



HELSINGIN YLIOPISTO
HELSINGFORS UNIVERSITET
UNIVERSITY OF HELSINKI

Informaali opiskelu matematiikanäyttelyssä

Helsingin yliopisto
Kasvatustieteiden maisteriohjelma
Erityispedagogiikka
Pro gradu -tutkielma 30op
Kasvatustiede
Tammikuu 2020
Aapo Sainomaa

Ohjaaja: Risto Hotulainen



Tiedekunta - Fakultet - Faculty Kasvatustieteellinen tiedekunta, Kasvatustieteiden maisteriohjelma		
Tekijä - Författare - Author Aapo Sainomaa		
Työn nimi - Arbetets titel Informaali opiskelu matematiikkanäyttelyssä		
Oppiaine - Läroämne - Subject Erityispedagogiikka		
Työn laji/ Ohjaaja - arbetets art/Handledare - Level/Instructor Pro gradu -tutkielma / Risto Hotulainen	Aika - Datum - Month and year Tammikuu 2020	Sivumäärä - Sidoantal - Number of pages 55 s.
Tiivistelmä <p>Informaali oppiminen tarkoittaa koulun ja oppilaitosten ulkopuolella tapahtuvaa oppimista. Se tapahtuu arkisissa tilanteissa, joiden tarkoitus ei ole alkuperäisesti ollut opetuksellinen. Koulun ulkopuoliset oppimisympäristöt on nähty erityisesti mielenkiintoa herättävinä, motivoivina ja positiivisesti asenteisiin vaikuttavina. Tässä tutkielmassa tutkitaan matematiikkanäyttelyn yhteyksiä suhtautumiseen matematiikkaa kohtaan sekä kiinnostuksen lisääntymistä luonnontieteisiin alakoulun kuudesluokkalaisten oppilaiden osalta. Tämän lisäksi selvitetään koulun ulkopuolisten oppimisympäristöjen mahdollista hyödyntämistä oppilaan laaja-alaisen osaamisen opettamiseen.</p> <p>STEAM (Science, Technology, Engineering, Art, Mathematics) -pedagogiikka tähtää kehittämään oppilaiden taitoja innovaation ja luovuuden saralla yhdistelemällä elementtejä luonnontieteistä ja taiteesta. STEAM yhdistää todellisuuden ja koulutuksen ja pyrkii tarjoamaan oppilaalle ymmärryksen siitä, miten asiat toimivat sekä kohdentaa heidän teknologiataitojaan.</p> <p>Tutkimuksen kohteena oli Tangram - Oivalla matematiikan taito! -näyttely, joka oli osa kansainvälistä CREATIONS-projektia. Tutkimukseen osallistui 256 kuudennen luokan oppilasta viidestä eri jyvaskyläläisestä koulusta. Tutkimusaineisto kerättiin kahdessa osassa: alkutestit viikkoa ennen vierailua ja jälkitestit noin viikko vierailun jälkeen.</p> <p>Näyttelykäynti lisäsi kiinnostusta luonnontieteitä kohtaan yhdeksällä oppilaalla kymmenestä. Kiinnostuneimpia STEM-aineista olivat hyvän visuaalisen päättelykyvyn omaavat pojat. Kiinnostuksen lisääntyminen oli kuitenkin sukupuolesta tai aikaisemmasta kiinnostuksesta riippumatonta. Heikosti koulussa menestyneet sekä huonomman visuaalisen päättelykyvyn omaavat oppilaat arvostivat matematiikkaa vähemmän ennen näyttelykäyntiä kuin muut oppilaat. Arvostus matematiikkaa kohtaan ei lisääntynyt näyttelykäynnin myötä, mutta erot matematiikan arvostuksessa kapenivat. Oppilaiden autonomian kokemus sekä näyttelyssä viihtyminen olivat erittäin tärkeässä asemassa sekä oppilaiden kiinnostuksen lisääntymisen, että matematiikan arvostuksen osalta.</p> <p>Tämän tutkimuksen perusteella voidaan sanoa jo lyhytkestoisen koulun ulkopuolisen oppimisen kasvattavan oppilaiden kiinnostusta ainakin hieman sekä tasoittavan oppilaiden välisiä eroja matematiikan arvostuksessa. Tutkimuksen tulosten perusteella voidaan koulun ulkopuolisen oppimisen ympäristön olleen mielekäs ja kiinnostava oppimisympäristö, joka voisi toimia erinomaisena tapana toteuttaa myös oppilaan laaja-alaista oppimista.</p>		
Avainsanat - Nyckelord informaali opiskelu; koulun ulkopuolinen opetus; matematiikkanäyttely; tiedekeskus; kiinnostus; STEAM-pedagogiikka; matematiikan oppiminen; sukupuoli; laaja-alainen osaaminen		
Säilytyspaikka Helsingin yliopiston kirjasto – Helda / E-thesis (opinnäytteet)		
Muita tietoja - Övriga uppgifter - Additional information		



Tiedekunta - Fakultet - Faculty Educational Sciences		
Tekijä - Författare - Author Aapo Sainomaa		
Title Informal education in mathematics exhibition		
Oppiaine - Läroämne - Subject Special education		
Työn laji/ Ohjaaja - Arbetets art/Handledare - Level/Instructor Master's Thesis / Risto Hotulainen	Aika - Datum - Month and year January 2020	Sivumäärä - Sidoantal - Number of pages 55 pp.
Tiivistelmä - Referat – Abstract		
<p>Informal learning is learning that takes place outside the school system. It happens in everyday situations that were not meant to be educational in the first place. Out-of-school environments are considered to produce positive effects on pupils' interest, motivation and attitudes. The main aim of this study was to find out how math worth and interest in Science, Technology, Engineering, Mathematics (STEM) education differed among 12-year-old pupils before and after visiting an Informal Math and Art Exhibition. Additionally, the aim was to find out if it is possible to utilize an out-of-school environment to teach 21st century skills.</p> <p>Science, Technology, Engineering, Art, Mathematics (STEAM) pedagogy aims to improve pupils' skills in innovation and creativity by combining elements from science and art. STEAM combines reality and education and aims to provide understanding of how things work while simultaneously guiding pupils' technology skills.</p> <p>The learning context was a Math and Art Exhibition that was part of international CREATIONS-project. In this study, there were 256 12-year-old pupils from five different schools in Jyväskylä, Finland. The research material was gathered in 2 parts: pretests one week before the exhibition visit and posttests around a week after the visit.</p> <p>Nine out of ten students felt that the exhibition increased their interest in STEM. Boys who succeeded well in the Raven-test were the most interest in STEM. The increase in interest was, however, unrelated to gender or prior interest in STEM. Math worth was low among pupils who achieved low grades at school and scored low points on the Raven test. Math worth did not increase because of the exhibition visit, but differences in math worth were diminished. Pupils' autonomous experience and situational interest were key factors regarding both math worth and interest.</p> <p>According to this study, even short-term out-of-school learning increases interest and evens out pupils' math worth. In the light of this study the out-of-school learning environment can be seen as a fruitful and interesting way to learn that could also work as an excellent way to teach 21st century skills.</p>		
Keywords informal education; out-of-school education; mathematics exhibition; science centre; interest; STEAM-pedagogy; mathematics learning; gender; 21 st century skills		
Where deposited Helsinki University Library – Helda / E-thesis (theses)		
Additional information		

Sisällys

1	JOHDANTO.....	7
2	INFORMAALI OPPIMINEN JA KOULUN ULKOPUOLELLA TAPAHTUVA OPETUS	9
	2.1 Informaali oppiminen.....	9
	2.2 Koulun ulkopuolella tapahtuva oppiminen	12
	2.3 Museot, näyttelyt ja oppiminen.....	14
	2.4 Kiinnostus ja kiinnostuksen herääminen	16
3	STEAM - LUONNONTIETEIDEN, TEKNOLOGIAN, MATEMATIIKAN JA TAIDETEEN INTEGRAATIOTA.....	20
	3.1 STEM-pedagogiikasta STEAM-pedagogiikkaan.....	20
	3.2 STEAM-pedagogiikka (Science, Technology, Engineering, Art, Mathematics)	21
	3.3 Määrittelyn ja taiteen integraation haasteet STEAM-pedagogiikassa	23
	3.4 Matematiikan opetus informaalisissa ympäristöissä	23
	3.5 Matematiikka ja taide	25
	3.6 Oppilaan laaja-alainen osaaminen	26
4	TANGRAM - OIVALLA MATEMATIIKAN TAITO! -NÄYTTELY	29
5	TUTKIMUSTEHTÄVÄ JA TUTKIMUSKYSYMYKSET	30
6	TUTKIMUKSEN TOTEUTUS.....	31
	6.1 Koehenkilöt ja otanta	31
	6.2 Aineiston kerääminen	31
	6.2.1 Oppilaiden taustatiedot.....	32
	6.3 Tutkimuksen mittarit.....	32
	6.3.1 Motivaatiotesti	32
	6.3.2 Visuaalisen päättelykyvyn testi: Raven Standard Progressive Matrices	33
	6.3.3 Matematiikan arvostus ennen ja jälkeen näyttelykäyntiä.....	33
	6.3.4 Kiinnostus STEM-aineita kohtaan.....	34
	6.3.5 Koettu kiinnostuksen lisääntyminen STEM-aineita kohtaan.....	34
	6.3.6 Tilannemotivaatiotesti.....	34
	6.3.7 Koulumenestys ja visuaalisen päättelykyvyn tasoryhmät.....	35
	6.4 Tutkimuksen analyysi.....	35
	6.4.1 Puuttuvat tiedot	36

7	TUTKIMUSTULOKSET	37
7.1	Alkutilanteen STEM-kiinnostus (T1).....	37
7.2	Jälkitestin STEM-kiinnostus (T2) - Koettu kiinnostuksen lisääntyminen STEM-aineita kohtaan	38
7.3	Matematiikan arvostus (T1 ja T2).....	38
7.3.1	Matematiikan arvostus ja visuaalisen päättelykyvyn ryhmät	39
7.4	STEM-kiinnostus ja koettu kiinnostuksen lisääntyminen	40
7.5	Näyttelykokemus	41
7.6	Suhteellisen autonomian kokemus (RAI)	41
7.7	Polkumalli	44
8	TUTKIMUKSEN LUOTETTAVUUS.....	47
8.1	Reliabiliteetti	47
8.2	Tutkimuksen validiteetti.....	47
9	POHDINTAA	49
	LÄHTEET.....	56

TAULUKOT

Taulukko 1. Otoksen jakautuminen	31
Taulukko 2. Mittarit, testit ja mittausajankohdat.	32
Taulukko 3. Muuttujien kuvailevat tunnusluvut koko aineistossa sekä sukupuolen mukaan	42
Taulukko 4. Muuttujien väliset korrelaatiot.....	42
Taulukko 5. Muuttujien kuvailevat tunnusluvut visuaalisen päättelykyvyn ryhmien mukaan	43
Taulukko 6. Muuttujien kuvailevat tunnusluvut koulumenestyksen mukaan.....	43

KUVIOT

Kuvio 1. Formaali opetus – informaali oppiminen (Salmi, 1993, s. 6).....	10
Kuvio 2. Koulun ulkopuolella annettava opetus, formaali opetus ja informaali oppiminen (Salmi, 1993, s. 9)	12
Kuvio 3. Vuorovaikutteisen museokokemuksen malli (Falk & Dierking, 1992; kuvion suomennus tekijän).....	15
Kuva 4. Kiinnostuksen kehittymisen malli (Hidi & Renninger, 2006; kuvion suomennus tekijän).....	18
Kuvio 5. Esimerkki testissä olleesta päättelytehtävästä (Raven, Raven & Court, 2000).....	33
Kuvio 6. STEM-kiinnostus visuaalisen päättelykyvyn ryhmien ja sukupuolen mukaan.....	37
Kuvio 7. Matematiikan arvostus visuaalisen päättelykyvyn ja koulumenestyksen mukaan.....	39
Kuvio 8. Lopullinen polkumalli (* $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$).	45

1 Johdanto

Koulussa ihminen oppii paljon elämässään tarvittavia tietoja ja taitoja ja tämä onkin opetuksen tärkeimpiä tavoitteita. Aikaisemmin opetus tapahtui pääosin koulurakennuksissa, mutta tästä ollaan irtautumassa ja vuoden 2014 opetussuunnitelmassa oppimisympäristöä kuvaillaankin käsittämään kaikkia ”tiloja ja paikkoja sekä yhteisöjä ja toimintakäytäntöjä, joissa opiskelu ja oppiminen tapahtuva” (OPS, 2014, 29). Oppimisympäristöjen tuleekin tukea vuorovaikutusta ja oppimista sekä yksilön ja yhteisön kasvua (OPS, 2014). Pelkkää teorian tietoa välittävä luokkahuoneopetus voi pahimmillaan jättää oppimisen alhaiselle tasolle (Manninen ja muut, 2007, 53), ja koulun ulkopuolinen opetus pystyykin mahdollisesti tarjoamaan luokkahuonetta paremmat keinot näiden opetussuunnitelman uusien tavoitteiden saavuttamiseen. Erityisesti koulun ulkopuoliset oppimisympäristöt on nähty mielenkiintoa herättävinä, motivoivina ja positiivisesti asenteisiin vaikuttavina (Braund & Reiss, 2004). Kiinnostus on merkittävä osa oppimista, mutta tutkimustietoa sen vaikutuksista koulun ulkopuolisissa oppimisympäristöissä on niukasti. Puhuttaessa kiinnostuksesta kirjallisuudessa halutaan usein erottaa tilannekohtainen kiinnostus yksilön kiinnostuksesta (Krapp, Hidi & Renninger, 1992).

Matemaattisten kuvioiden ja muotojen ymmärtäminen on erittäin tärkeää jokapäiväisessä elämässä. Matematiikan opetus ei perustu vain mekaanisten laskujen laskemiseen eikä sen opettaminen ole sidottu tiettyihin tehtäviin tai paikkaan. Matematiikan opetus koulun ulkopuolisessa ympäristössä on saanut viime aikoina huomiota kuten ilmeni muun muassa Jyväskylässä elokuussa 2016 pidetyssä kansainvälisessä matematiikan alan konferenssissa (BRIDGES, 2016).

Tässä tutkielmassa tarkastellaan koulun seinien ulkopuolella tapahtuvaa informaalia oppimista. Tutkimuksen kohteena ollut Tangram - Oivalla matematiikan taito! –näyttely, joka oli osa kansainvälistä CREATIONS-projektia. Tutkimuksessa käytetty aineisto on osana laajempaa tutkimushanketta ja se kerättiin keväällä 2016. Jyväskylässä järjestettyyn näyttelyyn osallistui yhteensä 256 kuudesluokkalaista oppilasta viidestä eri jyväskyläläisestä koulusta.

Tutkimustietoa matematiikan informaalista opetuksesta on kuitenkin vain vähän ja nämä tutkimukset ovat painottuneet oppimistuloksien tutkimiseen kiinnostuksen sijasta (Salmi, Thuneberg & Vainikainen, 2015). Tilannesidonnainen kiinnostus vaikuttaa olevan keskeisessä roolissa näyttelyoppimisessä (Fenyvesi, Koskimaa & Lavicza, 2015). Kiinnostuksella ja tilannemotivaatiolla vaikuttaa olevan yhtymäkohtia erityisesti näyttelyoppimisessä (Vainikainen, Salmi & Thuneberg, 2015). Kiinnostuksen herättämä tilannemotivaatio on myös oleellinen osa klassista motivaatioteoriaa (Deci & Ryan,

2002), jossa se on varhaisempi vaihe syvällisemmälle sisältömotivaatiolle (Engeström, 1987; Salmela-Aro & Nurmi, 2005). Informaalin opetuksen monipuolinen tutkiminen on tärkeää, jotta pystytään kehittämään uusia, toimivia oppimisen menetelmiä (Falk & Dierking, 2000). Tutkimuksen määrä onkin lisääntynyt runsaasti 2000-luvulla (Rennie, 2014).

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää oppilaiden kiinnostusta STEM-aineita kohtaan sekä yksittäisen näyttelyvierailun vaikutuksia kiinnostuksen koettuun lisääntymiseen. Lisäksi tutkittiin oppilaiden sukupuolen, koulumenestyksen sekä visuaalisen päättelykyvyn yhteyksiä kiinnostukseen STEM-aineita kohtaan sekä sen koettuun lisääntymiseen. Uutena lähestymistapana käytettiin myös taito- ja taideaineiden hyödyntämistä, jossa STEM-aineisiin tuodaan mukaan taiteen (Art) elementtejä synnyttäen STEAM-pedagogiikan. Myös Helsingin yliopiston kasvatustieteellisessä tiedekunnassa on tehty aiheesta yli 30 Pro gradu –opinnäytetyötä (mm. Fast 2019; Jokela, 1995; Saalasti, 2012). Nämä tutkimukset ovat auttaneet minua suuresti omassa työssäni.

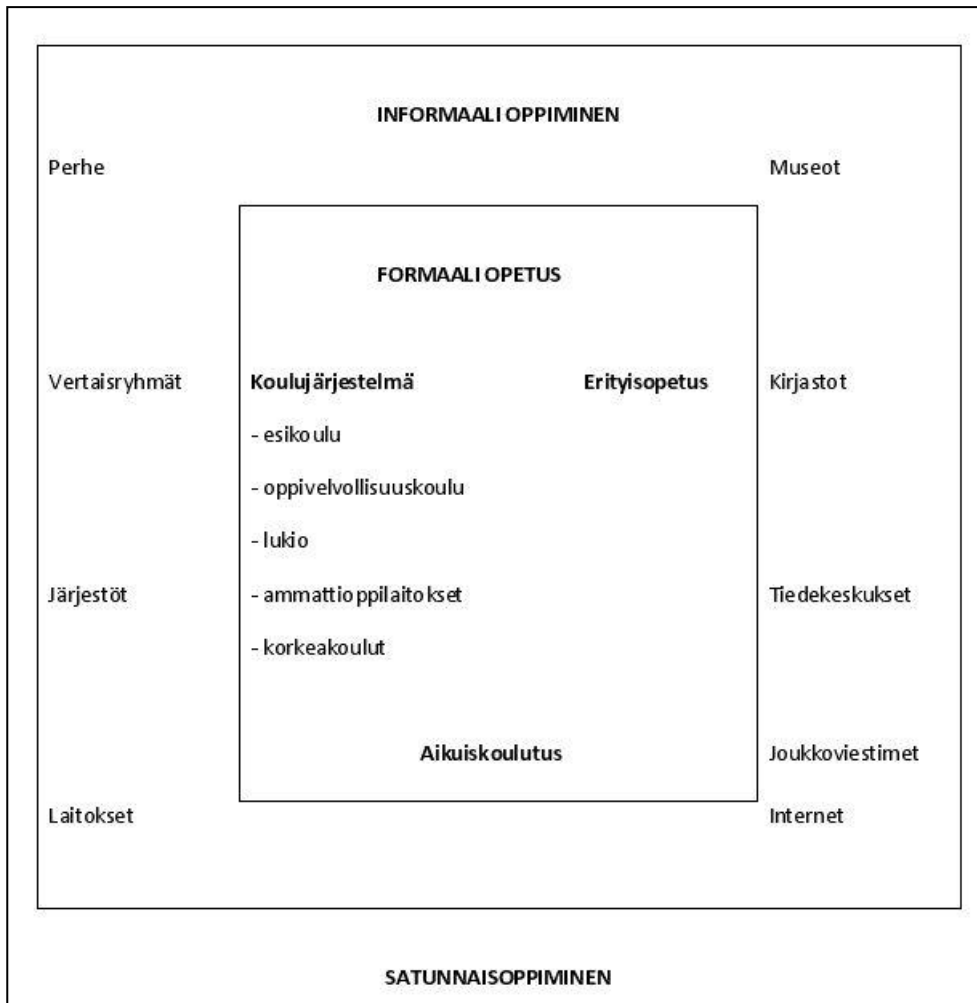
2 Informaali oppiminen ja koulun ulkopuolella tapahtuva opetus

2.1 Informaali oppiminen

Informaali oppiminen tarkoittaa koulun ulkopuolella tapahtuvaa oppimista (Faure et al., 1972). Se tapahtuu arkisissa tilanteissa, joiden tarkoitus ei ole alkuperäisesti ollut opetuksellinen, kuten esimerkiksi perhe, vertaisryhmät, televisio ja internet sekä museot ja tiedekeskukset (Salmi, 2010). Informaali oppiminen terminä juontaa juurensa UNESCO:n (1968) raporttiin *Learning to be – The Faure report*. Termiä tarkensi Ivan Illichin kirja *Kouluttomaan yhteiskuntaan* (1972), ja Howard Gardinerin teos *The Unschooling mind* (1991). He kritisoivat koululaitosta väittäen sen muun muassa vieraantuneen yhteiskunnasta. Heidän mukaansa koulussa panostettiin merkittämättömiin asioihin ja he korostivat informaalia oppimista tehokkaana ja motivoivana tapana oppia.

Vielä 1990-luvulla informaali oppiminen kohtasi vastustusta useissa maissa, eikä se ollut suuren kiinnostuksen kohteena kasvatustieteen tutkijoiden keskuudessa (Salmi, 2003). Vastustajat kuitenkin vähenivät internetin käytön yleistyessä, kun huomattiin, että oppimista todella tapahtuu myös formaalin opetuksen ulkopuolella ja tällainen oppiminen saattoi olla jopa tehokkaampaa kuin koululaitoksen järjestämä opetus. Oppilaitokset Suomessa käyttävätkin nykyään paljon informaalin oppimisen lähteitä hyväkseen myös koulujärjestelmän sisällä (Salmi, 2010).

Salmi hahmottaa formaalin ja informaalin opetuksen eroja kuviossa 1 (1993, s. 6). Formaali opetus tarkoittaa yleensä lainsäädäntöön perustuvaa koulutusinstituution järjestämää opetusta. Se etenee alimmalta (esikoulu) tasolta ylimmälle (yliopisto) hierarkkisesti eli uudelle tasolle siirtyminen edellyttää edellisen tason suorittamista. Lisäksi Salmi erottaa satunnaisoppimisen informaalista oppimisestä, koska sillä tarkoitetaan suunnittelematonta ja usein jopa tiedostamatonta oppimista arjen tilanteissa.



