

Matemaattisten taitojen yhteys matematiikka-ahdistukseen kahdeksannella luokalla

Milla Rantamäki
Pro Gradu -tutkielma
Eryityspedagogiikka
Kasvatustieteiden laitos
Turun yliopisto
Toukokuu 2020

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

TURUN YLIOPISTO
Kasvatustieteiden tiedekunta

RANTAMÄKI, MILLA: Matemaattisten taitojen yhteys matematiikka-ahdistukseen kahdeksannella luokalla

Pro gradu -tutkielma
Erityispedagogiikka
Toukokuu 2020

TIIVISTELMÄ

Matematiikka-ahdistuksen, joka ilmenee negatiivisena tunnesuhtautumisena matematiikkaan, on useissa tutkimuksissa havaittu vaikuttavan heikentävästi matemaattiseen suoriutumiseen. Tämän tutkielman tarkoituksena oli selvittää miten matemaattinen suoriutuminen on yhteydessä matematiikka-ahdistukseen. Tutkielmassa oltiin myös kiinnostuneita siitä, miten sukupuoli on yhteydessä matemaattiseen suoriutumiseen ja koettuun matematiikka-ahdistukseen ja näiden väliseen suhteeseen. Tutkielman aineisto koostuu valmiista aineistosta, joka on kerätty suomalaisessa peruskoulussa kahdeksaluokkalaisilta oppilailta. Matemaattista suoriutumista on mitattu KTLT-testillä ja matemaattista ahdistusta MARS-mittarilla. Aineistoa analysoidaan määrällisin menetelmin. Tämän tutkielman aineistossa matemaattisen suoriutumisen ja matematiikka-ahdistuksen välillä ei löytynyt tilastollisesti merkitsevää yhteyttä. Useissa aikaisemmissa matematiikka-ahdistusta koskevissa tutkimuksissa on tullut ilmi, että tytöt kokevat enemmän matemaattista ahdistusta kuin pojat. Tämän tutkielman aineistossa tämä ero sukupuolten välillä vastasi aiempia tuloksia. Tässä tutkielmassa keskityttiin tarkastelemaan myös tarkemmin eri matematiikka-ahdistuksen osa-alueita. Analyysissa selvisi, että tytöt kokevat tilastollisesti merkitsevästi enemmän ahdistusta kuin pojat matematiikan tehtävien ratkaisemistilanteissa ja matematiikan kokeeseen liittyvissä tilanteissa. Sukupuolten välillä ei ollut eroa matematiikka-ahdistuksessa arkipäivän matemaattisissa tilanteissa, ilman apuvälineitä laskemisessa eikä vastuullisissa tarkkuutta vaativissa tehtävissä. Vaikuttaa siis siltä, että tytöt kokevat poikia enemmän ahdistusta silloin, kun matematiikka on tietoisesti läsnä ja he ovat tarkkailun kohteena. Matematiikka-ahdistuksessa ilmeneviä eroja sukupuolten välillä pohditaan yksilön, sosiaalisen ympäristön ja ympäröivän kulttuurin kannalta.

Asiasanat: matematiikka-ahdistus, matemaattinen suoriutuminen, sukupuoli

Sisällysluettelo

1 Johdanto	4
2 Matemaattiset taidot ja oppimisen vaikeudet	6
2.1 Matemaattisten taitojen kehitys	6
2.2 Matemaattiset oppimisvaikeudet.....	7
2.3 Sukupuolierot	10
3 Matematiikka-ahdistus	13
3.1 Matematiikka-ahdistuksen aikaisempi tutkimus	15
3.2 Matematiikka-ahdistuksen neurologinen tausta.....	17
3.3 Matematiikka-ahdistus osana matematiikkakuvaa	18
4 Tutkimuksen tarkoitus ja tutkimusmenetelmät	23
4.1 Tutkimuskysymykset	23
4.2 Aineiston kuvaus	23
4.3 Mittarit	24
4.4 Analyysin kuvaus	25
5 Tulokset	27
5.1 Matemaattinen ahdistus ja matemaattinen suoriutuminen	28
5.2 Matematiikka-ahdistuksen osa-alueet.....	28
6 Pohdinta	32
6.1 Tulosten tarkastelu ja johtopäätökset	32
6.2 Luotettavuus ja eettisyys	34
6.3 Jatkotutkimusehdotukset	36
Lähteet	38

1 Johdanto

Matematiikka oppiaineena herättää ihmisissä hyvin erilaisia tuntemuksia. Toiset tarttuvat innoissaan ja itsevarmasti erilaisiin matemaattisiin tehtäviin, kun taas toisilla matematiikan tehtävien tekemiseen liittyy vastentahtoisia tunteita. Ihmisten reaktiot matematiikkaa kohtaan voivat olla mitä tahansa innostuksesta pelkoon. Jos matematiikka aiheuttaa negatiivisia tunteita ja henkilö pyrkii välttelemään matematiikkaa sisältäviä askareita, saattaa kyseessä olla matematiikka-ahdistus. Matematiikka-ahdistus määritellään negatiivisena reaktiona matematiikkaan ja matemaattisiin tilanteisiin. Richardsonin ja Suinnin (1972) mukaan matematiikka-ahdistus on jännityksen ja ahdistuksen tunne, joka sotkee numeroiden käsittelyä ja matemaattisten ongelmien ratkaisua laajalla rintamalla jokapäiväisissä sekä akateemisissa tilanteissa.

