sisältää symbolit määritelmän 4.3 kohdista (a), (b), (c), (d) ja (e) sekä S:llä joukkoa, joka sisältää symbolit kohdasta (f). Joukko S voi olla tyhjä ja sitä kutsutaan aakkoston $A_S := A \cup S$ määräämän ensimmäisen kertaluvun kielen *symbolijoukoksi*. Tästä eteenpäin määritelmissä ja apulauseissa kiinnitetään jokin symbolijoukko S.

Määritelmä 4.4. S*-termit* ovat täsmälleen ne joukon A_S^* merkkijonot, jotka voidaan muodostaa käyttämällä äärellistä määrää seuraavia *sääntöjä*:

(T1) Jokainen muuttuja on S-termi.

(T2) Jokainen joukon S vakiosymboli on S-termi.

(T3) Jos merkkijonot $t_1, \ldots, t_n$ ovat S-termejä ja f on n-paikkainen joukon S funktiosymboli, niin $f t_1 \ldots t_n$ on S-termi.

Määritelmä 4.5. *S-kaavat* ovat täsmälleen ne joukon A_S^* merkkijonot, jotka voidaan muodostaa käyttämällä äärellistä määrää seuraavia sääntöjä:

(K1) Jos t_1 ja t_2 ovat S-termejä, niin $t_1 \equiv t_2$ on S-kaava.

(K2) Jos $t_1, \dots, t_n$ ovat S-termejä ja R on n-paikkainen joukon S relaatiosymboli, niin $Rt_1 \dots t_n$ on S-kaava.

(K3) Jos φ on S-kaava, niin $\neg\varphi$ on S-kaava.

(K4) Jos φ ja ψ ovat S-kaavoja, niin $(\varphi \wedge \psi), (\varphi \vee \psi), (\varphi \rightarrow \psi)$ ja $(\varphi \leftrightarrow \psi)$ ovat S-kaavoja.

(K5) Jos φ on S-kaava ja x muuttuja, niin $\forall x\varphi$ ja $\exists x\varphi$ ovat S-kaavoja.

Määritelmä 4.6. Muuttujia, jotka esiintyvät S-kaavassa φ ja joita ei sido määritelmän 4.5 säännön (K5) mukainen kvantifiointi kutsutaan *vapaiksi*.

Määritelmä 4.7. Paria $\mathfrak{A} = (A, \mathfrak{a})$, joka toteuttaa alla listatut ominaisuudet (a) ja (b), kutsutaan *S-struktuuriksi*.

(a) A on epätyhjä joukko, jota kutsutaan struktuurin $\mathfrak{A}$ *universumiksi*.

(b) $\mathfrak{a}$ on funktio joukolta S, joka toteuttaa seuraavat ominaisuudet:

(1) Jokaisella joukon S n-paikkaisella relaatiosymbolilla R pätee, että $\mathfrak{a}(R)$ on joukon A n-paikkainen relaatio.

(2) Jokaisella joukon S n-paikkaisella funktiosymbolilla f pätee, että $\mathfrak{a}(f)$ on joukon A n-paikkainen funktio.

(3) Jokaisella joukon S vakiosymbolilla c pätee, että $\mathfrak{a}(c) \in A$.

Merkintöjen $\mathfrak{a}(R)$, $\mathfrak{a}(f)$ ja $\mathfrak{a}(c)$ sijaan voidaan kirjoittaa $R^{\mathfrak{A}}, f^{\mathfrak{A}}$ ja $c^{\mathfrak{A}}$. S-struktuurien $\mathfrak{A}, \mathfrak{B}, \dots$ universumeihin viitataan merkinnöillä $A, B, \dots$.

Määritelmä 4.8. Funktiota $\beta: \{v_n \mid n \in N\} \rightarrow A$ muuttujien joukolta S-struktuurin $\mathfrak{A}$ universumille A kutsutaan *tulkintafunktioksi*.

Määritelmä 4.9. *S-tulkinta* $\mathfrak{I}$ on pari $(\mathfrak{A}, \beta)$, missä $\mathfrak{A}$ on S-struktuuri ja β siihen liittyvä tulkintafunktio. Lisäksi, jos β on S-struktuuriin $\mathfrak{A}$ liittyvä tulkintafunktio, $a \in A$ ja x muuttuja, niin merkitään $\beta\frac{a}{x}$ sitä S-struktuuriin $\mathfrak{A}$ liittyvää

tulkintafunktiota, joka kuvaa muuttujan x universumin A alkiolle a ja muuten $\beta\frac{a}{x}$ kuvaa muuttujat samoin kuin β. Siis

$$\beta\frac{a}{x}(y) := \begin{cases} \beta(y) & \text{jos } y \neq x \\ a & \text{jos } y = x \end{cases}$$

Edelleen S-tulkinnalle $\mathfrak{I} = (\mathfrak{A}, \beta)$ merkitään $\mathfrak{I}\frac{a}{x} := \left(\mathfrak{A}, \beta\frac{a}{x}\right)$.

Määritelmä 4.10. Olkoon $\mathfrak{I} = (\mathfrak{A}, \beta)$ S-tulkinta. S-termin t *arvo* $\mathfrak{I}(t) \in A$ tulkinnalla $\mathfrak{I}$ on:

(a) $\mathfrak{I}(x) := \beta(x)$ muuttujalla x.

(b) $\mathfrak{I}(\mathrm{c}) := c^{\mathfrak{A}}$ vakiosymbolilla $c \in S$.

(c) $\mathfrak{I}(f t_1 \dots t_n) := \mathrm{f}^{\mathfrak{A}}\big(\mathfrak{I}(t_1), \dots, \mathfrak{I}(t_n)\big)$ n-paikkaisella funktiosymbolilla $f \in S$ ja termeillä $t_1, \dots, t_n$.

Määritelmä 4.11. Olkoon $\mathfrak{I} = (\mathfrak{A}, \beta)$ S-tulkinta, $t_1, \dots, t_n$ S-termejä ja φ, ψ S-kaavoja. *Totuusrelaatio* $\vDash$ S-tulkinnalle ja S-kaavalle määritellään seuraavasti:

$\mathfrak{I} \vDash t_1 \equiv t_2$ jos ja vain jos $\mathfrak{I}(t_1) = \mathfrak{I}(t_2)$

$\mathfrak{I} \vDash R t_1 \dots t_n$ jos ja vain jos $(\mathfrak{I}(t_1) \dots \mathfrak{I}(t_n)) \in R^{\mathfrak{A}}$

$\mathfrak{I} \vDash \neg\varphi$ jos ja vain jos $\mathfrak{I} \vDash \varphi$ ei päde

$\mathfrak{I} \vDash (\varphi \wedge \psi)$ jos ja vain jos $\mathfrak{I} \vDash \varphi$ ja $\mathfrak{I} \vDash \psi$

$\mathfrak{I} \vDash (\varphi \vee \psi)$ jos ja vain jos $\mathfrak{I} \vDash \varphi$ tai $\mathfrak{I} \vDash \psi$

$\mathfrak{I} \vDash (\varphi \rightarrow \psi)$ jos ja vain jos jos $\mathfrak{I} \vDash \varphi$ niin $\mathfrak{I} \vDash \psi$

$\mathfrak{I} \vDash (\varphi \leftrightarrow \psi)$ jos ja vain jos $\mathfrak{I} \vDash \varphi$ jos ja vain jos $\mathfrak{I} \vDash \psi$

$\mathfrak{I} \vDash \forall x\varphi$ jos ja vain jos jokaisella $a \in A$ pätee $\mathfrak{I}\frac{a}{x} \vDash \varphi$

$\mathfrak{I} \vDash \exists x\varphi$ jos ja vain jos on olemassa sellainen $a \in A$, että pätee $\mathfrak{I}\frac{a}{x} \vDash \varphi$

Määritelmä 4.12. Mikäli $\mathfrak{I} \vDash \varphi$, niin S-tulkinta $\mathfrak{I}$ on S-kaavan φ *malli*. Lisäksi, jos Ψ on joukko S-kaavoja, niin sanotaan, että $\mathfrak{I}$ on joukon Ψ *malli* ja merkitään $\mathfrak{I} \vDash \Psi$, mikäli jokaisella $\varphi \in \Psi$ pätee $\mathfrak{I} \vDash \varphi$.

Määritelmä 4.13. Olkoon Ψ joukko S-kaavoja ja φ S-kaava. Kaava φ on kaavajoukon Ψ *looginen seuraus* (merkitään $\Psi \vDash \varphi$) jos ja vain jos jokainen

tulkinta, joka on kaavajoukon Ψ malli, on myös kaavan φ malli. (Merkinnän $\{\psi\} \vDash \varphi$ sijaan voidaan kirjoittaa $\psi \vDash \varphi$.)

Määritelmä 4.14. S-kaavat φ ja ψ ovat *loogisesti ekvivalentteja* jos ja vain jos $\varphi \vDash \psi$ ja $\psi \vDash \varphi$.

Seuraavat kaavat ovat loogisesti ekvivalentteja:

$\varphi \wedge \psi$ ja $\neg(\neg\varphi \vee \neg\psi)$

$\varphi \rightarrow \psi$ ja $\neg\varphi \vee \psi$

$\varphi \leftrightarrow \psi$ ja $\neg(\varphi \vee \psi) \vee \neg(\neg\varphi \vee \neg\psi)$

$\forall x\varphi$ ja $\neg\exists x\neg\varphi$

Täten tästä eteenpäin pitäydytään konnektiiveissa $\neg$ ja $\vee$ sekä kvanttorissa $\exists$.

Seuraavaksi esitellään vielä kaksi apulausetta, joita tarvitaan myöhemmin.

Apulause 4.15. Olkoot $\mathfrak{I}_1 = (\mathfrak{A}_1, \beta_1)$ S_1-tulkinta, $\mathfrak{I}_2 = (\mathfrak{A}_2, \beta_2)$ S_2-tulkinta ja näillä tulkinnoilla sama universumi $A_1 = A_2$. Asetetaan $S := S_1 \cap S_2$.

(a) Olkoon t S-termi. Jos tulkinnat $\mathfrak{I}_1$ ja $\mathfrak{I}_2$ ovat yhteensopivia ($\mathfrak{I}_1$ ja $\mathfrak{I}_2$ ovat *yhteensopivia* $k \in S$ tai x:n suhteen, mikäli $k^{\mathfrak{A}_1} = k^{\mathfrak{A}_2}$ tai $\beta_1(x) = \beta_2(x)$) termissä t esiintyvien S-symbolien ja muuttujien suhteen, niin $\mathfrak{I}_1(t) = \mathfrak{I}_2(t)$.

(b) Olkoon φ S-kaava. Jos tulkinnat $\mathfrak{I}_1$ ja $\mathfrak{I}_2$ ovat yhteensopivia kaavassa φ esiintyvien S-symbolien ja vapaana esiintyvien muuttujien suhteen, niin $\mathfrak{I}_1 \vDash \varphi$ jos ja vain jos $\mathfrak{I}_2 \vDash \varphi$.

Todistus. Ks. Ebbinghaus ym. (1994, 36–38). ■

Jos φ on S-kaava, $x_1, \dots, x_n$ pareittain erillisiä muuttujia ja $t_1, \dots, t_n$ S-termejä, niin niihin voidaan liittää kaava $\varphi\frac{t_1,\dots,t_n}{x_1,\dots,x_n}$, joka saadaan sijoittamalla samanaikaisesti muuttujien $x_1, \dots, x_n$ paikoille $t_1, \dots, t_n$. Tämä merkintätapa voidaan määritellä täsmällisesti S-termeille ja S-kaavoille (ks. Ebbinghaus ym. 1994, 53).

Apulause 4.16.

(a) Jokaisella termillä t pätee $\mathfrak{I}\left(t\frac{t_0 \dots t_r}{x_0 \dots x_r}\right) = \mathfrak{I}\frac{\mathfrak{I}(t_0)\dots\mathfrak{I}(t_r)}{x_0 \dots x_r}(t)$ ja

(b) jokaisella kaavalla φ pätee $\mathfrak{I} \vDash \varphi\frac{t_0 \dots t_r}{x_0 \dots x_r}$ jos ja vain jos $\mathfrak{I}\frac{\mathfrak{I}(t_0)\dots\mathfrak{I}(t_r)}{x_0 \dots x_r} \vDash \varphi$.

Todistus. Ks. Ebbinghaus ym. (1994, 54–55). ■

4.4 Sekventit

Määritelmä 4.17. Epätyhjää jonoa kaavoja kutsutaan *sekventiksi*.

Sekventin määritelmän 4.17 avulla voimme kuvata todistuksen vaiheita. Esimerkiksi todistuksen vaihetta voidaan kuvata sekventillä $\varphi_1 \dots \varphi_n\ \varphi$, missä $\varphi_1 \dots \varphi_n$ ovat oletuksia väitteen φ todistamisessa. Lähteen (Ebbinghaus ym. 1994, 21) nojalla sekventit ovat yksikäsitteisiä ja hyvinmääriteltyjä. Sekventtien avulla ristiriitatodistus voidaan esittää näin:

$$\begin{array}{lll} \varphi_1 \dots \varphi_n & \neg\varphi & \psi \\ \varphi_1 \dots \varphi_n & \neg\varphi & \neg\psi \\ \hline \varphi_1 \dots \varphi_n & & \varphi \end{array}$$

Kun oletuksista $\varphi_1, \dots, \varphi_n$ ja vastaoletuksesta $\neg\varphi$ pystytään johtamaan sekä väite ψ että $\neg\psi$, on kyseessä ristiriita ja tällöin oletuksista $\varphi_1, \dots, \varphi_n$ voidaan päätellä φ.

Jatkossa merkitään mahdollisesti tyhjiä kaavajonoja $\Gamma, \Delta, \dots$. Tällöin voidaan kirjoittaa sekventtejä $\Gamma\varphi\psi, \Delta\psi, \dots$.

Määritelmä 4.18. *Sekventtisäännöt* esitetään seuraavasti:

$$\begin{array}{ll} \Gamma_1 & \varphi_1 \\ \vdots & \vdots \\ \Gamma_n & \varphi_n \\ \hline \Delta & \psi \end{array}$$

Sekventit $\Gamma_1\varphi_1, \dots, \Gamma_n\varphi_n$ ovat *oletuksia* ja sekventti $\Delta\psi$ on *johtopäätös*.

Määritelmä 4.19. Joukkoa sekventtisääntöjä kutsutaan *sekventtikalkyyliksi*.