Kuvio 1. Formaali opetus – informaali oppiminen (Salmi, 1993, s. 6)

Stephen Bitgood (1988) on jakanut formaalin ja informaalin oppimisen välisiä eroja seitsemään eri pääkohtaan:

1. Formaalisessa opetuksessa ohjeistus on usein puhutussa tai kirjoitetussa muodossa, kun taas informaali oppiminen nojaa ohjeistuksessa tyypillisesti visuaalisiin ärsykkeisiin. Formaalisessa opetuksessa oppilaat saattavat käydä pitkään ja useita kertoja läpi opetusaineistoa opettajan tahdon mukaan. Informaali oppiminen taas toimii päinvastaisesti. Siinä oppilaat itse päättävät kuinka kauan aikaa he viettävät kunkin aineiston parissa. Altistuminen materiaalille on informaalisessa oppimisessä huomattavasti lyhytkestoisempaa kuin formaalisessa oppimisessä, koska informaali oppiminen perustuu suoriin konkreettisiin esimerkkeihin, kun taas formaalisessa oppimisessä asia käydään yleensä läpi lukemalla tai kuuntelemalla opettajaa.
2. Oppimisympäristöt ovat informaalisessa ja formaalisessa oppimisessä selvästi erilaiset. Siinä missä formaali oppiminen tapahtuu yleensä luokassa, jossa häiriötekijät ovat minimissä, informaali ympäristö on täynnä erilaisia ärsykejä. Informaalin ympäristön ärsykkeet pitävät

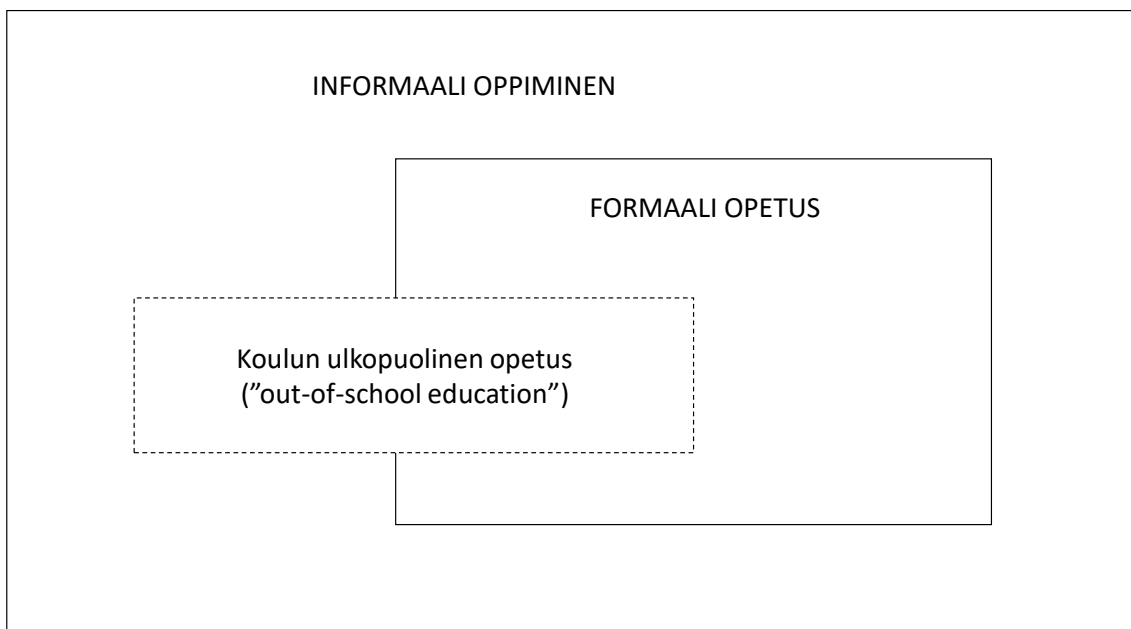
usein oppijan mielenkiinnon suurena, mutta hankaloittavat keskittymistä yhteen asiaan kerhallaan.

3. Formaalisissa oppimisissa opetus ja tehtävien tekeminen etenevät opettajan laatimassa aikataulussa ja tietyssä järjestyksessä asiasta toiseen, kun taas informaalissa oppimisessa sekä järjestys että aikataulu ovat osittain tai täysin oppijasta itsestään kiinni.
4. Formaali opetus on hyvin opettajalähtöistä, jolloin sosiaalinen vuorovaikutus on rajattua ja liittyy pääosin ohjeistukseen tai kysymyksiin käsitellystä aiheesta. Informaalissa ympäristössä vuorovaikutus taas poikkeaa formaalista selvästi. Oppiminen on usein sosiaalinen tapahtuma, jossa oppilaat vaihtavat informaatiota ja mielipiteitä keskenään sekä vaikuttavat toistensa tekemisiin, niin positiivisesti kuin negatiivisestikin, huomattavasti enemmän kuin opettajalähtöisessä formaalisissa oppimisissa.
5. Opiskelu formaalisissa ympäristössä perustuu informaalia enemmän ulkoiselle motivaatiolle. Onnistumisista seuraa hyvä numero todistukseen, jolloin perheeltä ja opettajalta saadaan positiivista huomiota, kun taas epäonnistumisilla on päinvastainen seuraus. Informaali oppiminen perustuu enemmän oppilaan omalle halulle oppia, sillä oppilaan tekemiset eivät ole yhtä rajattuja kuin koulussa. Käsiteltävän asian oppimatta jäämisestä ei yleensä tule samankaltaisia seuraamuksia kuin formaalisissa opetuksessa. Myös palkinnot ovat erilaiset, sillä informaalissa ympäristössä ei hyvää keskittymistä ja paneutumista asiaan palkita hyvällä arvosanalla. Informaalin ympäristön palkintoja ovatkin usein sisäiset seikat, kuten uteliaisuuden tyydyttäminen tai oppimisen ilo, mikä tarkoittaa sitä, että informaalin ympäristön on oikeasti oltava mielekäs ja motivoiva paikka oppilaalle.
6. Formaalisissa oppimisympäristössä painotetaan opitun tiedon määrää ja käytetään melko standardoituja opetusvälineitä ja menetelmiä. Informaalin ympäristön tavoitteena on sen sijaan positiivinen ja mieleenpainuva oppikokemus, jonka tavoitteena ei niinkään ole mahdollisimman monen asian oppiminen, vaan palkitsevan kokemuksen antaminen ja oppilaan mielenkiinnon herättäminen. Formaali ympäristö onkin joissain tilanteissa informaalia ympäristöä tehokkaampi tapa oppia suuri määrä tietoa.
7. Formaalisissa opetuksessa oppikokonaisuudet ovat suunnattuja tietyille ikä- ja tasoryhmille. Ideaalitalanteessa tämä mahdollistaa tarkkojen ja laajojen opetusmateriaalien käytön suurelle joukolle, koska oppilaiden tietotaidot ovat samalla tasolla. Todellisuudessa oppilaat eivät kuitenkaan ole täysin samalla tasolla. Informaalissa opetuksessa yleisönä ovat kaikenikäiset ja -tasoiset yksilöt, jotka oppivat samoista lähteistä. Tämä luo paljon mahdollisuuksia, mutta tarjoaa myös haasteita. Esimerkiksi näyttelyä suunniteltaessa on otettava huomioon miten tarjota mielekästä informaatiota kaikille vieraille.

On kuitenkin hyvä pitää mielessä, että edellä esitetty Bitgoodin analyysi on dikotomia, joka sinällään kuvaa käytäntöä, mutta esittää formaalin opetuksen ja informaalin oppimisen tarpeettoman mustavalkoisena vastakkainasetteluna.

2.2 Koulun ulkopuolella tapahtuva oppiminen

Informaali oppiminen on ollut määriteltynä kirjallisuudessa jo vuosikymmeniä (Bitgood, 1988; Coombs, 1968), mutta nämä määritelmät eivät kattaneet kokonaan kouluajalla tapahtuvaa, opetussuunnitelman mukaista opetusta, joka tapahtuu kuitenkin fyysisen koulutuslaitoksen ulkopuolella (Vainikainen, Salmi & Thuneberg, 2015, s. 54). Tällaista opetusta määrittämään on opetussuunnitelmatasollekin luotu termi "koulun ulkopuolella tapahtuva opetus" (out-of-school education). Koulun ulkopuolella tapahtuvaa opetusta voi olla esimerkiksi tiedekeskusvierailu tai museokäynti. Suomessa termi on ollut jo pitkään osa koululainsäädäntöä sekä opetussuunnitelmaa ja onkin tämän takia tarkasti määritelty (Salmi 2010, s. 384; Thuneberg, Salmi & Vainikainen, 2014, s. 421). Salmi (1993, 2010) on kuvannut kuviossa 2 kuinka koulun ulkopuolella annettava opetus käyttää informaalin oppimisen lähteitä formaalissa opetuksessa ja kuinka se toimii formaalin opetuksen ja informaalin oppimisen linkkinä (Salmi 1993, s. 9). Useimmin käytettyjä koulun ulkopuolisen oppimisen lähteitä ovat leirikoulut, opintoretket, museot ja näyttelyt. Erityisesti tietotekniikan avulla käytettävä oppiminen sekä sosiaalisen median käyttö ovat jatkuvasti lisääntymässä.



Kuvio 2. Koulun ulkopuolella annettava opetus, formaali opetus ja informaali oppiminen (Salmi, 1993, s. 9)

Epämuodollinen opetus (*non-formal education*) vastaavasti tarkoittaa suunnitelmallista opetusta, joka tapahtuu järjestöissä ja laitoksissa kuten työväenopistoissa tai kursseilla. Ne opettavat tietoja ja taitoja, mutta eivät kuitenkaan tarjoa virallisia todistuksia esim. kielten osaamisesta (Salmi 2010, 383). Tämä määritelmä on tärkeä, koska arkikielessä terminologiaa käytetään usein epämääräisesti.

Nykyään opetussuunnitelmat rohkaisevatkin vaihtoehtoisten pedagogisten ratkaisujen käyttöä. Tämä on huomioitu myös perusopetuksen opetussuunnitelman perusteissa (2014), jossa oppimisympäristöjä kuvaillaan käsittämään ”*tiloja ja paikkoja sekä yhteisöjä ja toimintakäytäntöjä, joissa opiskelu ja oppiminen tapahtuvat*” (OPS, 2014, s. 29). Oppimisympäristöjen tulee myös tukea vuorovaikutusta ja oppimista sekä yksilön ja yhteisön kasvua (POPS, 2014). Pelkkää teoretietoa välittävä luokkahuoneopetus voi mahdollisesti jäädä puutteelliseksi (Manninen ja muut, 2007, s. 53), jolloin koulun ulkopuolinen opetus pystyykin mahdollisesti tarjoamaan luokkahuonetta paremmat keinot näiden tavoitteiden saavuttamiseen. Muutos kohti vaihtoehtoisten pedagogisten ratkaisujen käyttöä on ollut suuri 1990-luvun alusta. Vielä 1970-luvulla Suomessa uusi peruskoululaitos korosti keskitettyä valtakunnallista opetussuunnitelmaa ja -järjestelmää sekä koulurakennuksen keskeistä roolia opettamisessa (POPS, 1970).

Puhuttaessa nykyaikaisista oppimisympäristöistä on syytä ottaa huomioon, että koulun ulkopuolella tapahtuu merkittävä osa oppilaiden oppimisesta (Falk & Dierking 1992; Manninen ja muut, 2007). Oppimisympäristöä ei voi määritellä pelkästään sen fyysisten piirteiden perusteella, vaan on otettava huomioon myös sosiaalinen, tekninen, paikallinen ja didaktinen näkökulma (Manninen 2007, s. 37). Tätä korostaa myös uusin opetussuunnitelma (OPS, 2014). Oppimisympäristöä suunniteltaessa onkin tärkeää pohtia miten se voi parhaiten edistää oppimista, ja koska museot eivät itsessään täytä oppimisympäristön määritelmää (Manninen ja muut, 2007, s. 101) on yhteistyö opettajien ja koulun ulkopuolisen oppimisympäristön välillä välttämätöntä.

Koulun ulkopuoliset oppimisympäristöt korostavat usein oppilaiden aktiivista ja omatoimista roolia. Opettajalla on silti tärkeä rooli museovierailun muuttamisesta oppimiskokemukseksi. Vasta kun oppilaiden havainnot ja kokemukset yhdistyvät tieteellisen tiedon kanssa myöhemmän keskustelun avulla, syntyy museovierailusta oppimiskokemus (Tunncliffe & Reiss, 2010, s. 136).

Opettajilla on siis aktiivinen rooli ohjata oppilasta ja luoda yhteys oppimisympäristössä ja koulussa tapahtuvan opiskelun välille. Parhaiten opettaja onnistuu luomaan tämän vuorovaikutuksen integroimalla oppimisympäristössä ja koulussa tapahtuvan opiskelun yhdeksi kokonaisuudeksi. Tämän lisäksi opettajan tulee tarjota oppilaille vastuuta ohjata opiskeluaan heidän omien kiinnostustensa mukaisesti. On tärkeää tarjota oppilaille etukäteen informaatiota käyntikohteesta sekä opastaa oppilaita käyttämään tilanteeseen parhaiten sopivia oppimisstrategioita (Griffin, 1998, s. 660-661).

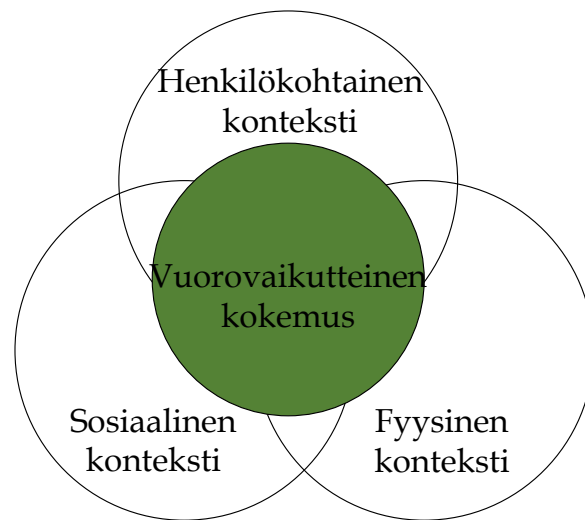
Kansainvälisesti vertailtuna Suomessa hyödynnetään runsaasti koulun ulkopuolista opetusta (Salmi 2003, s. 384). Kuitenkin koko maan kattavasta seurantatutkimuksesta käy ilmi, että sekä opettajat ja oppilaat toivoivat lisää mahdollisuuksia koulun ulkopuolella tapahtuvaan oppimiseen (Kärnä, Hakonen & Kuusela, 2012, s. 178-179). Myös Nieminen (2016) havaitsi opinnäytetyössään, että opettajat kokivat informaalien ympäristöjen hyödyntämisen motivaation lisääjänä ja opittavan asian muistamisen tukena, mutta kokivat resurssien puutteen vaikuttavan merkittävästi näiden hyödyntämiseen.

Oma tutkimukseni paikantuu informaalin oppimisen ja formaalin kouluopetuksen saumakohtaan. Tutkimuksessa tarkasteltiin erityisesti informaalia oppimista matematiikanäyttelyn yhteydessä. Kyseinen näyttely edusti koulun opetussuunnitelman mukaan tapahtuvaa, mutta koulun ulkopuolisessa ympäristössä toteutettua opetusta ja oppimista. Tältä osin se kytkeytyy kuviossa 1 esitettyyn teoriataustaan.

2.3 Museot, näyttelyt ja oppiminen

Tämä tutkimus toteutettiin Jyväskylän yliopiston museon Soihtu-näyttelytilassa Tangarm – oivalla matematiikan taito! –näyttelyn yhteydessä. Museo-oppimisen yleisesti käytetyn mallin ovat esittäneet Falk & Dierking (1992). Mallin mukaan jokainen museovierailu koostuu kolmesta eri kontekstista: 1. persoonallinen, 2. fyysinen ja 3. sosiaalinen. Näiden kontekstien vuorovaikutusta he ovat kuvanneet kuviossa 3.

Näistä kolmesta kontekstista muodostuu kuvion keskelle neljäs konteksti, jokaisen kävijän oma, vuorovaikutteinen kokemus. Kuviota tarkastellessa pitää ottaa huomioon, että kontekstien suhteet vaihtelevat jokaisen yksilön kohdalla, mutta ovat kuitenkin kaikki aina jollain tavalla läsnä. Parhaan ymmärryksen museokäyntikokemuksesta saakin tarkastelemalla näiden kolmen kontekstin risteyskoh-
tia. (Falk & Dierking, 1992). Anglo-amerikkalaiseen tapaan sana "museo" tarkoittaa myös muita näyttelykokonaisuuksia kuten tiedekeskuksia ja akvaarioita.



Kuvio 3. Vuorovaikutteisen museokokemuksen malli (Falk & Dierking, 1992; kuvion suomennus tekijän)

Henkilökohtaiseen kontekstiin kuuluvat vierailijan kiinnostus, huolet sekä aiempi tieto kontekstista. Nämä seikat muovaavat yksilön omaa ajankäyttöä, mieltymyssuuntauksia sekä kokemusvalintoja. Henkilökohtaiseen kontekstiin kuuluvat asiat tunnistamalla pystytään jossain määrin esimerkiksi ennustamaan eroja kokeneen museokävijän ja ensikertalaisen vierailuissa. (Falk & Dierking, 1992). Henkilökohtaisen kontekstin havainnointi ja ymmärtäminen on kuitenkin varsin vaikeaa. Sen määrittely yleisö- ja oppimistutkimuksissa vaatii kunnollisia kyselylomakkeita tai syvähaastattelua.

Jokaisella museokävijällä on oma sosiaalinen kontekstinsä huolimatta siitä, kävikö hän museossa yksin vai ei. Vierailuun vaikuttaa seura, muiden vierailijoiden määrä sekä kanssakäyminen henkilökunnan kanssa. Sosiaalisen kontekstin ymmärtäminen auttaa ymmärtämään esimerkiksi aikuisryhmän ja koululuokan vierailujen eroja. (Falk & Dierking, 1992). Ulkopuolisen tarkkailijan tai tutkijan on mahdollista tehdä havaintoja sosiaalisen kontekstin vaikutuksista käyntiin ja sen rakenteeseen. Jo pelkästään ajankäytössä, ryhmäkoheesiossa ja näyttelyssä liikkumisessa on havaittavissa selviä eroja erilaisten ryhmien välillä.

Fyysinen konteksti vaikuttaa vierailijoiden käytökseen, tuntemuksiin sekä siihen, mitä he muistavat näyttelykäynnistä. Tietynlainen aistimus, kuten esimerkiksi outo haju, saattaa saada yhden vierailijan jäämään pitkäksi aikaa tarkkailemaan huonetta. Sama haju voi taas toimia toisen vierailijan kohdalla päinvastoin ja karkottaa tämän huoneesta. Fyysinen konteksti on usein se, mikä jää vierailijan mieleen painavimmin vierailua muisteltaessa. Kun kävijä vertailee vierailua aikaisempiin näyttelykäyntei-

hin, hän vertaa juuri kokemuksia vierailuiden fyysisessä kontekstissa. (Falk & Dierking, 1992). Fyysiseen kontekstiin kuuluu usein myös väsyminen. Erityisesti laajat näyttelykokonaisuudet saattavat viedä paljon aikaa ja kävijä jopa kävelee huomattavan matkan vierailun aikana. Tämä fyysisyys jää usein huomaamatta muun kokemuksen myötä.

Vaikka konteksteja voi tarkastella erikseen, ne toimivat parhaiten yhdessä. Näiden kolmen kontekstin tarkastelua voi käyttää hyväkseen yrittäessä ymmärtää vierailijoiden kokonaisvaltaista kokemusta ja siten ennustaa miten tietty näyttely vastaa eri ryhmien tarpeita ja odotuksia (Falk & Dierking, 1992). Lisäksi opettajat voivat käyttää mallia suunnitellessaan esimerkiksi luokkaretkeä, tiedekeskusvierailua tai näyttelykäyntiä (Braund & Reiss, 2004).

Museoissa tapahtuvaa koulun ulkopuolista opetusta on tutkittu myös opinnäytetöissä. Saalasti (2012) havaitsi, että näyttelyvierailu tarjosi uutta tietoa tasaisesti aiheesta enemmän sekä vähemmän tietäneille ja näin tasoitti oppilaiden välisiä tasoeroja aiheen tietämyksestä. Sundström (2014) tutkimuksen mukaan sukupuolten väliset *erot opitun tiedon määrässä kaventuivat koulun ulkopuoliossa oppimisympäristössä*.

Nämä havainnot tukevat tutkimustietoa siitä, että informaali oppimisympäristö tasoittaa joiltain osin oppilaiden välisiä tasoeroja (Salmi, Vainikainen & Thuneberg, 2015).

2.4 Kiinnostus ja kiinnostuksen herääminen

Kiinnostus uusien asioiden oppimiseen tulee ihmiseltä luonnostaan. Ihmisellä on neurologinen taipumus etsiä tietoa ja kehittää kiinnostusta (Hidi, 2006, s. 70). Voidaan kuitenkin olettaa, ettei kukaan ole aivan kaikesta kiinnostunut. Määrätietoiseen oppimiseen vaaditaan myös jatkuvaa tietoista ja keskittyntä harjoittelua. Itse oppimisen kannalta ei ole väliä millä tavalla oppilas on taivutettu harjoitteluun. Jos jotain asiaa harjoittelee tuntikausia päivässä, sen varmasti oppii, mutta tämän kaltaisella oppimisella on lukuisia ei-toivottuja vaikutuksia. (Järvilehto, 2014, s. 42). Pakottamien tai uhkailu eivät luonnollisestikaan ole hyviä keinoja oppimiselle. Jos oppija on oikeasti kiinnostunut opittavasta asiasta, on tämän huomattavasti mielekkäämpää ja helpompaa suorittaa tarvittava määrä harjoituksia asian oppimiseksi.

Kiinnostus on tärkeä osa oppimista siinä missä kognitiiviset tekijät, motivaatio ja minäpystyvyyskin. Kiinnostus on monitahoinen käsite, jonka määrittäminen vaatii ainakin kognitiivisten- ja emotionaalisten ulottuvuuksien sekä kiinnostuksen kohteen merkityksien tarkastelua (Krapp & Prenzel, 2011; Renninger & Hidi, 2011).

Kiinnostuksesta ei ole vakiintunutta ja yleisesti hyväksyttyä teoreettista määritelmää (Renninger & Hidi, 2011, s. 168), mutta kiinnostusta käsittelevistä teksteistä voidaan löytää usein kolme pääkoh-
taa, joissa kiinnostusta tarkastellaan: kiinnostuksen käsitteen ominaisuudet, ulottuvuudet, joista kiin-
nostus koostuu sekä analyttiset tasot, joissa kiinnostusta tarkastellaan tutkimuksissa (Krapp &
Prenzel, 2011, s. 30).

