

Taideaineiden käyttö osana matematiikan opetusta

Kirjallisuuskatsaus

Matematiikka
Pro gradu -tutkielma

Laatija:
Patrik Wallenius

23.08.2023
Turku

Turun yliopiston laatu järjestelmän mukaisesti tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu
Turnitin OriginalityCheck -järjestelmällä.

Pro gradu -tutkielma

Oppiaine: Matematiikka

Tekijä: Patrik Wallenius

Otsikko: Taideaineiden käyttö osana matematiikan opetusta

Ohjaaja(t): professori Peter Hästö

Sivumäärä: 29 sivua

Päivämäärä: 23.08.2023

Tämä Pro gradu -tutkielma on kirjallisuuskatsaus, joka käsittelee taideaineiden käyttöä osana matematiikan opetusta. Tutkielmassa tarkastellaan kirjallisuutta neljästä eri taiteenlajista; kuvaamataiteesta, musiikista, käsitöistä ja näyttelemisestä. Jokaisen taideaineen kohdalla tarkastellaan kullekin taideaineelle tyypillisiä menetelmiä taideaineen yhdistämiseksi osaksi matematiikan opetusta sekä syitä integraatiolle.

Kuvaamataiteen ja matematiikan integraatiota käsittelevissä artikkeleissa menetelmien niukkuus paistoi läsnäolollaan. Kuvaamataidetta oli joko yhdistetty mittaamiseen ja mittakaavoihin tai menetelmiä ei kerrottu artikkeleissa. Matematiikan ja kuvaamataiteen integraation positiivisia vaikutuksia oli sen sijaan listattu useampia, usein täysin ilman perusteluja. Artikkeleissa kerrottiin integraation vaikuttavan positiivisesti aina oppilaan kognitiivisesta oppimisesta luokan ilmapiiriin asti.

Musiikkia oli integroitu pelkästään murtolukujen opetukseen. Joissakin artikkeleissa oli kuitenkin epäselvää, opetettiinkö murtolukuja nuottien avulla vai toisinpäin. Muita menetelmiä artikkeleissa ei esitetty. Näissäkin artikkeleissa oli integraatiolle löydetty paljon positiivisia vaikutuksia etenkin oppimistuloksiin, joista ei kuitenkaan ollut varsinaista näyttöä yhdessäkään artikkelissa.

Matematiikan ja käsitöiden integraatiota tutkivissa artikkeleissa oppilaille oli teetetty käsityön projektitöitä, joissa matematiikan käyttö oli vaadittua. Artikkeleissa oli esitetty hienoja ja kekseliäitä projektitöitä useampia, joita voisi uusikin opettaja hyödyntää helposti. Näissä artikkeleissa oli myös kuvailtu integraation positiivisia vaikutuksia paljon muiden taideaineiden artikkeleita maltillisemmin. Integraation kerrottiin vaikuttavan positiivisesti kommunikaatiokykyyn ja luokan ilmapiiriin. Positiivisia vaikutuksia matematiikan oppimiseen tai käsitteiden vahvistumiseen ei tutkittu.

Näytteleminen oli yhdistetty matematiikkaan erilaisten leikkien kautta. Leikit keskittyivät kuitenkin vain kappaleen muotoihin ja peilaukseen. Matematiikan ja näyttelemisen integraation positiiviset puolet ovat pitkälti samanlaiset, kuin käsitöiden ja matematiikan integraatiota käsittelevissä artikkeleissa oli esitetty. Artikkeleissa ei otettu kantaa oppimistuloksiin, vaan keskityttiin opetuksen vaikutuksista oppimista edistävien seikkojen kehitykseen. Artikkeleissa mainitaankin useaan otteeseen luokan ilmapiiriin muuttuneen ”oppivammaksi”.

Kokonaisuutena erilaisia menetelmiä oli kirjallisuuskatsauksen artikkelien määrään nähden vähän, kun taas positiivisia vaikutuksia oli erittäin paljon, usein täysin ilman perusteluja.

Avainsanat: matematiikka, taide, opetus, monialainen opetus, STEAM

Sisällysluettelo

1	Johdanto	4
2	Kuvaamataide	6
2.1	Menetelmiä kuvaamataiteen yhdistämiseksi osaksi matematiikan opetusta	6
2.2	Syitä kuvaamataiteen yhdistämiseksi osaksi matematiikan opetusta	8
2.3	Pohdintaa	9
3	Musiikki	11
3.1	Menetelmiä musiikin yhdistämiseksi osaksi matematiikan opetusta	11
3.2	Syitä musiikin yhdistämiseksi osaksi matematiikan opetusta	13
3.3	Pohdintaa	14
4	Käsityöt	16
4.1	Menetelmiä käsitöiden yhdistämiseksi osaksi matematiikan opetusta	16
4.2	Syitä käsitöiden yhdistämiseksi osaksi matematiikan opetusta	17
4.3	Pohdintaa	18
5	Näytteleminen	19
5.1	Menetelmiä näyttelemisen yhdistämiseksi osaksi matematiikan opetusta	19
5.2	Syitä näyttelemisen yhdistämiseksi osaksi matematiikan opetusta	20
5.3	Pohdintaa	21
6	Yhteenveto	23
6.1	Menetelmien niukkuus taideaineiden ja matematiikan yhdistämiseksi	24
6.2	Taideaineiden ja matematiikan yhdistämisen positiiviset vaikutukset	24
7	Jatkoa	26
	Lähteet	27

1 Johdanto

Tässä kirjallisuuskatsauksessa tutkitaan kirjallisuutta matematiikan ja taideaineiden yhdistämisestä opetuksessa. Usein tällaisissa tapauksissa on mielekästä verrata tuloksia niin sanottuun normaaliin matematiikan opetukseen, mutta saatuja tuloksia on verrattu myös aikaisempiin tutkimuksiin matematiikan yhdistämisestä muihin tieteen oppiaineisiin (Keane 2016).

Taiteen käyttö osana matematiikan opetusta liitetään usein STEAM-pedagogiikkaan. STEAM-pedagogiikka on pedagogian alalaji, jossa painotetaan monialaista opettamista etenkin tieteen, teknologian, tekniikan, taiteen ja matematiikan osalta. Kirjainyhdistelmä tulee sanoista Science, Technology, Engineering, Arts ja Mathematics. STEAM-pedagogiikka on syntynyt vastaamaan nykypäivän tarpeeseen monialaisesti osaavasta työvoimasta (White 2021) ja se on kehittynyt STEM-pedagogiikasta. STEAMin ja STEMIn suurimpana erona on taiteen integrointi monialaiseen opetukseen (White 2021).

Vaikka STEAM-pedagogiikan hyötyjä ylistetään, ei aiheesta löydy paljoa tutkimusta ylistysten pohjalta. Etenkin taiteen integraatiosta matematiikan opetukseen löytyy vain vähän tutkimuksia. Monissa artikkeleissa STEAM sekoitetaan STEM:iin ja yleistetään aiempia STEM-pedagogiikkaan liittyviä tutkimuksia koskemaan myös taiteiden integraatiota.

Tässä tutkimuksessa taiteenlajit on jaoteltu neljään eri ryhmään: kuvaamataide, musiikki, käsityöt ja näytteleminen. Jaottelu perustuu pääryhmiin, jotka muodostin artikkelien aiheiden pohjalta. Ryhmiin kuulumattomia artikkeleita verrataan niitä lähimpänä olevan ryhmän artikkeleihin.

Kirjallisuuskatsauksen tutkimuskysymykset muotoutuivat tutkielmaa tehdessä seuraavanlaisiksi:

- Miten eri taiteenaloja voidaan hyödyntää matematiikan opetuksessa?
- Miksi taidetta olisi hyvä hyödyntää matematiikan opetuksessa?

Tutkielma-aihe valikoitui oman henkilökohtaisen kiinnostuksen pohjalta. STEAM-pedagogiikka ja sen käyttö etenkin matematiikan opetuksessa kiinnostaa minua. Taideaineilla ja etenkin musiikilla on jo pitkään puhuttu olevan yhteys, matematiikan kanssa, ja usein onkin tehty oletus, että musiikillisesti lahjakkaat oppilaat ovat myös matemaattisesti lahjakkaita (An 2013). Tämän väitteen tutkiminen ja yleisemmin taiteiden korrelaatiosta matematiikkaan ja niiden yhdistämisestä opetukseen heräsi oma mielenkiintoni. Lisäksi halusin saada myös itselleni

lisää avaimia matematiikan opetuksen monialaistamiseksi, etenkin taiteen kautta, koska koen olevani taiteellisesti erittäin kömpelö.

Varsinainen tutkielma alkaa kappaleesta, jossa käsitellään ensimmäisenä kuvaamataiteen yhdistämistä matematiikan opetukseen. Kuvaamataiteen yhdistämisestä osaksi matematiikan opetusta oli saatavilla eniten artikkeleita. Artikkelien rakenne ja johtopäätökset olivat pitkälti samat; kuvaamataiteen integraatio on positiivinen asia ja hyvä käytäntö, mutta samaan aikaan opettajien käyttämiä menetelmiä ei tarkasteltu, vaan oletettiin opettajien integroivan kuvaamataidetta matematiikkaan itsenäisesti ilman ohjausta.

Tutkielman kolmannessa kappaleessa tarkastellaan musiikin yhdistämistä osaksi matematiikan opetusta. Musiikilla ja matematiikalla on jo pitkään nähty yhtäläisyyksiä ja musiikin hyötyjä matematiikan opetuksessa on tutkittu pidempään. Artikkeleissa musiikin avulla opetetaan useimmiten murtolukuja, mutta innovatiivisia menetelmiä musiikin yhdistämiseksi mihin tahansa matematiikan käsitteeseen on myös esitelty.