Määritelmä 4.20. Jos sekventtikalkyylissä $\mathfrak{C}$ voidaan johtaa (eli päätellä) sekventti $\Gamma\varphi$, niin merkitään $\vdash \Gamma\varphi$. Tällöin sanotaan, että $\Gamma\varphi$ on *johdettavissa* tai *pääteltävissä*.

Määritelmä 4.21. Kaava φ on todistettavissa tai pääteltävissä kaavajoukosta Φ (merkitään $\Phi \vdash \varphi$) jos ja vain jos kaavajoukossa Φ on äärellinen määrä kaavoja $\varphi_1, \dots, \varphi_n$ siten, että $\vdash \varphi_1, \dots, \varphi_n\varphi$.

Määritelmä 4.22. Sekventti $\Gamma\varphi$ on *korrekti*, mikäli $\{\psi \mid \psi$ on jonon Γ jäsen $\} \vDash \varphi$. Vaikka sekventti ei ole joukko, niin voidaan myös kirjoittaa $\Gamma \vDash \varphi$. Lisäksi voidaan merkitä $\varphi \in \Gamma$, kun φ esiintyy sekventissä Γ.

4.5 Sekventtikalkyylin säännöt

Seuraavaksi esitetään eräs sekventtikalkyyli $\mathfrak{R}$ päälähdettä mukaillen. Sääntöjen käännöksissä on käytetty apuna lähdettä Hella (2015).

Edeltäjäsääntö (Ant)

$$\frac{\Gamma \quad \varphi}{\Gamma' \quad \varphi} \text{ kun } \Gamma \subseteq \Gamma'.$$

Jos kaavajonosta Γ on pääteltävissä φ, niin myös kaavajonosta Γ' (johon Γ sisältyy) on pääteltävissä φ.

Lause 4.23. *Edeltäjäsääntö (Ant) on korrekti.*

Todistus. Oletetaan, että sekventti $\Gamma\varphi$ on korrekti eli $\Gamma \vDash \varphi$. Koska $\Gamma \subseteq \Gamma'$, niin myös $\Gamma' \vDash \varphi$. ■

Oletussäätö (Assm)

$$\frac{}{\Gamma \quad \varphi} \text{ kun } \varphi \in \Gamma.$$

Kun kaava φ kuuluu kaavajonoon Γ, se voidaan päätellä kaavajonosta ilman oletuksia.

Lause 4.24. *Oletussääntö (Assm) on korrekti.*
Todistus. Mielivaltaiselle kaavajoukolle Φ pätee $\Phi \vDash \varphi$ aina, kun $\varphi \in \Phi$, joten sääntö on korrekti. ■

Tapauksiinjakosääntö (PC)

$$\begin{array}{lll} \Gamma & \psi & \varphi \\ \Gamma & \neg\psi & \varphi \\ \hline \Gamma & & \varphi \end{array}$$

Kun kaava φ voidaan päätellä kaavajonosta Γ riippumatta kaavan ψ totuudesta, niin silloin kaava φ voidaan päätellä suoraan kaavajonosta Γ. Jotta voidaan päätellä kaava φ kaavajonosta Γ, niin ensin käsitellään tapaus, jossa ψ pätee ja sitten tapaus, jossa $\neg\psi$ pätee.

Lause 4.25. *Tapauksiinjakosääntö (PC) on korrekti.*
Todistus. Oletetaan, että $\Gamma\psi \vDash \varphi$, $\Gamma\neg\psi \vDash \varphi$ ja olkoon $\mathfrak{I}$ sellainen tulkinta, että $\mathfrak{I} \vDash \chi$ jokaisella $\chi \in \Gamma$. Nyt joko $\mathfrak{I} \vDash \psi$ tai $\mathfrak{I} \vDash \neg\psi$. Jos $\mathfrak{I} \vDash \psi$, niin oletuksesta $\Gamma\psi \vDash \varphi$ seuraa $\mathfrak{I} \vDash \psi$. Myös, jos $\mathfrak{I} \vDash \neg\psi$, niin toisesta oletuksesta $\Gamma\neg\psi \vDash \varphi$ seuraa $\mathfrak{I} \vDash \psi$. ■

Ristiriitasääntö (Ctr)

$$\begin{array}{lll} \Gamma & \neg\varphi & \psi \\ \Gamma & \neg\varphi & \neg\psi \\ \hline \Gamma & & \varphi \end{array}$$

Sääntö on sama kuin luvun alussa esitetty.

Lause 4.26. *Ristiriitasääntö (Ctr) on korrekti.*

Todistus. Oletetaan, että $\Gamma\neg\varphi \vDash \psi$ ja $\Gamma\neg\varphi \vDash \neg\psi$. Tehdään vastaoletus, että on olemassa sellainen tulkinta $\mathfrak{I}$, että $\mathfrak{I} \vDash \Gamma\neg\varphi$. Tällöin oletuksien nojalla $\mathfrak{I} \vDash \psi$ sekä $\mathfrak{I} \vDash \neg\psi$, mikä on ristiriita. Täten ei ole olemassa sellaista tulkintaa, jossa toteutuu sekventti $\Gamma\neg\varphi$. Täten φ toteutuu jokaisessa tulkinnassa, jossa Γ toteutuu. Siis sekventti $\Gamma\varphi$ on korrekti. ■

Vasen disjunktiosääntö (∨A)

$$\frac{\begin{array}{ccc}\Gamma & \varphi & \chi \\ \Gamma & \psi & \chi\end{array}}{\Gamma\ (\varphi \vee \psi) \quad \varphi}$$

Lause 4.27. *Vasen disjunktiosääntö (∨A) on korrekti.*

Todistus. Oletetaan, että $\Gamma\varphi \vDash \chi$ ja $\Gamma\psi \vDash \chi$. Olkoon $\mathfrak{I}$ sellainen tulkinta, että $\mathfrak{I} \vDash \theta$ jokaisella $\theta \in \Gamma(\varphi \vee \psi)$ eli $\mathfrak{I} \vDash \Gamma$ sekä $\mathfrak{I} \vDash \varphi$ tai $\mathfrak{I} \vDash \psi$. Jos $\mathfrak{I} \vDash \varphi$, niin oletuksen $\Gamma\varphi \vDash \chi$ nojalla $\mathfrak{I} \vDash \chi$ ja samoin, jos $\mathfrak{I} \vDash \psi$, niin toisen oletuksen $\Gamma\psi \vDash \chi$ nojalla $\mathfrak{I} \vDash \chi$. ■

Oikeat disjunktiosäännöt (∨S)

(a) $$\frac{\Gamma \quad \varphi}{\Gamma\ (\varphi \vee \psi)}$$

(b) $$\frac{\Gamma \quad \varphi}{\Gamma\ (\psi \vee \varphi)}$$

Lause 4.28. *Oikeat disjunktiosäännöt (∨S) ovat korrekteja.*

Todistus. Oletetaan, että $\Gamma \vDash \varphi$ ja olkoon $\mathfrak{I}$ sellainen tulkinta, että $\mathfrak{I} \vDash \Gamma$. Tällöin $\mathfrak{I} \vDash \varphi$, joten $\mathfrak{I} \vDash (\varphi \vee \psi)$ ja $\mathfrak{I} \vDash (\psi \vee \varphi)$. ■

Havainnollistetaan disjunktiosääntöjä johtamalla sekventtisääntö

$$\frac{\begin{array}{ccc}\Gamma & \varphi_1 & \psi_1 \\ \Gamma & \varphi_2 & \psi_2\end{array}}{\Gamma\ (\varphi_1 \vee \varphi_2)\ (\psi_1 \vee \psi_2)}$$

Säännön johtamisessa käytetään seuraavassa esiteltävää merkintää. Siinä sekventin oikealla puolella merkitään, mitä sääntöä käytetään johdettaessa seuraavan rivin sekventtiä ja mihin riviin tai riveihin tämä sääntö kohdistuu. Oletukset on myös ilmoitettu erikseen sekventin oikealla puolella.

1.	Γ	φ_1	ψ_1	oletus
2.	Γ	φ_2	ψ_2	oletus
3.	Γ	φ_1	$(\psi_1 \vee \psi_2)$	(∨S) (a) sovellettuna riviin 1
4.	Γ	φ_2	$(\psi_1 \vee \psi_2)$	(∨S) (b) sovellettuna riviin 2
5.	Γ	$(\varphi_1 \vee \varphi_2)$	$(\psi_1 \vee \psi_2)$	(∨A) sovellettuna riveihin 3 ja 4

Eksistenssikvanttorin esittely oikealla (∃S)

$$\frac{\Gamma \quad \varphi\frac{t}{x}}{\Gamma \quad \exists x\varphi}$$

Lause 4.29. *Eksistenssikvanttorin esittely oikealla (∃S) on korrekti.*

Todistus. Oletetaan, että $\Gamma \vDash \varphi\frac{t}{x}$ ja olkoon $\mathfrak{I}$ sellainen tulkinta, että $\mathfrak{I} \vDash \Gamma$. Oletuksen nojalla $\mathfrak{I} \vDash \varphi\frac{t}{x}$, joten apulauseen 4.16 nojalla $\mathfrak{I}\frac{\mathfrak{I}(t)}{x} \vDash \varphi$ ja täten $\mathfrak{I} \vDash \exists x\varphi$. ■

Eksistenssikvanttorin esittely vasemmalla (∃A)

$$\frac{\Gamma \quad \varphi\frac{y}{x} \quad \psi}{\Gamma \quad \exists x\varphi \quad \psi}$$, jos y ei esiinny vapaana sekventin Γ $\exists x\varphi$ ψ kaavoissa

Lause 4.30. *Eksistenssikvanttorin esittely vasemmalla (∃A) on korrekti.*

Todistus. Oletetaan, että $\Gamma\varphi\frac{y}{x} \vDash \psi$ ja y ei esiinny vapaana sekventissä $\Gamma\varphi\frac{y}{x}\psi$. Olkoon $\mathfrak{I} = (\mathfrak{A}, \beta)$ sellainen tulkinta, että $\mathfrak{I} \vDash \Gamma\exists x\varphi$. Nyt on olemassa sellainen $a \in A$, että $\mathfrak{I}\frac{a}{x} \vDash \varphi$. Apulauseen 4.15 nojalla voidaan todeta, että $\mathfrak{I}\left(\frac{a}{y}\right)\frac{a}{x} \vDash \varphi$, sillä jos $x \neq y$, niin y ei esiinny vapaana kaavassa φ, koska oletuksen nojalla y ei esiinny vapaana kaavassa $\exists x\varphi$. Toisaalta, jos $x = y$, niin tietenkin $\mathfrak{I}\left(\frac{a}{y}\right)\frac{a}{x} \vDash \varphi$. Edelleen, koska $\mathfrak{I}\frac{a}{y}(y) = a$, niin saadaan $\left(\mathfrak{I}\frac{a}{y}\right)\frac{\mathfrak{I}\frac{a}{y}(y)}{x} \vDash \varphi$ ja täten apulauseen

4.16 nojalla $\mathfrak{I}\frac{a}{y} \vDash \varphi\frac{y}{x}$. Vielä, koska $\mathfrak{I} \vDash \Gamma$ ja y ei esiinny vapaana jonossa Γ, niin $\mathfrak{I}\frac{a}{y} \vDash \Gamma$ ja jälleen apulauseen 4.15 nojalla, koska $\Gamma\varphi\frac{y}{x} \vDash \psi$, niin $\mathfrak{I}\frac{a}{y} \vDash \psi$ ja täten $\mathfrak{I} \vDash \psi$, sillä y ei esiinny vapaana kaavassa ψ. ■

Identiteetin refleksisyys (≡)

$$\frac{}{t \equiv t}$$

Lause 4.31. *Identiteetin refleksiivisyys (≡) on korrekti.*

Todistus. Identiteettirelaatio on refleksiivinen, joten sääntö on korrekti. ■

Identiteetin korvaussääntö (Sub)

$$\frac{\Gamma \qquad \varphi\frac{t}{x}}{\Gamma \quad t \equiv t' \quad \varphi\frac{t'}{x}}$$

Lause 4.32. *Identiteetin korvaussääntö (Sub) on korrekti.*

Todistus. Oletetaan, että $\Gamma \vDash \varphi\frac{t}{x}$ ja olkoon $\mathfrak{I}$ sellainen tulkinta, että $\mathfrak{I} \vDash \Gamma t \equiv t'$. Tällöin $\mathfrak{I} \vDash \varphi\frac{t}{x}$ ja täten apulauseen 4.16 nojalla $\mathfrak{I}\frac{\mathfrak{I}(t)}{x} \vDash \varphi$. Koska $\mathfrak{I} \vDash t \equiv t'$, niin täten $\mathfrak{I}(t) = \mathfrak{I}(t')$, joten $\mathfrak{I}\frac{\mathfrak{I}(t')}{x} \vDash \varphi$ ja edelleen apulauseen 4.16 nojalla $\mathfrak{I} \vDash \varphi\frac{t'}{x}$.

■

Osoitetaan sitten vielä kaksi sekventtikalkyylin $\mathfrak{R}$ säännöistä johdettua sekventtisääntöä. Molempien sekventtisääntöjen johtamisessa käytetään ristiriitasääntöä. Ensimmäinen johdettava sääntö on

$$\frac{\Gamma \quad \neg(\neg\varphi \vee \neg\psi)}{\Gamma \qquad \psi}$$

Säännön johto on

1.	Γ		$\neg(\neg\varphi \vee \neg\psi)$	oletus
2.	Γ	$\neg\psi$	$\neg\psi$	(Assm)
3.	Γ	$\neg\psi$	$(\neg\varphi \vee \neg\psi)$	$\vee$S sovellettuna riviin 2
4.	Γ	$\neg\psi$	$\neg(\neg\varphi \vee \neg\psi)$	(Ant) sovellettuna riviin 1
5.	Γ		ψ	(Ctr) sovelluttana riveihin 3 ja 4

Säännössä sekventti $\Gamma \ \neg(\neg\varphi \vee \neg\psi)$ voitaisiin merkitä lyhyemmin käyttäen konjunktiota: $\Gamma(\varphi \wedge \psi)$.