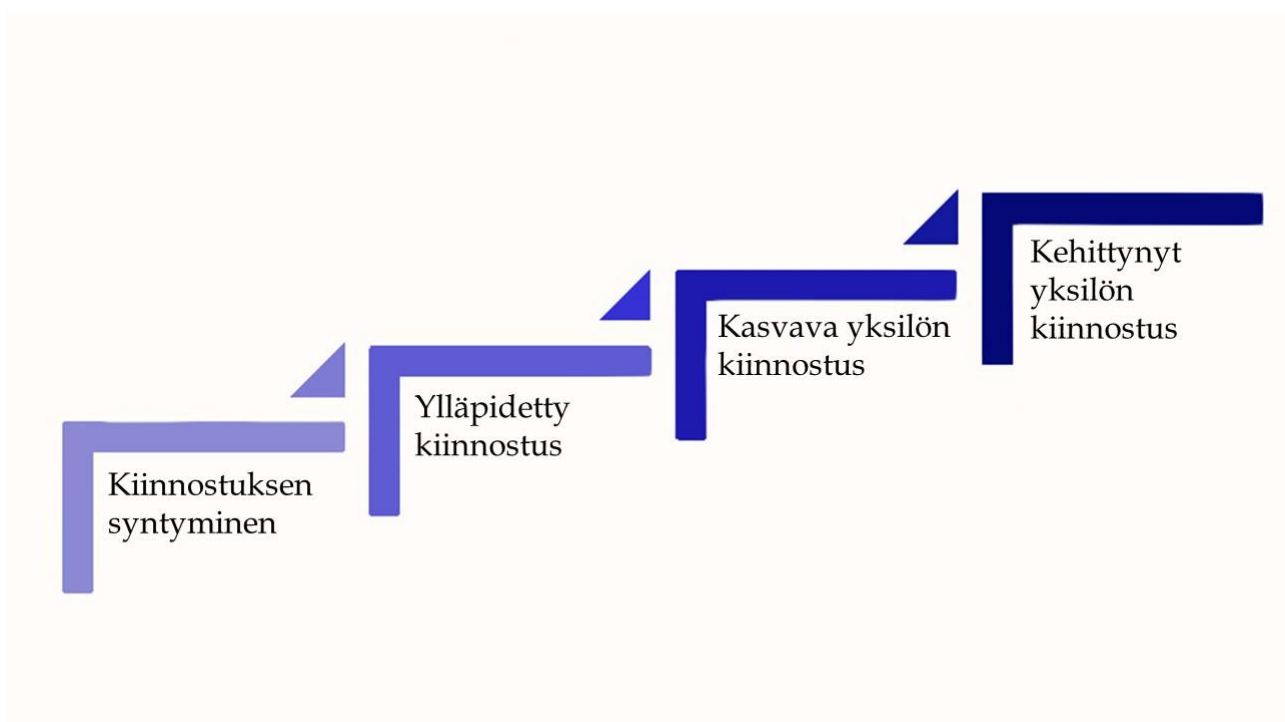
Usein kirjallisuudessa halutaan erottaa tilannekohtainen kiinnostus yksilön kiinnostuksesta (Krapp,
Hidi & Renninger, 1992). Yksilön kiinnostus on luonteeltaan pysyvää ja vaikutukset liittyvät yksilön
arvoihin ja tietoihin. (Hidi, 1990). Yksilön kiinnostusta on luonnehdittu vähitellen syntyväksi, si-
säiseksi haluksi ymmärtää tietty aihe (Hidi & Renninger, 1992; Krapp & Prenzel, 2011; Schraw &
Lehman, 2001). Se on ihmiselle luontainen, jatkuvasti läsnä oleva, kognitiivinen ja voimakastuntei-
nen ominaisuus. (Hasni & Potvin, 2015, s. 342).

Tilannekohtainen kiinnostus on taas tunnepohjaista. Se saattaa syttyä hyvinkin nopeasti, mutta
myös sammua hetkessä (Hidi, 1990). Se on psykologinen tila, joka vaatii sinnikkyyttä, lisääntyvää
kognitiivista toimintaa, keskittymistä sekä voimakastunteista osallistumista (Krapp, 2007, s. 9). Ti-
lannekohtainen kiinnostus voi kehittyä pitkäkestoiseksi yksilön kiinnostukseksi (Hidi & Harackiewicz,
2000, 155) eli tietyt olosuhteet täyttäessään oppimisympäristö voi herättää enemmän kuin vain
hetkellisen kiinnostuksen. Tämän takia tilannekohtaisen kiinnostuksen rooli on tärkeä opiskeltaessa
asioita, joista oppilaat eivät ole etukäteen erityisen kiinnostuneita.

Näiden lisäksi tutkijat ovat tarkastelleet myös ainekohtaista kiinnostusta (Ainley, Hidi & Berndorff,
2002a; Hidi, 1990; Schiefele, 1996, 1998). Tällä tarkoitetaan suhteellisen kestävästä suuntautumista
tiettyä aihepiiriä kohtaan (Schiefele & Krapp, 1996, s. 141). Ainekohtaisessa kiinnostuksessa yhdis-
tyy sekä yksilön kiinnostus että tilannekohtainen kiinnostus. Tietty aihe saattaa kiinnostaa kahta eri
oppijaa eri syistä (Hidi, 2006, s. 73). Esimerkiksi tämän tutkimuksen kohteena ollut Tangram näyttely
saattoi kiinnostaa yhtä oppilasta tämän geometrian kiinnostuksen vuoksi. Toinen oppilas, jolla ei ollut
vastaavaa yksilön kiinnostusta aiheeseen, saattoi kuitenkin kokea sen kiinnostavaksi jonkin tilanne-
kohtaisen kiinnostuksen vuoksi kuten esimerkiksi näyttelyn formaalista opetuksesta poikkeavan
luonteen takia.

Hidi ja Renninger (2006) ovat esitelleet nelivaiheisen mallin (kuvio 4), siitä miten kiinnostus kehittyy
tilannekohtaisesta kiinnostuksesta henkilökohtaiseksi kiinnostukseksi. Kiinnostuksen ensimmäinen
vaihe on itse *kiinnostuksen syntyminen*. Kiinnostus uusiin asioihin voi syntyä esimerkiksi muiden
ihmisten tekemisistä, uudesta informaatiosta, projekteista tai teksteistä. Jos tämä orastava kiinnos-

tus jatkuu, muuttuu se *ylläpidetyksi kiinnostukseksi*. Tällöin yksilön huomio keskittyy aiheeseen pidemmän ajanjakson ajan. Se saattaa välillä heiketä tai loppua kokonaan, mutta ilmenee taas jonkin ajan päästä uudestaan. (Hidi & Renninger, 2006, s. 114). Ylläpidetyn kiinnostuksen vaiheessa ympäristö, opettaja tai muut oppilaat saattavat tukea yksilöä kiinnostuksen ylläpitämisessä, jolloin tämä alkaa mahdollisesti kehittämään arvostusta itse sisältöä kohtaan. Tämä mahdollistaa kiinnostuksen kehittymisen kohti yksilön kiinnostusta, josta Hidi ja Renninger (2006) käyttävät nimitystä *kasvava yksilön kiinnostus*. Kasvavaan yksilön kiinnostukseen kuuluvat myönteiset tuntemukset sekä kasvava varastoitu tieto aiheesta. Tässä vaiheessa yksilö on jo usein niin kiinnostunut, että työskentely aiheen parissa sujuu vaivatta (Lipstein & Renninger, 2006, 123) ja vaatii vain hieman ulkoista tukea (Renninger, 2000, 399). Jos yksilö pystyy ylläpitämään kiinnostuksen aiheeseen pysyvänä saattaa kiinnostus syventyä entisestään ja johtaa lopulliseen kiinnostuksen tasoon, *kehittyneeseen yksilön kiinnostukseen*. Tällöin yksilön kasvanut itsesäätelykyky ja arvostus sisältöä kohtaan mahdollistavat luovan ajattelun ylläpitämisen sekä mahdollisesti työhön liittyvän turhautumisen sietämisen (Hidi & Renninger, 2006, 115).



Kuva 4. Kiinnostuksen kehittymisen malli (Hidi & Renninger, 2006; kuvion suomennus tekijän).

Tarkasteltaessa kiinnostusta luonnontieteiden näkökulmasta on tärkeää vetää ero sen välille, miten luonnontieteet käsitetään arkikielessä ja miten niitä opetetaan ja opitaan koulumaailmassa (Hasni & Potvin, 2015, s. 340).

Viime vuosikymmeninä teknologia- ja tiedeosaamiselle on ollut jatkuva lisääntynyt tarve (Hasni & Potvin, 2015, s. 338), mutta oppilaiden kiinnostus aineita kohtaan on pysynyt ennallaan tai jopa las-

kenut monissa OECD maissa (OECD, 2006; 2008). Tämä on myös huomioitu Suomessa ja opetus-suunnitelmassa onkin asetettu yhdeksi biologian ja fysiikan opetuksen tavoitteeksi innostaa oppilasta näiden aineiden opiskeluun (OPS 2014, s. 380-381, 389).

3 STEAM - Luonnontieteiden, teknologian, matematiikan ja taideteen integraatiota

STEAM on kirjainlyhenne, joka on yhdistelmä sanoista tiede (Science), teknologia (Technology), tekniikka (Engineering), matematiikka (Math) sekä taide (Art). STEAM-koulutuksen perustana toimii ajatus siitä, että siihen kuuluvat aineet toimivat opetuksessa paremmin yhdessä kuin erikseen (Ghanbari, 2015, s. 2). Tavoitteena on kokonaisvaltainen oppiminen yhdistelemällä oppiaineita tavalla, jolla ne yhdistyvät oikeassakin elämässä (Yakman, 2008, s. 1).

3.1 STEM-pedagogiikasta STEAM-pedagogiikkaan

STEM -termi lanseerattiin 2000-luvun alussa, josta se on levinnyt Yhdysvaltojen kautta maailmanlaajuiseen käyttöön (Heitin, 2015). STEM-konsepti kehittyi huolesta oppilaiden laskeneesta kiinnostuksesta STEM-aineita kohtaan sekä tulevaisuuden työllisyysnäköymästä STEM-aloilla. Projektilähtöisyydellä ja tutkivalla oppimisella pyrittiin innostamaan oppilaita, sekä takaamaan heille valmius tulevaisuuden ammatteihin STEM-aloilla. (Breiner, Harkness, Johnson & Koehler, 2012, s. 3-5.).

Oikein toteutettuna STEM-koulutuksen tulisi antaa oppilaille ymmärrys siitä, miten asiat toimivat sekä kohentaa heidän teknologiataitojaan. STEM-koulutuksessa yhdistyy tarkka ainekohtainen tietotaito yleisen tietotaidon kanssa, jolloin se mahdollistaa hyvin kognitiivisten taitojen ja ammattitaidon kehittymisen (Perkins & Salomon, 1989, s. 23). Sitä on kuitenkin kritisoitu kapeasta näkökulmasta sekä keskittymisestä liikaa pelkästään aineiden tieteellisiin osiin (Spencer, 2014, s. 13). Yhdysvalloissa STEM-koulutuksella ei ole myöskään ollut haluttua vaikutusta ongelmanratkaisu ja kriittisen ajattelun taitojen kehittymiseen (Sousa & Pilecki, 2013). Liian yksipuolinen opetusnäkökulma STEM-koulutuksessa saattaa olla esteenä yrityksessä tarjota oppilaille mahdollisimman hyödyllisiä ja monipuolisia työkaluja tulevaisuutta varten. Huomattiin, että luovuutta ja innovaatiota ei voi käsitellä erikseen STEM-aineista (Boy, 2013, s. 7). STEM-aineiden painoarvoa oli kohdennettava humanisempaan suuntaan lisäämällä uusi elementti- taide (Art), jolloin yhdistelmä muuttuu muotoon STEAM (Fenyvesi, Koskimaa & Lavicza, 2015, s. 129–130).

3.2 STEAM-pedagogiikka (Science, Technology, Engineering, Art, Mathematics)

Tiede ja taide on perinteisesti nähty lähes vastakkaisina aloina; tiede loogisena sekä analyyttisena ja taide vastaavasti herkkänä, subjektiivisena sekä intuitiivisena (Sousa & Pilecki, 2013). Todellisuudessa kuitenkin taide- ja tiedeaineet täydentävät toisiaan tieteen tuodessa metodologisen työkalun ja taide luovan mallin tieteen kehittämiseksi (Kim, Kim, Nam & Lee, 2012).

Integroimalla luonnontieteen ja taiteen elementtejä STEAM-koulutus tähtää kehittämään oppilaiden taitoja innovaation ja luovuuden saralla. STEAM yhdistää todellisuuden ja koulutuksen tarjoten mahdollisimman elävän oppimiskäsityksen jatkuvasti kehittyvässä ja kansainvälistyvässä maailmassa (Yakman, 2008). Oppilaat pääsevät taiteiden avulla yhdistämään esteettistä näkökulmaa sekä mielikuvitusta STEM-aineisiin (Yakman & Hyonyong, 2012, s. 1072). Tämä on erityisen tärkeää, sillä nyky-yhteiskunnassa tietyn tuotteen menestykseen ei riitä pelkkä tekninen toimivuus. Vaikka ei tiedetä tarkalleen miten uudet keksinnöt tai ideat syntyvät näyttää taidekoulutuksella olevan positiivinen vaikutus uusien ideoiden luovuuteen ja innovaatioon (Chopp, Frost & Weiss, 2014, s. 19). Taiteen integrointi luonnontieteisiin ja matematiikkaan tuo tuleville ammattilaisille kyvyn hyödyntää laajempaa tietotaitoa myös ei-teknillisistä näkökulmista, kuten estetiikasta (Spector, 2015, s. 6).

Hyödyntämällä jo toimivia yhteystyömalleja on taiteen elementtien lisääminen matematiikan ja tieteen opetukseen luontevaa (Fenyvesi, 2012). Taide ja taitoaineiden lisääminen STEM-aineisiin lisää motivaatiota, taitoa kohdentaa ajattelua olennaisiin asioihin sekä kehittää oppilaiden luovuutta (Maeda, 2012; Sousa & Pilecki, 2013; Spector, 2015). Taide-elementin lisäämisen yksi tavoite on myös lisätä sellaisten oppilaiden kiinnostusta, jotka eivät perinteisesti ole osoittaneet kiinnostusta STEM-aineita kohtaan (Quigley & Herro, 2016, s. 422).

Tutkimukset ovat osoittaneet vahvaa yhteyttä musiikin opetuksen ja koulumenestyksen välillä (Fitzpatrick, 2006; Johnson & Memmott, 2006). Oppilaat, jotka soittivat jotain instrumenttia, menestyivät myös muita paremmin matematiikassa (Haley, 2001). Lisäksi taide- ja taitoaineet parantavat oppilaiden pitkäaikaista muistia (Rinne, Gregory, Yarmolinskava & Hardiman, 2011). Humanististen näkökulmien lisääminen matematiikkaan ja luonnontieteisiin valmistaa oppilaita paremmin kohtaamaan erilaisuutta ja muutoksia ja näin kehittämään käytännön taitoja, kuten esimerkiksi ongelmanratkaisutaitoja ja kommunikaatiota (Gogus, 2015, s. 279-281). Lisäksi STEAM-koulutus keskittyy luoviin ja tosielämän ongelmanratkaisutaitoihin ja perehdyttää oppilaita siihen mitä tutkijat ja matemaatikot oikeasti tekevät.

Monet tiedemiehet ja matemaatikot käyttävät taiteen elementtejä töissään (Sousa & Pilecki, 2013). Samoin jo aikoinaan Leonardo Da Vinci käytti tuotoksissaan vahvasti hyväksi laajaa tietämystä luonnontieteistä ja teki yhteistyötä muiden vastaavien kollegoiden kanssa (Rolling, 2016, s. 4). Da Vincin kaltainen nerous onkin hyvä käytännön esimerkki siitä mihin STEAM-koulutuksella muun muassa tähdätään.

STEAM-koulutuksen suosio Suomessa on kasvanut viime vuosina kovaa vauhtia, jonka voi huomata lukuisista uusista STEAM-hankkeista ja –projekteista. Kasvavasta huomiosta huolimatta STEAM-lyhennettä ei esimerkiksi löydy opetussuunnitelmasta laisinkaan, vaikka sen on todettu toteuttavan juuri samoja, peruskoulun opetussuunnitelmassakin mainittuja tavoitteita, kuten laaja-alainen osaaminen ja ongelmanratkaisutaitojen sekä luovan- ja kriittisen ajattelun kehittäminen (POPS, 2014, s. 18, 20).

Suomessa paljon käytetty ilmiöpohjainen/ilmiölähtöinen oppiminen sisältää paljon samankaltaisia yhtäläisyyksiä STEAM-koulutuksen kanssa niin toteutuksessa kuin tavoitteissakin. Opetussuunnitelmasta löytyy poikkeuksetta jokaisen aineen kohdalta viittauksia ilmiöihin, niiden tutkimiseen, opiskeluun ja ymmärtämiseen, joten voidaan sanoa ilmiöiden ja ilmiöoppimisen olevan vakiintuneessa käytössä. Opetushallituksen vuoden 2012 E-oppimateriaalioppaassa ilmiöpohjaista oppimista kuvailaan tarkoittavan asioiden oppimista tutkimalla sekä tarjoamalla selityksiä ensin toistuvasti konkreettisella tasolla ja vasta sen jälkeen teoretietoon siirtymistä (Muukkonen, 2012, s. 111). Ilmiöpohjainen oppiminen ja STEAM-koulutus eivät kuitenkaan ole täysin samoja asioista, vaikka ne jakavatkin yhtäläisyyksiä. STEAM-koulutus on terminä paljon laajempi ja sen vertautuu pikemmin tiedonalalähtöiseen, integroivaan opetukseen (Juuti, Kaitavuori & Tani, 2015).

STEAM-toiminta onkin saavuttanut kiinnostusta maissa, joissa painotetaan niin sanottuja 2000-luvun taitoja (Miettinen, 2019). Suomessa opetuksen ja kasvatuksen valtakunnallisiin tavoitteisiin sisältyy elinikäisen oppimisen edistäminen, tiedonalojen läpileikkaavaa osaamista sekä oppisisältöjen integroivan luonteen korostaminen taitojen painotus pelkkien tietojen sijasta (POPS, 2014, s. 19-20. Tämän takia on helppo nähdä STEAM-pedagogiikan vakiinnuttavan paikkansa suomalaisessa koulujärjestelmässä tulevaisuudessa. Tällöin ilmiöpohjainen oppiminenkin voisi sujuvasti yhdistyä STEAM-koulutuksen alle, kattamaan yhden osan termistä.

Vaikka STEAM-pedagogiikan kiinnostus on kasvanut suomessakin, kaipaa termi kuitenkin vielä suomenkielistä vastinetta. Suomenkielinen termi voisikin taipua suoraan muotoon TTTM (tiede, teknologia, taide, matematiikka), joka tosin on hieman hankalakäyttöinen lausumisongelmien vuoksi. Vastaavasti jo olemassa olevaan LUMA-termiin voisi suoraan lisätä taiteen elementin, jolloin se muokautuisi uuteen muotoon LUMAT (luonnontiede, matematiikka, taide).

3.3 Määrittelyn ja taiteen integraation haasteet STEAM-pedagogiikassa

STEAM-pedagogiikan määrittely ei tähän mennessä ole ollut täysin yksiselitteistä ja selkeää. Colucci–Gray kumppaneineen (2017) jakoi BERA¹:n raportissaan huolensa STEAM termin epäjohdonmukaisuuksista ja käsitteiden epäselvyyksistä liittyen STEAM terminologiaan, pedagogiaan sekä tutkimukseen. Erityisesti ongelmiksi nähtiin kirjava modaliteetti sekä STEAM:in kontekstissa taiteen määrittäminen (Colucci-Gray ja muut, 2017, s. 71-72). Kirjallisuudessa STEAM-pedagogiikan sisältämä taide tulkitaan eri tavoilla. Osa tutkijoista näkee taiteen ”taidepedagogiikkana” sisältäen perinteisiä, koulun kuvaamataidon ja käsityön tunneilla käytettyjä menetelmiä (maalaukset, piirtäminen, valokuvaus, suunnittelu, kuvanveisto), kun taas toiset viittaavat taiteella erilaisiin taiteen tekemisen keinoihin, kuten esimerkiksi performanssit (musiikki, teatteri, tanssit), digitaalinen media, estetiikka ja visuaaliset taiteet (Perignat & Katz-Buonincontro, 2019, s. 31-32). Selkeämpi ja tarkempi yleinen määrittely STEAM-pedagogiikalle voisi auttaa oppilaiden kanssa työskenteleviä henkilöitä helpommin hyödyntämään STEAM-pedagogiikkaa ja integroida sekä kehittää erilaisia STEAM-projekteja opetukseen sekä ohjata tutkijoita/ammattinharjoittajia kehittämään STEAM-pedagogiikkaa yhdessä samaan suuntaan.

Myöskään taiteen tutkitusti positiiviset vaikutukset oppilaisiin (ks. Fitzpatrick, 2006; Haley, 2001; Johnson & Memmott, 2006; Rinne ja muut, 2011) eivät välttämättä automaattisesti siirrykään suoraan STEAM-pedagogiikkaan. Lisätutkimukselle siitä, säilyvätkö taiteen tuomat positiiviset vaikutukset myös sen toimiessa yhdessä STEM-aineiden kanssa, onkin tarvetta.

3.4 Matematiikan opetus informaalissa ympäristössä

Matematiikka on yhtä vanha kuin ihmiskuntakin ja on kulkeutunut mukana tärkeänä päivittäisenä työkaluna. Jo varhaisina elinvuosina lapsen matemaattiset taidot alkavat kehittyä. Pelien ja leikkien kautta on opittu numeroita ja sääntöjä. Asioita on opittu tiedottamatta sekä järjestelmällisesti. Jo pieni lapsi näyttää käyttävän hämmästyttävän hyvin yksi-yhteen vastaavuustaitoja opitellessaan laskemaan jo ennen kuin pystyy selittämään laskutoimituksiaan ääneen (Graham 1999). Nämä varhaisina elinvuosina opitut taidot ovat vahvassa yhteydessä myös lapsen myöhempään matematiikan oppimiseen (Aunio, 2008, s. 63). Pientä lasta harvoin pakotetaan matematiikan pariin, vaan luontainen uteliaisuus ja halu oppia saattaa riittää. Koulussa matematiikan oppiminen muuttuu systemaattiseksi ja viimeistään tällöin lapselle tulee tutuksi myös raaka mekaaninen numeroilla laskeminen.

¹ British Educational Research Association

Matematiikan opetus ja sen hyödyntäminen myös informaalissa ympäristössä on suhteellisen uusi ilmiö, mutta se on saanut viime aikoina lisääntyntä huomiota, joka ilmenee myös tutkimuksen lisääntymisenä (ks. Vainikainen, Salmi, & Thuneberg, 2015). Suomen perusopetuksen opetussuunnitelman (2014) ensimmäinen eli tärkein tavoite onkin peruskoulun matematiikan opetuksessa *"tukea oppilaan innostusta ja kiinnostusta matematiikkaa kohtaan sekä myönteisen minäkuvan ja itseluottamuksen kehittymistä"*. Myös matematiikan tehtäväksi peruskoulussa on asetettu oppilaan loogisen, täsmällisen ja luovan matemaattisen ajattelun kehittäminen (POPS, 2014).

Vuoden 2004 perusopetuksen matematiikan opetussuunnitelman perusteissa ei ollut vielä tavoitteita, joissa olisi pyritty esimerkiksi oppilaan asenteiden kehittämiseen (POPS, 2004, s. 156 & 159). Nämä lisäykset ovatkin merkki kasvaneesta kiinnostuksesta informaaleissa oppimisympäristöissä tapahtuvan matematiikan opetukseen. Tämä suuntaus on tervetullut, sillä koulun ulkopuolisissa sekä informaaleissa ympäristöissä tapahtuvan opetuksen on todettu olevan motivoivaa ja tehokasta (Fenichel & Schweingruber, 2010; Osborne & Dillion, 2008; Salmi, Vainikainen & Thuneberg, 2015).