Neljännessä kappaleessa matematiikan opetukseen yhdistetään käsityöt. Tämä aihealue kiinnosti minua suuresti, vaikka aiheesta oli saatavilla vain muutama tutkimus tämän työn kirjoitushetkellä. Käsitöiden yhdistämisen positiiviset vaikutukset olivat selkeästi esillä jokaisessa käsittelemässäni artikkelissa. Erilaisia projektitöitäkin oli esitelty siten, että niitä voi hyödyntää, mikäli haluaa itse hyödyntää käsityötä matematiikan opetukseen.

Viidennessä kappaleessa käsitellään näyttelemistä osana matematiikan opetusta. Tähän aiheeseen liittyvää asiaa opetetaan suomalaisessa korkeakoulussa, sekä aineenopettajille, että luokanopettajille. Tästä huolimatta, löytyy hyvin vähän tutkimustietoa näyttelemisen hyödyllisyydestä matematiikan opetuksessa. Tutkimuksissa käy ilmi näyttelemisen tuoman luovuuden hyvät puolet myös matematiikassa. Luova ajattelu ajaa oppilaat ratkaisemaan tehtäviä monella eritavalla ja he oppivat siihen, että ratkaisuja ei ole vain yhtä oikeaa, vaan kukin voi ratkaista saman tehtävän omalla tyylillään (Nanni-Messegee 2013).

Tämä Pro gradu -tutkielma on kirjallisuuskatsaus, joka pohjautuu matematiikan ja didaktiikan alojen artikkeleihin ja tutkimuksiin. Tässä tutkielmassa keskityttiin löytämään artikkeleja, jotka käsittelevät taiteiden käyttöä matematiikan opetuksessa. Tutkielman lähdekirjallisuutta etsittiin ERIC-tietokannasta sekä Volterista hakusanoilla math and arts, mathematics and arts ja STEAM and mathematics. Näiden lisäksi artikkeleita löytyi myös *Journal for learning through the arts* julkaisuista sekä edellä mainituilla tavoilla löydettyjen artikkelien lähdeluetteloista.

2 Kuvaamataide

STEAMin A-kirjaimella viitataan yleensä kuvaamataiteeseen. Kuvaamataiteen integraatiota STEM-aineisiin ja erityisesti matematiikkaan onkin tutkittu taideaineista eniten. Kuvaamataiteen yhdistäminen osaksi matematiikan opetusta saa tukea myös neurotieteen tutkimuksesta, joka osoittaa, että ihmisillä on kyky oppia äänien, visuaalisten tai fyysisten ärsykkeiden avulla (Ghanbari 2015). Kuten aikaisemmin totesimme, STEAM on STEMistä kehittynyt uusi opetusmenetelmä. STEM tehtiin vahvistamaan 2000-luvun ”4C”-n taitoja: creativity, collaboration, critical thinking ja communication. STEAM jatkaa siitä, mihin STEM jäi (Chung 2021).

Kuvaamataiteen yhdistäminen osaksi matematiikan opetusta tukee Ghanbarin (2015) teorian mukaan oppilaita kahdesta näkökulmasta. Sosiokulttuurillinen näkökulma; ihmiset tulevat eri taustoista ja eri sosiaalisista piireistä, joille kullekin on omat arvot tärkeitä. Kuvaamataiteen avulla eri sosiokulttuurit voidaan tuoda mukaan opetukseen heidän kulttuurinsa kannalta tärkeiden arvojen ja kuvaamataiteen alojen avulla. Opiskeltavat aiheet ovat kaikille samat, mutta oppilaat saavat opiskella aiheita heille tärkeiden arvojen ja kuvaamataiteen alojen kautta luoden heille turvallisen ja tutun oppimisympäristön. Kokeellinen näkökulma; oppiminen on parasta, kun sitä käsitellään prosessina eikä vain lopputuloksen tavoittelemisena. Matematiikassa usein vain lopputuloksella on merkitystä, tai ainakin siltä oppilaista usein tuntuu. Kuvaamataiteen avulla matematiikasta saadaan prosessi, jossa oikeat askeleet vievät kohti lopputulosta, mutta askeleet ovat yhtä tärkeitä kuin lopputuloksen saaminenkin.

2.1 Menetelmiä kuvaamataiteen yhdistämiseksi osaksi matematiikan opetusta

Bakerin (2013) artikkelissa ei tutkittu vain yhtä opettajan käyttämää menetelmää, vaan yleisesti taiteen vaikutusta kognitiiviseen oppimiseen kolmen kuukauden aikana. Tarkkailun aikana opettaja käytti monia eri tapoja luodakseen taidepohjaisen opetussuunnitelman. Tarkkailtavien opettajien käyttämät menetelmät hyväksytettiin tutkijoilla, jotta ne sopisivat tutkimukseen. Yksittäisiä menetelmiä ei kuitenkaan paljastettu, mutta niiden sanottiin noudattavan Yhdysvaltojen yleistä taidepohjaista opetussuunnitelmaa. (Baker 2013)

Pitkälti kuten Bakerin (2013) artikkelissa myös Barrett (2015) pohjaa tutkimuksensa ihmisten mielipiteille. Barrett (2015) teetti haastatteluja kahdessa yliopistossa, joissa oli käytössä kuvaamataidepohjaisia kursseja. Artikkelissaan Barrett (2015) ei kuitenkaan paljasta yliopistojen käyttämiä menetelmiä, vaan kurssien sisällöt pysyvät salassa. Tutkimukseen valikoidut kaksi

yliopistoa sijaitsevat kumpikin Yhdysvalloissa ja noudattavat kokeellista yliopistoille suunnattua taidepohjaista opetussuunnitelmaa. (Barrett 2015)

Myös Lorimer (2011) havainnoi ja haastatteli kuvaamataidetta matematiikan opetukseen yhdistäviä opettajia ja heidän oppituntejaan. Opettajien kerrottiin käyttäneen monia eri menetelmiä ja yhdistäneen useampia oppiaineita yhdeksi isoksi kokonaisuudeksi, mutta konkreettisia esimerkkejä artikkelissa kerrottiin vain yksi. Opettaja oli yhdistänyt murtolukujen opetuksen osaksi kuvaamataidetta. Oppilaiden kanssa tehtiin murtolukutaidetta, jossa oppilaat käyttivät eri murtolukuja oikeanlaisten mittasuhteiden luomiseksi. Samalla opettaja käsitteli myös kultaisen leikkauksen käsitettä ja erilaisten asettelujen suhdeluvuista. (Lorimer 2011)

Artikkelissaan Chung (2021) kertoo menetelmästä, jossa opettaja on kehittänyt kuvaamataiteen projektin, jossa yhdistyy matematiikka, tekniikka ja kuvaamataide. Oppilaiden projektina oli tehdä liikkuva veistos, joka kuvaa heille läheistä arkipäiväistä sosiaalista ongelmaa. Projektiin osallistui myös ulkopuolinen taho, joka opetti oppilaille kierrätettyjen materiaalien käytöstä taiteessa ja auttoi opettajaa projektin aikana ohjaamalla oppilaita. Työn kriteereinä oli kertakäyttöisten materiaalien käyttö, liikkuva ihmistä muistuttava hahmo ja aiheen tuli olla jokin arkipäiväinen sosiaalinen ongelma. Osa oppilaista otti kantaa heille lähellä oleviin ongelmiin kuten esimerkiksi kokeiden stressaavuuteen, ja toiset ottivat kantaa maailmanlaajuisiin ongelmiin kuten ilmastonmuutokseen. (Chung 2021)

Mahanin (2017) artikkelissa tutkittiin kuvaamataiteen yhdistämistä murtolukujen ja lukujen suhteiden käsitteisiin. Oppilaat saivat tehtäväksi suunnitella unelmien luokkahuoneensa ja piirtä se oikeassa mittakaavassa. Oppilaiden tuli mitata jokainen luokkahuoneen esine, muuntaa se oikeaan mittakaavaan ja suunnitella sen paikka unelmien luokkahuoneessa. Tehtävässä oppilaat käyttivät mittanauhaa mittaamiseen ja geometriasarjan työkaluja piirtämiseen. Projektiin oli myös liitetty englannin kieli, sillä oppilaat kirjoittivat projektista loppuraportin englanniksi. (Mahanin 2017)

Artikkelissaan Rosen-O'Leary (2019) kertoo, kuinka kuvaamataidetta voi käyttää vain muistiinpanojen tekemiseen. Artikkelissa NASAn suunnitteleman STEM oppitunnille yhdistettiin kuvaamataidetta auttamaan oppilaiden muistiinpanoja. Oppilaat saivat enemmän aikaa visuaalisesti tehostaa heidän muistiinpanojansa, kuvia piirtämällä ja käyttämällä erilaisia tehostevälineitä. (Rosen-O'Leary 2019)

2.2 Syitä kuvaamataiteen yhdistämiseksi osaksi matematiikan opetusta

Bakerin (2013) tutkimuksessa huomattiin monia positiivisia vaikutuksia taidepohjaisen opetus-suunnitelman käytöstä. Oppilaiden luovuus ja kunnioitus sekä itseä, että muita kohtaan parani. Lisäksi tutkimuksessa havaittiin, että taiteen parissa vietetty aika ei laskenut muiden oppiaineiden oppimista ja oppilaiden kognitiivinen ajattelu kehittyi sellaiseen luokkaan verrattuna, joka ei saanut taidepohjaista opetusta. Baker kuitenkin toteaa, että tutkimuksen tulokset perustuvat tutkijoiden ja opettajien havaintoihin, eivätkä pohjautu konkreettisille oppimistuloksille tai määrälliseen tutkimukseen. (Baker 2013)