Toinen johdettava sääntö on

$$\frac{\Gamma \quad \neg\exists x \neg\varphi}{\Gamma \qquad \varphi\frac{t}{x}}$$

Säännön johto on

1.	Γ		$\neg\exists x\, \neg\varphi$	oletus
2.	Γ	$\neg\varphi\frac{t}{x}$	$\neg\varphi\frac{t}{x}$	(Assm)
3.	Γ	$\neg\varphi\frac{t}{x}$	$\exists x\, \neg\varphi$	$\exists$S sovellettuna riviin 2
4.	Γ	$\neg\varphi\frac{t}{x}$	$\neg\exists x\, \neg\varphi$	(Ant) sovellettuna riviin 1
5.	Γ		$\varphi\frac{t}{x}$	(Ctr) sovellettuna riveihin 3 ja 4

Säännössä sekventti $\Gamma \ \neg\exists x\, \neg\varphi$ voitaisiin merkitä lyhyemmin käyttäen universaalikvanttoria: $\Gamma \ \forall x\varphi$.

Osoitetaan vielä, että edellä esitelty sekventtikalkyyli $\mathfrak{R}$ on korrekti. Todistuksen suurin työ on tehty, kun sekventtikalkyylin säännöt on osoitettu korrekteiksi.

Lause 4.33. *Jokaisella kaavajoukolla* Φ *ja kaavalla* φ *jos* $\Phi \vdash \varphi$*, niin* $\Phi \vDash \varphi$ *.*

Todistus. Olkoon Φ kaavajoukko, φ kaava ja $\Phi \vdash \varphi$. Tällöin sopivalla kaavajonolla Γ joukon Φ kaavoja saadaan $\vdash \Gamma\varphi$. Induktiolla päättelyn pituuden n suhteen voidaan osoittaa, että jokainen johdettavissa oleva sekventti on korrekti. Jos päättelyn pituus on 1, niin päättely on ”1. $\Delta\psi$” jollakin johdettavalla sekventillä $\Delta\psi$. Koska oletuksettomat säännöt (Assm) ja ($\equiv$) on osoitettu korrekteiksi, niin $\Delta\psi$ on korrekti. Oletetaan, että päättelyn pituutta $n > 1$ lyhyemmät päättelyt tuottavat korrekteja sekventtejä. Tällöin, koska sekventtikalkyylin $\mathfrak{R}$ oletuksellisten sääntöjen on osoitettu tuottavan korrekteja sekventtejä, niin päättelyn n:s askel $\Delta\psi$ on myös korrekti sekventti. Erityisesti $\Gamma\varphi$ on korrekti. Tällöin $\Gamma \vDash \varphi$, joten $\Phi \vDash \varphi$. ■

Täten, kun kaava on johdettavissa kaavajoukosta, sekventtikalkyylillä $\mathfrak{R}$, on se myös kaavajoukon looginen seuraus.

5 TUTKIMUSONGELMA JA TUTKIMUSKYSYMYKSET

Pro gradu -tutkielmani tavoitteena on kehittää pakopelipedagogiikkaa, jossa olisi paljon potentiaalia, mutta pakopelien hyödyntäminen koulussa koetaan työlääksi ja aikaa vieväksi (ks. Rautio). Tutkimuksella halutaan selvittää, millainen on pedagogisesti perusteltu, innostava ja elämyksellinen, helposti pelattavissa oleva, liikuteltava pakopeli matematiikan opetuksessa. Lisäksi tutkimuksen tavoitteena on selvittää, miten pakopeli(pedagogiikka) sopii matematiikan opetukseen ja löytävätkö oppilaat pakopelistä yhteyksiä matematiikan oppitunneilla käsiteltyihin asioihin.

Matematiikan tunneilla oppilaiden keskuudessa esiin nousee usein samat kysymykset: *miten tämä liittyy matematiikkaan* ja *missä tätä muka ikinä tarvitaan*. Koska matematiikka on paljon muutakin kuin pelkkää laskemista, on tässä kehiteltävän pakopelin tavoitteena aktivoida ja tehdä näkyväksi myös ne piilotaidot, joita matematiikan tunneilla harjoitellaan. Näitä ovat mm. ongelmanratkaisu, arviointi ja looginen päättelykyky. Tästä syystä pakopelin jälkeinen loppukeskustelu on tärkeä. Siinä voidaan nostaa esiin tehtävien yhteyksiä matematiikan oppituntien sisältöihin ja toivottavasti havaita, että käytämme matematiikan oppitunneilla opittuja asioita myös tiedostamatta.

Tutkimuskysymykset ovat:

1. Millainen on pedagogisesti perusteltu, innostava ja elämyksellinen, liikuteltava pakopeli matematiikan opetuksessa?
2. Miten kehitelty pakopeli sopii osaksi yläkoulun matematiikan opetusta?

6 TUTKIMUSMENETELMÄT

6.1 Laadullinen tutkimus

Tämä tutkielma käsittelee ihmisiä ja sen tavoitteena on pyrkiä ymmärtämään tarkasteltavaa ilmiötä eli pedagogisen pakopelin pelaamista oppilaiden näkökulmasta. Lisäksi tutkimuksen kohteena on ihmisten vuorovaikutus ja sitä jäsentävä kieli, joten tästäkin syystä tutkimuksen lähestymistapa on laadullinen. Laadullisessa tutkimuksessa pyritään saamaan selville erilaisia näkökulmia, joista aihetta voisi tarkastella eikä niinkään saamaan luotettavaa tietoa siitä, kuinka usein jokin tapahtuma esiintyy. Tutkimus perustuu tutkittavien henkilöiden subjektiivisten kokemusten ja näkemysten tarkasteluun. (Puusa & Juuti 2020.)

Laadullinen tutkimus on empiiristä ja siksi siinä korostuvat aineiston hankinta- ja analyysimenetelmät, joita esittelen alaluvuissa 6.3 ja 6.4. Tutkimuskysymykset ovat moniulotteisia ja siksi aineiston hankkimiseen ja analysointiin tarvitaan toisiaan täydentäviä keinoja. Menetelmät ovat myös oleellinen osa tulosten uskottavuutta ja antavat lukijalle mahdollisuuden arvioida tutkimusta. Empiirisessä tutkimuksessa pidetään myös aina huolta siitä, ettei yksittäistä henkilöä voida tunnistaa. (Tuomi & Sarajärvi 2018).

6.2 Design-tutkimus

Tutkimusmenetelmänä tässä tutkimuksessa on kehittämistutkimus *("design-based research"* tai "*design research"*), jota kutsutaan suomen kielessä myös design-tutkimukseksi. Tässä tutkielmassa käytetään termiä design-tutkimus. Design-tutkimuksessa on paljon samankaltaisia piirteitä toimintatutkimuksen kanssa, mutta siinä missä toimintatutkimuksen tavoitteena on kehittää paikallisesti toimivia ratkaisuja, on design-tutkimuksen tavoitteena pienessä mittakaavassa kehitettyjen asioiden yleistäminen suurempaan mittakaavaan. Yleistyksien tekeminen on kuitenkin haasteellista, koska tapahtuma on usein ainutlaatuinen. (Pernaa 2013, Anderson & Shattuck 2012.)

Design-tutkimus on saanut alkunsa opetuksen tutkimusta kohtaan suunnatusta kritiikistä, jonka mukaan tutkijat ovat liian etäällä kentällä toimivien opettajien työstä eivätkä siksi pysty tuottamaan opettajien työtä tukevaa käytännönläheistä tietoa. Design-tutkimuksen tarkoituksena onkin kehittää opetusta tutkimuspohjaisesti todellisista opetustilanteista nousevien tarpeiden mukaisesti. Design-tutkimus on suhteellisen uusi tutkimusmenetelmä, sillä sitä on alettu käyttää enemmän vasta 2000-luvulla. Viimeisen 20 vuoden aikana sen asema opetuksen kehittämisessä on kuitenkin vakiintunut. (Pernaa 2013.)

Pernaa (2013) kertoo design-tutkimukselle useita eri määritelmiä. Tässä tutkielmassa käytetään Juuti & Lavonen (2006) määritelmää, jossa design-tutkimuksella on kolme ominaispiirrettä:

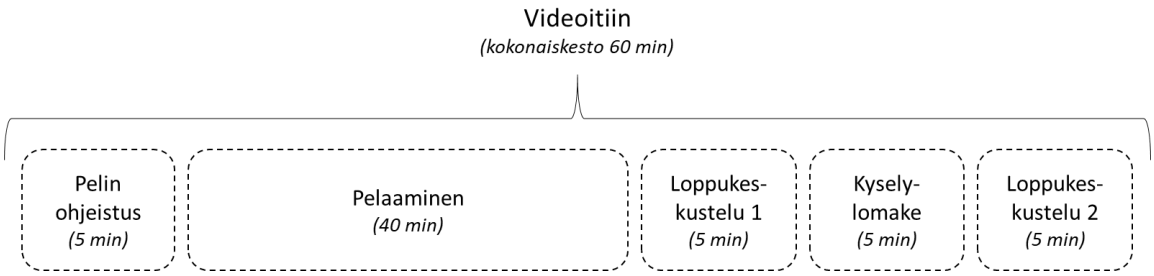
1. iteratiivinen kehittäminen syntyy muutoksen tarpeesta,
2. kehittäminen johtaa käytettävään tuotokseen ja
3. kehittäminen tuottaa opetusta edistävää tietoa.

Näiden lisäksi Design-tutkimuksessa yhdistyy aina toiminta ja teoria.

Design-tutkimus alkaa ongelma-analyysillä, joka voi olla teoreettinen tai empiirinen ja sisältää tarvittaessa tarveanalyysiä, testaamista tai arviointia. Tavoitteena on analysoida kehittämisen tarpeet, mahdollisuudet ja haasteet. Kehittämistarve syntyy siis aina aidosta ongelmasta. Design-tutkimuksessa ilmiötä tarkastellaan todellisissa olosuhteissa ja tutkimukseen osallistuvia hyödynnetään osana kehittämisprosessia. Tilanne on siis avoin ja mitattavia muuttujia on paljon. Käytännön toteutus koostuu kehittämissykeleistä. Yksi sykli koostuu kehittämis-, arviointi- ja raportointivaiheista, joiden pohjalta tuotetta kehitetään. Muutosten jälkeen tehdään jälleen uusi ongelma-analyysi, asetetaan uudet tavoitteet ja jälleen uudelleen arvioidaan. (Pernaa 2013, Edelson 2002.) Tässä tutkielmassa on selkeästi nähtävissä yksi laajempi sykli, joka sisältää koko tutkimuksen alusta loppuun, mutta lisäksi tämä laajempi sykli sisältää useita pienempiä syklejä, joiden tavoitteena on ollut pakopelin kehittäminen haluttuun suuntaan. Design-tutkimukselle onkin hyvin ominaista, että se sisältää enemmän kuin yhden syklin. Luvussa 7 kerron tarkemmin tutkimuksen vaiheista.

6.3 Aineiston hankintamenetelmät

Yleisimpiä laadullisen tutkimuksen aineistonhankintamenetelmiä ovat haastattelu, kysely tai muu dokumenttiaineisto ja havainnointi. Laadullisessa tutkimuksessa on tavallista yhdistellä eri menetelmiä, jolloin aineistoa myös kertyy paljon. Vaarana on suuritöinen ja aikaa vievä analysointi. (Tuomi & Sarajärvi 2018, Puusa & Juuti 2020.) Tässä tutkimuksessa käytössä olivat kaikki edellä luetellut menetelmät. Analysoitava aineisto kerättiin videoimalla kohderyhmän eli 8. luokkalaisten pakopelin pelaaminen sekä pelin jälkeiset loppukeskustelut. Lisäksi oppilaita pyydettiin täyttämään lyhyt kyselylomake. Tutkija oli oppilaiden kanssa samassa tilassa koko aineiston keräämisen ajan. Kuviossa 4 on esitetty aineiston keräämisen aikajana.



KUVIO 4. Aineiston keräämisen aikajana.

Tuomi & Sarajärvi (2018) sanovat havainnoinnin olevan perusteltu menetelmä vuorovaikutuskäyttäytymisen tutkimiseen ja silloin, kun tutkittavasta ilmiöstä tiedetään hyvin vähän tai tutkittavasta ilmiöstä on vaikea saada tietoa. Havainnointia on luontevaa käyttää, kun tutkimusasetelma on vapaa. Tässä tutkimuksessa haluttiin selvittää monitulkintaisia kysymyksiä kuten, millaiseksi oppilaat kokivat pakopelin pelaamiseen. Videohavainnoinnin avulla oli mahdollista tehdä tarkkoja havaintoja pelin etenemisestä, esiin nousevista tunteista (eleet, ilmeet, asennot, reaktiot) ja oppilaiden vuorovaikutuksesta myös pelin jälkeen eikä pelin aikana tarvinnut keskittyä pelkästään muistiinpanojen kirjaamiseen. Paalumäki & Vähämäki (Puusa & Juuti 2020, luku 8) sanovat, että havainnoinnille on eduksi, jos tutkija tuntee kontekstin hyvin, mutta mitä lähempänä tutkittavaa ilmiötä tutkija on, sitä haasteellisempaa on irrottaa tutkijan

oma kokemuksellinen tausta tutkittavien näkökulmista. Tässä tutkimuksessa on otettava huomioon, että tutkijalla oli selkeästi tutkijan rooli, mutta tutkijan läsnäolo ja toiminta vaikuttivat pelin kulkuun ja saattoivat vaikuttaa myös oppilaiden käyttäytymiseen.

Pelkkä havainnointi aineistonhankintamenetelmänä on analyysin kannalta haasteellista eikä välttämättä riitä vastaamaan kaikkiin tutkimuskysymyksiin luotettavasti. Havainnoin yhdistäminen muihin aineistonhankintamenetelmiin auttaa näkemään asiat oikeissa asiayhteyksissä. Lisäksi havainnointi saattaa paljastaa ristiriidan keskustelun ja kyselylomakkeen tietojen kanssa tai toisaalta nämä voivat puolestaan selventää havainnoimalla saatuja tietoja. (Tuomi & Sarajärvi 2018.) Paalumäki & Vähämäki (Puusa & Juuti 2020, luku 8) muistuttavat, ettei käyttäytymistä ole kuitenkaan syytä pitää todenmukaisempana kuin kerrottua. Tässä tutkimuksessa aineistoa kerättiin myös loppukeskustelun eli puolistrukturoidun haastattelun muodossa sekä strukturoidulla kyselylomakkeella. On mahdotonta sanoa, mitä mieltä oppilaat aidosti ovat, jos sitä ei kysytä heiltä suoraan. Loppukeskustelun ja kyselyn tarkoituksena oli antaa lisätietoa tekemilleni havainnoille. Lisätieto saattoi tukea ja täydentää tehtyjä havaintoja tai kyseenalaistaa niitä.