Informaalin oppimisen metodeita on perinteisesti hyödynnetty luonnontieteellisissä aineissa kuten biologiassa ja maantieteissä (Rennie, 2014; Rennie, Feher, Dirking & Falk, 2003), mutta matematiikkaan liittyvä koulun ulkopuolella tapahtuva opetus on harvinaisempaa (Fenyvesi, Koskimaa & Lavicza, 2015). Viimeaikaiset tutkimukset ovat kuitenkin näyttäneet, että tiedekeskusmainen matematiikkanäyttely voi parantaa sekä tilanpohjaista kiinnostusta (Vainikainen ja muut, 2015; Salmi ja muut, 2017) että oppimistuloksia (Salmi ja muut, 2015).

Suomalaisten oppilaiden matematiikan taidot ovat kansainvälisesti vertailtuna heikentyneet 2000-luvulla (Vettenranta, Hiltunen, Nissinen, Puhakka & Ratopuro, 2016a; Vettenranta ja muut, 2016b). Tämä johtuu suurimmaksi osaksi poikien tulosten laskusta, jotka ovat nähtävillä sekä vuoden 2015 että vuoden 2018 tuloksissa (OECD 2016, 2019). Vaikka matematiikkaa on yleisesti pidetty poikien vahvana aineena, ovat tytöt nyt ajaneet poikien ohi matematiikan taidoissa. Tytöt olivat poikia selvästi parempia kaikilla matematiikan osa-alueilla neljäsluokkalaisten matematiikan ja luonnontieteiden osaamista kartoittavassa TIMMS-tutkimuksessa (Vettenranta ja muut, 2016b). Myös PISA-tutkimuksessa on nähtävissä sama ilmiö. Vielä vuonna 2003 pojat olivat tyttöjä selvästi edellä matematiikan taidoissa. Tytöt olivat kuitenkin saavuttaneet pojat vuoden 2012 arvioinnissa ja vuoden 2015 ja 2018 tuloksista käy ilmi, että ero oli kasvanut tilastollisesti merkitseväksi tyttöjen hyväksi (OECD, 2019; Vettenranta ja muut, 2016a, s. 51-52).

Koulun ulkopuolista matematiikan opettamista voisi olla hyödyllistä soveltaa nykyistä enemmän. Tutkimusten mukaan sen avulla on saavutettu positiivisia oppimistuloksia sekä hyvin että huonosti koulussa menestyvien oppilaiden kesken (Salmi ja muut, 2015, s. 11), mutta tulosten vahvistamiseksi lisätutkimus aiheesta on tarpeen.

3.5 Matematiikka ja taide

Ajatus taiteen ja matematiikan yhdistämisen tärkeydestä ei ole mitään uutta. Kautta historian sekä matematiikka, että taide ovat olleet tietoinen ja luontainen kommunikaation tapa ihmisten välisissä vuorovaikutuksissa. Vanhin löydös tästä yhteistyöstä on 70 000 vuotta vanha kivi, joka on samanaikaisesti abstraktia taidetta sekä matemaattinen kuvio (Henshilwood, 2018, s. 115)

Modernin maailman yksi tunnetuimpia matematiikkaa ja taidetta yhdistelevä taiteilija on M.C. Escher, jonka taideteokset perustuvat haluun esittää matemaattisia teorioita kuvina. Escher onkin ollut kiistelty henkilö taidemaailmassa, sillä osa kaikki eivät pitäneet hänen kaavamaisesta ja matemaattisesta tyylistään. Taiteen määrittely onkin ollut kautta aikain hankalaa eikä siitä nykypäivänäkään päästä yhteisymmärrykseen edes taidemaailman sisällä (Helsingin Sanomat, 15.9.2019). Escher itse koki olevansa kaukana matemaatikosta ja pärjäsi koulussa varsin heikosti siinä, mutta myönsi hänellä olevan usein enemmän yhteistä tiedemiesten kuin taiteilijoiden kanssa (Schattschneider, 2010, s. 717). Toisinaan matemaatikon ja taiteilijan raja niin häilyvä, etteivät ihmiset tai henkilö itse edes pääse täyteen ymmärrykseen kumpaan joukkoon kuulua, eikä välttämättä tarvitsekaan. Sekä taide, että matematiikka ovat kautta historian pohtineet ja ihailleet samankaltaisia asioita, kuten lumihiutaleen kuviointia, linnunpesän symmetrisyyttä tai kukkien terälehtiä.

Taiteen historiasta voidaankin löytää muutamia mullistavia klassikoita sekä uuden ajan muutoksia, joissa matematiikalla on ollut merkittävän suuri rooli. Nykyaikaisen perspektiivin käytön aloittaminen 1300-luvulla on yksi esimerkki tämän kaltaisesta muutoksesta.

Haaste esittää kolmiulotteisen tuotoksen esittäminen kaksiulotteisella pinnalla on vanha, mutta kuten esimerkiksi muinaisen Egyptin, Bysantin tai Keski-ajan taiteesta voidaan huomata, taiteilijat eivät olleet onnistuneet luomaan realistisia kolmiulotteista maailmaa.

Taiteilijat eivät kuitenkaan luoneet nykyaikaista perspektiiviä pelkästään maailmaa tarkkailemalla tai yrityksen ja erehdyksen kautta. Saavuttaakseen avaruudellista syvyyttä taiteilijat kääntyivät matemaattisten sääntöjen puoleen. Tästä kehityksestä osoitus on myös Renessanssin aikana elvytetty

Pythagoraan ajatus matemaattisesta maailmasta, joka johti muun muassa ajatukseen matemaattikoista taidemaalareina tai arkkitehteina. (Anderson, 2008).

Samoihin aikoihin myös kultaisen leikkauksen yksityiskohdat alkoivat kiinnostaa taiteilijoita yhä enemmän ja ensimmäinen kultaiselle leikkaukselle omistettu kirja julkaistiinkin 1500-luvun alussa. Kultainen leikkaus tosin kiinnosti jo antiikin Kreikan matemaatikkoja ja sitä on esiintynyt taiteessa ja arkkitehtuurissa jo ainakin antiikin ajoista lähtien. Vaikka kultaista leikkausta suositaan taiteessa ja arkkitehtuurissa se ei kuitenkaan ilmene pelkästään ihmisen tuotoksissa, vaan esiintyy myös luonnostaan esimerkiksi kasvien suhteissa (Mäkeläinen, 2018, s. 3).

Matematiikkaa ja fysiikkaa yhdistävä kaaosteoria on uuden ajan esimerkki taiteen ja matematiikan yhteistyöstä. Käytännössä kaaosteoriassa tutkitaan yksinkertaisia, toistuvia kuvioita, jotka muodostavat monimuotoisia ja odottamattomia tuloksia (Levy, 1994, s. 167). Yksi esimerkki tästä on ohuelle metallilevyille ripotelleet hiekan jyvät, jotka muodostavat kuvioita, kun metallilevyä väräytetään esimerkiksi viulun jousella. Tällä tavoin voidaan esimerkiksi ”nähdä” ääntä.

Pinnallisella tasolla voimmekin helposti löytää yhtäläisyyksiä matematiikan ja taiteen väliltä, erityisesti geometrian osalta. Sitä kuinka matematiikan kehitys on ohjannut taiteen suuntauksia ja kulttuurin kehitystä ei välttämättä ole yhtä helposti havaittavissa. Tulevaisuudessa taide ja matematiikka lyövät kättä päälle universumin ja sen kompleksisuuden ymmärtämiseksi ja palaamme lähemmäs aikaa, jolloin taiteilija ja matemaatikko tarkoittivat käytännössä samaa asiaa.

Taiteen ja matematiikan yhdistämistä tukevat myös monet tutkimukset. Kun taideaineita integroitiin tiedepohjaisen opiskelun kanssa, oppilaiden suoritukset matematiikassa paranivat (Brezovnik, 2015, s. 29). Lisäksi matemaattisten päättelytaitojen on uskottu lisääntyvän, kun tehtävänratkaisussa käytetään taiteilijoiden käyttämiä toimintatapoja (Quigley & Herro, 2016, s. 412-413)

3.6 Oppilaan laaja-alainen osaaminen

Kuten koko maailma ja sen yhdysrakenteet, myös matematiikan oppiminen ja STEAM-pedagogiikka kehittyvät ja muuttuvat jatkuvasti. Koulumaailma pyrkii reagoimaan näihin muutoksiin koittaen luoda mahdollisimman laadukkaan ja oppimistuloksia tukevan oppimisympäristön, jossa opetussuunnitelma toimii koulupedagogiikan ja koulun toimintakulttuurin uudistamisen työkaluna. Vuoden 2014 Opetussuunnitelman perusteissa esiteltiinkin uutena oppilaan laaja-alainen osaaminen.

Uudistuksen perustana oli pelkkien tiedollisten valmiuksien riittämättömyys varsinkin tulevaisuudessa sekä tarve hyödyntää opetuksessa oppilaan omia vahvuuksia, kokemuksia sekä aktiivisuutta (Norrena, 2016). Käytännössä laaja-alaisella osaamisella tarkoitetaan tietojen, taitojen, asenteiden sekä arvojen oppiainerajoja ylittävää osaamista. (POPS, 2014, s. 19-20).

Uuden perusopetussuunnitelman perusteissa (2014) laaja-alainen osaaminen on jaoteltu seitsemään eri osa-alueeseen:

L1 *Ajattelu ja oppimaan oppiminen*

L2 *Kulttuurinen osaaminen, vuorovaikutus ja ilmaisu*

L3 *Itsestä huolehtiminen ja arjen taidot*

L4 *Monilukutaito*

L5 *Tieto- ja viestintäteknologian osaaminen*

L6 *Työelämätaidot ja yrittäjyys*

L7 *Osallistuminen, vaikuttaminen ja kestävä tulevaisuuden rakentaminen*

Nämä osa-alueet katsotaan tärkeäksi osaksi perusopetuksen toimintaa. Niiden tavoite on auttaa oppilaita jäsentämään vuorovaikutteisessa ympäristössä erilaisia tieteenaloja yhdisteleviä osia kokonaisuuksiksi (OPS, 2014, s. 31). Tähän voidaan pyrkiä esimerkiksi oppiainerajoja rikkovilla opetusmenetelmillä tai –projekteilla.

Laaja-alaisen osaamisen opettamien on otettu käyttöön portaittain lukuvuoden 2016 aikana. Aiheesta tehdyistä opinnäytetöistä selviää muun muassa, että opettajat kokevat haasteita laaja-alaisen osaamisen opettamisen suunnittelussa varsinkin, jos se on tehtävä ilman vertaistukea (Laitinen, 2017, s. 52). Tärkeimmäksi laaja-alaisen osaamisen osa-aluista nousi L1 *ajattelu ja oppimaan oppiminen* (Heino, 2018, s. 55). Opettajat myös kokivat, että eivät halua antaa valmiita vastauksia tämän osa-alueen yhteydessä, vaan tukea oppilasta itsenäiseen ajatteluun (Lindfors & Rahikainen, 2015, s. 61).

Uusien taitojen oppimiseen tarvitaan uusia menetelmiä, joten ainakin oppimisen malleja, opetussuunnitelmaa ja oppiaineita tulee kehittää koulutuksen kautta. Wang (2019) analysoi väitöskirjassaan suomen ala-asteen luonnontieteen opetussuunnitelmaa ja hänen mukaansa eräs keino oppilaan laaja-alaisen osaamisen opettamiselle asetettujen tavoitteiden saavuttamiseksi on luonnontieteiden koulutus. Luonnontieteiden opetussuunnitelman aihepiirien tavoitteet tulisivat nojata anglo-amerikkalaiseen opetustraditioon, joka tavoittelee mitattavaa, ennakoitavaa ja yhtenäistä käyttäytymistä (Saari, Salmela & Vilkkilä, 2017, 65). Ohjauksen taas tulisi perustua saksalaiseen Bildung-

traditioon, joka korostaa enemmän yhteistä kansallista identiteettiä. Myös autenttisen oppimisen lähestymistapa on nähty mahdollisena tapana tukea oppilaan laaja-alaisten taitojen opettamista (Kiviniemi, Leppisaari & Teräs, 2013; Teräs, Leppisaari, Herrington & Teräs, 2012).

4 Tangram - oivalla matematiikan taito! -näyttely

Tutkimuksen kohteena toimi Tangram – oivalla matematiikan taito! –näyttely, joka oli esillä Jyväskylän yliopiston tiedemuseo Soihdussa vuoden 2016 maaliskuusta syyskuuhun. Näyttely oli toteutettu yhteistyössä Helsingin Yliopiston opettajakoulutuslaitoksen, Viron Energian Oivalluskeskuksen ja Latvian tiedekeskus Z(in)oon kanssa ja se on ollut aikaisemmin esillä Ruotsissa, Latviassa ja Virossa².

Itse näyttely koostui kahdesta 45 minuutin mittaisesta osiosta. Ensimmäisessä osiossa oppilaat pääsivät itsenäisesti tutustumaan ja testailemaan yhtätoista erilaista interaktiivista objektia. Tässä osiossa lähtöajatuksena oli Frank Oppenheimerin tunnetuin ajatus ja modernien tiedekeskusten perusidea eli niin sanottu ”hands on” - ”saa koskea” –periaate, joka poikkeaa perinteisten taidemuseoiden ”hands off” – ”ei saa koskea” –kiellosta (Salmi, 2010, s. 392). Taustalta löytyy myös John Deweyn tekemällä oppimisen pedagogiikka sekä STEAM näkökulmaa tukeva Deweyn (1934) myöhempi teos ”Taide kokemuksena”.

Tämän jälkeen oppilaat osallistuivat työpajaan, jossa he tutkivat ja rakensivat erilaisia rakennelmia pienistä muovisista putkista ja kiinnityspalikoista. Henkilökohtaiset luonnokset yhdistettiin ryhmittöiksi yhdistelemällä oppilaiden töitä. Työpaja perustui hollantilaisen taiteilijan ja matemaatikon Theo Jansenin alkuperäisideoihin. Jansen on ollut luomassa monia taiteeseen, teknologiaan ja matematiikkaan perustuvia projekteja. (Jansen, 2007). Näyttelyn ohjaaja toimi oppaana oppilaille ja opettaja oli näyttelyssä vain vastaamassa käytännön järjestelyistä.

Työpajassa työskenneltiin ”4D-frame” – palikoilla. 4D-frame menetelmän kehittäjä on korealainen insinööri Ho-Gul Park ja se perustuu perinteiseen korealaiseen arkkitehtuuriin. 4D-frame – menetelmä sisältää vain kahdenlaisia osia; putkiloita ja kiinnittimiä, ja onkin sen takia hyvin yksinkertainen käyttää. Sen rakenteellinen monikäyttöisyys tekee siitä erinomaisen ja helposti mukautuvat työkalun lukuisiin opetuksellisiin tarkoituksiin (Park, 2015).

² (<https://www.jyu.fi/ajankohtaista/arkisto/2016/02/tapahtuma-2016-02-25-08-49-23-379665>).

5 Tutkimustehtävä ja tutkimuskysymykset

Tutkimuksen tehtävänä oli kartoittaa STEAM-pedagogiikkaan pohjautuvan matematiikanäyttelyn vaikutuksia kuudesluokkalaisten oppilaiden STEM-kiinnostukseen sekä matematiikan arvostukseen. Tämän lisäksi tavoitteena oli tutkia oppilaiden kiinnostusta luonnontieteisiin sekä matematiikan arvostusta ennen näyttelykäyntiä ja vertailla tuloksia näyttelykäynnin jälkeen mitattuihin matematiikan arvostukseen ja koettuun kiinnostuksen lisääntymiseen. Lisäksi tavoitteena oli selvittää taustamuuttujien yhteyksiä tuloksiin.

Tutkimuskysymykset:

1. Miten STEM-kiinnostus ja matematiikan arvostus muuttuvat näyttelykäynnin jälkeen?
2. Miten taustamuuttajat ovat yhteydessä näyttelykokemukseen, STEM-kiinnostukseen ja matematiikan arvoon?
3. Millä tavoin tyttöjen ja poikien tulokset eroavat tutkimuksessa käytettyjen muuttujien välillä?

6 Tutkimuksen toteutus

Tutkimusaineisto kerättiin maaliskuis – huhtikuussa 2016. Aineisto on kerätty osana laajempaa tutkimushanketta ja tutkimuksessa käytetyt mittarit ja tutkimuslomakkeet on tehty yhteistyössä usean tutkijan kanssa (Fenyvesi; Salmi; Thuneberg; Vainikainen).

6.1 Koehenkilöt ja otanta

Tutkimukseen osallistui 256 kuudennen luokan oppilasta viidestä eri jyväsyläläisestä koulusta. Oppilaista poikia oli 123 ja tyttöjä 133. Tutkimukseen osallistuneet viisi koulua valittiin satunnaisesti kaikkien näyttelyyn rekisteröityjen koulujen joukosta. Taulukosta 1 nähdään otoksen jakautuminen eri koulujen kesken.

Tutkimus noudatti rakenteeltaan aikaisempia koulun ulkopuolisesta oppimisesta tehtyjä vastaavia tutkimuksia (ks. Thuneberg & Salmi 2018).

Taulukko 1. Otoksen jakautuminen

Koulu	Oppilaita yhteensä
1	21
2	56
3	13
4	66
5	100
	256

6.2 Aineiston kerääminen

Tutkimusasetelma oli kaksivaiheinen. Alkutestit suoritettiin kouluilla viikko ennen museovierailua ja seurantatestit noin viikko vierailun jälkeen. Tutkija kävi kouluilla tekemässä sekä alku- ja seuranta-mittaukset.

Ensimmäisessä vaiheessa tutkija vieraili kouluilla viikkoa ennen näyttelykäyntiä, jolloin oppilaat vastasivat alkutesteihin. Alkutestien tekemiseen oli varattu kaksi oppituntia.

Tutkimuksen toinen vaihe suoritettiin kouluilla noin viikko näyttelykäynnin jälkeen. Seurantatestin tekemiseen oli varattu yksi oppitunti. Taulukossa 2 on esitetty mittarit, testit ja mittausajankohdat.

Taulukko 2. Mittarit, testit ja mittausajankohdat.

0 vko	1vko	2vko
Alkutestit		Jälkitestit
Matematiikan arvostus T1	MATEMA-	Matematiikan arvo T2
STEM-kiinnostus	TIIKKA-	STEM-kiinnostus T2
Motivaatiotesti (Deci-Ryan)	NÄYTTELY	Näyttelykokemus
Visuaalisen päättelykyvyn testi (RAVEN)		

6.2.1 Oppilaiden taustatiedot

Oppilailta kerättiin tutkimuksen yhteydessä tiedot viimeisimmistä arvosanoista. Tiedot kerättiin yhteensä 12 eri aineesta: käytös, äidinkieli, vieraskieli, matematiikka, biologia ja maantiede, fysiikka ja kemia, uskonto ja elämäntietä, historia ja yhteiskunta, musiikki, kuvaamataito, käsityö, liikunta.

6.3 Tutkimuksen mittarit

Tutkimuksessa käytetyt mittarit olivat osittain samoja kuin aikaisemmissa koulun ulkopuolisia oppimisympäristöjä tutkivissa tutkimuksissa (Thuneberg, Salmi & Bogner, 2018). Kyselylomakkeet muokattiin Tangram – oivalla matematiikan taito! –näyttelyyn sopiviksi.

6.3.1 Motivaatiotesti

Motivaatiota mitattiin alkutestin yhteydessä Deci-Ryanin- motivaatiotestillä (SRQ-A-fi), joka perustuu itsemääräämisteoriaan. Se sisältää 32 standardiosioista neliportaista Likert-asteikollista kysymystä (1 = ei yhtään totta, 2 = ei läheskään totta, 3 = jokseenkin totta, 4 = täysin totta). Testissä kartoitettiin esimerkiksi miksi oppilaat tekevät oppitunnin tehtäviä tai yrittävät pärjätä hyvin koulussa.

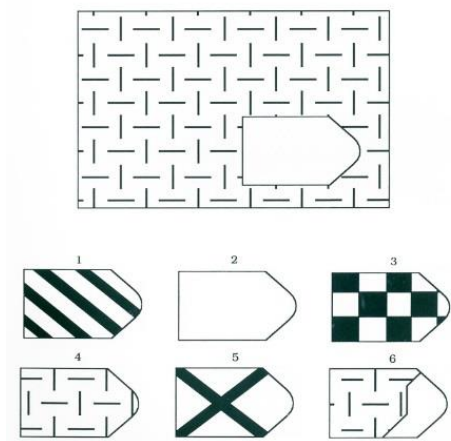
Teorian mukaan osioista muodostettiin summamuuttujat kuvaamaan eri motivaatiotyyppisiä: sisäinen, samaistunut, introjektinen ja ulkoinen. Summamuuttujista laskettiin suhteellisen autonomian indeksi RAI (*Relative Autonomy Index*) käyttämällä testin kehittäjien antamaa kaavaa ($2 \times \text{sisäinen} + \text{samaistunut} - 2 \times \text{ulkoinen} - \text{introjektinen}$). (Ryan & Connell, 1989; ks. suomeksi Thuneberg, 2007, 67). RAI-indeksi kuvaa oppilaan suhteellista autonomian tasoa siten, että positiivinen arvo saaneet oppilaat kokevat toimintansa melko autonomiseksi, kun taas vastaavasti negatiivinen arvo kuvaa ei-autonomista kokemusta. Mitä suurempi positiivinen arvo on, sitä sisäisemmin oppilas on motivoitunut ja vastaavasti suuri negatiivinen arvo kuvaa sitä, että oppilas tukeutuu helposti muihin keinoihin

kuin itseensä luottamiseen (Ryan & Connell, 1989, 760). Myös RAI-indeksin muodostamisessa käytettyjen muuttujien reliabiliteetti oli hyvä, Cronbachin alfa = .895, 32 kysymystä.

6.3.2 Visuaalisen päättelykyvyn testi: Raven Standard Progressive Matrices

Raven Standard Progressive Matrices -testin avulla on tarkoitus mitata visuaalista päättelykykyä sekä ajattelun taitoja (Raven, 2003). Testiä on käytetty laajalti erilaisissa tutkimuksissa ja sen on osoitettu olevan sukupuolesta riippumaton ja luotettava standardoitu työkalu vertailemaan yksilön oppimisominaisuuksia tietyn ikäjoukon sisällä. Se soveltuu myös hyvin koulun ulkopuolisen oppimisen taustatestiksi.

Testi jakautuu viiteen osioon (A, B, C, D ja E), joista jokainen sisältää kaksitoista päättelytehtävää. Oppilaan pitää jokaisessa tehtävässä täydentää tehtävän kuvio valitsemalla oikea vaihtoehto hänelle annetuista vaihtoehdoista. Jokainen osio alkaa helpoilla tehtävillä ja etenee vaikeampiin. Kahdessa ensimmäisessä osiossa vastausvaihtoehtoja on kuusi ja kahdessa viimeisessä osiossa vastausvaihtoehtoja on kahdeksan. Tehtävien vaihtelevuus tekee testin suorittamisesta kannustavampaa. Testissä saa myös hypätä tehtävän yli, jos tehtävä tuntuu liian vaikealta. Oppilailla oli 12 minuuttia aikaa tehdä niin monta tehtävää kuin mahdollista. Testissä jaetaan jokaisesta oikeasta vastauksesta yksi piste siten, että maksimi pistemäärä on 60 pistettä. Kyselyn reliabiliteetti oli hyvä (Cronbachin alfa α = .845, 60 kysymystä).