Neurotieteen tutkimuksissa on huomattu, että ihmiset oppivat monella eri tavalla (Barrett 2015). Tämän takia Barrett (2015) pitää kuvaamataiteen liittämistä osaksi matematiikan opetusta jopa välttämättömäksi, jotta mahdollisimman moni oppii matematiikkaa eri oppimistavasta riippumatta. Barrettin pitämistä haastatteluista moni nosti esiin yhteistyökyvyn. Kaikkien kouluaineiden opiskelu vaatii yhteistyökykyä ja haastateltavien mielestä suuret taideprojektit opettavat yhteistyötä parhaiten. Taideprojektia tehdessä tarvitsee tehdä yhteistyötä niin muiden oppilaiden kuin opettajienkin kanssa ja oppia tulemaan toimeen erilaisten ihmisten kanssa. Osa haastateltavista kertoi oppineensa oppimaan uudelleen. Kuvaamataiteen avulla annettu opetus ei vastannut enää totuttua kaavaa: ime mahdollisimman paljon tietoa, tee koe ja mene eteenpäin, vaan oppilaille jäi opitusta asiasta parempi muistijälki. Artikkelissa todetaankin kuvaamataiteen vaikuttavan oppilaiden sosiaalikuultuuriin ja oppimismenetelmiin. (Barrett 2015)

Tutkimuksessaan Chung (2021) ei ottanut kantaa käyttämänsä menetelmän vaikutuksista oppilaiden oppimiseen. Hän perustelee menetelmän käyttöä nykymaailmassa kohdattavien sosiaalisten haasteiden ja ongelmien paljoudella ja sillä, että nykynuori tarvitsee erilaisia menetelmiä selvitäkseen arjessa, kuin aikaisemmin. Chung kertoo myös, että oppilaat olivat innostuneita projektin aikana ja, että hänen kokemuksensa mukaan oppilaiden asenne oppiaineita kohtaan parani. Töiden esittelyssä muiden oppilaiden työt herättivät keskustelua ja jokaisen työn kohdalla saatiin jonkinlaista keskustelua aikaiseksi luokassa. (Chung 2021)

Lorimerin (2011) haastatteluista ja tarkkailuista käy selväksi, että kuvaamataiteella on suuri merkitys oppimiseen keskitasoisella oppijalla. Tutkimuksessa tutkittiin kuvaamataiteen vaikutusta luokahuoneessa oppimisympäristöön, oppilaiden väliseen kommunikaatioon sekä opettajan ja oppilaan väliseen kommunikaatioon. Tutkimuksessa huomattiin kuvaamataiteella olleen positiivinen vaikutus kaikkiin kolmeen edellä mainittuun seikkaan. Lorimer toteaa, että

havainnoitavat opettajat yhdistivät useaa eri oppiainetta jokaisella oppitunnilla, eikä vain kuvaamataidetta. Siihen Lorimer ei kuitenkaan ota kantaa, miten muiden oppiaineiden yhdistäminen vaikutti tutkimukseen. Lisäksi haastatteluista selviää, että oppilaat eivät pelänneet tekevänsä virheitä tai laskevansa väärällä tavalla sen jälkeen, kun he olivat saaneet ilmaista itseään piirtämällä tai maalaamalla. Myös oppilaiden käsitys siitä, että on olemassa vain yksi oikea tapa laskea tai ratkaista jokin tehtävä muuttui. (Lorimer 2011)

Mahanin (2017) tutkimuksessa käytettiin lähtötasotestiä ja loppukoetta yhdelle ryhmälle, joiden tuloksia vertailtiin keskenään. Molemmat kokeet koostuivat seitsemästä tehtävästä, jotka etenevät helposta vaikeaan. Loppukokeen maksimi pistemäärä oli kuitenkin yli tuplasti enemmän, kuin lähtötasotestin maksimi pistemäärä. Lisäksi yksittäisten tehtävien maksimi pisteet olivat muuttuneet epäjohdonmukaisesti. Tästä syystä tutkimuksesta saadut tulokset voivat olla vääristyneet. Mahanin (2017) kertoo, että oppilaat olivat kehittyneet jokaisella kokeissa testattavalla osa-alueella. Oppilaat oppivat myös hahmottamaan, millaisia askelia tulee tehdä, jotta he pystyvät piirtämään tietyssä mittakaavassa. Lisäksi Mahanin (2017) kertoo, että oppilaat oppivat, että samaan lopputulokseen pääsee monia eri reittejä, eikä matematiikassa ole vain yhtä oikeaa polkua, jota pitkin täytyy kulkea päästäkseen oikeaan lopputulokseen. (Mahanin 2017)

Tutkimuksessaan Rosen-O'Leary (2019) havaitsi, että kuvaamataiteen avulla muistiinpanonsa tehneelle ryhmälle jäi parempi muistijälki opetellusta aiheesta, kuin ryhmälle, joka teki muistiinpanot perinteisesti. Kuvaamataidetta käyttäneet oppilaat menestyivät toista ryhmää paremmin myös loppukokeessa. (Rosen-O'Leary 2019)

2.3 Pohdintaa

Kuvaamataiteen yhdistämistä matematiikkaan tutkivissa artikkeleissa oli harmittavan paljon yhtäläisyyksiä. Jokaisessa artikkelissa kuvaamataiteen integraation hyviä puolia painotettiin, ja huonoja puolia ei huomioitu lainkaan. Baker (2013) väittää artikkelissaan, että taiteen parissa vietetty aika ei laske muiden oppiaineiden tasoa. Väitteelle ei kuitenkaan löydy tutkimuksesta perusteita. Tämän lisäksi useassa artikkelissa tutkimustuloksia oli saatu haastatteleamalla opettajia tai käyttämällä tarkkailijoita oppitunneilla. Vain muutaman tutkimuksen tulokset perustuvat konkreettisiin oppimistuloksiin, mutta nämäkin tutkimukset oli tehty vain pienille ryhmille ja useimmissa tapauksissa ryhmät koostuivat lahjakkaista oppilaista.

Esimerkiksi Mahanin (2017) tutkimuksessa käytettiin lähtötasotestiä ja loppukoetta, joiden tuloksia verrattiin keskenään. Tutkimuksessa huomattiin kuvaamataiteen avulla suoritettujen opetuksen nostaneen oppilaiden tasoa huomattavasti lähtötasotestiin verrattuna. Tällainen menettely saa minut pohtimaan kokonaisuudessaan artikkelin luotettavuutta. Mielestäni on maalaisjärjellä ajateltunakin selvää, että tulokset nousevat, sillä juuri oppilaathan ovat opiskelleet aiheita lisää. Tutkimuksen luotettavuutta lisäisi se, että tuloksia verrattaisiin kahden tai useamman ryhmän välillä, joista kukin ryhmä saa erilaista opetusta.

Positiivista sanottavaa kuvaamataiteen lisäämisestä STEM aineisiin ja yhdistämisestä osaksi matematiikan opetusta on jokaisella kirjoittajalla. Jokaisella kirjoittajalla on myös oma näkemys siitä, että miten kuvaamataide rikastaa oppimista ja oppimisympäristöä. Väitteiden tueksi on kuitenkin todella vähän tutkimustietoa ja olemassa olevat tutkimukset ovat tarkastelleet tuloksia hyvin kapealla, lahjakkaalla oppilas materiaalilla ja vain pienelle määrälle oppilaita.

Tutkimuksissa käytettiin yhtä tai useampaa tarkkailijaa, jonka muistiinpanojen ja huomioiden avulla tehtiin johtopäätöksiä. Lisäksi joissakin tutkimuksissa haastateltiin opettajaa. Vain muutamassa tutkimuksessa käytettiin konkreettisia oppimistuloksia, mutta nekin oli tutkittu vain lyhyellä aikavälillä ja pienelle ryhmälle. Kokonaisvaltainen tutkimus oppimistuloksista puuttuu.

Artikkeleista paistaa opettajiin kohdistuva luottamus ja menetelmiin puuttumattomuus. Yhtä tutkimusta lukuun ottamatta artikkelit eivät esitelleet tutkimuksissa käytettyjä opetusmenetelmiä kuvaamataiteen yhdistämiseksi osaksi matematiikan opetusta. Artikkeleissa todettiin opettajan noudattaneen niin sanottua STEAM-opetusta. STEAM-opetuksella artikkeleissa tarkoitetaan opetusta, jossa taide on yhdistetty osaksi STEM-aineita. Artikkeleissa on luotettu siihen, että opettajat noudattavat STEAM-opetusta tarkkaan ja yhdistävät taidetta säännöllisesti ja pitkäkestoisesti oppitunteihin. Opettajien todellisia menetelmiä ja kuvaamataiteen todellista osaa matematiikan opetuksessa emme voi tarkastella olemassa olevien artikkelien valossa, sillä vain yhdessä artikkelissa kerrottiin käytetty menetelmä.

Chungin (2021) artikkelissa käytetty menetelmä on selvästi yhdistelmä taidetta, matematiikkaa ja tekniikkaa. Artikkelissa ei kuitenkaan ollut tutkittu muuta, kuin kyseistä menetelmää ja sen toimivuutta. Tässä tapauksessa voi jopa kyseenalaistaa, onko kyseessä kuvaamataiteella opetettu matematiikkaa vai matematiikkaa käytetty osana kuvaamataiteen työtä.

3 Musiikki

Musiikilla on positiivisia vaikutuksia oppilaiden muistiin, oppimiseen sekä positiiviseen oppimisympäristöön (Yoho 2011). Oppimisympäristön vaikutus oppilaiden oppimiseen ja keskittymiseen on suuri (Keane 2016). Tästä syystä mielestäni onkin mielekästä pyrkiä saamaan musiikin tuoma rento, hauska ja oppimaan valmis ilmapiiri myös matematiikan oppitunneille oppimisen tehostamiseksi.