Haastattelu voidaan ajatella keskusteluksi, jota johdattelee tutkija itse. Haastattelun avulla on mahdollista saada selville tutkittavien ajatuksia, mieltymyksiä, mielihaluja, odotuksia ja kokemuksia. Mitä paremmin tutkija tuntee tutkimansa ilmiön, sitä paremmin hän pystyy esittämään haastateltavalle samaistuttavia kysymyksiä, jotka eivät ole liian tieteellisiä tai vaikeaselkoisia. Haastattelu antaa tutkittavalle mahdollisuuden selittää tai tarkentaa ajatuksiaan. Toisaalta haastattelun tekeminen edellyttää haastattelijalta taitoa ja kokemusta, koska käsitysten, uskomusten, arvojen tai merkitysten tutkiminen on haasteellista. Haastateltava on saatava luottamaan haastattelijaan. On myös mahdollista, että haastateltava antaa sosiaalisesti hyväksyttyjä vastauksia eli sellaisia, joiden hän uskoo noudattavan hyväksyttyjen vastausten linjaa. Haastattelun tulokseen vaikuttaa se, kuinka paljon haastattelija johdattelee haastateltavaa tai onko haastateltava ymmärtänyt kysymyksen kuten tutkija on sen tarkoittanut. (Puusa 2020, Puusa & Juuti 2020.) Toisaalta myös tutkija voi tulkita annettuja vastauksia väärin.

Loppukeskustelu oli puolistrukturoitu haastattelu eli se sisälsi tutkijan etukäteen laatimia kysymyksiä, muttei valmiita vastausvaihtoehtoja. Oppilaat pääsivät siis itse sanoittamaan vastauksiaan. (Puusa 2020.) Loppukeskustelu toteutettiin kahdessa osassa, joiden välissä oppilaita pyydettiin täyttämään kyselylomake. Loppukeskustelut tallentuivat samaan videoaineistoon pelin pelaamisen kanssa, mutta oppilaat eivät keskusteluiden aikana näkyneet enää kuvassa, vaan kuultavissa oli vain ääni. Ensimmäisen keskustelun aikana halusin saada selville, mitä ajatuksia pelin pelaaminen oppilaissa herätti enkä halunnut erityisesti vielä ohjata keskustelua esim. matemaattisiin sisältöihin, joista ei tähän mennessä ollut minun toimestani vielä puhuttu. Halusin saada selville, ottavatko oppilaat matematiikan itse puheeksi vai vaatiiko sen esiin tuominen pelin ohjaajalta tulevaa näkökulmaa. Toisen keskustelun aikana ohjasin keskustelua matematiikkaan ja mahdollisiin pelin kehittämisideoihin. Loppukeskusteluiden tavoitteena oli myös selvittää oppilaiden ajatuksia pakopelin tarinasta, tehtävistä ja haastavuudesta. Keskustelujen tarkoitus oli olla enemmän dialogisia, oppilaiden itsensä ohjaamia, mutta keskustelua ei tuntunut syntyvän ilman ulkopuolista ohjailua, joten ennakkoon laatimiani keskustelua ohjaavia kysymyksiä tarvittiin. Lisäksi kysyin tarkentavia kysymyksiä oppilaiden vastausten pohjalta. On kuitenkin hyvä muistaa, että oppilaat olivat minulle ennestään tuntemattomia ja yläkoululaisten kanssa voi olla vaikea luoda näin lyhyessä ajassa niin hyvä luottamus, että keskustelu sujuisi omalla painollaan. Liitteessä 3 on esitelty loppukeskustelua ohjaavat kysymykset tarkemmin.

Niin kyselyn kuin keskustelunkin motiivina toimi se, että ne tukisivat videoaineistosta tehtyjä havaintoja. Loppukeskusteluiden välissä oppilaita pyydettiin vastaamaan strukturoituun kyselyyn, jonka tarkoituksena oli selvittää vielä tarkemmin oppilaan kokemia tunteita pelin aikana ja sitä, tuntuiko pakopelin pelaaminen matematiikan oppitunnilta. Kyselylomakkeessa käytettiin pääasiassa neliportaista Likert-asteikkoa. Kyselylomakkeen kysymykset ohjasivat enemmän pakopelin matemaattiseen sisältöön ja niistä keskusteltiin lisää, kun jokainen oli palauttanut lomakkeen. Nämäkin kysymykset on esitelty tarkemmin liitteessä 3.

6.4 Aineiston analyysimenetelmät

Analyysin tavoitteena on luoda sanallinen ja selkeä kuvaus tutkittavasta ilmiöstä. Nykyisin laadullisessa tutkimuksessa kiinnitetään entistä enemmän huomiota aineiston analyysiin, toisin kuin aiemmin keskityttiin aineiston keruuseen. Tästä syystä Tuomi & Sarajärvi (2018) muistuttaakin miettimään analysointitapaa jo ennen aineiston keräämistä. Sisällönanalyysi on laadullisen tutkimuksen perusanalyysimenetelmä ja se valikoitui myös tämän tutkimuksen analyysimenetelmäksi jo hyvin varhaisessa vaiheessa. Sitä ei välttämättä ohjaa mikään yksittäinen teoria, vaan siihen voidaan soveltaa suhteellisen vapaasti monenlaisia teoreettisia lähtökohtia. Sisällönanalyysillä aineisto pyritään saattamaan tiiviiseen ja selkeään muotoon kuitenkaan kadottamatta sen sisältämää informaatiota. Tarkoituksena on lisätä laadullisen aineiston informaatioarvoa. Luodaan siis selkeyttä aineistoon, jotta voidaan tehdä selkeitä ja luotettavia johtopäätöksiä. Mitään selkeitä ohjeita ei kuitenkaan ole olemassa sille, kuinka laadullista aineistoa tulisi analysoida. (Tuomi & Sarajärvi 2018, Puusa & Juuti 2020.)

Tässä tutkimuksessa käytetään teoriaohjaavaa analyysiä, jossa teoria toimii analyysin apuna, mutta analyysi ei pohjaudu suoraan yksittäiseen teoriaan. Aineisto voidaan kerätä vapaasti ja aineiston analyysi aloitetaan aineistolähtöisesti. Tarkoituksena ei ole testata aikaisempaa teoriaa vaan ennemminkin avata uusia ajatuksia. Siihen sen sijaan ei ole olemassa sääntöjä, missä vaiheessa teoria otetaan mukaan ohjaamaan analyysiä, vaan päätös on aina aineistolähtöinen ja tutkijan harkinnan varassa. Mitä nopeammin teoria otetaan mukaan, sitä lähempänä ollaan deduktiivista päättelyä ja mitä lähempänä loppua teoria otetaan mukaan, sitä lähempänä ollaan induktiivista päättelyä. (Tuomi & Sarajärvi 2018.)

Tutkimuksen päätavoitteena oli selvittää, miten hyvin kehitelty pakopeli sopisi osaksi matematiikan opetusta. Varsinaisten tutkimuskysymysten rinnalle loin tarkempia tukikysymyksiä ja niihin liittyviä avainsanoja, joiden pohjalta lähdin tarkastelemaan aineistoa. Analyysi aloitettiin aineistolähtöisesti havainnoimalla videoaineistoista pelin kulkua. Havainnoinnissa kirjattiin ylös kussakin tehtävässä vietetty aika ja tehtävän etenemisen kannalta kiinnostavat huomiot. Kukin oppilas nimettiin seikkailija 1, seikkailija 2, … ja seikkailija 7. Näihin viitattiin

muistiinpanoissa lyhyemmin S1, S2, … ja S7. Pelin ohjaajaan viitattiin lyhenteellä O. Joitakin kuvailevia puheenvuoroja kirjoitettiin ylös sanasta sanaan esimerkiksi: *S3: musta tuntuu, että nää on niinkun näihin*. Kaikkia puheenvuoroja ei litteroitu, vaan muistiinpanoja kirjoitettiin myös yleisen tunnelman perusteella esimerkiksi näin: *S2 ja S3 ovat löytäneet tavan kommunikoida ja selkeästi ymmärtävät toisiaan ja merkintöjä. Tehtävä etenee nopeasti.* Keskeisten tapahtumien ja ajankulun lisäksi jokaisessa tehtävässä arvioitiin, millaisia tunteita nähtiin oppilaissa heräävän. Pelin jälkeiset loppukeskustelut käytiin läpi hyvin samaan tapaan kuin peliaineistokin, mutta erityisesti ohjaajan esittämät kysymykset kirjattiin ylös sanasta sanaan. Esimerkiksi näin: *O: Tuntuiko tämä teidän mielestä matematiikalta? Kaikki vastaavat ei.*

Kun videoaineistosta oli kirjattu havainnot muistiin, ryhdyin kokoamaan kaikkea kerättyä aineistoa yhteen taulukkoon (taulukko 1) tutkimuskysymysten ja aiemmin havaintojenkin tueksi luotujen tukikysymysten ja teemojen pohjalta. Taulukkoon koottiin aineistoa peliaineiston, loppukeskustelujen ja kyselylomakkeiden vastausten (ks. liite 4) perusteella. Näin hahmottui paremmin, mihin kysymyksiin kerätty aineisto oikeastaan vastaa.

TAULUKKO 1. Aineisto luokiteltiin taulukossa näkyvien kysymysten ja teemojen perusteella.

	Peliaineistot	Loppukeskustelut	Kyselylomake
Miten aktivoi ongelmanratkaisua?			
Miten aktivoi yhteistyötä?			
Miten pienryhmätyöskentely sujuu?			
Hauskuus ja innostavuus?			
Vaikeustaso? (vihjeiden määrä)			
Tarina (merkityksellisyys, mieleenpainuvuus, eläytyminen)			
Ajankulu			
Löytyykö yhteys matematiikkaan?			
Kehitysideoita?			
Muita kommentteja pelistä ja pelijärjestelyistä			
Pelin herättämiä tunteita			

7 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS

Tutkimus koostui kolmesta vaiheesta: tarpeen kartoituksesta eli ongelma-analyysistä, pakopelin toteutuksesta ja lopuksi pakopelin pelaamisesta eli aineiston keräämisestä.

Ensimmäisessä vaiheessa kartoitin, millaisia tarpeita ja vaatimuksia pakopelille tulisi asettaa. Tässä vaiheessa luin alan kirjallisuutta (mm. Koiranen ja Kortesuo) sekä pro gradu -tutkielmia. Yleisesti ottaen pakohuoneiden rakentaminen oli koettu työlääksi ja aikaa vieväksi (ks. Rautio), mutta hauskaksi oppimisen muodoksi. Tästä ja omasta kokemuksesta ja tarpeesta lähti liikkeelle ajatus helposti liikuteltavasta ja helposti peluutettavasta pakopelistä. Kirjallisuus (mm. Parkki, Koiranen, Kortesuo) tarjoaa paljon ohjeita, kuinka pakopelejä voi lähteä rakentamaan, joten sitä osuutta ei tässä tutkielmassa käydä yksityiskohtaisesti läpi, mutta alaluvussa 7.1 paneudutaan tässä tutkimuksessa eteen tulleisiin ratkaistaviin asioihin.

Toisessa vaiheessa rakensin liikuteltavan pakopelin matematiikan opetukseen. Suunnittelu- ja ideointi tapahtui pääasiassa omien kokemusteni pohjalta, mutta ideoinnin tukena luin pohjatyöksi pro gradu -tutkielmia ja suomalaista kirjallisuutta pakopelien tekemisestä (mm. Koiranen ja Kortesuo). Design-tutkimukselle tyypillisesti toinen vaihe muodostui sykleistä, joiden myötä peli muotoutui tutkimuksessa käytettyyn muotoonsa. Toisen vaiheen lopputulos perustuu kokemukseen, testauksen tuloksiin ja tekijänsä mieltymyksiin.

Kolmannessa vaiheessa tapahtui varsinainen tutkimus. Pakopeliä pääsivät pelaamaan kaksi 8. luokkalaisista koostuvaa oppilasryhmää ja tässä vaiheessa kerättiin tutkimuksen aineisto analysoitavaksi. Pro gradu -tutkielmani päättyy tähän vaiheeseen, mutta design-tutkimukselle tyypillisesti pelin kehittely jatkuisi vielä tämänkin vaiheen jälkeen kohderyhmältä saadun palautteen perusteella.

7.1 Ongelma-analyysi

Pakohuoneiden keskeinen ongelma on se, että ne ovat usein työläitä rakentaa ja pelaamisen järjestäminenkään ei ole aina kovin helppoa. Pakopelit koetaan kuitenkin hauskoiksi oppimistavoiksi, joten halusin lähteä kehittelemään peliä, jonka pelaaminen olisi mahdollisimman vaivatonta, mutta silti elämyksellistä ja hauskaa. Suunnittelussa oli siis ratkaistava, missä muodossa peli toteutettaisiin ja kuinka kauan sen pelaaminen kestäisi, mikä sen teema ja tarina olisi, miten pelin kulkua seurataan, miten vihjeitä annetaan, kuinka suuri ryhmä voisi pelata yhdellä kerralla ja mitä asioita pelin avulla opetetaan. Muita pedagogisia pohdittavia asioita oli, voiko ohjaaja toimia myös kannustajana ja kehua onnistumisista, pitäisikö kaikkien läpäistä peli, onko ajanotto välttämätöntä ja miten oppilaita ohjeistetaan peliin.

Pelistä oli tarkoitus tehdä työväline, jota voisi helposti siirrellä eri koulujen välillä esimerkiksi opettajan sijaisuuksia tehdessä. Pakopelin pystyttäminen tulisi siis olla helppoa ja vaivatonta, ettei siihen kuluisi ylimääräistä aikaa ja pelaamaan olisi parasta päästä heti. Lisäksi olisi huomioitava tilavaatimukset: jos pakopeli ei vaatisi sähköä, sitä voisi helposti pelata millaisessa tilassa tahansa. Tämän lisäksi halusin pakopelin olevan toiminnallinen virtuaalisen sijasta. Lisäksi virtuaalinen pakopeli saattaisi aiheuttaa vaatimuksia tilalle, jossa sitä voitaisiin pelata.