Kuvio 5. Esimerkki testissä olleesta päättelytehtävästä (Raven, Raven & Court, 2000).

6.3.3 Matematiikan arvostus ennen ja jälkeen näyttelykäyntiä

Oppilaiden suhtautumista matematiikkaan mitattiin kuuden väittämän avulla. Oppilaat vastasivat samoihin väittämiin näyttelykäyntiä ennen sekä näyttelykäynnin jälkeen. Väittämät liittyivät oppilaiden

suhtautumiseen matematiikkaa kohtaan ja olivat tyypiltään seuraavanlaisia: ”Matematiikka on mielenkiintoista” tai ”Matematiikka tekee arkipäivän elämäni helpommaksi”. Jokaiseen väittämään vastattiin viisiportaisella asteikolla, jossa 5 = ”Täysin samaa mieltä” ja 1 = ”Täysin eri mieltä”. Vastaukset pisteytettiin yhdestä viiteen. Kyselyn seitsemästä kohdasta laskettiin keskiarvo, jonka maksimi pistearvo on 5 ja minimi 1. Oppilaiden matematiikan arvo sai alkutestissä alfa-arvon .87 ja jälkitestissä alfa-arvon .83.

6.3.4 Kiinnostus STEM-aineita kohtaan

Kyselyssä oppilaiden tuli vastata yhteentoista väittämään koskien kiinnostusta STEM-aineita kohtaan. Kysymykset olivat muun muassa: ”Kuinka kiinnostavana pidät oppia lisää matematiikkaa” tai ”Kuinka kiinnostavana pidät tutkia mikroskoopilla näytteitä”. Asteikko oli neliportainen välillä ”ei ollenkaan kiinnostavaa” ja ”erittäin kiinnostavaa”. Vastaukset pisteytettiin yhdestä neljään seuraavasti: 1 = ”ei ollenkaan kiinnostavaa”, 2 = ”ei kovin kiinnostavaa”, 3 = ”aika kiinnostavaa”, 4 = ”erittäin kiinnostavaa”. Tutkielmassa on käytetty kyselyn yhdestätoista kohdasta laskettua keskiarvoa, jonka maksimi pistearvo on 4 ja minimi 1. Mittarin alfa-arvo oli 0.81.

6.3.5 Koettu kiinnostuksen lisääntyminen STEM-aineita kohtaan

Oppilaiden kokemaa kiinnostuksen lisääntymistä STEM-aineita kohtaan mitattiin neliportaisella, yksitoista kohtaisella kyselyllä, joka suoritettiin seurantatestin yhteydessä. Aihepiirit olivat samat kuin alkutestissä selvitettäessä kiinnostusta STEM-aineita kohtaan, mutta kysymys- ja vastausvaihtoehdot vaihtuivat. Seurantatestin kysymykset olivat esimerkiksi seuraavanlaisia: ”Kuinka paljon matematiikka näyttelykäynti lisäsi kiinnostustani oppia lisää matematiikkaa” tai ”Kuinka paljon matematiikka näyttelykäynti lisäsi kiinnostustani tutkia mikroskoopilla näytteitä”. Vastaukset pisteytettiin seuraavasti: 1 = ”ei lisännyt ollenkaan”, 2 = ”lisäsi vähän”, 3 = ”lisäsi kohtalaisesti”, 4 = ”lisäsi paljon”. Oppilaiden koettua kiinnostuksen lisääntymistä STEM-alalla työskentelyyn tutkineen mittarin alfa-arvo oli 0.91.

6.3.6 Tilannemotivaatiotesti

Tilannemotivaatio on ulkoisen motivaation laji, jonka uusi tai mielenkiintoinen oppimisympäristö tai työtapo synnyttää. Tilannemotivaatio ei yleensä ole pysyvää ja sen avulla saavutetut oppimistulokset ovat usein lyhytkestoisia (Engeström, 1987, 28). Tilannemotivaation on kuitenkin mahdollista muuttua pitkäkestoiseksi sisäiseksi motivaatioksi koulun ulkopuolisissa ympäristöissä (Salmi & Thunberg, 2011, 12).

Jälkitestissä oppilailta tiedusteltiin mitä mieltä he olivat museon Matematiikka-näyttelystä. Näyttelykokemusta mitattiin kahdella toista osiolla, jotka noudattivat viisiportaista likert-asteikkoa välillä ”Täysin samaa mieltä” ja ”Täysin eri mieltä”. Osiot kartoittivat oppilaiden näyttelykokemusta viihteellisenä ilmiönä sekä näyttelykohteena. Kysymykset olivat väittämiä kuten ”Matematiikka-näyttely oli mukava kokemus”, ”Toivon, että pääsisin vielä uudelleen näyttelyyn” ja ”Suositteaisin Matematiikka-näyttelyä myös muille saman ikäisille”.

Vastaukset pisteytettiin yhdestä viiteen niin, että jokainen ”Täysin samaa mieltä” –vastaus on 5 pistettä ja vastaavasti ”Täysin eri mieltä” –vastaus on 1 pisteen arvoinen. Lopuksi laskettiin keskiarvo kaikista 12 kysymyksestä. Maksimipistekeskiarvo testissä oli 5. Kyselyn reliabiliteetti oli hyvä, Cronbachin alfa arvoksi saatiin .90, 12 kysymystä.

6.3.7 Koulumenestys ja visuaalisen päättelykyvyn tasoryhmät

Koulumenestystä ja visuaalista päättelykykyä käytettiin analyyseissa taustamuuttujina. Koulumenestys-muuttuja muodostui kahdentoista aineen keskiarvosta (käytös, äidinkieli, vieraskieli, matematiikka, biologia ja maantiede, fysiikka ja kemia, uskonto ja elämänkatsomustieto, historia ja yhteiskunta, musiikki, kuvaamataito, käsityö, liikunta). Minimipistekeskiarvo koulumenestyksestä oli 4 ja maksimi 10 (suomalaisen arvosteluasteikko 4-10).

Lopulta visuaalisen päättelykyvyn testin (ks. 6.2.2) sekä koulumenestyksen mukaan muodostettiin kolme ryhmää:

A+ = Keskiarvoa paremmin suoriutuneet (A+; paras 25%)

A = Keskimuotoisesti suoriutuneet (A = 50% oppilaista)

A- = Keskiarvoa heikommin suoriutuneet (A- = heikoin 25%)

Aikaisemmassa samaa aihetta koskevassa tutkimuksessa ryhmäjako on tehty myös kvartaaleihin (Salmi ja muut, 2015; Thuneberg ja muut, 2017), mutta erilaisen näkökulman saamiseksi aiheeseen tässä tutkimuksessa oppilaat jaettiin kolmeen ryhmään. Kolmeen eri menestysluokkaan jakamista on tehty myös aikaisemmassa informaaleja oppimisympäristöjä tutkivassa tutkimuksissa (Saalasti, 2012; Salmi ja muut, 2017).

6.4 Tutkimuksen analyysi

Tutkimuksessa on käytetty vakiintuneita tilastollisia menetelmiä. Käytössä on ollut SPSS25 ja AMOS25-ohjelmistot. Graafisen tarkastelun perusteella aineisto oli riittävän normaalisti jakautunut, jotta keskiarvoon perustuvia parametrisia testejä voitiin käyttää.

Sukupuolten välisiä keskiarvoja testattiin yksisuuntaisella varianssianalyysillä (ANOVA).

Alku- ja loppumittauksen ryhmien välisiä eroja tarkastellessa käytettiin yleistettyä lineaarista mallia (GLM; General Linear Model). Vaikutuskoon mittana käytettiin osittaista etan neliö –kerrointa. Kriteerinä $\eta^2 > .01$ pieni, $\eta^2 > .06$ keskikokoinen ja $\eta^2 > .14$ iso.

Polkumalli muodostettiin AMOS25-ohjelmistolla, jotta kolmanteen tutkimuskysymykseen oli mahdollista vastata sekä nähdä miten aineisto sopii teoreettiseen malliin. Rakennemallintaminen tehtiin käyttäen AMOS25-ohjelmistoa ja suurimman todennäköisyyden menetelmää (maximum likelihood). Mallin sopivuutta testattiin chin neliö(χ^2) -testillä sekä CFI-, TLI- ja RMSEA- indekseillä. Kriteereinä χ^2 -testissä $p > .05$, CFI- ja TLI-indekseissä hyvä arvo $> .90$, tai parempi $> .95$ ja RMSEA-indeksissä hyväksyttävä arvo $< .08$ ja hyvä $< .05$ (ks. Byrne, 2010). Sukupuoli, visuaalinen päättelykyky (Raven), autonomian kokemus (RAI) sekä matematiikan arvosana toimivat selittävinä muuttujina, jotta voitiin kontrolloida niiden yhteyksiä jälkitestin selitettäviin muuttujiin.

6.4.1 Puuttuvat tiedot

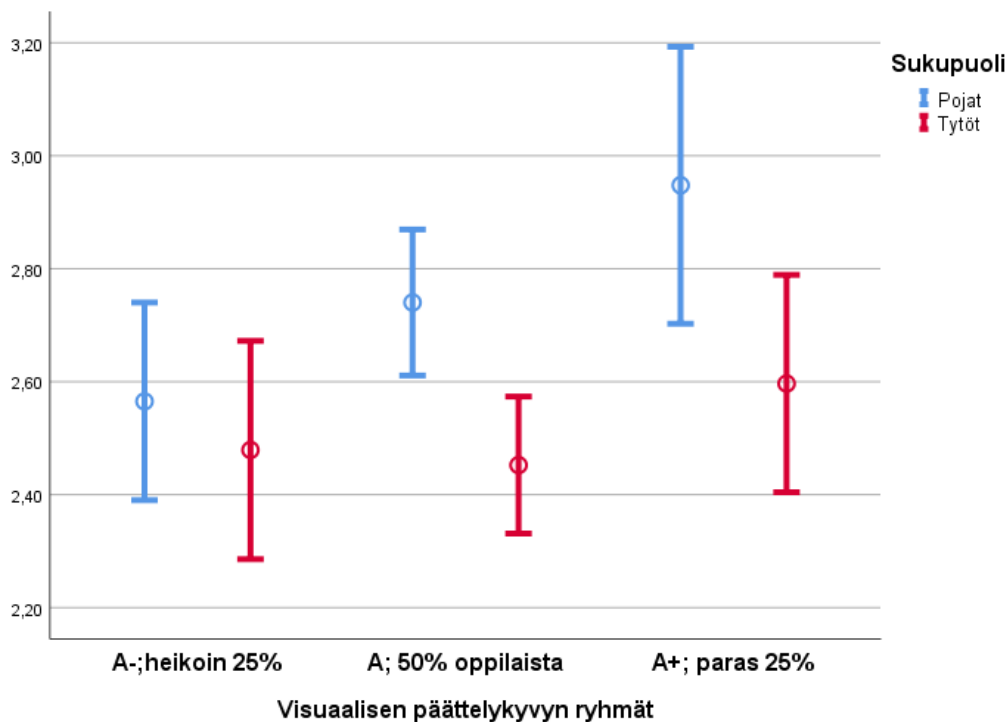
Aineistossa oli puuttuvia tietoja keskimäärin 2,5 prosenttia. On tärkeää huomioida, että aineisto puhdistettiin puuttuvista tiedoista määritettäessä sukupuolen moderaatiovaikutusta sekä muuttujien epäsuoria vaikutuksia polkumallissa, jotta saapastamisemenetelmän käyttäminen oli mahdollista. Aineiston puhdistuksen katsottiin olevan hyväksyttävää hyvin vähäisten puuttuvien tietojen takia. Puuttuvien tietojen määrä oli hyvin vähäinen, sillä yleensä pelkkien sairauksien vuoksi poissaolevien oppilaiden %-osuus nousee yleensä monta prosenttia.

7 Tutkimustulokset

Taulukossa 1 ja 2 esitettävät muuttujien tilastolliset tunnusluvut ja yhteydet merkityksineen liittyvät seuraavassa esitettäviin tuloksiin.

7.1 Alkutilanteen STEM-kiinnostus (T1)

Oppilaiden alkuperäisen STEM-kiinnostuksen pistekeskiarvoksi saatiin 2.60 (Likert-asteikolla 1-5), joten voidaan sanoa, että oppilaat olivat kohtalaisen kiinnostuneita STEM-aineista. RAI-indeksillä ei ollut alkumittauksessa tilastollista yhteyttä oppilaiden STEM-kiinnostuksen kanssa. Visuaalinen päättelykyky korreloi positiivisesti oppilaiden STEM-kiinnostuksen pistemäärän kanssa, ja tulos oli tilastollisesti merkitsevä ($p = .002$).



Kuvio 6. STEM-kiinnostus visuaalisen päättelykyvyn ryhmien ja sukupuolen mukaan

Pojat olivat tyttöjä kiinnostuneempia STEM-aineista ennen näyttelykäyntiä (taulukko 2) ja ero oli tilastollisesti erittäin merkitsevä ($p = .000$).

Kuten kuviosta 6 nähdään, erityisesti visuaalisessa päättelytestissä hyvin pärjänneet pojat ($k_a = 2.95$) olivat kiinnostuneita STEM-aineista ennen näyttelykäyntiä. Hyvin ja huonosti visuaalisen päättelykyvyn testissä suoriutuneiden poikien ryhmien välillä oli tilastollisesti merkitsevä ero ($p = .018$) ja efektikoko oli keskikokoinen ($\eta^2 = .066$).

7.2 Jälkitestin STEM-kiinnostus (T2) - Koettu kiinnostuksen lisääntymisen STEM-aineita kohtaan

Koetun kiinnostuksen lisääntyminen sai pistekeskiarvon 1.73 (asteikolla 1-5) eli voidaan sanoa, että keskimäärin matematiikanäyttely lisäsi oppilaiden kiinnostusta vähän.

Koettu kiinnostuksen lisääntyminen oli tasaista sekä koulumenestyksen että visuaalisen päättelykyvyn oppilasryhmien kesken. Heikoimmat ryhmät kokivat kiinnostuksen lisääntyneen hieman enemmän kuin muut, mutta kokonaisuudessaan ryhmien tai sukupuolen välillä ei ollut tilastollisesti merkittäviä eroja.

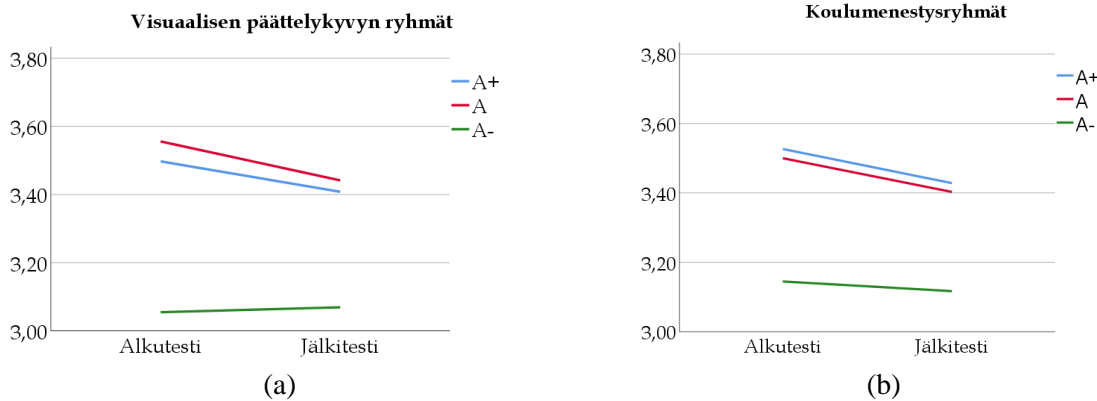
Koulumenestyksellä, visuaalisen päättelykyvyn testillä ja sukupuolella ei siis ollut merkitystä oppilaiden kokemaan kiinnostuksen lisääntymiseen, vaan keskimäärin oppilaat kokivat kiinnostuksen lisääntyvän yhtä lailla.

7.3 Matematiikan arvostus (T1 ja T2)

Oppilaiden arvostusta matematiikkaa kohtaan mitattiin alku- ja jälkitestin yhteydessä. Oppilaat arvostivat matematiikan opiskelua melko paljon sekä alku – ja jälkimittauksessa (ks. taulukko 1).

Ero alku- ja jälkimittauksessa mitatussa oppilaiden kokemassa matematiikan arvostuksessa ei ollut tilastollisesti merkitsevä eikä myöskään sukupuolten välillä ilmennyt eroja. RAI-indeksillä sekä visuaalisen päättelykyvyn tuloksilla oli positiivinen, merkitsevä korrelaatio sekä alku ja jälkitestissä mitattuun matematiikan arvostukseen (ks. taulukko 2). Korkeamman autonomian indeksin ja paremman visuaalisen päättelykyvyn omaavat oppilaat siis myös arvostivat matematiikkaa keskimäärin enemmän.

Sekä koulumenestyksen että visuaalisen päättelykyvyn ryhmien välillä oli tilastollisesti merkitseviä eroja. Kuviossa 7 nähdään oppilaiden matematiikan arvostus koulumenestyksen ja visuaalisen päättelykyvyn mukaan tarkasteltuina.



Kuvio 7. Matematiikan arvostus visuaalisen päättelykyvyn ja koulumenestyksen mukaan

7.3.1 Matematiikan arvostus ja visuaalisen päättelykyvyn ryhmät

Visuaalisen päättelykyvyn ryhmien välillä esiintyi sekä ennen että jälkeen näyttelykäynnin tilastollisesti merkitseviä eroja (ks. taulukko 5). Ennen näyttelykäyntiä heikoiten visuaalisessa päättelykyvyn testissä suoriutuneet erosivat tilastollisesti merkittävästi muista ryhmistä. Ero oli tilastollisesti merkitsevä keskimmäiseen ryhmään ($p = .001$) sekä parhaiten testissä suoriutuvien ryhmään ($p = .017$) verrattuna.

Myös jälkitestissä visuaalisen päättelykyvyn ryhmien välillä löytyi eroja, mutta vain A- ja A ryhmien välillä ($p = .010$). Heikoiten ja parhaiten Ravenin testissä menestyneiden ryhmien välillä ei enää jälkitestissä löytynyt tilastollisesti merkitsevää eroa ($p = .079$).

Visuaalisen päättelykyvyn heikoimman ryhmän matematiikan arvostus oli siis hieman kasvanut jälkitestissä ja muiden ryhmien arvostus pudonnut, jolloin heikoimman ja parhaimman visuaalisen päättelykyvyn ryhmän välillä ei ollut enää tilastollisesti merkittävää eroa.

Matematiikan arvostus ja koulumenestysryhmät

Heikoiten koulussa menestyneet arvostivat matematiikkaa vähemmän kuin parempia arvosanoja saaneet oppilaat. Alkutestissä koulumenestysryhmien välillä oli tilastollisesti merkityksellisiä eroja ($p = .031$), mutta yksittäisten ryhmien välillä ei ollut tilastollisia eroja.

Näyttelykäynnin jälkeen koulumenestysryhmien välillä ei ollut enää tilastollisesti merkitseviä eroja ($F(2,244) = 2.710, p = .069$). Hyvin ja keskinkertaisesti koulussa menestyneiden matematiikan arvostus laski jälkitestissä, kun taas heikoiten koulussa menestyvien pistemäärä säilyi lähes ennallaan (kuvio 8b)

Matematiikan arvostus ja sukupuoli

Poikien visuaalisen päättelykyvyn ryhmien väliltä löytyi eroja alkutestissä. Heikon visuaalisen päättelykyvyn omaavat pojat arvostivat matematiikkaa alkutestissä selvästi vähemmän kuin muut ja ryhmien väliset erot olivat tilastollisesti erittäin merkitseviä ($p = .000$) ja efektikoko suuri ($\eta^2 = .143$). Yksittäisten ryhmien välillä heikoimman visuaalisen päättelykyvyn omaava ryhmä erosi tilastollisesti merkittävästi sekä keskitasoisesti ($p = .000$) että parhaiten menestyneistä ($p = .003$). Jälkitestissä ryhmien välillä oli myös tilastollisia eroja poikien osalta, mutta tällä kertaa heikoimman ja parhaimman neljänneksen välillä ei ollut enää tilastollisesti merkitsevää eroja.

Myös koulumenestyksen ryhmien välillä nähtiin erojen kaventumista tyttöjen osalta. Alkutestissä tyttöjen koulumenestysryhmien väliltä löytyi tilastollisesti merkitsevää eroa ($p = .46$), tosin efektikoko jäi pieneksi ($\eta^2 = .047$). Tyttöjen heikoin koulumenestysneljännes erosi alkutestissä parhaan neljänneksen ryhmästä ($p = .044$). Jälkitestissä koulumenestysryhmien välillä ei enää tyttöjen osalta kuitenkaan ollut tilastollista eroa ($p = .334$).

7.4 STEM-kiinnostus ja koettu kiinnostuksen lisääntyminen

Pojat olivat tyttöjä kiinnostuneempia STEM-aineista ennen näyttelykäyntiä (ks. taulukko 1) ja tulos oli tilastollisesti erittäin merkitsevä ($t(253) = -3.666$, $p = .000$). Näyttelykäynnin jälkeen mitatussa kiinnostuksen lisääntymisessä ero ei kuitenkaan ollut tilastollisesti merkitsevä ($t(266) = .540$, $p = .168$). Tytöt ja pojat kokivat kiinnostuksen lisääntyneen keskimäärin yhtä paljon, vaikka pojat olivat olleet kiinnostuneempia STEM-aineista ennen näyttelykäyntiä.

STEM-kiinnostusta ja sen koettua lisääntymistä tarkasteltiin myös visuaalisen päättelykyvyn (Raven) ryhmien perusteella (taulukko 5). Ryhmien välillä löytyi eroja STEM-kiinnostuksessa ($t(252) = 3.621$, $p = .028$). Bonferronin Post hoc – testin perusteella koulumenestykseltään heikoin ryhmä (A-; $ka = 2.526$, $kh = .524$) erosi parhaat pisteet saaneesta ryhmästä (A+; $ka = 2.770$, $kh = .604$), ero oli tilastollisesti merkitsevä ($p = .36$) ja efektikoko pieni $d = .43$.

Mielenkiintoista oli, että STEM-aineista kiinnostunein ryhmä (A+) koki kiinnostuksen STEM-aineita kohtaan lisääntyvän vähiten, tosin ryhmien välillä ei ollut enää merkitseviä eroja koetussa STEM-kiinnostuksen lisääntymisessä ($p = .375$). Näyttelyä edeltänyt suurempi mielenkiinto ei siis ennustanut suurempaa kiinnostuksen lisääntymistä, eikä ryhmien välillä havaittukaan eroja kiinnostuksen lisääntymisessä.

7.5 Näyttelykokemus

Oppilaat kokivat museovierailun keskimäärin melko miellyttäväksi ($ka = 3.05$ asteikolla 1-5). Näyttelykokemuksen tulokset korreloivat myös positiivisesti alku- ja lopputestin matematiikan arvostuksen sekä STEM-kiinnostuksen ja kiinnostuksen lisääntymisen kanssa. Sekä matematiikan arvostuksen, että STEM-kiinnostuksen kohdalla yhteys oli voimakkaampi jälkitestissä eli oppilaat, jotka kokivat kiinnostuksen lisääntyvän, viihtyivät hyvin näyttelyssä ja arvostivat matematiikkaa yhä enemmän.