3.1 Menetelmiä musiikin yhdistämiseksi osaksi matematiikan opetusta

Musiikin voi yhdistää matematiikkaan laulun ja rytmin muodossa, lähes mihin tahansa matematiikan aiheeseen. An (2013) esittelee kahden luokanopettajan musiikillisia menetelmiä, usealle eri matematiikan aiheelle. Opettajat käyttivät rytmiä opettaessaan yhteenlaskua ja sarjoja, ”viisi pientä ankkua” -laulua opettamaan vähennyslaskua sekä nuottien tahtilajeja opettamaan murtolukuja. (An 2013)

Myös Harrisin (2007) artikkelissa, opettaja opetti murtolukuja musiikin avulla. Oppilaille esiteltiin aluksi murtoluvun käsite, jonka jälkeen keskityttiin tarkemmin murtolukuun yksi neljäsosaa. Tämän jälkeen he soittivat ja lauloivat musiikkia tällä tahtilajilla. Oppilaat omaksuivat tahtilajin, jonka jälkeen tahtilajia vaihdettiin kuudestoistaosan tahtilajiin. Tarkoituksena menetelmän käyttämisessä oli, että oppilaat ymmärtävät sen olevan sama asia, kuin neljä kertaa neljäsosatahtia. Menetelmässä oppilaat lauloivat helppoja lauluja tunnistettavine rytmeineen kuten ”tuiki tuiki tähtönen”. Oppilaat opettelivat myös soittamaan yksinkertaisia soittimia kuten marakassia, nokkahuilua ja triangelia tiettyjen tahtien tahtiin. (Harris 2007)

Matematiikan ja musiikin luonnollisin integraatio on murtolukujen opiskelussa. Isitan (2020) tutki musiikin vaikutusta murtoluvun käsitteeseen ja sen ymmärtämiseen. Isitanin artikkelin menetelmässä oppilaille annettiin erivärisiä nuottilappuja, jotka esittivät kokonuottia, puolinuottia, neljäsosanuottia ja kahdeksasosanuottia. Tämän lisäksi oppilaille kerrottiin kokonuotin kestävän neljä lyöntiä, puolinuotin kestävän kaksi lyöntiä ja niin edelleen. Oppilaiden tehtävänä oli löytää mahdollisimman monta erilaista tapaa muodostaa neljän lyönnin mittainen osuus. Toisena menetelmänä, samoilla nuoteilla harjoiteltiin murtolukujen yhteen ja vähennyslaskuja laskemalla erilaisia nuotteja yhteen- ja erotuslaskulla. Lopuksi oppilaat opettelivat muodostamaan sanallisia tehtäviä annettujen nuottien avulla. (Isitan 2020)

Yoho (2011) käyttää musiikkia apuna luokassa, jossa on matemaattisesti koulun kaikkein heikoktasoimmat oppilaat. Jokaisesta uudesta matemaattisesta käsitteestä hän tekee lyhyen ja tarttuvan laulun osan, jonka hän opettaa luokalle ennen varsinaista aiheen käsittelyä. Jokaisen uuden aiheen jälkeen he liittävät uuden laulun osan yhteen vanhojen osien kanssa ja harjoittelevat koko laulua säännöllisesti. Ennen jokaista koetta hän laulaa koealueesta muodostuneen laulun yhdessä oppilaiden kanssa. (Yoho 2011)

Murtolukujen opettamista musiikin avulla tutki myös Lovemore (2021). Hänen menetelmäsänsä aloitetaan musiikin teorialla, jossa esitellään nuotit, nuottien nimet ja symbolit sekä niiden kesto. Teoriaa havainnollistettiin laulamalla ja taputtamalla. Ensimmäinen oppitunti käytettiin tähän teoriaan. Toisella oppitunnilla yhdistettiin nuotteja toisiinsa ja muodostettiin kokonaisia nuotteja eri tavoilla. Kolmannella tunnilla järjestettiin nuotit suuruusjärjestykseen ja pyrittiin tunnistamaan eri nuotteja ääninauhalta. Neljännellä oppitunnilla oppilaat laskivat nuottien avulla murtolukujen yhteen laskuja. Viidennellä tunnilla oppilaat tutkivat, miten eri tavoilla jokainen nuotti voidaan ilmaista toisten nuottien kanssa (esimerkiksi puolinuotti voidaan ilmaista kahtena neljäsosanuottina). Kuudennella ja seitsemännellä oppitunnilla oppilaille esitettiin murtoluvun käsite ja heitä ohjeistettiin merkitsemään kukin nuotti oikealla murtoluvulla. Lopuksi viimeisellä oppitunnilla oppilaat ratkaisivat murtolukuun liittyviä matemaattisia tehtäviä. (Lovemore 2021)

Nelson (2019) lähestyi artikkelissaan matematiikan ja musiikin yhdistämistä uudelta näkökannalta. Hän loi projektityön, jossa oppilaat valitsevat jonkin matemaattisen aiheen ja tekevät siitä laulun, joka myöhemmin äänitetään Cd-levyiksi. Jokainen oppilas sai kopion laulusta kotiinsa yhdessä pienen kirjeen kanssa, jossa kerrottiin, miten kappale liittyi heidän koulunkäyntiinsä. Luokka teki yhteistyötä musiikkialan ammattilaisen kanssa, joka auttoi oppilaita lyriikoiden, melodian ja äänityksen kanssa.

Matematiikan ja musiikin opetuksen yhdistämisestä voi olla hyötyä myös musiikin opetukseen. Yesilkaya (2021) tutki, vaikuttaako geometrinen kuvioiden käyttö oppilaiden oppimistuloksiin musiikin aksak -teorian opettelussa. Aksak tarkoittaa musiikin teoriassa sellaista rytmiä, jonka tahtilaji on joko $\frac{5}{8}$, $\frac{7}{8}$ tai $\frac{9}{8}$. Yesilkaya (2021) esitti Aksakin rytmit eri geometrisina kuvioina ja kuvioita yhdistelemällä saatiin aksakin tahtilajit. Suora edusti kahta tahtia, kolmio kolmea tahtia ja neliö neljää tahita. Tahteja yhdistelemällä muodostettiin aksakin tahtilajit (esimerkiksi $2 + 3$ tai $2 + 2 + 3$). (Yesilkaya 2021)

3.2 Syitä musiikin yhdistämiseksi osaksi matematiikan opetusta

An (2013) huomaa, että musiikin integrointi matematiikan opetukseen a) ohjasi oppilaita soittamaan eri soittimilla ja ratkaisemaan sanallisia matemaattisia tehtäviä; b) auttoi oppilaita yhdistämään heidän musikaalisia taitojaan matematiikan käsitteisiin; ja c) rohkaisee oppilaita tekemään omia matemaattisia sanallisia ongelmanratkaisutehtäviä sekä soveltamaan matemaattisia käsitteitä arkipäiväiseen elämään. Näiden lisäksi tutkimuksessa huomattiin selkeä kehitys oppilaiden matemaattisessa ymmärryksessä kolmella osa-alueella: tehtävän mallinnus, ratkaisustrategia ja ratkaisumenetelmän sovellus. (An 2013)

Harrisin (2007) tutkimukseen osallistui Montessori kouluja, jotka ovat perustettu hyvin lahjakkaita oppilaita varten. Vaikka tutkimukseen osallistui vain lahjakkaita oppilaita, oli silti musiikin positiivinen vaikutus matematiikan oppimistuloksiin selkeä. Oppilaat, jotka saivat matematiikan opetusta musiikin avulla, pärjäsivät loppukokeessa paremmin, kuin oppilaat, jotka saivat ”normaalia” matematiikan opetusta. Artikkelissa todetaankin, että musiikin integraatio matematiikkaan parantaa oppilaiden oppimista myös lahjakkaiden oppilaiden kohdalla. (Harris 2007)

Musiikin avulla voidaan opettaa matematiikkaa keskittymisvaikeuksia omaavalle oppilaalle sekä ADHD:n piiriin kuuluvalla oppilaalle paremmin. Musiikki auttaa heitä keskittymään matematiikkaan ja matematiikan oppimistulokset ovat kasvaneet musiikin ollessa osa matematiikan oppituntia. (Korkmaz 2022)

Musiikilla on monia positiivisia vaikutuksia oppilaisiin. Yoho (2011) mainitsee niistä tärkeimpinä musiikin vaikutuksen muistiin ja sen, että musiikki parantaa oppilaiden mahdollisuutta oppia uusia asioita. Musiikki onkin olennainen osa luokkahuonetta etenkin matalammilla kouluasteilla. Sitä käytetään aamunavauksissa, oppituntien välillä sekä erityisesti luomaan luokkaan rennon, hauskan ja valppaan ilmapiirin (Yoho 2011). Oppimisympäristöllä on valtava merkitys oppilaiden oppimisen kannalta (Keane 2016). Tästä syystä musiikin tuoma ilmapiiri voi parantaa oppilaiden oppimista ja keskittymistä (Yoho 2011).