Liikuteltava pakohuone jäi pois vaihtoehdoista jo heti alkuvaiheessa, koska luokkahuoneesta tai varastosta on vaikea ja vaivalloistakin saada elämyksellinen ja teemaan sopiva. Lisäksi etukäteen on mahdotonta tietää, millaisia mahdollisuuksia erilaisissa tiloissa on. Kehiteltävä pakopeli ei siis olisi paikkaan sidottu ja sen tarina voisi jollain tavalla nivoutua kouluun, jotta ympäristö ei pilaisi uppoutumista. Tämä ei kuitenkaan tarkoittanut sitä, etteikö tarinassa voisi olla jotakin mystistä. Tarinan ideointiin vaikutti myös se, että opettaja voisi jäädä samaan tilaan pelaajien kanssa. Jo alkuvaiheessa oli pohdittava, millaisilla asioilla elämyksellisyyttä tuodaan peliin mukaan, kun tila itsessään ei ole elämyksellisyyden luomisessa tärkeimmässä roolissa. Elämyksellisyyden tärkeimpiä elementtejä olisivat pakopelin muoto ja visuaalisuus, äänimaisema sekä valaistus. Myös aloitus- ja lopetusvideot voisivat lisätä elämyksellisyyttä. Videot jäivät kuitenkin toteutumatta.

7.2 Pakopelin suunnittelu ja toteutus

Kehittelemäni pakopeli on suuri ja vanha kirstu. Peli koostuu kuudesta erilaisesta tehtävästä ja etenee lineaarisesti eli lukot avautuvat vain tietyssä järjestyksessä, vaikka näkyvillä olisikin vihjeitä tuleviin tehtäviin. Yksikään tehtävä ei vaadi laskemista ja tehtävät ovat keskenään mahdollisimman erilaisia, jotta ryhmätyötä saadaan motivoitua. Tehtävissä korostuu ongelmanratkaisu ja yhteistyö. Tehtävien teemoja ovat mm. logiikka, avaruusgeometria, ympyrän säde ja kryptografia. Pelin tarkoitus on herättää huomaamaan, mihin kaikkeen käytämme matematiikan oppitunneilla opittuja asioita osin huomaamattakin. Pakopeli on tarkoitus pelata tyhjässä luokkahuoneessa tai varastossa. Peli on suunniteltu liikuteltavaksi eikä se vaadi sähköä toimiakseen, joten pelin pelaamiselle ei ole muita tilaan liittyviä vaatimuksia kuin että tila on rauhallinen ja suljettu. Pelin ohjaaja on pelaajien kanssa samassa tilassa. Tarkemmat tiedot pakopelin rakenteesta, tarinasta sekä tehtävistä pedagogisine perusteluineen löytyvät liitteestä 1.

Seuraavassa käyn läpi pakopelin ideointi-, suunnittelu-, toteutus- ja testausvaiheita.

Ideointivaihe

Pulmalaatikon ideointi ja suunnittelu alkoi maalikuussa 2020. Apuna käytin omia kokemuksia pakohuoneista, kirjallisuutta, blogeja sekä asiantuntijoita. Halusin kehiteltävällä pakopelillä osoittaa, ettei matematiikka ole pelkkää laskemista, vaan matematiikan avulla harjoitellaan ongelmanratkaisua, arviointia, loogista päättelykykyä, yhteistyötä ja muita ”piileviä” taitoja, jotka liittyvät moniin eri asioihin jopa ilman, että niitä tiedostamme. Tästä syystä halusin, ettei pakopeliin tulisi yhtään laskutehtävää, mutta jokaisen tehtävän taustalta löytyisi silti matematiikkaa. Ideointivaihe jakautui lopulta tarina-, tehtävä- ja toteutusideoihin, mutta aluksi oli ideoitava koko kokonaisuutta. Liikuteltavan pakopelin formaatti vaikuttaisi siihen, millainen tarina voisi olla ja millaiset tehtävät siihen sopivat. Sama toisinpäin: tarina vaikuttaisi siihen, millaisia tehtävät olisivat ja millainen visuaalinen tunnelma pakopeliin tulisi. Koin ideointivaiheen prosessin työläimmäksi vaiheeksi. Oli vaikea päättää, mihin ideaan tarttuisi.

Suunnitteluvaihe

Luova työ on jatkuvaa prosessointia. Jälkikäteen on vaikea sanoa, mikä idea johti mihinkin. Oman pakopelini kanssa idea tarinasta oli tärkeä. Sen myötä kirkastui pakopelin juoni ja se mihin tehtävien suorittaminen johtaisi, mihin niillä pyritään. Tarinan lisäksi oli tärkeää miettiä, millainen liikuteltava pakopelini voisi olla. Hyvin aikaisessa vaiheessa lukitsin formaatiksi matka-arkun tai kirstun ja ideat alkoivat jalostua suunnitelmaksi tarinan ja formaatin ympärille. Tein paljon kaavioita tehtävärakenteista kynällä ja paperilla, mutta oli vaikea suunnitella tehtäviä ennen kuin oli selkeästi tiedossa, mihin pakopeli rakennetaan. Vasta, kun löysin sopivan kirstun ja raahasin sen heinäkuussa parvekkeelleni, pystyin kunnolla aloittamaan tehtävien suunnittelun. Kirstun näkeminen myös käynnisti tehtäväideoinnin aivan uudella tavalla ja lopulta sain rakentamisvaihetta varten tehtyä suunnitelman, joka sisälsi kaavion siitä, mikä tehtävä johtaa mihinkin ja mistä löytyy salalokero jne. Heinäkuussa tein suunnitelman pohjalta kirstun sisälle pahvimallin, johon merkitsin myös kuvitteellisten lukkojen paikat. Kirjoitin myös hyvin tarkat hankintalistat ja ryhdyin hankkimaan tarvittavia lukkoja ja muita esineitä.

Toteutusvaihe

Vaikka tehtävät eivät olleet vielä muovautuneet aivan lopullisiin uomiinsa, muokkasin ja rakentelin kirstua yliopiston tiloissa syys-lokakuussa 2020. Rakentelun ajan laatikko ei oikeastaan muilta osilta edennyt. Rakenteluaika vaati monta vierailua eri rautakaupoissa. Vaikka kuinka hyvin suunnittelisi, törmää aina erikoisiin ja ennalta-arvaamattomiin tilanteisiin rakentelun yhteydessä. Kirstun rakenteisiin tarvittiin ainakin vaneria, ruuveja, nauloja, lukkoheloja, saranoita ja narua.

Marraskuussa 2020 rakenteiltaan valmis kirstu siirtyi takaisin parvekkeelleni ja joulukuussa olohuoneeseeni. Suunnittelin ja toteutin tehtävät aikaisempien suunnitelmieni pohjalta hyvin intensiivisen parin viikon aikana. Tehtävien suunnittelussa haastavinta oli keksiä monipuolisia tehtäviä. Tehtäviin tarvittiin lukittavia rasioita, lukkoja ja esineitä, jotka hankin lähes kaikki kirpputorilta tai tein itse. Suurin osa tehtäviin tarvittavista asioista oli minulla jo hankittuna ennen kuin kirstu muutti olohuoneeseeni, mutta joitakin hankintoja piti vielä joulukuussa tehdä. Tässä vaiheessa oli vain hyväksyttävä se tosiasia, että pakopeli ei

oikeastaan koskaan tule kokonaan valmiiksi. Aina on jotain, mitä siitä voisi muuttaa ja parannella. Tässä tapauksessa jätin toteuttamatta aloitus- ja lopetusvideot, jotka olivat ideointivaiheessa vielä mukana.

Varovaisen arvioin mukaan pakopelin ideointi, suunnittelu ja toteuttaminen vei kokonaisuudessaan n. 150–200 tuntia. Koin, että koko rakentelu- ja suunnitteluprosessi oli itsessään yksi iso pakopeli ja jatkuvaa ongelmanratkaisua. Tällaisen projektin toteuttaminen oppilaidenkin kanssa sopisi oikein hyvin oppiainerajoja ylittäväksi kokonaisuudeksi.

Testausvaihe

Olennainen osa pakopelin toteuttamista on testaaminen. Pääsin joulukuussa 2020 testaamaan pakopeliäni kolmessa eri pelissä. Jokaisen pelin jälkeen kirjasin huomioita ylös ja tein kirstuun ja tehtäviin pieniä muutoksia. Kävi ilmi, että osa tehtävistä vaati ennemminkin helpotusta kuin haasteellisuuden lisäämistä. Tämä on pakopelin suunnittelussa melko yleinen ongelma. Otin ylös myös pelien kokonaiskestot sekä sen, kuinka kauan kullakin ryhmällä meni minkäkin tehtävän parissa. Testausvaihe oli myös erinomainen tilaisuus päästä tarkkailemaan, miten pelaajat toimivat esimerkiksi löytämiensä esineiden kanssa ja miten se pitää ottaa huomioon pelin alussa, kun pelaajia ohjeistetaan peliin. Testausvaiheen jälkeen muodostui pakopelin lopullinen muoto tehtävineen sekä runko pelin ohjeistamiseen, jotka löytyvät liitteistä 1 ja 2.

Testausvaiheessa sain idean viestipakopelistä, jossa koko luokka pääsisi tekemään pakopelin, mutta jokainen pienryhmä tekisi sitä vain tietyn ajan tai yhden tehtävän verran. Kun oma aika loppuu, olisi hetki aikaa kertoa toiselle tiimille tärkeistä havainnoista ja sitten toinen tiimi hommiin. Tämä idea karsiutui kuitenkin pois, sillä juuri kun ryhmä alkaisi toimia, se lakkaa toimimasta.

7.3 Pakopelin pelaaminen ja aineiston kerääminen

Tutkimuksen kohderyhmäksi valikoituivat yläkoululaiset eikä heiltä edellytetty aiempaa kokemusta pakopeleistä. Kokemusta tärkeämpänä pidin sitä, että saataisiin selville, millaiseksi oppilaat kokivat pelaamisen.

Pakopeli oli tarkoitus pelata tyhjässä luokkahuoneessa tai varastossa ja koska peli ei vaadi sähköä toimiakseen, ei pelin pelaamiselle ollut muita tilaan

liittyviä vaatimuksia. Rauhallinen ja suljettu tila riittivät. Pelin pelaaminen edellytti kuitenkin, että lähiopetus oli mahdollista ja ulkopuolisten vierailijoiden läsnäolo koulun tiloissa sallittua, joten tästä syystä tutkimuksen aineisto kerättiin vasta touko-kesäkuun vaihteessa 2021. Pelin ohjaaja oli oppilaiden kanssa samassa tilassa. Tässä tutkimuksessa pelin ohjaaja oli myös tutkimuksen tekijä ja samalla aineiston kerääjä.

Tutkimus toteutettiin Tampereen yliopiston normaalikoulussa kahtena peräkkäisenä päivänä ja seikkailemaan pääsi kaksi 8. luokkalaisten muodostamaa 3–4 hengen ryhmää. Pakopelin luonteeseen kuuluu, ettei siihen liittyviä salaisuuksia (eli vastauksia koodeihin) paljasteta ja siitä syystä pelit haluttiin järjestää mahdollisimman lähekkäin toisiaan, etteivät ne vaarannu juonipaljastuksiin. Tutkimusryhmiä oli hankala saada, koska opettajilla oli haastavassa tilanteessa kädet täynnä töitä pandemiasta aiheutuneen oppimisvajeen vuoksi. Peliä oli alun perin tarkoitus peluuttaa useammilla ryhmillä, mutta tilanteen johdosta aineisto jäi melko pieneksi eikä sen perusteella voida tehdä yleistyksiä.

Pakopelin ratkaisemiseen käytetty tavoiteaika oli n. 45 minuuttia. Testipeleissä pakopelin ratkaisemiseen käytettiin n. 50 minuuttia. Tehtäviin tehtiin testipelien jälkeen muutoksia, jotta päästäisiin lähemmäs 45 minuutin tavoiteaikaa. Aineiston keräämistä varten päätettiin yhdelle ryhmälle varata aikaa kahden oppitunnin verran (2 x 45 minuuttia), koska mitään varmuutta siitä ei ollut, kuinka kauan oppilailla kestäisi ratkaista peli. Lisäksi pelin aloitukseen ja loppukeskusteluun haluttiin varata riittävästi aikaa, ettei tarvitsisi turhaan kiirehtiä.

8 TUTKIMUSTULOKSET

8.1 Hauskuus ja elämyksellisyys

Kaikki tutkimukseen osallistuneet vastasivat kyselylomakkeella, että heillä oli pelatessa hauskaa. Kyselylomakkeen väite oli ”Minulla oli hauskaa” ja jokainen oppilas oli väitteen kanssa osittain samaa mieltä tai täysin samaa mieltä. Jokainen oppilas vastasi myös, että voisi kokeilla pakopelejä uusiksi. Molemmissa peleissä koettiin onnistumisia ja vaikka tehtävän ratkaisu olisi edellyttänyt paljonkin ohjaajan vihjeitä, onnistumisia koettiin silti. Onnistumiset näyttivät innostavan jatkamaan pelaamista.

Tutkimuksen aineisto kerättiin kahdesta pelistä, jotka olivat tunnelmaltaan hyvin erilaisia pelejä. Ensimmäisessä pelissä tunnelma lähti kiristymään, kun taas jälkimmäisessä pelissä oli positiivinen ja kohtelias tunnelma alusta loppuun asti. Positiiviset tunteet, innostuminen ja onnistumisien ilakointi näkyivät jälkimmäisessä pelissä herkemmin. Jälkimmäisen pelin loppukeskustelussa peliä kehuttiin kivaksi ja hienoksi, mutta ensimmäisen pelin loppukeskustelussa yksi oppilas piti peliä tylsänä. Sama oppilas kuitenkin myös äimisteli ohjaajan taitoa tehdä pakopeli itse. Pakopelin pelaamista pidettiin kivana vaihteluna tavalliseen matematiikan oppituntiin verrattuna.

Vain yksi oli eri mieltä kyselylomakkeen väitteen ”Tarina jäi mieleeni” kanssa. Muut vastasivat olevansa osittain samaa mieltä tai täysin samaa mieltä. Loppukeskusteluissa yksi oppilas sanoi, ettei tarinasta jäänyt mieleen ihmeempiä, kun toinen oppilas muisti hyvin alussa kerrotun tarinan. Havaintojen perusteella yksi oppilas seurasi tarinaa koko pelin ajan ja loppukeskustelussa piti tarinaa mielenkiintoisena. Se, kuinka merkityksellisenä tarinaa pidettiin, ei aineistosta selvinnyt.

Kyselylomakkeella kaikki vastasivat osittain samaa mieltä tai täysin samaa mieltä väitteeseen ”Aika tuntui kuluvan nopeasti”. Jälkimmäisessä pelissä ajankulusta oltiin kiinnostuneita kerran pelin aikana ja pelin päätyttyä oppilaat halusivat tietää, olivatko he nopeampia kuin ensimmäinen ryhmä. Jälkimmäiselle ryhmälle kerrottiin pelin alussa, että tavoiteaika on 45 minuuttia, toisin kuin ensimmäinen ryhmä sai kuulla tavoiteajasta vasta pelin päätyttyä. Ensimmäisen pelin pelanneet olivat heti pelin jälkeen tyytyväisiä, ettei heillä mennyt pelin pelaamiseen edes tuntia.