Matematiikka-ahdistus on koulutuksellisessa keskustelussa hyvin ajankohtainen aihe. Korkeakouluvalinnoissa korostetaan luonnontieteellistä ajattelua ja samalla matematiikan arvosanat ovat yhä suuremmassa roolissa, kun nuoret pyrkivät opiskelemaan eri jatkokoulutuspaikkoihin (opintopolku.fi). Matemaattisen ymmärryksen ja osaamisen arvostuksen nousu ei näy ainoastaan matemaattisilla ja luonnontieteellisillä aloilla, vaan ylioppilastodistuksen matematiikan arvosanat vaikuttavat merkittävästi haettaessa myös ei-teknisille aloille. Nykyisessä todistusvalintaan keskittyvässä hakujärjestelmässä hakija saa korostuneesti enemmän pisteitä muun muassa matematiikasta ja fysiikasta. Nykyajan työelämässä tarvitaan myös yhä enemmän taitoja, jotka liitetään matemaattiseen ymmärrykseen. Ongelmanratkaisutaidot ja päättelykyky ovat yleistymässä yhä useampiin työtehtäviin teknologian vallatessa yksinkertaisemmat ja rutiininomaisemmat tehtävät. Matematiikka-ahdistuksen on useiden tutkimusten mukaan todettu heikentävän matemaattista suoriutumista (Aschraft 2002; Hembre 1990; Kyttälä & Björn 2010). Tässä tutkielmassa ollaan kiinnostuneita siitä, miten matemaattinen ahdistus vaikuttaa matemaattiseen suoriutumiseen.

Matematiikka on arvostettu taito yhteiskunnassamme ja Monosen, Aunion, Väisäsen, Korhosen ja Tapolan (2017) mukaan matematiikan taidot usein liitetään yleiseen älykkyyteen ja kyvykkyyteen. Matematiikan tehtävät ovat koulussa usein oikein tai väärin- tehtäviä, jolloin heikoimmilla oppilailla saattaa olla tehtävissään huomattava

määrä vääriä vastauksia. Heikot oppilaat saavat tämän seurauksena kielteistä tai korjaavaa palautetta useammin kuin muut oppilaat. Tämä on Monosen ja kumppaneiden mukaan yksi selittävä tekijä, miksi joillekin oppilaille kehittyy kielteisiä asenteita ja tunteita matikkaa kohtaan. Matemaattisten taitojen oppimisen luonne on myös kumulatiivinen, jolloin paremmat valmiudet johtavat nopeampaan oppimiseen (Aunola & Nurmi 2018).

Matematiikan osaamisen ja sukupuolen välisestä yhteydestä on tehty paljon tutkimusta (Lindberg, Hyde, Petersen & Linn 2010; Zhang, Koponen, Räsänen, Aunola, Lerkkanen & Nurmi 2014; Zhu 2007). Sukupuolten väliset erot matemaattisessa osaamisessa ovat tasoittuneet, mutta silti edelleen tytöt kokevat enemmän matematiikkaan liittyvää ahdistusta kuin pojat (OECD 2013; 2016). Tässä tutkielmassa tarkastellaan matemaattisen suoriutumisen yhteyttä matematiikka-ahdistukseen sekä tähän liittyviä sukupuolten välisiä eroja. Tutkielman aineisto koostuu valmiista aineistosta, joka on kerätty suomalaisessa peruskoulussa kahdeksaluokkalaisilta oppilailta. Matemaattista suoriutumista on mitattu KTLT-testillä ja matemaattista ahdistusta MARS-mittarilla. Aineistoa analysoidaan määrällisin menetelmin.

2 Matemaattiset taidot ja oppimisen vaikeudet

2.1 Matemaattisten taitojen kehitys

Matemaattiset taidot koostuvat useasta eri osatekijästä ja niiden kehitys etenee hierarkkisesti. Peruskäsitteiden ja taitojen oppiminen on tärkeää monimutkaisempien taitojen ja tehtävien hallinnalle. Peruskäsitteiden hallitseminen ja laskustrategioiden automatisoituminen vapauttavat resursseja haastavampiin ongelmanratkaisutehtäviin (Aunola & Nurmi 2018). Hannula-Sormusen, Mattisen, Räsäsen ja Ruusuvirran (2018) mukaan lukumäärien hahmottamiskyvyllä on aivotoiminnallinen perusta. Lapsen ympäristöllä on vaikutusta lapsen lukumääräisyyden tajun kehittymisessä. Kun lapsen tarkkaavaisuutta ohjataan lukumääriin ja matematiikkaan, hänen taitonsa pääsevät kehittymään. Lukumäärien tunnistamisen kehitykseen vaikuttavat erityisesti havaintomekanismit, toiminta ja vuorovaikutus.

Suomalaisissa ja kansainvälisissä tutkimuksissa on tullut ilmi, että oppilaiden väliset erot kouluvuosien aikana matemaattisissa taidoissa eivät pelkästään säily ennallaan vaan ne jopa kasvavat. JEPS-tutkimuksessa hyvät matemaattiset valmiudet ennustivat nopeaa taitojen myöhempää kehitystä (Aunola, Leskinen, Lerkkanen & Nurmi 2004). Williamson, Appelbaum ja Epanchin (1991) saivat hyvin samankaltaisen tuloksen, jossa oppilaiden taitotasojen ero pysyi matemaattisten taitojen suhteen hyvin samanlaisena kahdeksan ensimmäisen kouluvuoden aikana. Myös Williamsonin ja hänen kumppaneidensa (1991) tutkimuksessa oppilaan lähtötaso ennusti myöhempää kehitystä, jolloin paremmat valmiudet ennustivat nopeampaa kehitystä. Aunolan ja Nurmen (2018) mukaan koulussa annettu matematiikan opetus ja kodin tarjoama tuki vaikuttavat merkittävästi matemaattisten taitojen kehitykseen.

Aunolan ja Nurmen (2018) mukaan kognitiivisilla tekijöillä on selitetty matemaattisia taitoja ja niiden kehitystä. Heidän mukaansa varhaiset lukujonotaidot eli taito laskea luettelemalla ja tietämys lukujen välisestä keskinäisestä järjestyksestä ovat nousseet tutkimuksissa yhdeksi keskeisimmäksi matemaattisten taitojen kehitystä ennustavaksi tekijäksi. Tutkimuksissa, jotka käsittelevät oppimisvaikeuksia, on myös tullut ilmi, että oppilaille, joilla on matematiikkaan liittyviä oppimisvaikeuksia, on yleensä vakavia puutteita lukujonotaidoissa (Nurmi & Aunola 1999-2009; Zhang, ym. 2014).

Lukujonotaitojen merkitystä matemaattisille taidoille selitetään kirjallisuudessa sillä, että lukujonotaitojen hyvä hallinta automatisoi laskujen suorittamista ja samalla vapauttaa tarkkaavaisuuden resursseja monimutkaisempiin toimintoihin.