Artikkelissaan Lovemore (2021) toteaa, että matematiikan ja musiikin integroiminen antaa oppilaille mahdollisuuden havaita murtolukujen yhteys arkipäiväiseen asiaan, musiikkiin. Matemaattisia suhteita voi käyttää hyödyksi myös musiikin tekemisessä, jota voi myös tutkia oppilaiden kanssa yhdistäen matematiikan ja musiikin vielä syvemmin toisiinsa. (Lovemore 2021)

Nelsonin (2019) artikkelissa vanhemmilta saatu palaute musiikin ja matematiikan yhteisestä projektityöstä oli erittäin positiivinen. Oppilaat lauloivat lauluja yhdessä koulun ulkopuolella ja jopa opettivat sitä sisaruksilleen. Laulusta tuli koko luokan yhteinen ”juttu”. Nelson myös toteaa, että hän havaitsi oppilaissa ”todellisen oppimisen” projektin aikana. Hän myös arvelee, että oppilaat tulevat muistamaan laulun heidän lopun ikäänsä. (Nelson 2019)

Silva (2022) huomasi artikkelissaan, että oppilaiden aikaisempi musiikillinen tieto ja taito eivät vaikuttaneet oppimiseen, kun musiikkia käytettiin osana matematiikan opetusta. Tutkimukseen osallistui kaksi ryhmää, joista toisella oli musiikillista tietoa ja taitoa ennen tutkimuksen aloitusta ja toisella ryhmällä ei ollut. Molemmat ryhmät pärjäsivät yhtä hyvin sekä lähtötasokokeessa, että loppukokeessa. Aikaisempaa musiikillista tietoa ei siis vaadita musiikin ja matematiikan yhdistämisen olevan hyödyllistä oppilaille. (Silva 2022)

Yesilkaya (2021) toteaa artikkelissaan, että oppilaiden kyky erottaa aksak tahdit ($\frac{5}{8}$, $\frac{7}{8}$ ja $\frac{9}{8}$) yksinkertaisista tahdeista ($\frac{2}{4}$, $\frac{3}{4}$ ja $\frac{4}{4}$) parani, kun heille opetettiin aksak tahdit geometristen kuvioiden avulla. Tutkimuksessa verrattiin kahta ryhmää, joille toiselle opetettiin aksak tahdit perinteisesti ja toiselle ryhmälle aksak tahdit opetettiin geometristen kuvioiden avulla. Artikkelista voidaan päätellä, että musiikin yhdistäminen osaksi matematiikan opetusta ei palvele ainoastaan matematiikkaa, vaan integraatio toimii myös toiseen suuntaan. (Yesilkaya 2021)

3.3 Pohdintaa

Vaikka teoriassa moni artikkeli viittasi musiikin monikäyttöisyyteen ja siihen, että sitä on helppoa integroida lähes mihin tahansa matematiikan aiheeseen oli musiikkia käytetty selkeästi eniten murtolukujen opetukseen. Menetelmiä musiikin käytölle oli monia, mutta pääteema pysyi samana, murtoluvut. Kenties innovatiivisin menetelmä oli Nelsonin (2009) artikkelissa esitelty menetelmä projektityöstä, jossa oppilaat tekivät yhdessä musiikin ammattilaisen kanssa laulun jostakin matematiikan aiheesta. Tällä tavoin musiikin todellakin voi yhdistää mihin tahansa matematiikan aiheeseen ja Nelsonin (2009) artikkelin mukaan projektityö inspiroi ja innosti oppilaita oppimaan.

Kaikki kirjoittajat olivat todenneet artikkeleissaan musiikilla olevan positiivisia vaikutuksia oppilaiden oppimistuloksiin, oppimismotivaatioon tai luokan ilmapiiriin. Henkilökohtaisesti näistä tärkeimpinä pidän oppimismotivaation ja luokan ilmapiirin kohotusta. Paremmalla oppi-

mismotivaatiolla oppilas on jatkossakin valmis ja halukas oppimaan uusia matemaattisia käsitteitä ja ratkomaan jopa vaikeitakin tehtäviä. Luokan hyvä ilmapiiri mahdollistaa entistä paremman ja syvemmän oppimisen, sillä hyvä ilmapiiri tarkoittaa lähes aina myös keskustelelevampaa ilmapiiriä. Oppitunneilla tärkeintä on kuitenkin opettajan ja oppilaan sekä oppilaan ja oppilaan väliset vuorovaikutukset. Oppituntien tarkoituksena ei ole vain opettaa yhtä käsitettä tai menetelmää tehtävien ratkaisuksi, vaan antaa oppilaille avaimet tulevaisuuden haasteita ja niiden ratkaisemista varten.

Menetelmistä toimivimpana pidän musiikin yhdistämistä murtolukujen oppimiseen. Se tuntuu jopa luontevalta, jos koordinointi musiikin opettajan kanssa onnistuu, sillä silloin molemmat opettajat voisivat opettaa murtolukuja musiikin avulla yhdessä samaan aikaan ja molempien työ helpottuu samalla, kun oppilaille opetetaan kaksi asiaa samaan aikaan. Itse haluaisin toteuttaa Nelsonin (2009) projektityön jollekin luokalle, sillä se vaikuttaa erittäin mielenkiintoiselta. Resurssit ja mahdollisen ammattimuusikon löytäminen saattavat tuottaa haasteita, mutta onnistunut projekti olisi loppuelämän muisto oppilaille.

4 Käsitöt

Käsitöiden yhdistäminen osaksi matematiikan opetusta on erityisen toimivaa tiettyjä matematiikan aihealueita käsiteltäessä. Yhdistäminen tapahtuu kuitenkin usein isojen projektitöiden avulla, jolloin ne vievät aikaa opetuksesta. Lisäksi käsitöiden avulla ei pystytä käsittelemään laajoja matematiikan teemoja. Käsitöt auttavat kuitenkin yhdistämään matematiikkaa arkipäiväisiin asioihin ja jopa auttamaan oppilaita kiinnostumaan matematiikasta kokonaan uudesta näkökulmasta (Kokko 2015).

4.1 Menetelmiä käsitöiden yhdistämiseksi osaksi matematiikan opetusta

Autinin (2007) artikkelissa, oppilaat rakensivat käsityöprojektina leijat. Työ oli koko luokalle sama ja jokainen oppilas rakensi oman leijansa. Leijan rakennukseen käytettiin mittakaavoja, mittaamista ja murtolukuja. Projektin lopuksi järjestettiin leijanlennätys kilpailu, jossa jokainen oppilas pääsi lennättämään omaa leijaansa. Nopeimmat oppilaat saivat rakentaa useamman leijan erikokoisista papereista, jolloin heidän tuli käyttää samaa mittakaavaa ja osien suhdetta saadakseen toisestakin leijasta toimivan. Projektissa on hyvin selkeästi havaittavissa matemaattisen osion merkitys ja matematiikan merkitystä on helppo painottaa oppilaille. Oppilaiden matemaattista oppimista voi seurata koko projektin ajan ja leijan oikea rakenne havainnollistaa oppilaan oikeaa käsitystä opetellusta aiheesta. (Autin 2007)

Kokko (2015) toteutti suuren projektityön, jota työstiin koko lukuvuoden ajan. Matematiikan oppitunneista osa oli varattu projektityölle ja osa tunneista oli perinteisiä matematiikan oppitunteja. Projektin alussa, oppilaille annettiin aiheeksi avoin ongelmatehtävä, joka haastoi oppilaat opiskelemaan ja ottamaan riskejä. Oppilaat saivat itse valita aiheen ja ryhmän, jossa he projektia tekevät. Yhdestä luokasta muodostui kuusi ryhmää, joiden aiheet olivat: leija, tuuliturbiini, hybridipoljinauto, tuuliviiri, moottori ja motorisoitu polkupyörä. Oppilaat opiskelivat itse omaan projektiinsa tarvittavaa matematiikkaa ja ratkaisivat kukin omalle työlle ominaisia matemaattisia ongelmia. (Kokko 2015)

Omundsenin (2014) artikkelissa teetettiin pahviveneidenrakennus -projektityö sellaisille oppilaille, jotka olivat vaarassa jäädä luokalle. Projektityöllä oppilaat kykenivät nostamaan matematiikan arvosanaansa tarvittavalle tasolle, välttääkseen luokalle jäämisen. Projektityö oli siis toteutettu matemaattisesti heikkotasoisille oppilaille. Projektissa oppilaat rakensivat pienissä ryhmissä pahviveenet, joissa oli oltava kolmea erilaista geometrista muotoa. Oppilaita ei autettu

projektin aikana, vaan heidän tuli löytää tarvittava tieto itse. Projekti koostui kolmesta vaiheesta: suunnittelu, rakennus ja kilpailu. Suunnitteluvaiheessa projektin matemaattinen osa painottui, sillä oppilaiden tuli piirtää kolmiulotteisia geometrisia kuvioita, arvioida mittakaavaa ja laskea tarvittavan materiaalin menekki. (Omundsen 2014)

4.2 Syitä käsitöiden yhdistämiseksi osaksi matematiikan opetusta

Käsitöiden avulla voidaan opiskella matematiikkaa oppilaiden huomaamatta. Oppilaat oppivat matemaattisia käsitteitä ja kehittyvät ymmärtämään niiden yhteyttä ulkomaailmaan ilman, että niitä tarvitsee erikseen edes varsinaisesti opettaa. Matemaattisten käsitteiden yhdistäminen johonkin käytännön aiheeseen vahvistaakin oppilaiden matemaattista käsitystä (Autin 2007). Autinin (2007) artikkelin tuloksista huomataan, että oppilaiden murtolukujen käsitys kehittyi projektityön aikana, vaikka murtoluvun käsitettä ei ollut opetettu oppilaille heidän koulu-uransa aikana. (Autin 2007)

Oppilaiden asenne matematiikkaa kohtaan muuttuu käsityö -projektitöiden myötä. Kokon mukaan matematiikan opiskelu perinteisin menetelmin on oppilaille liian tuttua. Hän huomasi oppilaiden asennemuutoksen matematiikkaa kohtaan menevän positiivisempaan suuntaan tekemissään haastatteluissa. Toteutetussa käsityö -projektissa, jokaisella ryhmällä oli erilaisia matemaattisia ongelmia, joita heidän tuli ratkaista. Haastatteluista käy ilmi, että oppilaat olivat ymmärtäneet heidän tarvinneen matematiikkaa ja jopa oppineen uutta, etsiessään tarvittavaa tietoa itse. Osa oppilaista oli kuitenkin helpottunut siitä, että heidän ei tarvitse tehdä samankaltaisia projektitöitä jatkuvasti, vaan vastapainoksi on myös perinteisiä matematiikan oppitunteja. (Kokko 2015)