Loppukeskustelun ja kyselylomakkeen perusteella enemmistö oppilaista koki saaneensa ohjaajalta sopivasti vihjeitä. Vain yksi oppilas oli sitä mieltä, että vihjeitä tuli vähän liikaa. Vihjeiden saaminen tuntui hyvältä, koska silloin peli eteni. Ohjaajan läsnäoloa samassa tilassa ei koettu häiritsevänä, vaan oli hyvä, että oli mahdollisuus pyytää apua, jos peli ei edennyt tai tuli mieleen jotain muuta kysyttävää. Osa tehtävistä tuntui oppilaiden mielestä helpoilta, osa vaikeilta ja sama tehtävä oli toisen mielestä helppo ja toisen mielestä vaikea.

8.2 Pienryhmätyöskentely

Kaikki tutkimukseen osallistuneet oppilaat kertoivat ennen pelin alkua, että heillä oli ennestään kokemusta pakopeleistä. Kuitenkin yksi oppilaista vastasi kyselylomakkeella, että tämä oli hänen ensimmäinen pakopelinsä. Molemmissa ryhmissä kommunikointi ja työskentely alkoi varovaisesti. Hyvin tavallista tuntuu olevan, että kerrotaan löydetyistä asioista hyvin ääneen, muttei malteta kuunnella muita. Oppilaat saattavat kehittää myös niin hyvän tavan kommunikoida tehtävän ratkaisua keskenään, ettei edes ohjaaja pysty seuraamaan keskustelua. Ryhmädynamiikka on kuitenkin arvaamatonta ja se lähti kummassakin ryhmässä eri suuntiin.

Ensimmäisessä ryhmässä ryhmätyöskentely alkoi hyvän alun jälkeen hiipua: keskustelua oli vähemmän ja äänensävykin muuttui yhdellä ryhmäläisellä epäkohteliaammaksi. Tämä todennäköisesti vaikutti koko loppupelin tunnelmaan negatiivisesti. Tässä ryhmässä väärästä koodista lannistuttiin helpommin ja tehtiin enemmän huolimattomuusvirheitä, joita ei viitsitty ilman ohjaajan apua lähteä tarkistamaan.

Jälkimmäinen ryhmä piti yllä hyvin kohteliasta virettä ja he ehdottivat toisilleen kysyvässä muodossa mahdollisia ratkaisuideoita. Kaikilla oli selvästi kokemusta pelaamisesta ja he ymmärsivät ääneen ajattelemisen tärkeyden. Tässä ryhmässä näytettiin avoimesti innostumisen tunteita, jonka seurauksena koko ryhmä näytti työskentelevän hyvässä tunnelmassa. Väärästä koodista ei lannistuttu, vaan vihjettä alettiin tulkita uusiksi ja koodi tarkistettiin, huomattiin virhe ja saatiin lukko auki. Kaksi oppilasta vaikutti olevan enemmän sivussa koko pelin ajan, ja he pääsivät kunnolla tekemään tehtävää oikeastaan vain pelin alussa ja lopussa, mutta loppukeskustelun perusteella olivat silti kovasti pitäneet pelistä.

Kolme oppilasta ilmoitti kyselylomakkeella tarvinneensa pelissä muiden apua. Kolme oppilasta sanoi, että olisivat selvinneet tehtävistä kokonaan yksin. Kaikki tehtävät kuitenkin pääasiassa aktivoivat keskustelua, omien ajatusten sanallistamista ja tarkentavien kysymysten tekemistä. Ryhmissä saatiin uusia ratkaisuideoita keskustelujen myötä ja niitä lähdettiin rohkeasti kokeilemaan, vaikkei ollut varmuutta idean oikeellisuudesta. Kaksi erilaista ratkaisustrategiaa saattoi kohdata, mutta oppilaat löysivät yhdessä kultaisen keskitien siten, että molempia strategioita hyödynnettiin. Tarpeen tullen ryhmissä osattiin myös antaa tilaa sille, jolla oli idea siitä, miten tehtävä menisi eteenpäin. Usein tällaisissa tapauksissa oppilaiden ajatus kulki nopeammin kuin puhe eli idean saanut ei ehtinyt jäädä selittämään logiikkaansa, vaan hän lähti suoraan kokeilemaan sitä. Kokeiluyrityksen jälkeen logiikka saatettiin sanallistaa myös muille, joka saattoi johtaa uuden idean syntymiseen.

8.3 Ongelmanratkaisu ja yhteys matematiikkaan

Kyselylomakkeella oppilaita pyydettiin valitsemaan, mitä taitoja he tarvitsivat pelin aikana. Kuusi oppilasta kertoi tarvinneensa loogista päättelykykyä ja viisi oppilasta ongelmanratkaisua ja tarkkuutta. Neljä oppilasta valitsi lisäksi kärsivällisyyden.

Pelin tehtävät aktivoivat oppilaita pohtimaan ja punnitsemaan käytössä olevaa logiikkaa. Kun huomattiin, ettei koodi olekaan oikea, logiikkaa lähdettiin jälkimmäisessä ryhmässä rohkeasti muuttamaan, mutta ensimmäisessä ryhmässä strategiasta luovuttiin kokonaan ja siirryttiin tutkimaan käsillä olevaan

tehtävään kuulumattomia vihjeitä. Ensimmäisessä ryhmässä tarvittiin siis ulkopuolista ohjausta, että ongelmaan jaksettiin uudestaan paneutua. Loppukeskusteluissa nousi esille, että oppilaista oli mukava päästä pohtimaan tehtäviä, joiden ratkaisut eivät sitten lopulta edes olleet niin vaikeita.

Tehtävien yhteydet matematiikan oppituntien sisältöihin eivät oppilaiden puheissa kuuluneet. Ainoastaan salakirjoituksessa yhtenä symbolina ollut piste tulkittiin kertomerkiksi. Tämä oli ainut kerta, kun oppilaat puhuivat pelin aikana matematiikasta. Loppukeskusteluissa oppilaat kertovat ymmärtäneensä yhteyden matematiikkaan vasta kyselylomakkeen täytettyään ja kyselylomakkeen vastaukset tukevat tätä. Kyselylomakkeen väitteeseen ”Pelaaminen ei tuntunut matematiikan oppitunnilta” viisi oppilasta vastasi olevansa väitteen kanssa täysin samaa mieltä ja kaksi osittain samaa mieltä. Kyselylomakkeen toiseen väitteeseen ”Tehtävät liittyivät selvästi matematiikkaan” viisi vastasi olevansa osittain eri mieltä ja kaksi osittain samaa mieltä.

Kyselylomakkeen kysymyksen kolme perusteella tehtävissä mukana olleita matematiikan oppisisältöjä ei huomattu, sillä vain yksi oppilas valitsi tarvinneensa avaruusgeometriaa ja vain kaksi oppilasta valitsi ympyrän säteen. Lisäksi yksi valitsi yhteen- ja vähennyslaskun, vaikka sitä ei tehtävissä tarvittu ollenkaan. Se kuitenkin huomattiin, että yhtälönratkaisusta ei ollut kyse eikä sävelkorvaa tarvittu.

Loppukeskusteluissa oppilaat kertoivat, että pelaaminen ei tuntunut matematiikan oppitunnilta, koska pelissä ei tarvinnut laskea mitään ja matematiikan tunnilla tarvitsee aina laskea. Vaikka ohjaaja kertoi, että pelin aikana harjoitellaan kaikkea samaa, mitä matematiikan oppitunneilla, oppilaat eivät näe, että he olisivat oppitunneilla harjoitelleet esimerkiksi ongelmanratkaisua. Joidenkin mielestä olisi mukavaa pelata tällainen päättelyä vaativa pulmapeli tai tehdä pienempiä pulmatehtäviä matematiikan tunnilla. Joidenkin mielestä päättely on tylsää ja siksi tällaista ei matematiikan tunnilla haluttaisi tehdä.

S3: tää oli enemmän semmoinen looginen päättelykyky ja prosessointikykyä kehittävää, että pystyy vetää johtopäätöksiä pienistäkin jutuista.
O: kyllä. eikö se sitten tunnu matikalta?
S3: no periaatteessa se on koko matikan ydin asia.

8.4 Pelijärjestelyt ja pelin eteneminen

Pakopelin kuljettaminen ei ollut kovin yksinkertaista eikä peliä voi sanoa helposti liikuteltavaksi. Tilavaatimusten puolesta pelin järjestäminen oli helppoa, koska ei tarvittu mitään muita ominaisuuksia kuin tila, jonka oven saisi suljettua. Välituntien ja viereisten tilojen meteli kuului kuitenkin pelin aikana, vaikka pelin aikana soi myös taustamusiikki. Kukaan oppilaista ei silti maininnut, että se olisi häirinnyt. Pelissä on aika paljon irtonaista tavaraa, muttei kuitenkaan liikaa ja se oli nopeasti koottavissa seuraavaa peliä varten. UV-valon paristojen kanssa oli oltava tarkkana, sillä ne kuluivat nopeasti.

Pelin alussa annetut ohjeet olivat selkeät ja tiiviit, vaikka ohjeita olikin paljon. Pelin aikana aina joku muistaa ohjeistuksesta jotakin. Oppilaat saivat ohjeistuksen vain suuntalukon käyttöön ja he osasivat silti availla muitakin lukkoja, vaikka ne olivat kaikki keskenään erilaisia. Ohjaajan neuvoja tarvittiin joidenkin rasioiden avaamiseen, kun voimaa ei uskallettu käyttää.

Pääasiassa tehtävissä edettiin juuri siinä järjestyksessä kuin pakopeliä suunnitellessa oli ajateltukin. Esimerkiksi tehtävään kaksi tarttuivat molemmat ryhmät nopeasti heti kannen auettua, mutta molemmissa peleissä oppilaat ryhtyivät tekemään tehtävää 5 ennen tehtävää 4. Tähän tuhlautui paljon aikaa, vaikka tavallaan tuo aika ei mennyt hukkaan, vaan saattoi edistää tehtävän 5 ratkeamista.

Tehtävä 5 kokonaisuudessaan kaipaa selkiytystä. Tässä tarvittiin molempien ryhmien kohdalla paljon ohjausta ennen kuin lukko aukesi. Jopa kaunokirjoituksen lukeminen osoittautui vaikeaksi. Myös oppilaat toivoivat selkiytystä tähän tehtävään, vaikka yksi oli sitä mieltä, että jos aikaa olisi ollut enemmän, tehtävä olisi saatu tehtyä.

Peliä kehuttiin hienoksi eikä siihen keksitty mitään kehitysehdotuksia. Yksi oppilas olisi toivonut joitakin vaikeita laskutehtäviä mukaan, muttei niitäkään liikaa. Peli saatiin molemmissa ryhmissä pelattua 45 minuutin tavoiteajassa, mutta ilman ohjaajan lisävinkkejä, näin ei olisi ollut.

9 POHDINTA

Tutkimuksen tavoitteena oli kehitellä pedagogisesti perusteltu, innostava ja elämyksellinen, liikuteltava pakopeli yläkoulun matematiikan opetukseen. Halusin pakopelillä osoittaa, ettei matematiikka ole pelkkää laskemista, vaan matematiikan avulla harjoitellaan ongelmanratkaisua, arviointia, loogista päättelykykyä ja yhteistyötä. Seuraavaksi tarkastelen, kuinka hyvin tutkimuksessa saadut tulokset vastaavat tutkimuskysymyksiin.

9.1 Pakopelin suunnittelusta ja toteutuksesta

Pro gradu -tutkielmani sai alkunsa helmikuussa 2020, kun ryhdyin pohtimaan, kuinka pakopelejä voisi helpommin ottaa mukaan matematiikan opetukseen. Pakopelin suunnittelutyössä käytin apunani pro graduja, kirjallisuutta ja vaihdoin ajatuksia myös pakopelialan asiantuntijoiden kanssa. Pääsin tämän projektin parissa yhdistämään monta osaamisaluettani: medianomin tutkinnon, luokanopettajaopinnot ja matematiikan aineenopettajaopinnot sekä kokemuksen pakopelien pelaamisesta ja ohjaamisesta.

Pedagogisen pakopelin suunnittelu ja toteuttaminen alkoi keväällä 2020 ja peli tuli valmiiksi vuoden 2020 loppuun mennessä. Pelin toteuttaminen vei aikaa varovaisen arvion mukaan n. 150–200 tuntia. Hieman yllätti, miten pitkäksi rakennusprosessi venyi. Jos peliä olisi ollut suunnittelemassa ja toteuttamassa useampi henkilö, se olisi todennäköisesti tullut valmiiksi nopeammin. Pakopelin toteuttaminen rahallisesti maksoi vain n. 150–200 €. Suurimmat kulut tulivat kirstusta (40 €) ja lukoista (60 €). Koin, että itseasiassa koko rakentelu- ja suunnitteluprosessi oli yksi iso pakopeli ja jatkuvaa ongelmanratkaisua. Tästä syystä pakopelin rakentaminen sopisi hyvin peruskoulun monialaiseksi oppimiskokonaisuudeksi, jossa olisi helposti yhdistettävissä useita eri oppiaineita.

Lopputuloksesta syntyi pelattava tuote, joka teki niin testaajiin kuin tutkimukseen osallistuneisiin oppilaisiinkin vaikutuksen. Näyttävyyteen panostaminen johti osaltaan siihen, ettei pelistä tullut helposti liikuteltava. Sen liikuttamiseen tarvitaan vähintään kaksi kantajaa ja esimerkiksi autoon sitä ei saa yksin nostettua ollenkaan. Pelin järjestäminen on kuitenkin helppoa eikä sitä rajoita kohtuuttomat tilavaatimukset. Peli etenee pääasiassa kuten suunnittelinkin, lukuun ottamatta tehtävää 5, joka kaipaisi edelleen selkiytystä. Tehtävät ovat keskenään erilaisia ja niiden matemaattiset yhteydet voitiin käsitellä oppilaiden kanssa pelin jälkeen. Lisäksi pelin pystyy pelaamaan sille asetetussa tavoiteajassa.