Lukujonotaitojen lisäksi tärkeinä kognitiivisina tekijöinä matemaattisten taitojen kehityksessä pidetään tarkkaavaisuutta, työmuistia, prosessointinopeutta ja kielen kehitykseen liittyviä tekijöitä (Zhang, ym. 2014). Aunolan ja Nurmen (2018) mukaan tarkkaavaisuus ja hyvä työmuisti edesauttavat oppimista taitoalueesta riippumatta. Työmuistin merkitys korostuu matemaattisia tehtäviä ratkaistaessa, sillä matemaattinen ongelmanratkaisu vaatii yhtäaikaisesti useamman eri tiedon ylläpitoa tai prosessointia (Rachubar, Barnes & Hecht 2010). Ratkaistaessa tehtävää tarvitaan aikaisemmin opittua tietoa sekä uuden tiedon prosessointia. Rachubarin ja kumppaneiden (2010) mukaan erityisesti visuospatiaalinen työmuisti on yhteydessä matematiikan oppimiseen. Työmuistiin liittyvä prosessointinopeus on myös vahva matemaattisten taitojen ennustaja (Fletcher, Lyon, Fuchs & Barnes 2007). Työmuistin rajallisuus ja yksilöiden väliset erot prosessointinopeudessa sekä kapasiteetissa selittävät osaltaan eroja matemaattisessa ongelmanratkaisussa (Kyttälä & Kanerva 2018). Kielelliset taidot taas mahdollistavat matematiikkaan liittyvien symbolien ja laskusanojen oppimisen, jolloin ne korostuvat erityisesti silloin, kun lasketaan sanallisia tehtäviä (Björn, Aunola & Nurmi 2016). Oppimismotivaatio on kognitiivisten tekijöiden lisäksi yhteydessä matemaattisten taitojen kehitykseen. Aunolan ja Nurmen (2018) mukaan motivaation tehtäväsuuntautuneisuus on selittänyt 6-19 prosenttia tutkimuksesta riippuen myöhemmistä matemaattisista taidoista, kun aikaisemmat matemaattiset taidot on kontrolloitu (Frenzel, Goetz, Pekrun & Watt 2010; Watt 2004).

2.2 Matemaattiset oppimisvaikeudet

Matematiikan oppimisvaikeudet ovat pitkään olleet vähemmällä huomiolla verrattuna lukemisen ja kirjoittamisen vaikeuksiin, vaikka matematiikan vaikeuksilla on myös yhtä merkittävästi vaikutusta oppilaan koulumenestykseen ja myöhäisempään kouluttautumiseen ja työllistymiseen (Lindholm, Loukusa & Paavola-Ruotsalainen 2016). Vähäisempi huomio on näkynyt muun muassa koulun riittämättöminä vaikeuksien tunnistamis- ja tukitoimina. Aunon, Hautamäen ja Monosen (2018) mukaan noin 15 prosentilla oppilaista on vaikeuksia seurata opetusta matematiikan tunneilla. Tähän

ryhmään kuuluu oppilaita, jotka suoriutuvat heikosti matematiikassa tai, joilla on matemaattisia oppimisvaikeuksia. Ennen esikouluikää matematiikan oppimisvaikeuksia ennakoivat vaikeudet lukumäärien havaitsemisessa ja vertailussa (Lindholm, Loukusa & Paavola-Ruotsalainen 2016). Lindholmin, Loukusan ja Paavola-Ruotsalaisen (2016) mukaan matemaattiset oppimisvaikeudet jatkuvat joillakin nuoruuteen ja aikuisuuteen. Itsetunto- ja muut psykososiaaliset ongelmat, jotka liittyvät mahdollisesti matematiikan oppimisvaikeuksiin voivat myös olla pitkäkestoisia. Keskeistä matemaattisten oppimisvaikeuksien hoidossa on aikainen puuttuminen ja riittävän tuen tarjoaminen. Perusopetuslaki (24.6.2010/642) ja Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014 mahdollistavat oikeanlaisen tuen saamisen kolmiportaisen tuen avulla, jossa tuen tasot on jaettu yleiseen tukeen, tehostettuun tukeen ja erityiseen tukeen. Tuen portaat mahdollistavat sen, että oppimisen haasteisiin voidaan reagoida heti niiden ilmetessä, jolloin vaikeuksien haitalliset vaikutukset kehitykselle voidaan minimoida.

Monosen ja kumppaneiden (2017) mukaan matematiikan oppimisvaikeuksia koskevassa tutkimuskirjallisuudessa vaikeuksien kuvaamiseen käytetään useita eri käsitteitä, joita ovat muun muassa matematiikan oppimisvaikeudet, laskemiskyvyn häiriö ja dyskalkulia. Käsitteiden monimuotoisuus johtuu heidän mukaansa osittain siitä, että tutkimusala on vielä melko nuori, eikä käsitteistö ole päässyt vielä vakiintumaan. Oppimisvaikeuksista keskusteltaessa käsitteiden vaihtelu johtuu osittain myös siitä, että sitä tutkitaan eri tieteenaloilla, jolloin on ymmärrettävää, että neurologinen käsitteistö ja erityispedagogiikan käsitteistö eroavat toisistaan. Käsitteistön vaihtelevuus hankaloittaa tutkimustulosten vertailua ja ymmärtämistä.

Matemaattisilla oppimisvaikeuksilla tarkoitetaan eritasoisia vaikeuksia matemaattisissa taidoissa, joista yleisin mutta silti melko harvinainen diagnoosi on dyskalkulia. Lindholmin, Loukusan ja Paavola-Ruotsalaisen (2016) mukaan laskemiskyvyn häiriö eli dyskalkulia tarkoittaa vaikeuksia hallita ja oppia peruslaskutaitoja. Vaikeutta eivät selitä esimerkiksi näköaistin tai näönkäytön ongelmat, lapsen älykkyystaso, neurologinen sairaus tai puutteellinen opetus. Laskemiskyvyn häiriössä yhteen- ja vähennyslaskut sekä kerto- ja jakolaskut tuottavat ongelmia. Ensisijaisesti diagnoosi ei koske käsitteellisempiä matemaattisia taitoja kuten algebraa, geometriaa ja trigonometriaa, vaan vaikeudet tulevat esiin jo ennen edistyneempiin taitoihin etenemistä. Dyskalkuliassa on tyypillistä heikko menestys matematiikassa sekä vaikeudet arkipäiväisissä matemaattisissa

taidoissa. Asenne matematiikkaa kohtaan voi olla negatiivinen ja motivaatio koulutyöskentelyä kohtaan kärsiä laajemminkin. Laskemiskyvyn häiriötä arvioidaan esiintyvän noin 5-7 prosentilla ikäluokasta. Arvioiden mukaan noin puolella näistä lapsista on myös laajempia oppimisen ongelmia (Lindholm, Loukusa & Paavola-Ruotsalainen 2016).