Omundsen (2014) käytti käsityö -projektityötä oppilaille, jotka olivat vaarassa jäädä luokalle. Oppilaat innostuivat projektityöstä ja oppivat matematiikan käsitteitä huomaamattaan. Tällaisen projektityön järjestäminen on siis mahdollista myös heikkotasoisemmalle ryhmälle. Tällaiselle ryhmälle vaikutus voikin olla vielä suurempi, kuin matemaattisesti lahjakkaille oppilaille. Heikkotasaisen oppijan innostaminen matematiikkaan on usein huomattavasti vaikeampaa, kuin lahjakkaan. Tällöin käsityöprojektin käyttäminen oppimisinnostuksen herättämiseksi on hyvä keino heikompien oppilaiden opetuksessa. (Omundsen 2014)

4.3 Pohdintaa

Tässä työssä käytetyissä artikkeleissa ilmeni samankaltaiset positiiviset vaikutukset käsitöiden ja matematiikan yhdistämiselle, kuin aikaisemmissa kappaleissa käsittelemilläni aiheilla. Negatiivisia puolia integraatiolle ei ilmennyt, vaan käsitöiden ja matematiikan yhdistämistä jopa vaadittiin osaksi opetussuunnitelmaa. Perusteita tällaisille väitteille ei kuitenkaan tutkimuksista saatu. Kokko (2015) artikkelissaan toteaa, että niin sanotut normaalit matematiikan tunnit ovat välttämättömiä, jotta käsitöitä voisi integroida osaksi matematiikkaa. Tästä voi päätellä, että käsitöiden avulla ei voi opettaa mitään uutta aihetta, vaan se on työkalu matemaattisten käsitteiden syventämiseen sekä matematiikan ja arkielämän yhdistämiseen. Vaikka perusteita käsitöiden positiivisille vaikutuksille ei juurikaan ollut, niin suurimpana tutkimustuloksena pidän oppilaiden motivaation nousun huomaamista. Luokallejäätymisuhan alla olevat oppilaat innostuivat matemaattisesta käsityöprojektista, jolloin toivon mukaan myös heidän asenteensa koulunkäyntiä ja etenkin matematiikkaa kohtaan paranivat.

Käsitöiden yhdistäminen osaksi matematiikan oppituntia tapahtui kaikissa artikkeleissa projektitöiden avulla. Vaikka projektitöissä ei sinällään ole mitään vikaa, mutta ajallisesti ne tuottavat haasteita opettajille. Suuret projektityöt vaativat paljon aikaa, jota opettajilla harvoin on. Alasteella oppitunteja voi kuitenkin yhdistää muita luokka-asteita helpommin, koska yksi opettaja opettaa luokalle ainakin lähes jokaista oppiainetta. Yläasteella opettaja vaihtuu oppiaineen myötä uuteen ja projektityö jää tauolle seuraavaan matematiikan tuntiin asti. Ideaalissa tilanteessa projektia voi jatkaa myös muilla tunneilla, mutta oppituntien määrä on kuitenkin rajallinen ja jokaisella aineella on omat aiheet, jotka tulee opettaa oppilaille. Suurten projektitöiden tekeminen on pois jostakin muusta ja usein se ei ole oppilaan kannalta edes järkevää.

5 Näytteleminen

Näytteleminen haastaa opiskelijoita luovuuteen ja täten avaa ovia monenlaiselle luovalle työkentelylle. Näytteleminen yhdistämistä matematiikkaan opetetaan suomen korkeakouluissa tuleville aineenopettajille sekä luokanopettajille. Tästä huolimatta näytteleminen integroimisen hyötyjä on tutkittu vain vähän.

5.1 Menetelmiä näytteleminen yhdistämiseksi osaksi matematiikan opetusta

Colemanin (2020) tunnilla oppilaat suunnittelivat ja esittivät uudenlaisen kirppusirkuksen torakoiden avulla. Oppilaille annettiin neliömetrin kokoinen pala paperia, jolle he suunnittelivat sirkuksen tilat. Oppilaat pohtivat yhden torakan esitykseen vaadittavan tilan ja päätyivät laskemaan torakoiden keskipituutta ja keskipainoa. Keskiarvon käsite ei ollut oppilaille entuudestaan tuttu, eikä se kuulunut vielä heidän opetussuunnitelmaansa. Teatterilavan suunnittelun lisäksi he suunnittelivat torakoille esteradat ja tekivät mahdollisimman realistisen näköiset torakat käsityönä. Projekti päättyi torakkateatteri -esitykseen. (Coleman 2020)

Tanssi on eräs näytteleminen muoto. Helsa (2011) käytti perinteistä tanssia opettaessaan symmetriaa oppilailleen. Hän näytti oppilaille tuttua perinteistä tanssia videolta ja pyysi oppilaita muodostamaan symmetria-akseleita tanssijoille. Tämän jälkeen he käsitelivät symmetria-akseleita myös erilaisille geometrisille kuvioille. (Helsa 2011)

Näytelmän tekeminen lähestulkoon mistä tahansa matematiikan aiheesta on mahdollista. Heuling (2021) teetti oppilaillaan näytelmän fysikaalisesta ilmiöstä, mutta yhtä hyvin aiheena olisi voinut olla mikä tahansa matematiikan käsite. Näytelmän teossa voidaan noudattaa Heulingin (2021) artikkelin askeleita onnistuneen näytelmän takaamiseksi. Artikkelissa Heuling esitti kolmivaiheisen projektin, jonka vaiheet olivat alkutyöpaja, näyttelypaja ja tehoviikko. Alkutyöpaja on yhden päivän mittainen ja siellä esitellään näytelmän aihe ja vaadittava teoria. Näyttelypaja kestää kaksi päivää ja siellä oppilaille esitellään eri vaikuttamisen ja näytteleminen keinoja. Näytteleminen harjoitellaan yleisesti, mutta oppilaille annetaan vinkkejä myös näytelmän suunnitteluun. Tehoviikolla oppilaat suunnittelevat näytelmän ja harjoittelevat sitä, jonka jälkeen näytelmä esitetään. (Heuling 2021)

Näytteleminen käyttäminen osana matematiikan opetusta vaatii opettajalta luovuutta ja harrastuneisuutta. Tämän vuoksi opettajien olisi hyvä saada koulutusta näytteleminen integroimiseksi

osaksi matematiikan opetusta (Inoa 2014). Tämän takia Inoan (2014) tutkimukseen osallistuneet opettajat saivat koulutusta syistä ja menetelmistä näyttelemisen ja matematiikan yhdistämiseksi. Artikkelissa ei kuitenkaan paljastettu ainuttakaan opettajien käyttämää menetelmää, vaan oletettiin opettajien opettaneen näyttelemisen kautta matematiikkaa yhden lukuvuoden aikana. (Inoa 2014)

Vaikka opettajat keksivät aina vain mielenkiintoisempia ja osallistavampia tapoja järjestää matematiikan oppitunteja, on uusia innovaatioita tuettava mahdollisilla koulutuksilla (Nanni-Messegee 2013). Nanni-Messegee (2013) toteaa, että oppilaita on ohjattava luovaan ajatteluun ja ongelman ratkaisuun. Tällainen ohjaus tapahtuu näyttelemisen kautta. Menetelmiä näyttelyn yhdistämiseksi osaksi mitä tahansa oppiainetta on Nanni-Messegeen (2013) mukaan monia, opettajat on vain valjastettava käyttämään näitä menetelmiä oikein ja järjestelmällisesti. (Nanni-Messegee 2013)

5.2 Syitä näyttelemisen yhdistämiseksi osaksi matematiikan opetusta

Näyttelemisen yhdistäminen osaksi matematiikan opetusta vaatii oppilailta enemmän, kuin muiden taiteenlajien yhdistäminen. Ryhmätyön ja oppilaiden välisen kommunikaation merkitys painottuu näyttelemisessä, sillä näytelmä tarvitsee jokaista jäsentä, eikä vapaamatkustajille ole tilaa. Tämän huomasi myös Coleman (2020), jossa hän totesi oppilaiden yrittävän ottaa erilaisia rooleja näytelmää suunniteltaessa. Toiset oppilaat halusivat johtaa näytelmää ja toiset taas yrittivät haastaa kaikkea esitettyä ja olla mahdollisimman paljon erimieltä kaikesta ”johtajan” kanssa. Tämä osoittaa sen, että oppilaiden tarvitsee olla tarpeeksi kypsiä voidakseen osallistua tällaisen projektin suunnitteluun ja toteutukseen. (Coleman 2020)

Helsa (2011) yhdisti perinteisen tanssin osaksi matematiikan oppituntia. Tutkimus oli suoritettu indonesialaisessa alakoulussa oppitunnilla, jolla käsiteltiin symmetriaa ja peilikuvia. Matematiikka yhdistettiin oppilaille tuttuun aiheeseen, jolloin oppilaat löysivät tanssista symmetriakseleita helpommin, kuin samalla oppitunnilla käydyistä geometrisista kuvioista. Oppilaiden oli siis helpompi hahmottaa symmetriaa heille arkipäiväisessä asiassa, verrattuna tavalliseen matematiikan opettamiseen luokkatilassa. Tutkimuksessa ei kuitenkaan suoranaisesti tuotu esiin tanssin käytön hyödyllisyyttä aihetta opiskeltaessa eikä tutkittu tanssin vaikutusta matematiikan oppimistuloksiin. (Helsa 2011)

Vaikka Heuling (2021) tutkii artikkelissaan taiteen vaikutusta erityisesti kemiaan ja fysiikkaan, voidaan artikkelista tehdä johtopäätöksiä myös matematiikkaan, sillä kemia, matematiikka ja

fysiikka muistuttavat hyvin paljon toisiaan. Tutkimuksessa huomattiin oppilaiden kiinnostuksen kasvu sekä kemiaa, että fysiikkaa kohtaan. Oppiaineisiin kiinnostuneisuuden kasvun lisäksi havaittiin myös positiivinen kehitys oppilaiden luokkahengelle, osallistumismotivaatiolle ja itseorientoituvuudelle. (Heuling 2021)