7.6 Suhteellisen autonomian kokemus (RAI)

Kuten taulukosta 3 nähdään, oppilaiden pistemäärä suhteellisen autonomian kokemusta mittaavasta testistä oli hyvin lähellä nollaa eli oppilaiden autonomian kokemus oli suhteellisen neutraali.

Poikien ja tyttöjen pistemäärien välillä ei ollut tilastollisesti merkittävää eroa ($p = 0.79$) eli pojat ja tytöt kokivat keskimäärin olevansa yhtä autonomisia.

Taulukosta 5 nähdään, että Visuaalisen päättelykyvyn ryhmien välillä oli eroja oppilaiden suhteellisen autonomian kokemuksessa. Parhaiten visuaalisen päättelykyvyn testissä menestyneet oppilaat olivat autonomisempia kuin muut ryhmät. Erot olivat tilastollisesti merkitseviä verrattuna keskiryhmään (A; $p = .035$) sekä heikoimpaan ryhmään (A-; $p = .046$). Ryhmien välisten erojen efektikoot olivat pieniä parhaan (A+) ja keskiryhmän (A) välillä (Cohenin $d = .39$) sekä parhaan (A+) ja heikoimman (A-) ryhmän välillä (Cohenin $d = 0.44$).

Ryhmien väliset erot johtuivat poikien ryhmien välisistä eroista, sillä vain tyttöjä tarkasteltaessa visuaalisen päättelykyvyn ryhmien välillä ei löytynyt tilastollisesti merkitseviä eroja.

Taulukko 3. Muuttujien kuvailevat tunnusluvut koko aineistossa sekä sukupuolen mukaan

	N	ka.	kh.	N tyttö	ka.	kh.	N poika	ka.	kh.
Näyttelykokemus	226	3.054	.779	120	3.075	.718	106	3.030	.846
STEM-kiinnostus T1	255	2.607	.547	134	2.491	.520	121	2.736	.550
STEM-kiinnostus T2	228	1.731	.533	121	1.685	.500	107	1.783	.567
Päättelykyky (Raven)	256	36.672	7.537	134	37.060	6.600	122	36.246	8.454
Matematiikan arvostus T1	254	3.402	.910	133	3.387	.854	121	3.419	.970
Matematiikan arvostus T2	255	3.339	.804	133	3.358	.793	122	3.318	.819
Matematiikan arvosana	247	8.190	1.138	131	8.282	1.083	116	8.095	1.194
Autonomian kokemus (RAI)	252	-.0368	1.784	132	.107	1.963	120	-.196	1.557

Taulukko 4. Muuttujien väliset korrelaatiot

	1	2	3	4	5	6	7	8
1. Näyttelykokemus	1							
2. STEM-kiinnostus T1	.250***	1						
3. STEM-kiinnostus T2	.508***	.327***	1					
4. Päättelykyky (Raven)	-.028	.197**	-.066	1				
5. Matematiikan arvostus T1	.267***	.400***	.170*	.255***	1			
6. Matematiikan arvostus T2	.461***	.296***	.239***	.182**	.642***	1		
7. Matematiikan arvosana	.111	.103	-.084	.395***	.283***	.336***	1	
8. Autonomian kokemus (RAI)	.197**	.272***	.058	.106	.254***	.224***	.110	1

*** = $p < .001$; ** = $p < .01$; * = $p < .05$

Taulukko 5. Muuttujien kuvailevat tunnusluvut visuaalisen päättelykyvyn ryhmien mukaan

	N raven A-	ka.	kh.	N raven A	ka.	kh.	N raven A+	ka.	kh.	eron testaus
Näyttelykokemus	60	3.012	.853	113	3.085	.783	53	3.035	.689	ei eroa
STEM-kiinnostus T1	68	2.526	.524	128	2.576	.520	59	2.769	.604	F(2,252) = 3.621, p = .028
STEM-kiinnostus T2	60	1.771	.563	115	1.751	.539	53	1.642	.482	ei eroa
Päätelykyky (Raven)	69	27.174	7.304	128	38.234	1.974	59	44.390	2.312	F(2, 253) = 286.835, p = .000
Matematiikan arvostus T1	67	3.055	.982	128	3.540	.853	59	3.497	.853	F(2,251) = 6.987, p = .001
Matematiikan arvostus T2	69	3.091	.848	127	3.442	.797	59	3.408	.713	F(2,252) = 4.650, p = .010
Matematiikan arvosana	65	7.600	1.272	123	8.180	.958	59	8.880	.948	F(2,244) = 23.157, p = .000
Autonomian kokemus (RAI)	66	-.249	1.632	128	-.183	1.766	58	.527	1.900	F(2,249) = 3.879, p = .022

ka. = keskiarvo, kh. = keskihajonta

Taulukko 6. Muuttujien kuvailevat tunnusluvut koulumenestyksen mukaan.

	N km. A-	ka.	kh.	N km. A	ka.	kh.	N km. A+	ka.	kh.	eron testaus
Näyttelykokemus	51	2.952	.918	112	3.070	.740	55	3.089	.694	ei eroa
STEM-kiinnostus T1	62	2.585	.541	126	2.623	.545	59	2.645	.516	ei eroa
STEM-kiinnostus T2	51	1.758	.594	113	1.748	.532	56	1.690	.479	ei eroa
Päätelykyky (Raven)	63	33.095	8.641	126	37.556	6.474	59	39.407	5.553	F(2,245) = 14.046, p = .000
Matematiikan arvostus T1	61	3.145	.997	126	3.484	.886	59	3.527	.846	F(2,243) = 3.523, p = .031*
Matematiikan arvostus T2	63	3.140	.864	125	3.403	.837	59	3.428	.639	ei eroa
Matematiikan arvosana	62	7.000	1.071	126	8.325	.778	59	9.169	.673	F(2,241) = 104.082, p = .000
Autonomian kokemus (RAI)	60	-.404	1.699	125	-.052	1.706	59	.353	1.963	ei eroa

km. = koulumenestys ka. = keskiarvo, kh. = keskihajonta

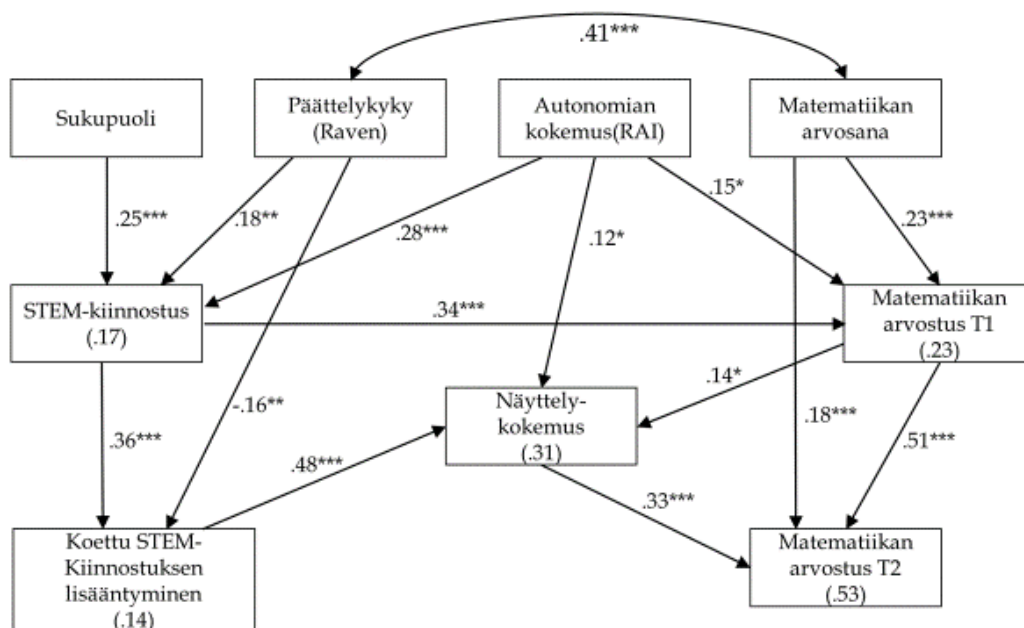
* = yksittäin ryhmien välillä ei eroja

7.7 Polkumalli

Korrelaatioanalyysin perusteella (ks. taulukko 2) katsottiin, että tutkimuksiin valikoiduista muuttujista voidaan muodostaa polkumalli.

Polkumalli luotiin, jotta voitiin selvittää toteutuvatko tutkimuskysymysten teoreettiset oletukset muuttujien välisistä suhteista ja miten taustamuuttujat olivat yhteydessä matemaatiikan arvostukseen, kiinnostukseen ja sen koettuun lisääntymiseen sekä näyttelykokeemukseen. Lisäksi haluttiin selvittää tekijöiden suhteellisia merkityksiä. Lopullinen polkumalli, joka sisälsi vain tilastollisesti merkityksellisiä efektejä, osoittautui dataan hyvin sopivaksi khiin neliö – testin ($\chi^2 = 20,311$, $df = 21$, $p = .502$) ja sopivuusindeksien (TLI = 1.003, CFI = 1.003, RMSEA = .000) perusteella. Standardoidut β -kertoimet sekä R^2 -selitysosuudet näkyvät kuviossa 8.

Yhdysvaikutuksen esiintyminen oli mahdollista, joten malli tutkittiin sukupuolittain. Tyttöjen ja poikien mallit eivät kokonaisuudessaan eronneet toisistaan merkitsevästi (tähän χ^2 df ja p), joten voitiin osoittaa polkumallin yleisesti toimivan. Tyttöjen ja poikien mallien osalta kuitenkin huomattiin, että suhteellisen autonomian indeksin positiivinen yhteys STEM-kiinnostukseen oli merkitsevä vain tytöillä ($z = 2.766$, $p < .01$). Visuaalisen päättelykyvyn positiivinen yhteys STEM-kiinnostukseen ilmeni vain pojissa ($z = 1.969$, $p < .05$). Lisäksi visuaalisen päättelykyvyn negatiivinen yhteys koettuun STEM-kiinnostuksen lisääntymiseen oli merkitsevä vain pojilla ($z = -2.131$ $p < .05$). Kokonaismallissa esiintyvän visuaalisen päättelykyvyn negatiivista yhteyttä koettuun STEM-kiinnostuksen lisääntymiseen ($\beta = -.16$, $p < .01$) voitiin siis selittää moderaatiovaikutuksella ja se liittyi vain poikiin, ei tyttöihin.



Kuvio 8. Lopullinen polkumalli (* $p < .05$; ** $p < .01$; *** $p < .001$).

Visuaalisella päättelykyvyllä (Raven) ja matematiikan arvosanalla oli tilastollisesti merkitsevä positiivinen yhteys ($\beta = .41$, $p < .001$) eli hyvin koulussa menestyneet saivat parempia pisteitä päättelykykyä mittaavasta visuaalisen päättelykyvyn testistä.

Sukupuoli ennusti STEM-kiinnostusta. Pojat olivat tyttöjä kiinnostuneempia STEM-aineista ennen näyttelykäyntiä. Sukupuolella oli pieni, merkitsevä epäsuora yhteys näyttelykokemukseen ($\beta = .07$, $p < .01$), koettuun STEM-kiinnostuksen lisääntymiseen ($\beta = .10$, $p < .01$) sekä alkui- ($\beta = .09$, $p < .01$) ja jälkitestissä ($\beta = .07$, $p < .001$) mitattuun matematiikan arvostukseen.

Visuaalisella päättelykyvyllä oli positiivinen yhteys STEM-kiinnostukseen ja negatiivinen yhteys STEM-kiinnostuksen koettuun lisääntymiseen. Tämän lisäksi se oli epäsuorasti yhteydessä alkumittauksen matematiikan arvostukseen ($\beta = .06$, $p < .01$) ja koettuun kiinnostuksen lisääntymiseen ($\beta = .07$, $p < .01$).

Suhteellinen autonomian yleisindeksi RAI oli suoraan yhteydessä STEM-kiinnostukseen, näyttelykokemukseen sekä alkumittauksen matematiikan arvostukseen ja oli epäsuorassa yhteydessä matematiikan arvostukseen sekä alkui- ja jälkimittauksessa (alku; $\beta = .08$, $p < .001$, jälki; $\beta = .19$, $p < .01$). RAI-indeksi oli epäsuorasti yhteydessä myös koettuun kiinnostuksen lisääntymiseen STEM-aineita kohtaan ($\beta = .10$, $p < .001$) sekä näyttelykokemukseen ($\beta = .09$, $p < .01$).

Matematiikan arvosananalla oli suoraan yhteys sekä alku- että jälkitestissä mitattuun matematiikan arvostukseen. Epäsuorasti matematiikan arvosana oli yhteydessä näyttelykokemukseen ($\beta = .04$, $p < .01$) sekä jälkitestissä mitattuun matematiikan arvostukseen ($\beta = .14$, $p < .01$).

STEM-kiinnostus oli yhteydessä koettuun kiinnostuksen lisääntymiseen sekä alkumittauksen matematiikan arvostukseen suorasti ja epäsuorasti näyttelykokemukseen ($\beta = .24$, $p < .01$) sekä myös jälkimittauksen matematiikan arvostukseen ($\beta = .24$, $p < .001$). Sukupuoli, Raven-testillä mitattu päättelykyky sekä suhteellisen autonomian indeksi selittivät 17% STEM-kiinnostuksesta.

Mallin muuttujat selittivät 23 % alkutestissä mitatusta matematiikan arvostuksen tuloksista. Matematiikan arvosanalla ja STEM-kiinnostuksella oli suora yhteys alkutestissä mitattuun matematiikan arvostukseen. RAI-indeksillä oli sekä suora että pieni merkitsevä epäsuora ($\beta = .08$, $p < .001$) yhteys alkumittauksen matematiikan arvostuksen tuloksiin. Lisäksi myös visuaalisen päättelykyvyn testillä ja sukupuolella oli merkitsevä epäsuora yhteys alkutestissä mitattuun matematiikan arvoon.

Koetulla STEM-kiinnostuksen lisääntymisellä oli positiivinen yhteys näyttelykokemukseen sekä epäsuora positiivinen yhteys jälkimittauksen matematiikan arvostukseen ($\beta = .15$, $p < .01$). STEM-kiinnostus ja visuaalisen päättelykyvyn testi selittivät 14 prosenttia koetun STEM-kiinnostuksen lisääntymisen tuloksista.

Näyttelykokemuksen tuloksista 31 % selittivät koettu STEM kiinnostuksen lisääntyminen, RAI-indeksi ja matematiikan arvostus T1 sekä näiden lisäksi epäsuorasti RAI-indeksi, matematiikan numero, sukupuoli sekä STEM-kiinnostus. Näyttelykokemuksella oli suora yhteys jälkimittauksen matematiikan arvostukseen.

Mallin muuttujat selittivät yli 50 % jälkitestissä mitatusta oppilaiden matemaattisen arvostuksen tuloksista. Näyttelykokemuksella, matematiikan arvosanalla ja alkutestin matematiikan arvostuksella (T1) oli suora positiivinen yhteys jälkitestissä mitattuun oppilaiden matematiikan arvostukseen (T2). Tämän lisäksi epäsuorasti tuloksiin olivat yhteydessä RAI-indeksi, STEM-kiinnostus ja koettu kiinnostuksen lisääntyminen.

8 Tutkimuksen luotettavuus

8.1 Reliabiliteetti

Reliabiliteetti tarkoittaa tutkimuksen toistettavuutta eli saisiko toinen tutkija samankaltaisia tuloksia tai sama tutkija samanlaisia tuloksia usealla mittauskerralla.

Tutkimuksen mittariston reliabiliteetti varmistettiin Cronbachin alfan avulla, joka kertoo mittarin osioiden välisestä korrelaatiosta. Jos korrelaatio on suuri, mittarin eri osiot mitaavat samaa asiaa ja Cronbachin alfan arvo lähenee yhtä. Alle 0.60 jääviä alfan arvoja ei vakiintuneen tavan mukaan hyväksytä tutkimuksissa (Metsämuuronen, 2011, s. 77). Tutkimuksessa käytetyt mittarien alfa-arvot osoittautuivat hyviksi. Kaikkien tutkimuksessa käytettyjen mittarien alfa arvot olivat yli 0.80 (ks. 8.3 tutkimuksen mittarit), joten tutkimuksessa käytettyjä mittareita voidaan siis pitää reliabeleina.

Tutkimuksen osallistujille luotiin mahdollisimman samanlaiset olosuhteet vastata testeihin ja tutkija oli paikalla sekä alku – ja jälkitestissä. Ohjeistus testin täyttöön pyrittiin antamaan mahdollisimman selkeästi ja oppilaille oli mahdollisuus pyytää apua missä vaiheessa testausta tahansa.

8.2 Tutkimuksen validiteetti

Tutkimuksen validiteetti tarkoittaa sen pätevyyttä eli mitaavatko tutkimuksessa käytetyt mittarit juuri sitä, mitä tutkijan on tarkoituskin mitata (Metsämuuronen, 2011). Mittarin heikko validiteetti voi aiheuttaa virheitä tutkimuksen tuloksista tehtyihin johtopäätöksiin. Validiteetti jaetaan sisäiseen ja ulkoiseen validiteettiin. Sisäinen validiteetti tarkoittaa tutkimuksen sisäistä luotettavuutta ja ulkoisella taas tutkimustulosten yleistettävyyttä.

Tutkimuksen validiteetti pyrittiin säilyttämään käyttämällä luotettaviksi havaittuja ja testattuja mittareita. Suurinta osaa mittareista on käytetty muissa samankaltaisissa tutkimuksissa (ks. Thuneberg & Salmi, 2018).

Tutkittaessa tämän kaltaista koulun ulkopuolista lyhyttä museovierailua ei voida väittää, että yhteydet muuttujien välillä johtuivat varmasti juuri tästä yhdestä vierailusta, koska siihen liittyy suuri määrä kontrolloimattomia tekijöitä. Oppilaita olisi voitu kontrolloida ja

seurata tarkemmin, mutta näin ei toimittu, koska informaalin oppimisen lähtökohtana toimii formaalia ympäristöä vapaampi oppimisilmapiiri, jossa oppiminen perustuu oppijan vapaaseen oppimiseen ja vapaaehtoisuuteen (Salmi, 2006, s. 431). Opettajia ohjeistettiinkin olemaan valmistelematta oppilaita etukäteen vierailuun. Tutkimuksessa raportoidaan kuitenkin tilanne ennen ja jälkeen näyttelykäynnin sekä miten muuttujien arvot olivat alku- ja lopputestin välillä vaihdelleet.

Visuaalista päättelykykyä mittaava Raven-testi on standardoitu ja ympäri maailmaa käytetty psykologinen testi. Tutkimuksessa saadut tulokset noudattavat muita saman ikäisiltä oppilailta saatuja tuloksia (Salmi & Thuneberg, 2011; Salmi ja muut, 2016; Thuneberg ja muut 2018). Tutkimusta varten laadittu STEM-kiinnostusta ja koettua kiinnostuksen lisääntymistä mittaava testi pyrittiin tekemään mahdollisimman selkeäksi ja monipuoliseksi.

Mitattaessa STEM-kiinnostusta ja koettua kiinnostuksen lisääntymistä vastausvaihtoehdot olivat aseteltu siten, että kiinnostus ja kiinnostuksen lisääntyminen laskivat vasemmalta oikealle (vasemmalla "kiinnostaa/lisääntyi paljon" ja oikealla "ei kiinnosta/ei lisääntynyt ollenkaan"). Tällainen asettelutapa saattaa johtaa harhaan joitakin oppilaita, sillä yleisesti skaalat kasvavat vasemmalta oikealle. Tämä olisi voitu mahdollisesti välttää kääntämällä skaala toisin päin.

Myös kiinnostusta mitattaessa olisi ihanteellista tehdä mittaus näyttelykäynnin aikana (Ainley ja muut, 2002a), mutta aineiston koon sekä näyttelyn luonteen takia näyttelykäynnin aikana suoritettu mittaus ei ollut mahdollista.

Kiinnostuksen lisääntymistä mitattaessa olisi myös ollut suotavaa, jos sekä alku että jälkitestin kysymykset sekä vastausvaihtoehdot olisivat olleet samoja suoran vertailun helpottamiseksi. Tässä tutkimuksessa jälkitestissä kysymykset pysyivät samoina, mutta vastausvaihtoehdot vaihtuivat, jolloin testien tuloksien suora vertaaminen ei ollut mahdollista.

9 Pohdintaa

Ensimmäisessä tutkimuskysymyksessä selvitettiin sukupuolen yhteyttä STEM-kiinnostukseen ja matematiikan arvostukseen sekä autonomian indeksiin ja tilannekohtaiseen kiinnostukseen.

Suomalaisten kuudesluokkalaisten oppilaiden keskuudessa tyttöjen on katsottu suhtautuvan negatiivisemmin matematiikkaan ja kärsivän huomattavasti poikia enemmän matematiikka-ahdistuksesta (Hannula & Holm, 2018). Lisäksi poikien on huomattu suhtautuvan positiivisemmin matematiikkaa kohtaan (Eccles, 2011, s. 198; Else-Quest, Conchetta & Higgins, 2013, s. 306). Olikin yllättävää, että tyttöjen arvostus matematiikkaa kohtaan ei eronnut pojista. Tulosta voi selittää kysymysten luonne, joilla ei mitattu suoranaista motivaatiota tai asennetta matematiikkaa kohtaan, vaan juuri arvostusta. Tytöt saattavatkin kärsiä enemmän matematiikka-ahdistuksesta tai motivaation puutteesta matematiikkaa kohtaan, vaikka arvostaisivat matematiikan hyödyllisyyttä arkielämässä ja tulevaisuudessa. Tosin Eccles (1984) havaitsi matematiikan arvostuksen laskevan tyttöjen kesken luokka-asteen kasvaessa. On myös mahdollista, että kuudennella luokalla tyttöjen arvostus ei ole vielä laskenut poikia alemmas. Myös viimeaikainen tyttöjen parempi menestyminen matematiikassa (Vettenranta ja muut, 2016a, 2016b; Kupari & Hiltunen, 2018) saattaa vaikuttaa tyttöjen ja poikien matematiikan arvostuksen tasaisuuteen.

Pojat olivat tyttöjä kiinnostuneempia STEM-aineista ennen näyttelykäyntiä. Tulos oli odotettu, sillä poikien on perinteisesti koettu olevan tyttöjä kiinnostuneempia STEM-aineista (Cunningham, 2015, s. 4). Pojilla STEM-kiinnostukseen liittyi vahvasti visuaalinen päättelykyky ja taas vastaavasti tytöillä autonomian kokemus. STEM-aineista jo ennen näyttelykäyntiä kiinnostuneimpia olivat siis hyvän visuaalisen päättelykyvyn omaavat pojat sekä vahvan sisäisen autonomian omaavat tytöt.