Kehityksellisten matemaattisten oppimisvaikeuksien taustalla vaikuttavat muun muassa perintötekijät sekä raskauden aikaiset tapahtumat (Rubinstein & Tannock 2010; Lindholm, Loukusa & Paavola-Ruotsalainen 2016). Matemaattinen osaaminen korreloi joissain määrin muun muassa avaruudellisen hahmottamisen ja kielellisten taitojen kanssa, joka on antanut viitteitä mahdollisista yhteisistä taustatekijöistä laskemiskyvyn häiriöiden, kielellisten häiriöiden ja avaruudellisten häiriöiden välillä. Lindholmin, Loukusan ja Paavola-Ruotsalaisen (2016) mukaan joillakin ihmisillä matematiikan oppimisvaikeuksien taustalla on sikiöaikaisia ja synnytyksen aikaisia aivojen kehitykseen vaikuttavia tekijöitä. Aivojen kuvantamistutkimuksissa on havaittu sekä toiminnallisia että rakenteellisia poikkeavuuksia erityisesti päälakilohkon alueella (Price & Ansari 2013; Lindholm, Loukusa & Paavola-Ruotsalainen 2016). Päälakilohkon yhteydet toiminnanohjaukseen ja työmuistin osalta tärkeille otsalohkon alueille sekä yhteydet takaraivo-ohimolohkon muistirakenteisiin ovat merkittävässä roolissa käsiteltävissä lukuja ja lukumääriä sekä laskutoimituksia.

Aunion, Hautamäen ja Monosen (2018) mukaan oppimisvaikeuksien arviointi on yhteydessä siihen, miten oppimisen heikkoudet käsitteellistetään ja määritellään. Heikkoudet määritellään aina suhteessa tavoitteisiin, esimerkiksi opetussuunnitelmaan. Matemaattiset oppimisvaikeudet voivat ilmetä millä tahansa matematiikan osa-alueella, ja ne voivat olla vaihtelevuudeltaan hyvin erilaisia. Matemaattista suoriutumista mitataan useimmiten erilaisilla testeillä, joilla pystytään erottelemaan hyvin suoriutuvat ja heikommin suoriutuvat. Diagnoosi ja testitodentaminen ei kuitenkaan kolmiportaisessa tuessa ole keskeistä, vaan olennaista on tunnistaa arviointitiedon avulla tuen tarpeet ja kohdentaa tuki oikein.

2.3 Sukupuolierot

Aunolan ja Nurmen (2018) mukaan tutkimuksissa, joissa on tarkasteltu sukupuolen merkitystä matemaattisille taidoille, on saatu ristiriitaisia tuloksia. Eri vuosien PISA-tuloksissa sukupuolten väliset erot matemaattisissa taidoissa eroavat toisistaan (Kupari & Hiltunen 2018). Alakouluvuosina useissa tutkimuksissa ei ole havaittu eroa sukupuolten välillä matematiikan osaamisessa (Aunola & Nurmi 2018). Matematiikan oppimisen kehityskulku sen sijaan viittaa tutkimusten mukaan siihen, että poikien ja tyttöjen välillä on eroa. Pojat näyttävät kehittyvän nopeammin matemaattisissa taidoissa kuin tytöt, ja pojat näyttävät suoriutuvan matemaattisissa tehtävissä paremmin kuin tytöt kouluvuosien lopulla. Nurmen ja Aunolan vuosina 1999-2009 suoritetussa JEPS-seurantatutkimuksissa selvisi, että aloittaessaan koulun tytöt ja pojat olivat yhtä kiinnostuneita matematiikasta. Toiselle luokalle siirryttäessä tytöt olivat vähemmän motivoituneita matematiikkaa kohtaan kuin pojat, vaikka suoriutumisessa ei ollut sukupuolten välillä eroa.

Yksi selittävä tekijä sukupuolten väliselle erolle Aunolan ja Nurmen (2018) mukaan on poikien ja tyttöjen erot matematiikkaan liittyvässä minäkuvassa ja motivaatiossa. Hannulan ja Holmin (2018) mukaan taas sukupuolten väliset erot matemaattisissa taidoissa ovat hävinneet, vaikka kansainvälisesti vertailtuna pojilla on edelleen korkeampi luottamus omiin kykyihinsä. Aunolan ja Nurmen (2018) mukaan useissa kansainvälisissä tutkimuksissa on havaittu, että poikien motivaatio matematiikkaa kohtaan sekä heidän minäkuvansa matematiikan osaajana muuttuu jossain vaiheessa koulupolkua positiivisemmaksi kuin tyttöjen käsitykset itsestään. Tyttöjen kohdalla myös matematiikkaan liittyvän ahdistuksen on havaittu olevan tyypillisempää kuin pojille (OECD 2013).

Kupari ja Hiltunen (2018) käsittelevät artikkelissaan eri vuosien PISA-tutkimusten tulosten sukupuolieroja. Vuoden 2003 PISA-tutkimuksessa Suomessa sukupuolten välinen ero oli tasaisempi kuin muissa OECD-maissa keskimäärin ja poikien etumatka oli keskiarvoltaan 7 pistettä ja tilastollisesti merkitsevä. 41 maan joukossa pojat pärjäsivät matematiikassa paremmin tyttöihin verrattuna yhtä maata lukuun ottamatta. Poikien ja tyttöjen tulosten keskiarvolla oli eroa 11 pistettä OECD-maissa.