Matematiikan opettaminen näyttelemisen kautta voi jopa tilastollisesti parantaa oppilaiden oppimista merkittävästi (Inoa 2014). Inoan artikkelissaan esille tuomista tutkimustuloksista voidaan päätellä matematiikan ymmärryksen kehittyneen etenkin kuudesluokkalaisilla, verrattuna ryhmään, joka sai tavallista matematiikan opetusta. Tutkimukseen osallistui yli tuhat oppilasta, jolloin tilastollinen merkittävyys oppimistuloksien nousussa viittaa vahvasti näyttelemisen positiiviseen vaikutukseen matematiikan oppimisessa. Tutkimuksen mukaan, näyttelemisen hyödyntäminen ei missään tilanteessa laskenut oppimistuloksia, vaan nosti niitä jokaisessa tapauksessa. (Inoa 2014)

Matematiikan oppiminen kehittää oppilaan kriittistä ajattelua, jota pidetään yhtenä koulujen opetusohjelmien suurena tavoitteena. Näyttelemisen on kuitenkin todistettu kehittävän sekä kriittistä, että luovaa ajattelua. Tästä huolimatta, näyttelemistä ei hyödynnetä sen täydessä potentiaalissa, vaan näytelmät ovat usein koulujen oheistoimintaa, joihin suurin osa koululaisista ei osallistu. (Nanni-Messegee 2013)

5.3 Pohdintaa

Näyttelemisen huomattiin parantavan luokan ilmapiiriä, joka on todella hyvä asia myös kaikkien oppiaineiden näkökulmasta. Parempi ilmapiiri mahdollistaa myös oppivan ilmapiirin. Oppilaat saavat olla rauhassa ja täten pystyvät keskittymään aina opeteltavaan asiaan. Näyttelemisen todettiin kohottavan myös itseorientoituvuutta, joka on nykyisessä koulujärjestelmässä melkein jopa vaadittu taito käänteisen oppimisen (”flipped learning”) ja oppilaslähtöisen opetuksen vuoksi. Mielestäni näyttelemisellä ei tarvitse edes oppia mitään uutta, vaan pitää hauskaa ja yhdistää se johonkin aiemmin opittuun, tarkoituksena vain luokkahengen ja oppilaiden motivaation nosto. Tällaisena keinona näen näyttelemisen toimivan erinomaisesti osana matematiikan opetusta.

Oman kokemukseni mukaan näyttelemistä voi yhdistää lähes mihin tahansa matematiikan aiheeseen. Menetelmän tulee kuitenkin olla oppilasystävällinen ja ottaa erilaiset oppilaat huomioon siten, että kukaan oppilas ei joudu sellaiseen tilanteeseen, missä kokee olonsa epämu-

vaksi. Näyttelemistä hyödyntävän opettajan tuleekin tuntea luokka sen verran hyvin, että onnistuu tarvittaessa jakamaan jokaiselle oppilaalle sellaisen roolin, että he ovat omilla mukavuusalueillaan. Helsa (2011) kertoi artikkelissaan perinteisen tanssin yhdistämisestä matematiikkaan. Tämä menettely sai minut pohtimaan projektia, jossa oppilaat suunnittelisivat itse symmetrisen tanssin, jonka he esittelisivät muulle luokalle. Esityksen aikana muut oppilaat pyrkivät löytämään kaikki mahdolliset symmetria-akselit esityksestä. Muunkinlaisia menetelmiä pystyy kehittämään mielestäni kohtalaisen helposti, kunhan muistaa, että tärkeintä on oppilaiden hauskanpito.

6 Yhteenveto

Kirjallisuuskatsauksen artikkeleista paistaa STEAMin ja etenkin taiteen iteraation positiiviset puolet. Jokaisessa tutkimuksessa eri taiteenlajin yhdistäminen matematiikkaan on luonut positiivisen vaikutuksen matematiikan oppimiseen ja oppimistuloksiin. Taideaineiden yhdistämisellä matematiikkaan ei tutkimusten pohjalta tunnu olevan negatiivisia vaikutuksia matematiikkaan tai mihinkään muuhunkaan oppiaineeseen. Kuitenkin vain harva tutkimus oli tehty kahta ryhmää isommalle otannalle, jolloin tutkimustulokset olisivat vakuuttavammat.

Vaikka taideaineita voi teoriassa integroida mihin tahansa matematiikan aiheeseen koen, että päällimmäisenä tarkoituksena on integroida taideaineita sellaisiin matematiikan aiheisiin, joihin taideaineiden integraatio on opettajalle itselle luontaista. Opettajalta vaaditaan usein myös harrastuneisuutta ja aktiivisuutta, jotta taideaineiden integraatio osaksi matematiikan oppituntia onnistuu. Parhaimmassa tapauksessa taideaineen integraatio tuottaa luokkaan luovan, rennon ja oppimisvalmiin ilmapiirin, pahimmassa tapauksessa se latistaa tunnelman ja vie viimeisenkin motivaation matematiikan opiskeluun.

Kutakin taideainetta yhdistetään yksittäisiin matematiikan käsitteisiin (esimerkiksi musiikki ja murtoluvut tai käsityöt ja mittayksiköt), jolloin kokonaisuutena taideaineiden ja matematiikan integraatio jää erittäin vähäiseksi. Kussakin artikkelissa painotettiin yleisesti taideaineiden positiivisia vaikutuksia kokonaisuutena matematiikan oppimiseen, mutta jatkuvaa taideaineiden ja matematiikan yhdistämistä ei ollut havaittavissa yhdessäkään artikkelissa. Pisimmät tutkimukset oli kyllä suoritettu pitkällä aikavälillä, mutta niissäkin tutkimuksen kohteena oli yksi pidempi projekti, jota oppilaat tekivät pitkän aikaa; taideaineita yhdistettiin vain yhteen matematiikan käsitteeseen.

Jokaista taideainetta ja niiden integraatiota osaksi matematiikan opetusta oli tutkittu runsaasti, mutta jokaisen yksittäisen taideaineen menetelmät olivat erittäin samanlaiset: musiikki yhdistettiin murtolukuihin, kuvaamataide ja käsityöt mittayksiköihin ja näyttelemine peilaukseen. Menetelmät toki vaihtelivat jonkin verran, mutta matematiikan käsite, johon taideainetta oli integroitu, pysyi samana. Tästä huolimatta artikkeleissa peräänkuulutettiin pitkäjänteistä ja jatkuvaa taideaineiden ja matematiikan yhdistämistä.

6.1 Menetelmien niukkuus taideaineiden ja matematiikan yhdistämiseksi

Yleisesti menetelmiä taideaineiden yhdistämiseksi osaksi matematiikan opetusta oli mielestäni liian vähän. Luottamus opettajien käyttämiin menetelmiin oli artikkeleissa suuri ja integraation oletettiin tapahtuvan tehokkaasti ja systemaattisesti. Tästä ei artikkeleissa kuitenkaan ollut viitteitä. Etenkin pidemmällä aikavälillä toteutetut tutkimukset eivät kuvailleet lainkaan opettajien käyttämiä menetelmiä. Uudelle, vasta-aloittavalle opettajalle ei anneta juuri minkäänlaisia työkaluja taideaineiden ja matematiikan integroimiseksi.

Kuvaamataiteen ja matematiikan yhdistämisestä annettiin vain yksi projektiluontoinen menetelmä, jossa oppilaat käyttivät matematiikkaa kuvaamataidon projektissa. Sen sijaan musiikin ja matematiikan yhdistämistä oli tutkittu monella eri menetelmällä, mutta kaikki keskittyivät yhteen samaan aiheeseen: murtolukuihin. Yhteys musiikin ja murtolukujen välillä on ilmeinen ja näiden integraatio onkin oletettavasti kohtalaisen yksinkertainen. Olisin toivonut musiikin yhdistämistä myös muihin matematiikan käsitteisiin ja menetelmiä yleisemmällä tasolla siten, että musiikkia olisi voitu yhdistää myös muiden matemaattisten käsitteiden opettamiseen. Artikkeleissa kuvatuilla menetelmillä oli nuottien avulla opeteltu murtolukujen käsitettä.

Käsitöitä ja näyttelemistä yhdistivät projektimuotoiset menetelmät. Etenkin käsitöiden ja matematiikan integroimista käsittelevissä artikkeleissa oli kuvailtu paljon erilaisia projektitöitä, joissa oli hyödynnetty matematiikkaa tai jopa opeteltu kokonaan uusia matemaattisia käsitteitä. Projektimuotoisia menetelmiä on helppo hyödyntää itse ja muokata omaan tarpeeseen sopivaksi pienillä muutoksilla, jonka vuoksi artikkeleissa esitetyt menetelmät ovat mielestäni erittäin käyttökelpoisia myös uusille opettajille. Näitä menetelmiä on lisäksi helppo soveltaa myös muihin aiheisiin sopivaksi. Vain opettajan mielikuvitus on rajana. Näyttelemisen ja matematiikan integraatiota käsittelevissä artikkeleissa esiteltiin useampia eri tyylejä elävöittää matematiikan opetusta, jotta oppilaille jäisi parempi muistijälki. Lähtökohtaisesti tarkoituksena oli kuitenkin syventää jo opitun asian osaamista tai kerrata jo opittua. Uusien matemaattisten käsitteiden opettamiseksi menetelmiä ei annetta käsitöitä tai näyttelemistä koskevissa artikkeleissa.