Autonomian kokemus ei eronnut tyttöjen ja poikien välillä, mutta yhteys korostui selvästi tytöillä. Tutkittaessa sukupuolen moderaatiovaikutuksia huomattiin, että poikien autonomian kokemus ei ennustanut yhtäkään muuttujaa, sillä kaikki yhteydet liittyivät tyttöjen kokemaan autonomiaan. Poikien osalta autonomian kokemuksella ei siis ollut yhteyksiä tutkimuksessa käytettyihin muuttujiin.

Tutkimuksen mukaan aikaisempi STEM-kiinnostus ennustaa myös suurempaa kiinnostuksen lisääntymistä (ks. Baran, Canbazoglu, Mesutoglu, Ocak, 2019; Mohr-Schroeder

ja muut, 2014), mutta tytöt ja pojat kuitenkin kokivat kiinnostuksen lisääntyvän STEM-aineita kohtaan yhtä paljon. Tosin lyhytkestoisten informaali oppimisympäristöjen vaikutuksien on myös huomattu olevan voimakkaampia tytöillä (Thuneberg & Salmi, 2018, 20), joten nämä seikat saattavat vaikuttaa tyttöjen ja poikien kokemaan samankaltaiseen STEM-kiinnostuksen lisääntymiseen.

Tässä tutkimuksessa tyttöjen ja poikien välillä ei ollut eroja suhteellisen autonomian osalta. Aikaisemmassa tutkimuksessa tulokset ovat olleet vaihtelevia. Toiset ovat huomanneet tyttöjen kokeneen itsensä autonomisemmiksi kuin pojat (Grolnick & Ryan, 1990, 180; Salmi & Thuneberg, 2018, s. 15) ja toiset eivät ole löytäneet eroja sukupuolten välillä (Thuneberg ja muut, 2018, s. 157).

Poikien ja tyttöjen kokema kiinnostuksen yhtä suuri lisääntyminen saattaa siis johtua myös sukupuolten tasaisella autonomian kokemuksella tai mahdollisesti näyttelyn luonteen erilaisuudella verrattuna aikaisempaan tutkimukseen, jossa STEM-kiinnostus ennusti myös kiinnostuksen lisääntymistä.

Huomioon otettavaa on myös, että polkumallissa esiintynyt visuaalisen päättelykyvyn negatiivinen yhteys koettuun STEM-kiinnostuksen lisääntymiseen liittyi vain poikiin, ei tyttöihin. Juuri hyvän päättelykyvyn omaavat pojat olivat erityisen kiinnostuneita STEM-aineista ennen näyttelykäyntiä, mutta heidän kiinnostuksensa ei kuitenkaan lisääntynyt muita enemmän. Tasaista kiinnostuksen kasvua voidaan myös selittää kiinnostuksen suhteellisen vähäisellä lisääntymisellä, jolloin myös erot koetun kiinnostuksen lisääntymisen osalta pysyvät pieninä.

Toisessa tutkimuskysymyksessä tarkasteltiin oppilaiden STEM-kiinnostuksen ja matematiikan arvostuksen muuttumista näyttelykäynnin jälkeen.

Kaikista kiinnostuneimpia STEM-aineista olivat hyvän visuaalisen päättelykyvyn omaavat pojat, mutta heidänkin kiinnostus lisääntyi yhtä paljon kuin muidenkin.

Mielenkiintoista oli kuitenkin se, että etukäteen STEM-aineista eniten kiinnostuneiden oppilaiden kiinnostus ei lisääntynyt muita enemmän, sillä tutkimuksen mukaan juuri etukäteen STEM-aineista kiinnostuneiden oppilaiden mielenkiinto lisääntyi muita enemmän (Baran ja muut, 2019, s. 232; Mohr-Schroeder ja muut, 2014, s. 299).

Oppilaiden kiinnostus STEM-aineita kohtaan lisääntyi keskimäärin vain vähän. Tulos on ristiriidassa aikaisempaan tutkimukseen (Baran ja muut, 2019; Mohr-Schroeder ja muut, 2014), jossa samankaltainen informaali ympäristö lisäsi huomattavasti kiinnostusta STEM-aineita kohtaan. Näyttelyvierailun lyhyen luonteen takia ei tosin voidakaan olettaa oppilaiden kiinnostuksen lisääntyvän erityisen paljoa.

Heikosti koulussa menestyneet sekä huonomman visuaalisen päättelykyvyn omaavat oppilaat arvostivat matematiikkaa vähemmän kuin muut oppilaat. Tämä huonompi asenne matematiikkaan saattaa johtua esimerkiksi heikommista suorituksista tai vaikeuksista matematiikan oppitunneilla, joka voi johtaa matematiikka ahdistukseen ja huonompiin asenteisiin matematiikkaa kohtaan.

Näyttelykäynnin jälkeen erot matematiikan arvostuksessa olivat kaventuneet. Mahdollisesti aikaisemmin matematiikan tunnilla tuskailleet oppilaat saattoivat saada positiivisia kokemuksia näyttelykäynnin erilaisesta lähestymistavasta matematiikkaan, joka saattoi parantaa hieman asenteita matematiikkaa kohtaan. Erojen kaventuminen oli pientä, mutta tutkimuskohteen lyhytkestoisuuden huomioon ottaen suuria muutoksia matematiikan asenteeseen ei voida olettaakaan. Tulokset ovat kuitenkin positiivisia ja mielenkiintoista olisikin tutkia pitkäkestoisen STEAM-pedagogiikkaan pohjautuvan informaalin matematiikan opetuksen yhteyksiä erityisesti negatiivisesti matematiikkaan suhtautuvien oppilaiden kesken.

Kolmas tutkimuskysymys liittyi taustamuuttujien ja näyttelykokemuksen yhteyteen STEM-kiinnostuksen ja matematiikan arvostuksen osalta. Oppilaiden autonomian kokemus oli hyvin tärkeässä roolissa näyttelyssä kiinnostuksen ja asenteiden kannalta. Autonomian kokemuksella oli selkeä yhteys oppilaiden asenteisiin ja kiinnostukseen sekä näyttelyssä viihtymiseen. Se oli yhteydessä myös epäsuorasti näyttelykäynnin jälkeen mitattuihin STEM-kiinnostuksen koettuun lisääntymiseen sekä matematiikan arvostukseen.

Sisäisen kontrollin painottamisen on osoitettu toimivan erityisen hyvin tutkimuksen kaltaisissa avoimissa oppimisympäristöissä (Salmi, 2014; Salmi & Thuneberg, 2018). Tältä osin tutkimus vahvistaa autonomian kokemuksen yhteyksiä kiinnostukseen, asenteisiin sekä tilannemotivaatioon (Osborne & Dillion, 2008; Vainikainen ja muut, 2015; Thuneberg & Salmi, 2018).

Matematiikan arvosana oli oletetusti yhteydessä asenteisiin matematiikkaa kohtaan, sillä positiiviset asenteet matematiikkaa kohtaan edesauttavat myös siinä menestymisessä (Hannula & Holm, 2018, s. 135). Paremmin matematiikassa menestyneet oppilaat arvostivat myös matematiikkaa enemmän. Hieman yllättävää oli, että matematiikan arvostamisella ei ollut yhteyttä STEM-kiinnostukseen tai sen lisääntymiseen, sillä matematiikka kuuluu yhtenä osana STEM-aineisiin. Tosin vain yksi STEM-kiinnostusta karttavista kysymyksistä liittyi täysin suoraan matematiikkaan, joka saattaa selittää yhteyden puuttumista.

Oppilaiden näyttelykokemus on luonnollisesti keskiössä, kun puhutaan onnistuneen koulun ulkopuolisen oppimisympäristön luomisesta. Tämänkaltaisessa ympäristössä on tärkeää, että kokemus on mieluisa, sillä vapaan luonteen takia oppiminen tapahtuu enemmän oppilaan omasta halusta kuin formaaleissa asetelmissa, jossa ulkoapäin on usein annettu huomattavasti tarkemmat ohjeet.

Näyttelykokemus voikin olla hyvä selittäjä matematiikan arvostuksen osalta. Aikaisempi STEM-kiinnostus ja koettu kiinnostuksen lisääntyminen lisäsivät entisestään näyttelyssä viihtymistä.

Oppilaiden kokemalla kiinnostuksen lisääntymisellä STEM-aineita kohtaan oli tässä tutkimuksessa suurin yhteys positiiviseen näyttelykokemukseen. Aikaisempi kiinnostus STEM-aineita kohtaan ja sitä kautta kiinnostuksen lisääntyminen johtaa innostukseen näyttelyssä, joka näkyy kiinnostuksena ja tilannemotivaation kasvuna. Myös aikaisempi matematiikan arvostus oli yhteydessä näyttelyssä viihtymiseen, mutta tämä yhteys oli huomattavasti pienempi kuin kiinnostuksen lisääntymisellä. Onkin luonnollista, että aikaisempi kiinnostus luonnontieteitä sekä matematiikkaa kohtaan ja sen lisääntyminen lisää myös näyttelyssä viihtymistä ja sitä kautta parantaa entisestään asenteita matematiikkaa kohtaan.

Pojat olivat tyttöjä kiinnostuneempia STEM-aineista ennen näyttelykäyntiä ja varsinkin hyvän päättelykyvyn omaavat pojat olivat erityisen kiinnostuneita STEM-aineista.

Oletetusti aikaisempi STEM-kiinnostus selitti oppilaiden koettua STEM-kiinnostuksen lisääntymistä. Yllättävää oli, että Ravenin testissä huonosti menestyneiden oppilaiden kiinnostus STEM-aineita kohtaan lisääntyi enemmän kuin hyvin testissä menestyneiden. Hyvä päättelykyky lisäsi siis vähemmän kiinnostusta STEM-aineita kohtaan kuin heikko

päätelykyky. Lähemmässä tarkastelussa kuitenkin havaittiin, että tulos selittyy yksinomaan pojilla esiintyvistä negatiivisista yhteydestä.

Vain pieni osa oppilaiden kokemasta kiinnostuksen lisääntymisestä pystyttiin selittämään polkumallin avulla. Erojen puuttuminen voikin mahdollisesti johtua näyttelyvierailun luonteen sekä juuri kiinnostuksen vähäistä lisääntymisestä.

Tämän tutkimuksen kaltaisessa oppimisympäristössä kiinnostuksella saattaisi olla tärkeä rooli ohjata vahvaa, hetkellistä kiinnostusta ja tilannemotivaatiota kohti pitkäkestoisia, sisäistä motivaatiota. Kiinnostuksen ja motivaation mahdollisista positivistista yhteyksistä sisäisen motivaation muodostumisessa on esitetty aikaisemminkin (Salmi, 2003; Vainikainen ja muut, 2015) ja tämän tutkimuksen tulokset vahvistavat näitä teorioita. Juuri oppilaiden tilannemotivaatiolla, eli sillä miten he viihtyivät näyttelyssä, oli suuri yhteys oppilaiden matematiikan arvostuksen. Tätä tilannemotivaatiota vahvistivat sekä oppilaiden kiinnostus ja sen lisääntyminen sekä autonomian kokemus eli kuinka sisäisesti motivoituneita oppilaat olivat.

Tulosten perusteella emme toki kiistattomasti tiedä johtuuko näyttelyssä viihtyminen siten aikaisemmasta kiinnostuksesta STEM-aineita kohtaa, kiinnostuksen lisääntymisestä, korkeasta autonomian tunteesta tai hyvistä suorituksista matematiikassa ja sitä kautta korkeasta matematiikan arvostuksesta. Näyttely onnistui tarkoituksessaan: oppilaat viihtyivät matematiikan parissa.

Matematiikan arvostuksen ei näin lyhyen näyttelykäynnin myötä oletettukaan kokonaisuudessaan muuttuvan dramaattisesti, mutta hyvin positiivista oli, että erot oppilasryhmien välillä matematiikan arvostuksen suhteen kapenivat, siten, että heikoiten menestyneet oppilaat kuroivat kiinni muita ryhmiä. Vaikka kaikki oppilaat olivat viihtyneet tasaisen hyvin näyttelyssä, silti siitä näytti olevan hieman enemmän hyötyä heikoimmille oppilaille sekä tyttöjen että poikien osalta. Erojen tasautumista on tämän kaltaisissa oppimisympäristöissä raportoitu aikaisemminkin, mutta silloin erojen kaventuminen on liittynyt oppimistuloksiin ja sukupuoleen (Salmi & Thuneberg, 2018) eikä asenteisiin.

Suomalaisten oppilaiden asenteet matematiikkaan ovat heikentyneet ja kansainvälisesti vertailtuna (TIMMS, 2011, 2015; ks. Mullis ja muut, 2012, 2016) suomalaisten oppilaiden matematiikan asenteet ja sitoutuminen matematiikan opiskeluun ovatkin vertailumaiden heikoimpia (Kupari & Hiltunen, 2018, s. 49). Tämän tutkimuksen tulokset antavat alustavaa näyttöä siitä, että jo lyhytkestoinen informaali matematiikan opetus lisää oppilaiden

kiinnostusta ja tasoittaa matematiikan arvostuksen eroja, mutta lisätutkimusta tulosten varmistamisesta tarvitaan. Baranin kumppaneineen (2019, 232) toteuttamassa koulun ulkopuolisessa, pitemmän aikavälin STEM-interventiossa on tosin raportoitu oppilaiden asenteiden parantumisesta kaikkiin muihin STEM-aineisiin paitsi matematiikkaan. Baranin ja kumppanien tutkimuksessa oppilaat olivat kuitenkin vapaaehtoisia ja jo hyvin kiinnostuneita etukäteen STEM-aineista. Mielenkiintoista olisikin tutkia pitemmän aikavälin interventiota ja sen vaikutuksia matematiikan kiinnostukseen sekä arvostukseen.

Koulun ulkopuolisten, informaali oppimisympäristöjen vaikutuksia oppilaiden koulunkäyntiin ei ole tutkittu. Olisikin hedelmällistä tutkia mahdollisen pysyvän matematiikan arvostuksen kasvun yhteyksiä erityisesti matematiikassa menestymiseen heikosti suoriutuvien oppilaiden kohdalla.

Tämän tutkimuksen avulla on tarkoitus myös avata keskustelua erilaisten STEAM-pedagogiikkaan perustuvien opetusmenetelmien pitkäaikaisvaikutuksia ja tulevaisuuden tutkimuksista. Aikaisemman tutkimuksen mukaan informaali oppimisympäristöt lisäävät oppilaiden mahdollisuuksia työskennellä STEM-alalla (Kitchen, Sonnert & Sadler, 2018, 542) ja jo lyhytkestoinen koulun ulkopuolinen informaali opetus voi olla tärkeässä roolissa oppilaiden asenteissa STEAM-aineita kohtaan (Mohr-Schroeder ja muut, 2014; Salmi ja muut 2017). Koulun ulkopuolisella tiedekeskusmaisella oppimisympäristöllä on melko hyvät näytöt lyhytaikaisen intervention yhteyksistä oppilaisiin, mutta lisätutkimusta tarvitaan pitkäaikaisten yhteyksien selvittämiseksi, jotta STEAM-pedagogiikka voi vakiinnuttaa entistään paikkaansa sekä formaalissa että informaalisissa koulutuksissa.

STEAM-pedagogiikan peruserusteita on oppilaan luovuuden kehittäminen. Tulevaisuudessa tulisikin pyrkiä mittaamaan tämän tutkimuksen kaltaisten oppimisympäristöjen yhteyksiä myös luovuuden kehitykseen.

Tämän tutkimuksen kohteena olleessa matematiikkanäyttelyssä toisena osana oli 4D-frame työpaja. Tämän tutkimuksen kanssa samaa matematiikkanäyttelyä tutkinut Fast (2019) keskittyi pohtimaan näyttelyn vaikutuksia myös oppilaan laaja-alaisen osaamisen opettamisen näkökulmasta. Tämän tutkimuksen valossa nousi vahvasti esille monimuotoisen 4D-frame työpajan käyttö laaja-alaisen osaamisen opettamiseen. Työpaja toteutaisi suoraan osa-alueen L1 *Ajattelu ja oppimaan oppiminen* työpajan informaalin luonteensa avulla sekä taiteen ja geometrian elementtien integroinnin ansiosta. Tämän lisäksi työpaja toteutaisi osa-alueen L5 *Tieto- ja viestintäteknologian osaaminen*. Thune-

bergin ja kumppaneiden (2017, s. 11) mukaan 4D-frame rakentaminen muistuttaakin tietokoneohjelmointia ja he vertaavat palikoiden yksinkertaista luonnetta (4 erilaista rakennusosaa, mutta rakennusmahdollisuudet äärettömän laajat) binaarijärjestelmään. Työpajaan onkin aikaisemmin integroitu esimerkiksi myös robottiteknologiaa (Fenyvesi ja muut, 2017). Tämän lisäksi työpaja kattaa myös L4 *Monilukutaito* osa-aluetta, johon kuuluvat numeerisen ja kinesteettisen symbolijärjestelmän avulla tuotettu tieto (OPS, 2014, s. 22). Digitalisoitumisen myötä myös perinteinen käsillä tekeminen ja konkreettinen rakentelu korostuvat entisestään (Dewey, 1934, 1957). Aikaisempi tutkimus vahvistaa näkemystä, jossa monen eri tiedonalan selitysperiaatteiden yhdistäminen monipuolistaa oppimista (ks. Thuneberg, Salmi & Bogner, 2018) ja lisää itseluottamusta omia taitoja kohtaan (Rantala, Thuneberg & Salmi, 2019, s. 77). Positiiviset tutkimustulokset sekä asenteiden että oppimisen osalta rohkaisevat tutkimuksessa käsitellyn matematiikkatyöpajan hyödyntämiseen monialaisena oppimiskokonaisuutena, joka edistää oppilaiden laaja-alaista osaamista erityisesti informaalisissa kontekstissa.

Lähteet

- Ainley, M., Hidi, S., & Berndorff, D. (2002a). Interest, learning, and the psychological processes that mediate their relationship. *Journal of Educational Psychology*, 94(3), 545-561. doi:10.1037//0022-0663.94.3.545
- Ainley, M., Hillman, K., & Hidi, S. (2002b). Gender and interest processes in response to literary texts: Situational and individual interest. *Learning and Instruction*, 12, 411-428.
- Anderson, K. (2008). *The Geometry of an Art: The History of the Mathematical Theory of Perspective from Alberti to Monge*. Springer Science & Business Media, 23.11.2008. 814 pages.
- Aunio, P. (2006). *Matemaattiset taidot ennen koulun alkua*. Niilo Mäki instituutti. Luki-Mat-hanke. Jyväskylä.
- Baran E, Canbazoglu Bilici S, Mesutoglu C, Ocak C. (2019). The impact of an out-of-school STEM education program on students' attitudes toward STEM and STEM careers. *School Science and Mathematics*.19:223–235.
- Bitgood, S. (1988). A comparison of formal and informal learning. Technical report No 88-10. Jacksonville: Center for Social Design.
- Boy, G. (2013). From STEM to STEAM: toward a human-centred education, creativity & learning thinking. 10.1145/2501907.2501934.
- Braund, M. & Reiss, M. (2007). What does out-of-school learning offer school science? *The Science Education Review*, 6, 35-37.
- Braund, M. and Reiss, M. (2004). *Learning science outside the classroom*. London, U.K.: Routledge.
- Breiner, J., Harkness, M., Johnson, C. C. & Koehler, C. (2012). What is STEM? A discussion about conceptions of STEM in education and partnerships. *School Science and Mathematics*, 112(1), 3-11.
- Brezovnik, A. (2015). The benefits of fine art integration into mathematics in primary school - In: *CEPS Journal* 5 (2015) 3, S. 11-32 - URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-114020
- Byrne, B. (2010). *Structural equation modeling with AMOS. Basic concepts, applications, and programming (2nd ed.)*. New York, NY: Routledge
- Chopp, R., Frost, S., & Weiss, D. H. (Eds.). (2014). *Remaking college: Innovation and the liberal arts*. Baltimore: John Hopkins Press. *Contemporary Educational Psychology*, 21, 3–18.
- Colucci-Gray, L., Trowsdale, J., Cooke, C.F., Davies, R., Burnard, P., Gray, D.S. (2017). Reviewing the potential and challenges of developing STEAM education through creative pedagogies for 21st learning: How can school curricula be broadened towards a more responsive, dynamic, and inclusive form of education? *British Educational Research Association*.
- Coombs, P. H. (1968) *World Educational Crisis: a systems approach*, New York: Oxford University Press.

- Cunningham, B., Hoyer, K., & Sparks, D. (2015). Gender Differences in Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Interest, Credits Earned, and NAEP Performance in the 12th Grade. *Stats in Brief*. NCES 2015-075.
- Davis, P. J. (2008), *The Geometry of An Art: The History of the Mathematical Theory of Perspective from Alberti to Monge* - by Kirsti Andersen. *Centaurus*, 50: 332-334. doi:10.1111/j.1600-0498.2008.00111.x
- Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2002). Overview of self-determination theory: An organismic dialectical perspective. In E. Deci & R. Ryan (Eds.), *Handbook of self-determination* (pp. 3-33). Rochester, NY: University of Rochester Press.
- Dewey, J. (1957). *Koulu ja yhteiskunta*. (Suom. K. Kajava). Helsinki: Otava.
- Dewey, J. (2010). *Taide kokemuksena*. (Art as experience, 1934.) Suomentaneet Antti Immonen & Jarkko S. Tuusvuori. Tampere: Niin & näin. ISBN 978-952-5503-47-0.
- Dunlap, R. (1997). *The Golden Ratio and Fibonacci Numbers*. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd.
- Eberle, F. (2010). *Workforce Development: Why STEM education is important*. InTech Magazine September/October 2010. ISA Publications.
- Eccles, J. (2011). Gendered educational and occupational choices: Applying the Eccles et al. model of achievement-related choices. *International Journal of Behavioral Development*, 35(3), 195–201. <https://doi.org/10.1177/0165025411398185>
- Elaine Perignat, Jen Katz-Buonincontro. (2019). STEAM in practice and research: An integrative literature review. *Thinking Skills and Creativity*. Volume 31, 2019, Pages 31-43, ISSN 18711871, <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2018.10.002>.
- Else-Quest, N., Concetta, M. & Higgins, A. (2013). Math and Science Attitudes and Achievement at the Intersection of Gender and Ethnicity. *Psychology of Women Quarterly*. 37. 293-309. 10.1177/0361684313480694.
- Engeström, Y. (1987). *Perustietoa opetuksesta*. Helsinki: Valtiovarainministeriö.
- Falk, J. & Dierking, L. (2000). *Learning from museums. Visitor experiences and the making of meaning*. Walnut Creek: Altamira Press.
- Fast, T. (2019). *Motivaatio matematiikan opiskeluun koulussa ja informaalissa STEAM-oppimisympäristössä*. Pro gradu –tutkielma. Kasvatustieteellinen tiedekunta. Helsingin yliopisto.
- Faure, E., Herrera, F., Kaddoura, A-R., Lopes, H., Petrovsky, A.V., Rahnema, M., & Champion Ward, F. (1972). *Learning to be: The world of education today and tomorrow*. Paris: UNESCO.
- Fenichel, M. & Schweingruber, H. (2010). *Surrounded by science: Learning science in informal environments*. Board of Science education, Centre of education, Division of behavioral and social sciences and education. Washington, DC: The National Academic Press.
- Fenyvesi, K., Koskimaa, R., & Lavicza, Z. (2015). Experiential Education of Mathematics: Art and Games for Digital Natives. *Kasvatusjääka*, 9 (1), 107-134.