Vuoden 2012 PISA-tutkimuksessa sukupuolien välinen ero oli jo hyvin pieni, vain 3 pistettä, mutta se oli kääntynyt tyttöjen eduksi. Suomen lisäksi 24 muussa maassa matematiikan osaamisessa ero sukupuolten välillä oli pieni eikä tilastollisesti merkitsevä. PISA 2012-tutkimuksessa matematiikan eri prosessi- ja sisältöalueilla löytyi suomalaisoppilaiden välillä eroa sukupuolen perusteella jaoteltuna. Muoto ja tila sekä yhteydet ja muutos sisältöalueilla ei löytynyt eroa tyttöjen ja poikien välillä. Epävarmuudessa ja määrällisessä ajattelussa taas tyttöjen keskiarvo oli 3-5 pistettä korkeampi kuin poikien keskiarvo. Matematiikan tehtäväratkaisujen tulkinnessa ilmeni suurin ero sukupuolten välillä, sillä tyttöjen keskiarvo oli 11 pistettä suurempi kuin poikien keskiarvo. Tämä ero tehtäväratkaisujen tulkinnessa oli tilastollisesti merkitsevä ja suurin ero tyttöjen ja poikien välillä. Tehtävätilanteiden matemaattisessa muotoilussa pojat pärjäsivät vähän paremmin kuin tytöt (keskiarvojen ero kaksi pistettä). Matematiikan käyttötaidoissa tytöt olivat poikia parempia keskimäärin kolme pistettä. (Kupari & Hiltunen 2018)

OECD:n (2016) raportin mukaan vuonna 2015 tehdyssä PISA-tutkimuksessa yhdeksässä maassa, joihin lukeutuvat muun muassa Suomi, Macao (Kiina), Albania, Georgia, Malesia ja Qatar, tytöt suoriutuvat keskiarvolta matematiikassa paremmin kuin pojat. Pojat päihittävät tytöt matematiikassa OECD-maissa keskimäärin kahdeksalla pisteellä. Keskiarvo on tilastollisesti merkitsevästi poikien eduksi 28 maassa, joihin lukeutuu muun muassa Itävalta, Brasilia, Chile, Saksa, Italia ja Espanja. Näissä maissa poikien etumatka on tyttöihin nähden keskiarvolta yli 15 pistettä. Vuoden 2015 PISA-tuloksissa on huomionarvoista, että yksikään hyvin menestyvä Aasian maa ei ole mukana näiden maiden joukossa. Vaikka tytöt ovat kuroneet eroa umpeen, on PISA yhdenmukaisesti osoittanut, että pojat suoriutuvat matematiikassa paremmin kuin tytöt parhaiten suoriutuvien joukossa. Tämän seurauksena pojista parhaiten menestyvä 10% saa PISA-testissä 16 pistettä enemmän kuin tyttöjen parhaiten suoriutuva 10 %.

Vuosien 2012 ja 2015 PISA-tutkimusten (OECD 2013; 2016) välillä sukupuolten välinen ero ei muuttunut merkittävästi suuressa osassa maista. Sukupuolten välinen ero matematiikassa tippui kolmella pisteellä OECD maissa keskimäärin, joka kuitenkin selittyy pääosin yhden maan vaikutuksella (Korea). Koreassa tulokset matematiikassa tippuivat jyrkemmin poikien joukossa kuin tyttöjen. Vielä vuonna 2012 Koreassa sukupuolten välinen ero oli yksi suurimmista poikien hyväksi, mutta jo 2015 tytöt

pärjäisivät matematiikassa paremmin kuin pojat, vaikka tulos ei olekaan tilastollisesti merkitsevä. Myös muissa maissa kuten Columbiassa, Meksikossa, Alankomaissa ja Vietnamissa, joissa pojat ovat olleet aiemmin merkittävästi tyttöjä parempia matematiikassa, on sukupuolten välinen ero matematiikan osaamisessa kaventunut.

3 Matematiikka-ahdistus

Matematiikka-ahdistus on useiden tutkimusten mukaan yhteydessä heikkoon matemaattiseen suoriutumiseen (Aschraft 2002; Hembree 1990; Kyttälä & Björn 2010; Lyons & Beilock 2012). Matematiikka-ahdistus määritellään usein jännittyneisyyden, pidättäytymisen tai pelon tunteena, joka häiritsee matemaattista suoritusta. Richardson ja Suinn (1972) määrittelivät matematiikka-ahdistuksen henkilön negatiivisina tunteina numeroita ja matemaattisia laskuja kohtaan sekä stressin ja huolen tunteina jokapäiväisissä tilanteissa, jotka vaativat numeroiden käsittelyä ja matemaattisten ongelmien ratkaisemista. Aschraftin (2002) mukaan yksilöillä, joilla on korkeaa matematiikka-ahdistusta, on usein vahva taipumus vältellä matematiikkaa, joka entisestään heikentää heidän kyvykkyyttään matemaattisissa taidoissa.

Matematiikkaan liittyvä ahdistus on melko yleinen ilmiö, sillä vuoden 2012 PISA-tutkimuksessa 59% oppilaista vastasi olevansa huolissaan siitä, että heillä tulee olemaan vaikeuksia matematiikan tunnilla, ja 30% vastasi tuntevansa olonsa avuttomaksi ratkaistessaan matemaattisia ongelmia (OECD 2013). Matematiikan osaamisen ja sukupuolten välisestä yhteydestä on tehty paljon tutkimusta (Lindberg, ym. 2010; Zhang, ym. 2014; Zhu 2007). Hyde, Fennema, Ryan, Frost ja Hopp (1990) suorittivat meta-analyysin, jonka mukaan sukupuolten väliset erot matematiikka-ahdistuksessa ovat pieniä mutta niiden ilmetessä tytöt kokevat enemmän ahdistusta kuin pojat. Vaikka erot matemaattisessa osaamisessa tyttöjen ja poikien välillä ovat tasoittuneet, kokevat tytöt silti enemmän matematiikka-ahdistusta kuin pojat (OECD 2013). Vuoden 2012 PISA tutkimuksessa Suomi kuului niiden maiden joukkoon, joissa tytöt kokevat merkittävästi enemmän matematiikkaan liittyvää ahdistusta kuin pojat. Muita tähän samaan ryhmään kuuluvia maita olivat Tanska ja Liechtenstein. Kyseisissä maissa tyttöjen keskiarvopisteet matematiikka-ahdistuksessa olivat yli 20% korkeammat kuin poikien kohdalla (OECD 2013).