9.2 Tavoitteiden täyttyminen

Kehitellyn pakopelin avulla on mahdollista vastata moniin Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteiden asettamiin tavoitteisiin, ja pääasiassa oppilaat kokivat pelaamisen mukavaksi vaihteluksi tavallisiin oppitunteihin nähden. Pelaaminen oli kaikkien oppilaiden mielestä hauskaa ja joidenkin oppilaiden innostus oli selkeästi nähtävissä, joten pelaaminen on myös saattanut herättää oppilaiden kiinnostuksen matematiikkaan tai pakopeleihin. Järvilehto (2014, 64) pitää oppimisen kannalta tärkeänä nimenomaan innostumista ja pelaamisen hauskuutta.

Pakopeli aktivoi ongelmanratkaisua ja yhteistyötä. Tehtävät lähtivät usein ratkeamaan vasta keskustelujen myötä, kuten hyvän pienryhmätyöskentelyn tehtävän kuuluukin (Sahlberg & Berry 2003). Keskustelut aktivoivat oppilaita sanallistamaan ajatteluaan, mikä on tärkeä taito ongelmanratkaisussa (Leppäaho 2007). Ryhmän luoma tunnelma on kuitenkin tärkeä. Se määrittelee paljon, miten koko peli etenee ja onko ryhmällä hauskaa vai ei. Ohjaaja voi auttaa tunnelman luomisessa kehuilla ja huumorillakin, mutta huonoon suuntaan lähtenyttä tunnelmaa voi olla vaikea pelastaa.

Oppilaat eivät kokeneet pakopelin pelaamista matematiikan oppitunniksi, vaan yhteys matematiikkaan voitiin tuoda näkyväksi vasta loppukeskustelun avulla. Se, kokivatko oppilaat kokonaisvaltaisen elämyksen, on vaikea sanoa ja vaatisi tarkempaa tutkimusta, mutta tutkimusaineiston perusteella voidaan

sanoa, että kehitelty pakopeli ei välttämättä täyttänyt kaikkia Pinen ja Gilmoren (2011) neljää elämyksen ulottuvuutta (”The sweet spot”). Samoin Tarssasen ja Kylläsen (2009) elämyskolmiosta saattoi jäädä esimerkiksi yksilöllisyyttä ja aitoutta puuttumaan, jotta kokonaisvaltainen elämys olisi ollut mahdollinen. Kuitenkin oppilaat selvästi kokivat jonkin asteista elämyksellisyyttä, sillä he pitivät tarinaa mielenkiintoisena, kokivat ajan kuluvan nopeasti ja paikoin näyttivät vahvoja positiivisia tunteita. Varsinaista flow-tilaa ei tässä tutkimuksessa tutkittu, mutta erityisesti ajan kuluminen nopeasti ja tehtävien sopiva vaikeustaso saattaisivat puoltaa flow-tilaan pääsemistä.

Kehitelty pakopeli tuntuisi sopivan hyvin osaksi yläkoulun matematiikan opetusta. Toisaalta pakopeliä voi pelata vain pieni ryhmä kerrallaan ja tällaisenaan sen käyttäminen osana opetusta voi olla haasteellista. Pakopelejä voisi olla useita, jotta niitä riittäisi usealle pienryhmälle yhtä aikaa, mutta tällöin riskinä on uppoutumisen, flow-tilan ja keskittymisen häiriintyminen, jos kaikki työskentelevät samassa tilassa.

Jatkotutkimusaiheena voitaisiin selvittää, kuinka pitkä muistijälki pelaamisesta ja opituista asioista jää ja onko silloin väliä, millaisen pakopelin on pelannut. Vaikuttaako esimerkiksi elämyksellisyys muistijälkeen vai voiko hyvin yksinkertaisellakin pelillä saada kauaskantoisia muistoja. Kuten Sahlberg & Berry (2003, 121–126) toteaa, pienryhmätyöskentely käytetään usein matematiikassa ongelmanratkaisussa nimenomaan tekemällä matematiikkaa ja opettelemalla vuorovaikutus- ja keskustelutaitoja, sen sijaan, että työskentelyä käytettäisiin uusien matemaattisten tietojen ja taitojen oppimiseen. Olisi mielenkiintoista nähdä, miten hyvin pakopelillä voitaisiin opettaa kokonaan uusi matematiikan aihe.

9.3 Luotettavuus ja eettisyys

Koska kyseessä on laadullinen tutkimus ja siinä nojataan enimmäkseen tutkijan tekemiin havaintoihin, ei sen tuottamaa tietoa voida pitää täysin objektiivisena, vaan tutkija on omilla päätöksillään ja käsityksillään vaikuttanut aineiston tulkintaan. Jo tutkimusongelma itsessään sisältää tutkijan omia uskomuksia, joita hän pyrkii perusteluillaan osoittamaan todeksi. Puusa (2020) sanookin, ettei

koskaan kaksi tutkijaa päätyisi täsmälleen samoihin lopputuloksiin, vaikka heillä olisi käytössään sama laadullinen aineisto. Luotettavuuden tarkasteluun liittyy kuitenkin kaksi puolta. Toinen niistä on havaintojen luotettavuus ja toinen havaintojen puolueettomuus. Puolueettomuuteen liittyy tutkijan omat ominaisuudet kuten ikä, sukupuoli, asenteet ja uskomukset. (Tuomi & Sarajärvi 2018.)

Tutkimukseen osallistuneilla on ollut mahdollisuus kieltäytyä tutkimukseen osallistumisesta missä tutkimuksen vaiheessa tahansa. Alaikäisiltä on pyydetty tutkimukseen osallistumisesta myös huoltajien suostumus. Kaikki aineisto on esitetty anonyymisti siten, ettei julkaistavasta tutkimuksesta pysty näkemään henkilöiviä tietoja. Lisäksi kaikki tutkimuksen aikana kerätty aineisto hävitetään tutkimuksen julkaisemisen ja hyväksymisen jälkeen.

Loppukeskustelujen uskottavuutta on pyritty lisäämään tallentamalla ne, mutta on syytä muistaa, että tällainen aineisto on aina tilannesidonnaista (Puusa & Juuti 2020). Loppukeskusteluissa oppilaat eivät välttämättä ole päässeet sanomaan kaikkea sitä, mitä olisivat halunneet johtuen ryhmäpaineesta tai siitä, että haastattelija oli heille ennestään tuntematon.

Laadulliselle pro gradu -tutkielmalle on tyypillistä pieni aineisto yksittäisistä tapauksista. Aineiston kokoa tärkeämpää on pyrkiä kuvaamaan ja tulkitsemaan ilmiötä, hankkimaan siitä tietoa ja tuottaa teoreettisesti mielekäs tulkinta ilmiöstä. (Tuomi & Sarajärvi 2018, Puusa & Juuti 2020.) Tässä pro gradu -tutkielmassa kehitelty pakopeli oli vain tutkijan itsensä mielipide siitä, millaisia vaatimuksia kehiteltävälle pakopelille asetettiin. Tämä voi heikentää tutkimuksen luotettavuutta ja luotettavammaksi tutkimuksen voisi tehdä se, että niin tarpeita kuin ideoitakin olisi ongelma-analyysissä suunnittelemassa isompi joukko opetusalan ja pakopelialan asiantuntijoita.

LÄHTEET

Anderson, T. & Shattuck, J. (2012). Design-Based Research: A Decade of Progress in Education Research? *Educational Researcher*, 41(1), 16–25. https://doi.org/10.3102/0013189X11428813

Byers, W. (2007). *How mathematicians think using ambiguity, contradiction, and paradox to create mathematics.* Princeton University Press. https://doi.org/10.1515/9781400833955

Csikszentmihalyi, M. (2008). *Flow: the psychology of optimal experience*. Harper Perennial.

DigiErkon iltakoulu (5.3.2021). *#9 Pakohuonepedagogiikka ja pelillisyys opetuksessa.* [Podcast]. Kuunneltu 2.4.2021 osoitteesta https://open.spotify.com/episode/1bUGuIhQd6SRPqQFF0IQYR?si=RXVFY8sJSAaFlgaYwhceNA

Ebbinghaus, H.-D., Flum, J. & Thomas, W. (1994). *Mathematical logic*. Springer.

Edelson, D. (2002). Design Research: What We Learn When We Engage in Design. *The Journal of the Learning Sciences*, 11(1), 105–121. https://doi-org.libproxy.tuni.fi/10.1207/S15327809JLS1101_4

ElämysTeeri (2020). *Pakohuone ja pelaamisen hyödyt.* [Blogi-kirjoitus]. Luettu 2.4.2020 osoitteesta https://elamysteeri.fi/blogi/pakohuone-ja-pelaamisen-hyodyt/

Gentzen, G. (1935). *Mathematische Zeitschrift,* 405–431. Berlin. http://resolver.sub.uni-goettingen.de/purl?PPN266833020_0039

Hella, L. (2015). *Matemaattinen logiikka.* [Luentomoniste]. Tampereen yliopisto.

Jauhiainen, R. & Eskola, M. (1994). *Ryhmäilmiö: perustietoa ryhmän käytöstä ja ryhmätyöstä sosiaalityöhön sovellettuna.* WSOY.

Juuti, K. & Lavonen, J. (2012). Design-Based Research in Science Education: One Step Towards Methodology. *Nordina: Nordic Studies in Science Education,* 2(2), 54–68. https://doi.org/10.5617/nordina.424

Joutsenlahti, J. & Tossavainen, T. (2018). Matemaattisen ajattelun kielentäminen ja siihen ohjaaminen koulussa. Teoksessa Joutsenlahti, J., Silfverberg, H. & Räsänen, P. (toim.) *Matematiikan opetus ja oppiminen*. Niilo Mäki Instituutti.

Järvilehto, L. (2014). *Hauskan oppimisen vallankumous*. PS-kustannus.

Koiranen, J. (2019). *Pedagogiset pakopelit: opas*. Helsinki: Ääres eduEscape.

Kortesuo, K. (2018). *Pakohuone: suunnittele, toteuta, pakene*. Tallinna: Karisto.

Leppäaho, H. (2007). *Matemaattisen ongelmanratkaisutaidon opettaminen peruskoulussa: Ongelmanratkaisukurssin kehittäminen ja arviointi* (No. 298). Jyväskylän yliopisto.

Opetushallitus (2014). *Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014*. [www-lähde]. Helsinki: Opetushallitus. Luettu 19.1.2022 osoitteesta https://www.oph.fi/sites/default/files/documents/perusopetuksen_opetussuunnitelman_perusteet_2014.pdf

Paalumäki, A. & Vähämäki, M. (2020) Havainnointi organisaatiotutkimuksessa. Teoksessa Puusa, A. & Juuti, P. (toim.), *Laadullisen tutkimuksen näkökulmat ja menetelmät* (luku 8). Adobe Digital Editions version [E-kirja]. Gaudeamus.

Pine, B. J. & Gilmore, J. H. (2011). *The experience economy* (Updated edition.). Harvard Business Review Press.

Pernaa, J. (2013). Kehittämistutkimus tutkimusmenetelmänä, 9–26. Teoksessa Pernaa, J. (toim.) *Kehittämistutkimus opetusalalla*. PS-kustannus.

Puhakka, J. (2020). *Epäsuoratodistus ja induktiotodistus lukion matematiikassa*. Pro gradu -tutkielma. Oulun yliopisto.

Puusa, A. & Juuti, P. (toim.) (2020). *Laadullisen tutkimuksen näkökulmat ja menetelmät.* Adobe Digital Editions version [E-kirja]. Gaudeamus.

Puusa, A. (2020). Haastattelutyypit ja niiden metodiset ominaisuudet. Teoksessa Puusa, A. & Juuti, P. (toim.), *Laadullisen tutkimuksen näkökulmat ja menetelmät* (luku 6). Adobe Digital Editions version [E-kirja]. Gaudeamus.

Rautio, J. (2020). *”Työläitä, mutta huippuja!”: Opettajien kokemuksia pakohuoneiden käyttämisestä koulussa.* Pro gradu -tutkielma. Tampereen yliopisto. Kasvatustieteiden ja kulttuurin tiedekunta.

Sahlberg, P. & Berry, J. (2003). *Small group learning in mathematics: teachers' and pupils' ideas about groupwork in school.* Finnish Educational Research Association.

Tarssanen, S. & Kyllänen, M. (2009). Elämys – mikä se on?, 6–23. Teoksessa Tarssanen, S. (toim.) *Elämystuottajan käsikirja*. Lapin Elämysteollisuuden osaamiskeskus LEO. Luettu 11.1.2022 osoitteesta http://www.kulmat.fi/images/tiedostot/Artikkelit/elmystuottaja%20ksikirja.pdf

Tuomi, J. & Sarajärvi, A. (2018). *Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi* (Uudistettu laitos). Adobe Digital Editions version [E-kirja]. Tammi.

LIITTEET

Liite 1: Pakopelin rakenne ja tehtävät

Tarina

Oppilaille kerrotaan ennen pelin aloittamista, lyhyt tarina siitä, kuinka kirstu on päätynyt heidän ratkaistavakseen.

Koulun kellarissa on jo vuosikymmenten ajan työskennellyt salassa professori Kukkupää kinesiotutkimuksen parissa. Kukkupää tuli viime viikolla lopullisesti hulluksi ja ensimmäistä kertaa uskalsimme pistäytyä Kukkupään työhuoneella. Kaiken sekasotkun keskeltä, löytyi tämä kirstu, joka on lukittu mahdottoman monella lukolla. Meistä opettajista kukaan ei ole saanut kirstua auki ja nyt on teidän vuoronne yrittää saada selville, mitä tärkeää kirstu pitää sisällään.

Pelin kulku

Pulmalaatikko etenee lineaarisesti tehtävästä toiseen. Viimeisestä tehtävästä löytyy sinikopio ja oppilaat saavat ohjeeksi ottaa sinikopiosta kuvan ja lähettää kuvan sähköpostilla. Kun viesti on lähetetty, kuulevat oppilaat ääniviestin:

Kiitos lähettämistänne aikakoneen piirustuksista. Nyt pääsemme viimeistelemään tekeillä olevan mallin ja voimme aloittaa aikamatkustuksen sovitun aikataulun mukaisesti. Nähdään tulevaisuudessa!

Pedagoginen tavoite: Lineaarisuus pitää pelin mahdollisimman selkeänä ja auttaa paremmin keskittymään tehtävän kannalta olennaisiin asioihin.

Tehtävät

Kaikki tehtävät pohjautuvat matematiikan oppituntien sisältöihin ja niitä voidaan harjoitella matematiikan tunneilla.

1. Tehtävä

Kirstun päällä näkyy neljä kuvaa: jakoavain, liekki, lintu ja aurinko (järjestys). Kirstun kyljistä löytyy neljä kädenmentävää aukkoa, joista tunnustelemalla löytyy: kolme mutteria vasemmalla, yksi tuikku alhaalla, yksi linnunpönttö oikealla ja kahdet aurinkolasit ylhäällä (suunta ja määrä).