6.2 Taideaineiden ja matematiikan yhdistämisen positiiviset vaikutukset

Menetelmien puutteen vastapainoksi opetuksen hyviä puolia oli artikkeleissa esitelty paljolti. Taideaineiden ja matematiikan yhdistämisen hyviä puolia painotettiin jopa niinkin paljon, että minua alkoi kummastuttaa, miksei taideaineita integroida matematiikkaan jatkuvasti osana normaalia opetussuunnitelmaa. Positiivisia vaikutuksia kerrottiin olevan luokan ilmapiiristä aina

kognitiiviseen ajatteluun asti. Kokonaisuudessaan artikkelit korostivat taideaineiden parantavan luokan yleistä tunnelmaa ja oppimisympäristöä mahdollistaen oppilaiden paremman oppimisen.

Kuvaamataiteen kerrottiin vaikuttavan eniten luokan ilmapiiriin, oppilaiden keskinäiseen kommunikaatioon sekä oppimiseen positiivisesti. Samanlaisia vaikutuksia havaittiin musiikin ja matematiikan yhdistämisestä. Lisäksi artikkeleissa kerrottiin, että oppilaiden ajatukset matematiikan oppimisesta muuttui positiivisempaan suuntaan, kun opetusta rikastettiin kuvaamataiteella tai musiikilla. Havainnot perustuivat joko tarkkailijan tai opettajan tekemiin havaintoihin, jolloin niiden todenmukaisuutta on syytä epäillä.

Käsitöiden projektitöissä oppilaat työskentelivät pareittain tai ryhmissä, jolloin artikkeleissa oletettiin oppilaiden kognitiivisten taitojen positiivinen kehitys, vaikka siihen ei artikkeleissa ollut minkäänlaisia todisteita. Samankaltaisia positiivisia vaikutuksia esitettiin myös näyttelöistä käsittelevissä artikkeleissa. Jokaisessa artikkelissa painotettiin taideaineiden positiivisia vaikutuksia sekä yksilöön, että oppimisyhteisöön ja oppimisympäristöön. Näissäkin artikkeleissa positiiviset vaikutukset havainnoitiin tai oletettiin tapahtuvaksi.

Kaiken kaikkiaan artikkeleissa väitetyt positiiviset vaikutukset taideaineiden ja matematiikan yhdistämisellä olevan kuulostavat erittäin hyvältä, mutta todisteita väitteiden tueksi ei juurikaan ole. Konkreettisia todisteita väitteiden tueksi artikkeleissa ei ollut, ja lisäksi kaikki negatiiviset puolet oli sivuutettu kokonaan eikä niitä esitetty missään artikkelissa. Positiivisia vaikutuksia artikkeleissa kuitenkin esitettiin olevan laajalla alueella aina vuorovaikutustaidoista oppimiseen. Ajatuksen tasolla positiiviset vaikutukset kuulostavat erittäin hyviltä, mutta väitteiden tueksi tarvitsisi olla joitakin konkreettisia todisteita.

7 Jatkoa

Tutkimuksia STEAM-opetuksesta oli monipuolisesti erilaisista menetelmistä ja jokaisessa artikkelissa löydettiin menetelmien hyvät puolet. Otannaltaan suuria tutkimuksia aiheesta ei kuitenkaan ollut. Pienissä tutkimuksissa saadut tulokset ovat erittäin positiivisia, mutta suurempi ja luotettavampi tutkimus puuttuu. Lisäksi tutkimuksissa, joissa tarkasteltiin oppimistuloksia, verrattiin STEAM-opetusta luokkaan, joka sai vain tavallista matematiikan opetusta. Koska STEAM on STEM:n jälkeläinen, niin on suotavaa tutkia, onko taiteen lisäys STEMiin tarpeellinen vai johtuuko oppimistulosten parannukset STEM-opetuksesta. Seuraavaksi tulisi siis tutkia oppimistuloksia suurella otannalla ja verrata STEAM-opetusta sekä normaaliin opetukseen että STEM-opetukseen.

Lähteet

- An, S., Capraro, M. M., & Tillman, D. A. (2013). Elementary Teachers Integrate Music Activities into Regular Mathematics Lessons: Effects on Students' Mathematical Abilities. *Journal for Learning through the Arts*, 9(1). <http://dx.doi.org/10.21977/D99112867> Retrieved from <https://escholarship.org/uc/item/0js732gf>
- Austin, G. H. (2007). The Artist Teacher Uses Proportions, the Math Teacher Helps Students Understand the How and Why, Fractions Fly the Kites. *Journal for Learning through the Arts*, 3(1). <http://dx.doi.org/10.21977/D93110055> Retrieved from <https://escholarship.org/uc/item/4tg081z2>
- Baker, D. (2013). Art Integration and Cognitive Development. *Journal for Learning through the Arts*, 9(1). <http://dx.doi.org/10.21977/D9912630> Retrieved from <https://escholarship.org/uc/item/9wv1m987>
- Chung, S. K., & Li, D. (2021). Issues-Based STEAM education: A case study in a Hong Kong secondary school. *International Journal of Education & the Arts*, 22(3). Retrieved from <http://doi.org/10.26209.ijea22n3>
- Coleman, C. M., & Lind, T. (2020). Calculating for creativity: Math joins the circus. *Waikato Journal of Education*, 25(1), 85-99. <https://doi.org/10.15663.wje.v25i0.717>
- Ghanbari, S. (2015). Learning across disciplines: A collective case study of two university programs that integrate the arts with STEM. *International Journal of Education & the Arts*, 16(7). Retrieved from <http://www.ijea.org/v16n7/>
- Harris, M. A. (2007). Differences in Mathematics Scores Between Students Who Receive Traditional Montessori Instruction and Students Who Receive Music Enriched Montessori Instruction. *Journal for Learning through the Arts*, 3(1). <http://dx.doi.org/10.21977/D93110059> Retrieved from <https://escholarship.org/uc/item/07h5f866>
- Helsa, Y., & Hartono, Y. (2011). Designing Reflection and Symmetry Learning by Using Math Traditional Dance in Primary School. *Indonesian Mathematical Society Journal on Mathematics Education*, v2 n1 p79-94.
- Inoa, R., Weltsek, G., & Tabone, C. (2014). A Study on the Relationship between Theater Arts and Student Literacy and Mathematics Achievement. *Journal for Learning through the Arts*, 10(1). <http://dx.doi.org/10.21977/D910123495> Retrieved from <https://escholarship.org/uc/item/3sk1t3rx>

- Isitan, S., & Dogan, M. (2020). Mathematics and Music Relationship: From Notes to Fractions. *Journal of Inquiry Based Activities*, Vol 10, No 2, 100-111.
- Keane, L. & Keane, M. (2016). STEAM by Design. *Design and Technology Education: An International Journal*, 21.1.
- Kokko, S., Eronen, L., & Sormunen, K. (2015). Crafting Maths: Exploring Mathematics Learning through Crafts. *Design and Technology Education: An International Journal*, 20.2.
- Korkmaz, N., & Temur, Ö. D. (2022). Can Music Support Calculation Skills? A Pilot Study Using Electrophysiological Measures. *International Electronic Journal of Elementary Education*, Volume 14, Issue 3, 427-440. <https://doi.org/10.26822/iejee.2022.254>
- Lorimer, M. R. (2011). Arts-Infused Learning in Middle Level Classrooms. *Journal for Learning through the Arts*, 7(1). <http://dx.doi.org/10.21977/D97110003> Retrieved from <https://escholarship.org/uc/item/0hp6g86s>
- Lovemore, T. S., Robertson, S-A. & Graven, M. (2021). Enriching the teaching of fractions through integrating mathematics and music. *South African Journal of Childhood Education*, 11(1). <https://doi.org/10.4102/sajce.v11i1.899>
- Mahanin, H. U. H., Shahrill, M., Tan, A., & Mahadi, M. A. (2017). Integrating the use of interdisciplinary learning activity task in creating students' mathematical knowledge. *International Journal of Research in Education and Science*, 3(1), 280-298.
- Nanni-Messegee, L., & Murphy, T. B. (2013). Putting Theatre Arts to the Test: Student Performance that Goes Beyond STEM and STEAM. *The Journal of the Virginia Community Colleges*, 18(1). Retrieved from <https://commons.vccs.edu/inquiry/vol18/iss1/6>
- Nelson, S. D, & Norton-Meier, L. (2009). Singing In Science: Writing and Recording Student Lyrics to Express Learning. *Journal for Learning through the Arts*, 5(1). <http://dx.doi.org/10.21977/D95110029> Retrieved from <https://escholarship.org/uc/item/65w7t155>
- Omundsen, J. (2014). Cardboard boat building in math class. *Middle School Journal*, November 2014.
- Rosen-O'Leary, R., & Thompson, E. G. (2019). STEM to STEAM: Effect of Visual Art Integration on Long-Term Retention of Science Content. *Journal for Leadership and Instruction*, Spring 2019.
- Schulze Heuling, L. (2021). Promoting student interest in science: The impact of a science theatre project. *LUMAT: International Journal on Math, Science and Technology Education*, 9(2), 63-81. <https://doi.org/10.31129/LUMAT.9.2.1489>

- Silva, A. C. A. D., Costa, M. C., & Lopes, J. B. (2022). Doing mathematics with music – Creating epistemic environments. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 18(5), em2111. <https://doi.org/10.29333/ejmste/12034>
- White, D., & Delaney, S. (2021). Full STEAM ahead, but who has the map? – A PRISMA systematic review on the incorporation of interdisciplinary learning into schools. *LUMAT: International Journal on Math, Science and Technology Education*, 9(2), 9-32. <https://doi.org/10.31129/LUMAT.9.2.1387>
- Yesilkaya, Ö. C., Jelen, Birsen, & Eskioglu, I. (2021). Music and Mathematics: The Effect of Matching Musical Meters with Geometric Shapes on 6th Graders' Learning Outcomes. *Education Quarterly Reviews*, Vol.4 Sepcial Issue 1: Primary and Secondary Education, 264-279. <https://doi.org/10.31014.ajor.1993.04.02.245>
- Yoho, C. (2011). Using Music to Increase Math Skill Retention. *JAASEP*, Fall, 2011, 146-151.