Isometsän (2017) mukaan psykiatrian termistössä ahdistuneisuuden tunteella tarkoitetaan sisäistä jännitystä, levottomuuden, paniikin tai kauhun tunnetta. Ahdistuneisuus muistuttaa kokemuksena hyvin paljon pelkoa. Pelko on perustunne, joka on evoluution muovaama ja se liittyy yleensä todellisen ulkoisen vaaran havaitsemiseen.

Ahdistuneisuudessa ei ole todellista vaaraa tai ahdistuneisuus on suhteeton ulkoiseen uhkaan nähden, jonka henkilö usein myös itse tiedostaa. Ahdistuneisuushäiriöt ovat yleisimpiä mielenterveyden häiriöitä. Pitkäkestoisina ja vaikeina niihin liittyy muita oireita kuten autonomisen hermoston aktivoitumisen oireet ja välttämiskäyttäytyminen ahdistuneisuuskokemuksen vuoksi (Isometsä 2017). Matematiikka-ahdistuksen voidaan katsoa kuuluvan määräkohtaisiin pelkoihin eli fobioihin, joille ominaista on johonkin määrättyyn objektiin, paikkaan tai tapahtumaan kohdistuva pelko ja välttämiskäyttäytyminen. Matematiikka-ahdistuksen yhteydessä ei kuitenkaan yleensä puhuta ahdistuneisuushäiriöstä, sillä on harvinaista, että ahdistuneisuus matematiikkaa kohtaan olisi niin voimakasta, että se täyttäisi diagnostiset kriteerit ahdistuneisuushäiriölle. Ahdistuneisuushäiriöstä voidaan puhua vasta silloin, kun ahdistuneisuus on pitkäkestoista, voimakasta sekä psyykkistä ja sosiaalista toimintakykyä rajoittavaa. Matematiikka-ahdistus kattaa joukon emotionaalisia reaktiota heikoista tiloista kuten pidättäytyminen ja vastenmielisyys aitoon pelkoon ja kauhuun (McLeod 1994; Richarson & Suinn 1972). Faust (1992) jopa sanoo matematiikka-ahdistuksen olevan aito fobia standardoitujen diagnostisten kriteerien perusteella.

Terveyden ja hyvinvoinnin laitoksen teettämien kouluterveyskyselyiden mukaan tytöt kokevat ahdistusta enemmän kuin pojat. Kyselyissä, jotka sijoittuvat vuosille 2006-2019, on nähtävissä, että yhä suurempi osa oppilaista kokee ahdistuneisuutta. Vuonna 2013 perusopetuksen 8. ja 9. luokan tytöistä 16,4% kertoi kokeneensa kohtalaista tai vaikeaa ahdistuneisuutta kahden viime viikon aikana. Poikien vastaava luku oli 6,2%. Vuonna 2019 tyttöjen kokema ahdistuneisuus oli noussut jo 19,8%, kun poikien kokeman ahdistuksen yleisyys oli vuonna 2019 5,7%. Nämä luvut tukevat sitä käsitystä, että tytöt ovat herkempiä aistimaan omia tunnetilojaan ja siten he kokevat enemmän ahdistusta. Mahdollisesti tämä ero voi myös johtua siitä, että tytöille on sosiaalisesti hyväksyttävämpää näyttää tunteita. Tutkimuksissa todettu tyttöjen korkeampi matematiikka-ahdistuneisuus (OECD 2013) voi selittyä myös osin THL:n tutkimuksen tuloksilla, sillä yleinen ahdistuneisuus vaikuttaa koulusuoriutumiseen ja sitä myötä myös matematiikkaan.

3.1 Matematiikka-ahdistuksen aikaisempi tutkimus

Ensimmäiset matematiikan oppimistutkimukset, jotka keskittyivät oppilaan asenteisiin, koskivat kielteisiä matematiikka-asenteita. Kielteiset asenteet näkyvät voimakkaimmillaan matematiikka-ahdistuksena. Matematiikka-ahdistus laskee matemaattista tehtävää tehtäessä yksilön kognitiivisia resursseja kuormittamalla työmuistia (Hannula & Holm 2018; Ashcraft 2002).

Matematiikka-ahdistuksen tutkimus alkaa 1950-luvulta jolloin Gough havaitsi vuonna 1954, että useat hänen naisoppilaansa kokivat tunnepitoisia vaikeuksia matematiikassa, jonka vuoksi heillä oli vaikeuksia oppia sitä. Pian tämän jälkeen Dreger ja Aiken julkaisivat vuonna 1957 kaukonäköisen raportin numerollisesta ahdistuksesta collegeopiskelijoiden keskuudessa. Tässä julkaisussa heidän hypoteesinsa oli, että 1) matematiikka-ahdistus erosi yleisestä ahdistuksesta, 2) matematiikka-ahdistus ei olisi systemaattisesti yhteydessä yleiseen ahdistukseen ja 3) matemaattista ahdistusta kokevat osoittaisivat heikkoa akateemista menestystä matemaattisissa tehtävissä. (Ashcraft & Ridley 2005)

Ashcraftin ja Ridleyyn (2005) mukaan suuri käänntekevä muutos matematiikka-ahdistuksen tutkimisessa tuli vuonna 1972, kun Richardson ja Suinn julkaisivat matemaattisen ahdistuksen arviointiasteikon eli MARS-mittarin (Mathematics Anxiety Rating Scale). MARS-mittari on 98 väitettä sisältävä kysymyskokonaisuus, jossa vastaajat vastaavat Likert-asteikollisesti. Testissä on tarkoituksena arvioida kuinka ahdistuneeksi vastaajat tunsivat itsensä erilaisissa matemaattisissa tilanteissa, jotka vaihtelevat formaaleista matematiikan opetustilanteista jokapäiväisiin matemaattisiin askareisiin. Testi sai välitöntä kritiikkiä ilmestyessään, mutta pystyi osoittamaan luotettavuutensa, kun kaksi viikkoa myöhemmin toistettu testi sai reliabiliteetti luvukseen .85, joka kertoo testin luotettavuudesta ja hyvästä kyvystä tuottaa toistettavissa olevia tuloksia. MARS -mittarin kehittämisen jälkeen matematiikka-ahdistuksen tutkimus on nojannut vahvasti siihen. MARS-testistä on muokattu myös lyhennetty versio, joka sisältää 25 väitettä ja sen vastaavuus alkuperäiseen 98 väitettä sisältävän MARS -mittarin kanssa on erinomainen ($r = .97$).