- Fenyvesi, K., Vecsei, Á., Lieban, D., Lavicza, Z., Park, H., & Vecsei, G. (2017). Omnidirectional Robot Construction at the Math Class. In D. Swart, C. Séquin, & K. Fenyvesi (Eds.), *Bridges Waterloo. Proceedings of Bridges 2017 : Mathematics, Art, Music, Architecture, Education, Culture* (pp. 539-546). Phoenix: Tessellations Publishing. Retrieved from <http://archive.bridgesmathart.org/2017/bridges2017-539.pdf> Open access
- Fitzpatrick, Kate. (2006). The Effect of Instrumental Music Participation and Socioeconomic Status on Ohio Fourth, Sixth, and Ninth-Grade Proficiency Test Performance. *Journal of Research in Music Education*. 54. 73-84. 10.2307/3653456.
- Gardner, H. (1991). *The unschooled mind. How children think & how schools should teach.* New York: BasicBooks.
- Gogus A. (2015) Reconceptualizing Liberal Education in the 21st Century. In: Ge X., Ifenthaler D., Spector J. (eds) *Emerging Technologies for STEAM Education. Educational Communications and Technology: Issues and Innovations.* Springer, Cham
- Griffin, J. (1998). Learning science through practical experiences in museums. *International Journal of Science Education*. (Vol 20:6. 655-663).
<http://pgebs.ioc.fiocruz.br/sites/pgss.ioc.fiocruz.br/files/u25/Texto%20Griffin%201998%20IJSE%20learning%20in%20museums.pdf>
- Grolnick, W. S., & Ryan, R. M. (1990). Self-perceptions, motivation, and adjustment in children with learning disabilities: A multiple group comparison study. *Journal of Learning Disabilities*, 23(3), 177-184.
- Haley, J. (2001). "The relationship between instrumental music instruction and academic achievement in fourth-grade students". ETD Collection for Pace University. AAI3026550.
<https://digitalcommons.pace.edu/dissertations/AAI3026550>
- Hannula M. & Holm M. (2018). Oppilaan matematiikkakuva oppimistuloksena ja oppimisen taustatekijänä. In Joutsenlahti J, Silfverberg H, Räsänen P, editors, *Matematiikan opetus ja oppiminen*. Jyväskylä: Niilo Mäki Instituutti.. p. 132-154
- Hasni, A. & Potvin, P. (2015). Student's Interest in Science and Technology and its Relationships with Teaching Methods, Family Context and Self-Efficacy. *International Journal of Environmental & Science Education*. 2015. 337-366. 10.12973/ijese.2015.249a.
- Heino, A. (2018). Tulevaisuuden taitoja oppimassa - laaja-alaisen osaamisen tavoitteiden toteutuminen luokanopetuksessa. Pro gradu –tutkielma. Kasvatustieteiden tiedekunta. Lapin yliopisto.
- Heitin, L. (2015). When did science education become STEM? Retrieved from http://blogs.edweek.org/edweek/curriculum/2015/04/when_did_science_education_become_STEM.html
- Henshilwood, C.S., d'Errico, F., van Niekerk, K.L. et al. An abstract drawing from the 73,000-year-old levels at Blombos Cave, South Africa. *Nature* 562, 115–118 (2018) doi:10.1038/s41586-018-0514-3

- Hidi, S. (1990). Interest and Its Contribution as a Mental Resource for Learning. *Review of Education Research*, 60, 549-571.
- Hidi, S. (2006). Interest: A unique motivation variable. *Educational Research Review*, 1, 69-82, DOI:10.1016/j.edurev.2006.09.001.
- Hidi, S., & Harackiewicz, J. (2000). Motivating the academically unmotivated: A critical issue for the 21st century. *Review of Educational Research*, 70, 151–179.
- Illich, I. (1972). *Kouluttamattomaan yhteiskuntaan*. Helsinki: Otava. Suom. AarneValpola. [1971: *Deschooling society*. London: Calder&Boyers.]
- James Haywood Rolling Jr. (2016) Reinventing the STEAM Engine for Art + Design Education, *Art Education*, 69:4, 4-7
- Järvilehto, L. (2014). *Monenkirjavia kuvitelmia*. [Helsinki]: Tammi.
- Jobs, S. (2013). Liberal arts essential for innovation. *The Daily RIFF*.
<http://www.thedailyriff.com/articles/steve-says-technology-liberal-arts-innovation-648.php>.
- Johnson, C. M., & Memmott, J. E. (2006). Examination of relationships between participation in school music programs of differing quality and standardized test results. *Journal of Research in Music Education*, 54(4), 293.
- Jokela, M. (1995). *Managuan juppi : tietokoneavusteisen näyttelykohteen käyttö tiedekeskuksessa*. Pro gradu –tutkielma. Helsingin yliopisto.
- Juuti, K., Kaitavuori, S. & Tani, S. (2015). Tiedonalalähtöinen eheyttäminen. Teoksessa H. Cantell (toim.), *Näin rakennat monialaisia oppimiskokonaisuuksia* (ss.77- 93). Jyväskylä: PS-kustannus.
- Kallio-Kokko, S. (2001). *Tiedekeskus – opin paikka: luonnontieteellinen ajattelu ja motivaatio tiedekeskus Heureka Lasten laboratoriossa*. Pro gradu –tutkielma. Helsingin yliopisto.
- Kärnä, P. Hakonen, R. & Kuusela, J. (2012). Luonnontieteellinen osaaminen perusopetuksen 9.luokalla 2011. *Koulutuksen seurantaraportit 2012:2*. Helsinki: Opetushallitus.
- Kim, E., Kim, S., Nam, D. S., & Lee, T. W. (2012). Development of STEAM program math centered for middle school students. Department of Computer Education, Korea National University of Education.
- Kitchen, J. A., Sonnert, G., & Sadler, P. M. (2018). The impact of college-and university-run high school summer programs on students' end of high school STEM career aspirations. *Science Education*, 102(3), 529–547. <https://doi.org/10.1002/sce.21332>. Kluwer Academic/Plenum.
- Kiviniemi, K., Leppisaari, I. & Teräs, H. (2013). Autenttiset verkko-oppimiskäytännöt asiantuntijuuden kehittäjinä. Teoksessa J. T. Hakala & K. Kiviniemi (toim.). *Vuorovaikutuksen jännitteitä ja oppimisen säröjä*. Aikuispedagogiikan haasteiden äärellä. Jyväskylän yliopisto, Kokkolan yliopistokeskus Chydenius, 99–114.
- Krapp, A. (2007). An educational-psychological conceptualisation on interest. *International Educational Journal for Educational and Vocational Guidance*, 7, 5-21.

- Krapp, A. & Prenzel, M. (2011). Research on Interest in Science: Theories, Methods and Findings. *International Journal of Science Education*. 33. 27-50. 10.1080/09500693.2010.518645.
- Krapp, A., Hidi, S. & Renninger, A. (1992). *The Role of Interest in Learning and Development*. Lawrence Erlbaum Associates. Hillsdale, NJ.
- Kupari, P. (2007). Tuloksia peruskoulun asenteista ja motivaatiosta matematiikkaa kohtaan PISA 2003 – tutkimuksessa. *Kasvatus* 4/2007. Suomen kasvatustieteellinen seura.
- Kupari, P., & Hiltunen, J. Matemaattiset taidot kansainvälisten arviointitukimusten välillä. In J. Joutsenlahti, H. Silfverberg, & P. Räsänen (Eds.), *Matematiikan opetus ja oppiminen* (pp. 16-53). Jyväskylä, Finland: Niilo Mäki Instituutti (2018).
- Laakkonen, K. (2003) Opiskelumotivaatio sekä tilannemotivaatio informaalissa oppimisympäristössä: viidesluokkalaiset Heureka Avoimet kysymykset –näyttelyssä. Pro gradu -tutkielma. Helsingin yliopisto.
- Laitinen, S. (2017) Alakoulun aarreaitaan kätketty opettajuus. Pro gradu –tutkielma. Kasvatustieteiden tiedekunta. Tampereen yliopisto.
- Levy, D. (1994). Chaos theory and strategy: Theory, application, and managerial implications. *Strategic Management Journal*, 15(S2), 167– 178.
- Lindfors, K & Rahikainen, T. (2015). Laaja-alaiset osaamistavoitteet opetus- ja kasvatustyön perusteena. Pro gradu –tutkimus. Kasvatustieteellinen tiedekunta. Jyväskylän yliopisto.
- Lipstein, R. L., & Ann Renninger, K. (2006). "Chapter 7: "Putting Things into Words": The Development of 12-15-Year-Old Students' Interest for Writing". In Chapter 7: "Putting Things into Words": The Development of 12-15-Year-Old Students' Interest for Writing. Leiden, The Netherlands: Brill. doi: https://doi.org/10.1163/9781849508216_008
- Maeda, J. (2012, October 2). STEM to STEAM: Art in K-12 is key to building a strong economy. Retrieved from <https://www.edutopia.org/blog/stem-to-steam-strengthens-economy-john-maeda>
- Mäkeläinen, T. (2018). Kultainen leikkaus. Pro Gradu –tutkielma. Helsingin yliopisto. Matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta.
- Manninen, J. & Burman, A. & Koivunen, A. & Kuittinen, E. & Luukannel, S. & Passi, S. & Särkkä, H. (2007). Oppimista tukevat ympäristöt. Johdatus oppimisympäristöajatteluun. Opetushallitus, Helsinki
- Meece, J. (2006). Gender and motivation. *Journal of School Psychology* 44 (2006) 351-373.
- Metsämuuronen, J. (2011). Tutkimuksen tekemisen perusteet ihmistieteissä. Elektroninen aineisto: opiskelijalaitos. Helsinki: International Methelp.
- Miettinen, R. (2019). 21. VUOSISADAN KOMPETENSSIT – OECD KASVATUKSEN KIELEN UUDISTAJANA. *Kasvatus* 50 (3), 203–215.

- Mohr-Schroeder, M. J., Jackson, C., Miller, M., Walcott, B., Little, D. L., Speler, L., Schooler, W., & Schroeder, D. C. (2014). Developing middle school students' interests in STEM via summer learning experiences: see Blue STEM camp. *School Science and Mathematics*, 114(6), 291–301
- Mullis, I.V.S., Martin, M.O., Foy, P., & Arora, A. (2012). *The TIMSS 2011 International Results in Mathematics*. Chestnut Hill, MA: TIMSS & PIRLS International Study Center, Boston College.
- Mullis, I. V. S., Martin, M. O., Foy, P., & Hooper, M. (2016). *TIMSS 2015 International Results in Mathematics*. Retrieved from Boston College, TIMSS & PIRLS International Study Center website: <http://timssandpirls.bc.edu/timss2015/international-results/>
- Muukkonen, Hanni. "Ilmiöpohjainen oppiminen." *LAATUA E-OPPIMATERIAALEIHIN* (2012): 111.
- Nieminen, H. 2016. Luokanopettajien näkemyksiä koulun ulkopuolisten oppimisympäristöjen hyödyntämisestä. *Pro gradu –tutkielma*. Helsingin yliopisto.
- Norrena, J. (2016). *Laaja-alainen osaaminen käytäntöön. Arviointi, opetuksen suunnittelu ja oppilaan ohjaaminen*. Edita. ISBN 978-951-37-6895-9.
- Nugent, G., Barker, B., Grandgenett, N., & Adamchuk, V. I. (2010). Impact of robotics and geospatial technology interventions on youth STEM learning and attitudes. *Journal of Research on Technology in Education*, 42(4),391–408.
- OECD. (2006). *Evolution of student interest in science and technology studies: Policy report*. Paris: OECD Global Science Forum.
- OECD. (2008). *Encouraging student interest in science and technology studies*. Paris: OCDE.
- OECD. (2016). *PISA 2015 Results (Volume I): Excellence and Equity in Education*, PISA, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/9789264266490-en>.
- OECD. (2019). *PISA 2018 Results (Volume I): What Students Know and Can Do*, PISA, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/5f07c754-en>.
- Osborne, J. F. and Dillon, J. (2008). *Science education in Europe*. London, U.K.: Nuffield Foundation.
- Park, H. (2015). *The plan for application and development of contents underlying creative thinking process in the realization of 4Dframe teaching toolkit*. Seoul National University.
- Perkins, D. NI., & Salomon, G. (1989). *Are cognitive skills context bound?* Educational Researcher,
- POPS (1970). *Peruskoulun opetussuunnitelmakomitean mietintö – opetussuunnitelman perusteet*. H:ki: Valtion painatuskeskus.
- POPS (2014). *Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet (2014)*. Helsinki: opetus-hallitus.

- Quigley, C.F. & Herro, D. (2016) "Finding the Joy in the Unknown": Implementation of STEAM Teaching Practices in Middle School Science and Math Classrooms. 25:410-426.
- Rantala, J., Thuneberg, H., & Salmi, H. (2019). Opettajaopiskelijat suomalaisten alkuperää selvittämässä: Tapaustutkimus tiedonalalähtöisestä eheyttämisestä opettajien peruskoulutuksessa. *Ainedidaktiikka*, 3(1), 63-81.
<https://doi.org/10.23988/ad.77602>
- Rennie, L. (2014). Learning Science Outside of School, 120-144. In *Handbook of Research on Science Education, Volume II*. Ed. by Lederman, N. & Abell, S. London and New York: Routledge.
- Rennie, L., Feher, E., Dirking, L. & Falk, J. (2003). Towards an agenda for advancing research on science learning in out-of-school settings. *Journal of Research in Science Teaching*, 40(2), 112–120.
- Renninger, K. A. (2000). Individual interest and its implications for understanding performance (pp. 375–407). New York: Academic.
- Rinne, L., Gregory, E., Yarmolinskaya, J., & Hardiman, M. (2011). Why arts integration improves long-term retention of content. *Mind, Brain, and Education*, 5(2), 89–96.
[doi:10.1111/j.1751-228X.2011.01114.x](https://doi.org/10.1111/j.1751-228X.2011.01114.x).
- Ryan, R. & Connell, J. (1989). Perceived locus of causality and internalization: Examining reasons for acting in two domains. *Journal of Personality and Social Psychology*, 57, 749–761.
- Saari, A., Salmela, S. & Vilkkilä, J. (2017): Bildung- ja curriculum-perinteet suomalaisessa opetussuunnitelma-ajattelussa. – Autio, Tero – Hakala, Liisa – Kujala, Tiina (toim.), *Opetussuunnitelmatutkimus. Keskustelunavauksia suomalaiseen kouluun ja opettajankoulutukseen* s. 61 - 82. Tampere: Tampere University Press. Viitattu 15.3.2019
- Saalasti, S. (2012). Dinosaurinäyttely informaalin oppimisen ja formalin biologian opetuksen yhdistäjänä. Pro gradu –tutkielma. Helsingin yliopisto.
- Salmela-Aro, K. & Nurmi, J-E. (2005). Mikä meitä liikuttaa - Modernin motivaatiopsykologian perusteet. PS-kustannus. '
- Salmi, H., Thuneberg, H. & Vainikainen, M-P (2017). Learning with dinosaurs: a study on motivation, cognitive reasoning, and making observations. *International Journal of Science Education, Part B*, 7:3, 203-218, DOI: 10.1080/21548455.2016.1200155
- Salmi, H., Thuneberg, H. & Vainikainen, M-P (2017). Making the Invisible Observable by Augmented Reality in Informal Science Education Context ' *International Journal of Science Education, Part B: Communication and Public Engagement*, vol. 7, no. 3, pp. 253-268. <https://doi.org/10.1080/21548455.2016.1254358>
- Salmi, H. & Thuneberg, H. (2011). Tiedesirkuksen oppimistuloksia ja motivaatiovaikutuksia. Tutkimusraportti. Helsinki: Suomen Kulttuurirahasto.
- Salmi, H. & Thuneberg, H. *Learning Environ Res* (2019) 22: 43.
<https://doi.org/10.1007/s10984-018-9266-0>

- Salmi, H. (1993). Science Centre Education. Motivation and learning in informal education. Research report 119. Department of Teacher Education: University of Helsinki.
- Salmi, H. (2003). Science centres as learning laboratories: experiences of Heureka, the Finnish Science Centre. *International Journal of Technology Management*. (Vol 25:5. 460-476.)
- Salmi, H. (2010). Tiedekeskuspedagogiikka ja akateeminen opettajankoulutus. Teoksessa Kallioniemi, A., Toom, A., Ubani, M. & Linnansaari, H. (toim.) Akateeminen luokanopettajakoulutus: 30 vuotta teoriaa, käytäntöä ja maistereita. (s. 377-405). Turku: Suomen kasvatustieteellinen seura.
- Salmi, H., Kaasinen, A. and Kallunki, V. (2012). 'Towards an Open Learning Environment via Augmented Reality (AR): visualising the invisible in sciencecentres and schools for teacher education'. *Procedia – Social and Behavioral Sciences* 45, pp. 284–295.
- Salmi, H., Vainikainen, M-P. and Thuneberg, H. (2015). 'Mathematical thinking skills, self-concept and learning outcomes of 12-year-olds visiting a Mathematics Science Centre Exhibition in Latvia and Sweden'. *JCOM* 14 (04), A03.
- Salmi, T. (2012). Taideteos museo-oppimisen lähtökohtana Ateneumin Arjen Sankarit – näyttelyssä. Pro gradu –tutkielma. Helsingin yliopisto.
- Schattschneider, D. (2010) The Mathematical Side of M.C. Escher. *Notices of the American Mathematical Society*, 57, 706-718.
- Schiefele, U. (1996). Topic interest, text representation, and quality of experience. *Contempo Educational Psychology*, 12, 3-18.
- Schiefele, U. (1998). Individual interest and learning, what we know and what we don't know. Teoksessa L. Hoffmann, A. Krapp, K. Renninger ja J. Baumet (Eds.), *Interest and learning: Proceeding of the Seeon Conference on interest and Gender* (s. 91-104). Kiel, Germany: IPN.
- Schiefele, U., & Krapp, A. (1996). Topic interest and free recall of expository text. *Learning and Individual Differences*, 8, 141–160.
- Schraw, G., & Lehman, S. (2001). Situational Interest: A review of the literature and directions for future research. *Educational Psychology Review*, 13, 23–52.
- Sousa, D. & Pilecki, T. (2013). *From STEM to STEAM: Using Brain-Compatible Strategies to Integrate the Arts*. Thousand Oaks, CA: Sage. 280 pp.
- Spector, J.M. (2015). Education, Training, Competencies, Curricula and Technology. Springer International Publishing Switzerland 2015 3. X. Ge et al. (eds.), *Emerging Technologies for STEAM Education, Educational Communications and Technology: Issues and Innovations*, 3-14.
- Sundström, S. (2014). Koulumenestys, sukupuoli, visuaalinen päättelykyky ja tilanemotivaatio oppimisen taustalla : jatkotutkimus informaalin oppimisen ja formaalin biologian opetuksen yhdistäjänä tiedekeskusopetuksessa. Pro gradu –tutkielma. Helsingin yliopisto.

- Sunström, S. (2014). Koulumenestys, sukupuoli, visuaalinen päättelykyky ja tilannemotivaatio oppimisen taustalla: jatkotutkimus informaalin oppimisen ja formaalin biologian opetuksen yhdistäjänä tiedekeskusopetuksessa. Helsingin yliopisto. Käyttämistieteiden laitos. Pro Gradu –tutkielma.
- Tan Wee Hin, L. and Subramaniam, R. (2003). 'Science and technology centres as agents for promoting science culture in developing nations'. *International Journal of Technology Management* 25 (5), pp. 413–426.
- Teräs, H. & Leppisaari, I., Teräs, M. & Herrington, J. (2012). Facilitating the development of multicultural learning communities through authentic e-learning.
- Thuneberg, H., Salmi, H. & Bogner, F. (2018). How creativity, autonomy and visual reasoning contribute to cognitive learning in a STEAM hands-on inquiry-based math module. *Thinking Skills and Creativity*, vol. 29, pp. 153-160. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2018.07.003>
- Thuneberg, H. & Salmi, H. (2018). To know or not to know: uncertainty is the answer. Synthesis of six different science exhibition contexts. *Journal of Science Communication*. 17. 10.22323/2.17020201.
- Thuneberg, H. (2007). Is a majority enough? Psychological well-being and its relation to academic and prosocial motivation, self-regulation and achievement at school. Research report, 281. Department of Applied Sciences of Education, Faculty of Behavioural Sciences. Helsinki: Yliopistopaino.
- Thuneberg, H., Salmi, H., & Vainikainen, M-P. (2014). Tiedenäyttely, motivaatio ja oppiminen. [Science exhibition, motivation, and learning]. *Psykologia* 49(6).
- TIES. (2017). What is STEM Education? TIES - Teaching Institute for Excellence in STEM. <http://www.tiesteach.org/about/what-is-stem-education/>
- Tunnicliffe, S. & Reiss, M. (2010). What sense do children make of three-dimensional, life-sized "representations" of animals? *School Science & Mathematics*. (Vol 100:3. 128-138.)
- Vainikainen, M-P., Salmi, H. & Thuneberg, H. (2015). Situational Interest and Learning in a Science Centre Mathematics Exhibition. *Journal of Science Communication*, 14(4), 1-19.
- Vettenranta, J., Hiltunen, J., Nissinen, K., Puhakka, E. & Ratopuro, J. (2016b). Lapsuudesta eväät oppimiseen. Neljännen luokan matematiikan ja luonnontieteiden osaaminen. Kansainvälien TIMSS-tutkimus Suomessa. Koulutuksen tutkimuslaitos. <https://ktl.jyu.fi/pirls-timss/timss>.
- Vettenranta, J., Välijärvi, J., Ahonen, A., Hautamäki, J., Hiltunen, J. Leino, K., Lähtinen, S., Nissinen, K., Nissinen, V., Puhakka, E., Rautapuro, J. & Vainikainen M-P. (2016a). PISA ensituloksia. Huipulla pudotuksesta huolimatta. Opetus- ja kulttuuriministeriön julkaisuja 2016:41.
- Wang, Y. (2019). "Restructuring science curriculum for the twenty-first century - An assessment of how scientific literacy and twenty-first century competencies are implemented in the Finnish and Chinese national primary science curricula". Väitöskirja. Helsingin yliopisto. Kasvatustieteellinen tiedekunta Koulun, kasvatuksen, yhteiskunnan ja kulttuurin tohtorihjelma.

- Yakman, G. & Hyonyong, L. 2012. Exploring the Exemplary STEAM Education in the U.S. as a Practical Educational Framework for Korea. *Journal of The Korean Association For Science Education*, 32 (6), 1072–1086.
- Yakman, Georgette. (2008). STEAM Education: an overview of creating a model of integrative education.
- Žoldošová, K., Prokop, P. (2006). Education in the field influences children's ideas and interest toward science. *Journal of Science Education and Technology*, 15(3), 304 – 313. doi: 10.1007/s10956-006-9017-3