Koodi: V V V A O Y Y (suuntalukkoon)
→ Kirstu aukeaa

<u>Pedagoginen tavoite:</u> Helppo aloitustehtävä, ryhmätyön käynnistäminen, kommunikointi, avaruudellinen hahmottaminen, suunta, lukumäärä

2. Tehtävä

Kirstun kanteen teipattujen ohjeiden avulla päätellään koodi ksylofonista, jonka koskettimissa on värejä ja numerot 8–1. Kirstun kanteen on teipattu värikäs sanallinen vihje. Tähän tehtävään on kaksi eri vaikeustasoa.

Vaativampi vihje:

Ensimmäinen ja neljäs sävel ovat suurempia kuin toinen sävel, mutta pienempiä kuin vihreä.
Mikään sävel ei ole oranssi.
Toinen sävel on valkoisen ja neljännen sävelen vieressä.
Toinen sävel ei ole pienin.
Kolmas sävel on suurempi kuin ensimmäinen sävel, mutta ne eivät ole vierekkäin.

Ensimmäiseksi selvitetään toinen sävel (kolmas ja neljäs vihje). Samalla selviää myös neljäs sävel (kolmas vihje). Seuraavaksi selviää ensimmäinen sävel (ensimmäinen ja toinen vihje) ja lopuksi kolmas sävel (viimeinen vihje).

Helpotettu vihje (tutkimuksessa käytetty):

Toinen sävel on valkoisen ja neljännen sävelen vieressä.
Toinen sävel ei ole pienin.
Neljäs sävel on suurempi kuin toinen sävel ja kolmas sävel on neljäs kaksinkertaisena.
Ensimmäinen sävel on keltainen.

Ratkaistaan helpoiten etenemällä ylhäältä alas järjestyksessä.

Koodi: 6384 (numerolukkoon, musta laatikko)

→ saadaan musta pitkulainen esine, jossa luku 4 sekä avain pyöreäkantiseen rasiaan

→ saadaan mustaksi maalattu possu, jossa luku 8

<u>Pedagoginen tavoite:</u> Logiikka, poissulkemisen strategia, järjestys, kardinaalit, ordinaalit, vertailu

3. Tehtävä

Viisi mustaa esinettä, joissa valkoinen numero. Esineet järjestetään kirstun välipohjaan piirrettyihin varjokuviin/leikkauspisteisiin seuraavassa järjestyksessä: pyöreäkantinen rasia (0), pallo (1), possu (8), putki (4) ja laatikko (8).

Koodi: 01848 (sininen numerolukko)

→ kirstun luukku aukeaa ja saadaan lukittu musta laatikko (5. tehtävä) sekä salapohjan alta avaimenperä ja avain

→ avain sopii kirstun kannessa olevaan lukolliseen laatikkoon

→ saadaan uv-valo (4. tehtävä)

→ avaimenperän saa auki ja sen sisältä löytyy sininen liuska symboleita (6. tehtävä)

Tätä tehtävää voidaan helpottaa siirtämällä avaimenperä tehtävään 6.

<u>Pedagoginen tavoite:</u> Avaruusgeometria, tason ja kappaleen leikkauspiste.

4. Tehtävä

Kirstun kyljessä on UV-labyrintti, jossa viisi viivaa johtaa viiteen eri tappiin. Lukittu laatikko, jossa on painelulukko, laitetaan paikalleen kirstun kylkeen uv-valossa näkyvien ääriviivojen sisälle. Tehtävänä on seurata viivoja. Tyhjän kohdalla nappi painetaan lukosta pohjaan ja tapin kohdalla nappi jää ylös.

Koodi: 25890 (10-numeroinen painelulukko)

X=tappi

X	X
	X
X	
X	

→ Saadaan naru, sanallinen vihje (”Kun kaksi väriä kohdistuu, niin koodi paljastuu”) ja levyjen kohdistamista kuvaava vihje.

Voidaan helpottaa painamalla kaikki napit valmiiksi pohjaan, joten tapin kohdalla nappi nostetaankin ylös.

<u>Pedagoginen tavoite:</u> Sinnikkyys, yllätyksellisyys, tarkkuus, yhteistyö, tilan hahmottaminen, kärsivällisyys, päättely

5. Tehtävä

Salapohjassa on reikiä, joiden ympärillä värejä. Salapohja kohdistetaan luukkuun kolmella eri tavalla siten, että yksi väripari näkyy rei’istä kerrallaan. Naruun on merkitty ympyrän keskipisteet, joilla kunkin värin keskikohdasta mittaamalla löydetään kirjain. Myös järjestys on narussa. Ilman salapohjan kohdistamista näkyvissä on ylimääräisiä kirjaimia.

Koodi: MODEL (kirjainlukko)

→ Saadaan sinikopio (ja avaimenperä, jos se ei löytynyt salapohjan alta)

<u>Pedagoginen tavoite:</u> Ympyrän säde

6. Tehtävä

Avaimenperästä löytynyt sininen liuska (=koodiavain) yhdistyy pohjapiirustuksen reunaan. Sen avulla sinikopioon kirjoitettu teksti voidaan lukea:
Ota kuva sinikopiosta ja lähetä se vuosi2321@gmail.com.

→ Kuullaan pelin loppumisesta kertova ääniviesti.

Pedagoginen tavoite: Kryptografia, koodinpurku, helppo lopetus tehtävä

Liite 2: Pelin ohjeistaminen

Tässä tutkimuksessa käyttämäni ohjeistus, joka pelaajille kerrottiin ennen peliä. Ohjeistuksen jälkeen käynnistettiin äänimaisema ja kerrottiin kirstuun liittyvä tarina (liite 1).

> Tervetuloa pelaamaan pakopeliä! Tarkistetaan ensiksi, keitä täällä on paikalla. Pelin pelaaminen on osa tekemääni tutkimusta ja teidän koko peli videoidaan. Kysyttävää? Käynnistän tallennuksen, niin voidaan aloittaa!
>
> Oletteko pelanneet pakopelejä aikaisemmin? Pakohuoneita tai lautapelejä? Tietokonepelejä? Lyhyesti, ideana on selvittää mysteeri, josta kerron kohta tarkemmin lisää. Kohtaatte erilaisia tehtäviä, joiden ratkaisemiseksi löydätte vihjeitä kirstusta. Kaikkea, mitä löydätte kirstusta tarvitaan johonkin eli jos otatte kirstusta jotain pois, niin olkaa tarkkoina, että muistatte käyttää sitä. Jos kirstun vihjeet eivät riitä, niin saatte minulta lisäapua. Vihjeitä ei ole muualla kuin kirstussa.
>
> Tärkeintä on, että teette yhteistyötä. Kertokaa havainnoista ja ideoista ääneen toisillenne ja muistakaa myös kuunnella toisianne. Kokeilkaa rohkeasti. Voimaa ei tarvita ja kaikki missä on lukko, vaatii lukon avaamista. Muita keinoja ei saa käyttää. Ihan aluksi näette tällaisen lukon. Suuntalukko toimii näin - - Muut lukot ovat ihan simppeleitä, mutta olkaa tarkkoina, että syötätte esimerkiksi numerolukkoihin koodit lukossa näkyvälle linjalle. Olkaa huolellisia ja tarkkoja koodien kanssa, mitään ei tarvitse arvata.
>
> Kirstua ei tarvitse nostaa ja sen kanssa on hyvä olla varovainen, koska se on vanha ja siitä voi irrota tikkuja. Ja hei, pitäkää ainakin yksi puhelin saatavilla esimerkiksi taskussa, sitä voi tarvita. Onko kysyttävää?

Liite 3: Loppukeskustelut ja kyselylomake

Loppukeskustelu 1.

- Mitä jäi mieleen tehtävistä? Oliko haastavaa vai helppoa?
- Mitä jäi mieleen tarinasta?

Kyselylomake

1. Olen joskus aiemmin ollut pakohuoneessa. (Vastausvaihtoehdot: Kyllä/ei)
2. Oletko seuraavien väittämien kanssa samaa vai eri mieltä? (Vastausvaihtoehdot: Täysin eri mieltä, osittain eri mieltä, osittain samaa mieltä, täysin samaa mieltä)
    a. Minulla oli hauskaa.
    b. Aika tuntui kuluvan nopeasti.
    c. Tarina jäi mieleeni
    d. Pelaaminen ei tuntunut matematiikan oppitunnilta.
    e. Tehtävät liittyivät selvästi matematiikkaan.
    f. Olisin selvinnyt tehtävistä yksin (ilman muiden apua).
    g. Saimme liian vähän vinkkejä pelinohjaajalta.
    h. Voisin kokeilla pakopelejä uusiksi.
3. Valitse seuraavista, mitä tarvitsit tehtävien ratkaisemiseksi: looginen päättelykyky, avaruusgeometria, ympyrän säde, yhtälönratkaisu, yhteen- ja vähennyslasku, kärsivällisyys, tarkkuus, ongelmanratkaisu, sävelkorva, muiden apua

Loppukeskustelu 2.

- Huomasitteko, että tämän pakopelin ratkaisemisessa käytettiin paljon samoja taitoja, joita matematiikan oppitunneilla harjoitellaan? Tuntuiko matikan tunnilta?
- Opitko pelin aikana jotain uutta? Mitä?
- Onko jotain, mitä haluaisitte muuttaa tai kehittää?

Liite 4: Tutkimuksen aineistot

Esimerkki havaintoaineistosta

…

12:06 Kirstu avautuu
O: hyvä!
S1 kommunikoi hyvin, mitä on löytänyt, muut ovat vähemmän äänessä
S1: värit on tärkeitä, tässäkin on lukko
S1 kysyy S2, mistä ton (kellopelin) löysit.

Tehtävä 2
S1 löytää vinkin tehtävään 2 kirstun kannesta ja yhdistää kellopelin siihen välittömästi, mutta lähtee ratkaisemaan sitä kovalla vauhdilla heti ilman, että kertoo muille ajatuksiaan ääneen.
S1: eiku hetkinen
13:55 Huomataan virhe ja toinen sävel on selvillä
S1 ratkaisee koodin, luettelee numerot muille, mutta S2 haluaa tietää, miten koodiin päädyttiin
S2: mistä sä sen tiedät?
S1: näistä vihjeistä tässä
14:30
O: Numerot kuulosti oikeilta, mutta olkaas tarkkana vielä, että missä järjestyksessä ne tulee?
Tulee sekoilua järjestyksen ja koodin numeron kanssa
S2: eka on ykkönen, eikun siis eka on kutonen.
S3 lukee vihjettä ääneen
15:31 koodi saadaan selville, ohjaaja vahvistaa sen, mutta huomataan, että sitä yritetäänkin väärään lukkoon ja ohjaajan neuvoilla löytyy nelinumeroinen lukko.
S2 avaa oikean lukon ja S3 avaa laatikon.

Tunteita: rauhattomuus, oivallus

…

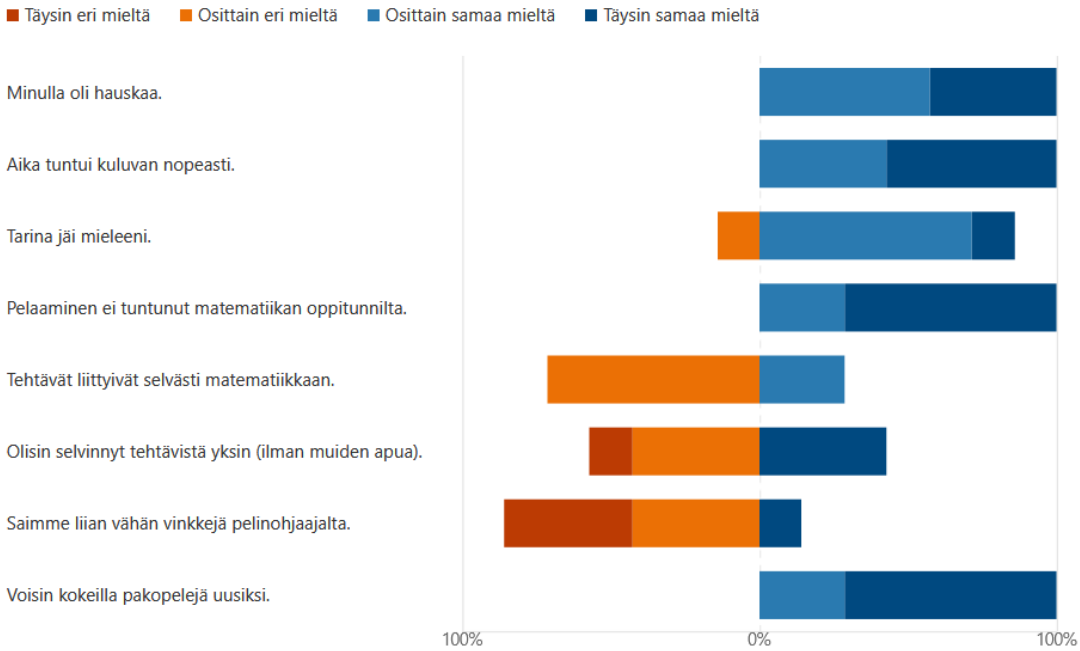
Kyselylomakkeen vastaukset

1. Tämä oli ensimmäinen pelaamani pakopeli.

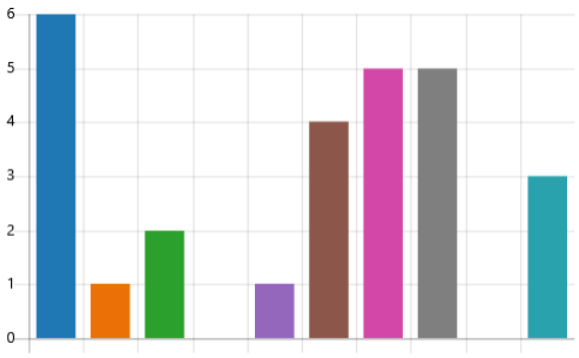
Lisätietoja

Ei	6
Kyllä	1

2.



3. Valitse seuraavista, mitä niistä tarvitsit tehtävien ratkaisemiseksi.

Lisätietoja

looginen päättelykyky	6
avaruusgeometria	1
ympyrän säde	2
yhtälönratkaisu	0
yhteen- ja vähennyslasku	1
kärsivällisyys	4
tarkkuus	5
ongelmanratkaisu	5
sävelkorva	0
muiden apua	3