Hembree on julkaissut vuonna 1990 meta-analyysin matematiikka-ahdistusta koskevista tutkimuksista. Ma jatkoi samasta aiheesta ja julkaisi vuonna 1999 meta-analyysin, jonka tutkimukset käsitelivät opiskelijoita, jotka eivät vielä opiskele yliopistossa. Ma:n (1999) meta-analyysin (sisälsi 26 tutkimusta) tulos oli, että matematiikka-ahdistuksen ja matemaattisen suoriutumisen välinen suhde on negatiivinen ($r = -.27$). Hembree (1990) raportoi meta-analyysinsa tuloksena matemaattisen ahdistuksen ja matemaattisen suoriutumisen välisen yhteyden negatiiviseksi ($r = -.31$) collegeopiskelijoiden keskuudessa. Ma (1999) tuli analyysinsa pohjalta siihen tulokseen, että matematiikka-ahdistuksen ja matemaattisen suoriutumisen välinen suhde on samanlainen riippumatta sukupuolesta, arvosanoista, etnisestä ryhmästä, mittausvälineistä ja tutkimuksen julkaisuajankohdasta.

Ma:n (1999) ja Hembreen (1990) analyysien mukaan matematiikka-ahdistus korreloi positiivisesti testiahdistuksen ($r = .52$) ja yleisen ahdistuksen kanssa ($r = .35$). Matematiikka-ahdistus korreloi näiden meta-analyysien mukaan negatiivisesti muun muassa matemaattisen itseluottamuksen ($r = -.82$), matematiikasta nauttimisen ($r = -.75$) ja motivaation ($r = -.64$) kanssa. Näiden korrelaatioiden mukaan on siis epätodennäköistä, että henkilö, joka luottaa omiin matemaattisiin kykyihinsä, nauttii matematiikasta ja on motivoitunut matematiikasta, kärsisi matematiikka-ahdistuksesta. Analyyseissa matematiikka-ahdistuksen ja yleisen älykkyyden välinen korrelaatio on negatiivinen ($r = -.17$), joka johtuu osittain älykkyytsteesteissä käytetyistä määrällisistä menetelmistä. Raportoidut korrelaatiot ovat tilastollisesti merkitseviä. Kun yleisen älykkyyden arviointiin käytetään vain kielellisiä menetelmiä tämä korrelaatio yleisen älykkyyden ja matemaattisen ahdistuksen välillä tippuu merkityksettömäksi ($r = -.06$). Ma:n (1999) laajassa meta-analyysissa selvisi, että useat tutkijat ovat raportoineet matematiikka-ahdistuksen aiheuttavan vaikeuksia laskea matematiikkaa, matematiikan arvosanan laskua, matemaattisten kurssien välttelyä, tulevaisuuden mahdollisten urapolkujen rajoittuneisuutta sekä aiheuttavan syyllisyyden ja häpeän tunteita. Ma:n (1999) meta-analyysin mukaan tutkimuksissa matematiikka-ahdistus usein yhdistetään matemaattiseen suoriutumiseen yksinään, mutta ei muiden matemaattiseen suoriutumiseen vaikuttavien tekijöiden kanssa. Hänen meta-analyysissa mukana olleiden tutkimusten mukaan esimerkiksi opiskelijan matematiikka-ahdistus voi merkittävästi ennustaa hänen suoriutumistaan matematiikassa, mutta kun aikaisempi menestyminen matematiikassa, asenne matematiikkaa kohtaan sekä matemaattinen minäkuva ovat

kontrolloitu, matematiikka-ahdistuksen vaikutus tulee joko merkityksettömäksi tai sen vaikutus laskee huomattavasti.

3.2 Matematiikka-ahdistuksen neurologinen tausta

Matematiikka-ahdistuksella on vahingollinen vaikutus yksilön pitkäaikaiseen ammatilliseen menestykseen, mutta sen neurokehityksellinen alkuperä on tuntematon. Young, Wu ja Menon (2012) suorittivat tutkimuksen, jossa pyrittiin selvittämään, miten matematiikka-ahdistus näkyy aivoissa. Toiminnallisessa magneettiresoluutiokuvauksessa (f-MRI), joka keskittyi 7–9-vuotiaisiin lapsiin, osoitettiin, että matematiikka-ahdistus on yhteydessä yliaktiivisuuteen oikean aivosarekkeen (insulan) alueissa, jotka ovat tärkeitä prosessoidessa negatiivisia tunteita. Youngin tutkimusryhmä sai myös selville, että matematiikka-ahdistus on yhteydessä vähentyneeseen aktiivisuuteen takimmaisena päälaenlohkon (posterior parietal lobe) sekä dorsolateraalisen etuotsalohkon aivokuoren (dorsolateral prefrontal cortex) alueilla, jotka yhdistetään matemaattiseen päättelyyn, jolloin kyseisten aivoalueiden vähentynyt aktiivisuus hankaloittaa matemaattisten laskutehtävien suorittamista.

Artemenkon, Daroczyn ja Nuerkin (2015) mukaan matematiikka-ahdistus synnyttää tunne- ja kipuliitännäistä aktivaatiota matemaattisten aktiviteettien aikana ja sitä ennen. Matematiikka-ahdistukseen usein liittyvä negatiivinen tunnereaktio heikentää tiedon käsittelytehokkuutta. Kognitiivisen ja emotionaalisen säätelyn avulla voidaan kompensoida haittoja, jotka ovat seurausta negatiivisesta tunnereaktiosta matemaattisissa tilanteissa. Eri tutkimuksissa aktivaatio vaihtelee voimakkaasti riippuen tehtävistä, paradigmasta ja otoksesta. Artemenkon ja kumppaneiden (2015) mukaan neuraalisten yhteyksien avulla voidaan paremmin ymmärtää ja tutkia prosesseja, jotka ovat matematiikka-ahdistuksen taustalla, mutta tulokset, jotka näistä tutkimuksista on saatu, eivät ole vielä kovin yhdenmukaista.

Matematiikka-ahdistus yhdistetään heikkoon menestykseen matematiikassa, vaikka kaikki matematiikka-ahdistusta kokevat eivät suoriudu huonosti matematiikassa. Lyons ja Beilock (2012) tutkivat neuraalista aktiivisuutta toiminnallisella magneettiresonanssi kuvauksella (f-MRI), kun koehenkilöt odottivat pian tekevänsä matemaattisia tehtäviä ja kun he suorittivat itse tehtävää. Koehenkilöillä, joilla oli korkeaa matematiikka-

ahdistusta, kun he vain odottivat matematiikkaan liittyvien tehtävien tekemistä, ilmeni kohonnutta aktiivisuutta alueilla, jotka ovat mukana kognitiivisessa kontrollissa ja negatiivisten tunteiden ilmaisen uudelleenarvioinnissa. Tämä kohonnut aktivaatio kuormittaa työmuistia ja hankaloittaa matemaattisten tehtävien ratkaisua. Henkilöillä, joilla oli heikompaa matematiikka-ahdistusta, vastaavaa aktivaatiota kyseisellä alueella ei ilmennyt. Lyonsin ja Beilockin mukaan (2012) heidän tuloksensa korostavat tarvetta koulutuksellisille interventioille, joiden avulla pyritään kontrolloimaan matematiikan aiheuttamia negatiivisia tunnereaktioita. Henkilöt, joiden matematiikka-ahdistus ei ilmene heikkona matemaattisena suoriutumisenä, voisivat hyötyä tunnekontrolliin keskittyvistä interventioista.

3.3 Matematiikka-ahdistus osana matematiikkakuva

Hannulan ja Holmin (2018) mukaan matematiikkakuva koostuu lapsen tunnesuhtautumisesta matematiikkaan sekä lapsen uskomuksista ja kokemuksista matematiikkaa kohtaan. Matematiikkakuvan käsite on hyvin keskeinen tämän tutkielman kannalta, koska matematiikka-ahdistusta mittaava MARS-testi on itsearviointitesti jolloin se pohjautuu oppilaan omaan arvioon koetun ahdistuksen määrästä matematiikkaa sisältävissä tilanteissa. Itsearviointi on subjektiivinen tapa mitata matematiikka-ahdistusta, jolloin oppilaan tunnesuhtautuminen matematiikkaan on hyvin merkittävä oppilaan vastaukseen vaikuttava tekijä.

Hannulan ja Holmin (2018) mukaan matematiikkakuva muuttuu ja muodostuu oppilaan matematiikasta saamien kokemusten mukaan. Oppilaan uskomukset voivat koskea matematiikkaa, matematiikan oppimista sekä oppilaan kuvaa itsestään matematiikan oppijana. Yksilön matematiikkakuvan rakentumiseen eivät vaikuta pelkästään hänen suhtautumisensa matematiikkaan, vaan myös luokan kulttuuri ja ilmapiiri muovaavat sitä millainen matematiikkakuva oppilaalle muodostuu.

OECD-tutkimusten (2004) mukaan sukupuoli on vaikuttanut suomalaisessa koulumaailmassa muihin taustatekijöihin verrattuna voimakkaammin matematiikkakuvaan. Suomessa lukiossa pitkän matematiikan valitsevien tyttöjen määrä on kasvussa, ja jopa puolet lukion aloittavista tytöistä aikoo uusimmissa arvioissa valita pitkän matematiikan (Hannula & Holm 2018). Pojat kuitenkin valitsevat edelleen pitkän

matematiikan huomattavasti yleisemmin. Lukion aloittavista pojista noin kaksi kolmasosaa valitsee pitkän matematiikan. Hannulan ja Holmin (2018) mukaan syytä tähän eroon tulee etsiä matematiikkakuvan puolelta ja tarkastella erityisesti tyttöjen heikompaa matemaattista itseluottamusta.

Tyttöjen vähäisempää suuntautumista teknisille ja luonnontieteellisille aloille selitetään usein sillä, että tytöt kokevat menestyvänsä huonommin matematiikassa kuin pojat ja ovat silloin siitä myös vähemmän kiinnostuneita (Lupart, Cannon & Telfer 2004). Matemaattisia aloja myös pidetään stereotyyppisesti miesvaltaisina (Nosek, ym. 2009). Tyttöjen suuntautuminen muille aloille selitetään useimmiten negatiivisemmalla matematiikkakuvalla, koska nuorta ei kiinnosta lähteä opiskelemaan alaa, jossa hän ei usko olevansa hyvä ja, joka herättää hänessä negatiivisia tunteita. Lupartin, Cannonin ja Telferin (2004) tutkimuksessa miesopiskelijat valitsivat useammin tiede- ja informaatioteknologisia aloja, kun taas naisopiskelijat valitsivat taiteellisia ja terveyteen liittyviä aloja. Lupartin ja hänen tutkimusryhmänsä tulokset ovat yhteneväisiä Ecclesin (1983) odotusarvoteorian kanssa, joka käsitellään myöhemmin tässä luvussa motivaation ja arvojen yhteydessä.

Hannulan ja Holmin (2018) mukaan matemaattinen minäkuva on yksilön oma käsitys omista taidoistaan ja kyvyistään matematiikassa. Matemaattinen minäkuva on merkittävässä roolissa tarkasteltaessa matematiikan oppimistuloksia, sillä se vaikuttaa oppilaan tulevaan oppimiseen ja kouluttautumismahdollisuuksiin tulevaisuudessa. Monosen ja kumppaneiden (2017) mukaan oppijan käsitykset omista taidoistaan, kyvyistään ja osaamisestaan vaikuttavat siihen millainen oppimismotivaatio hänelle muotoutuu. Oppijan käsitys itsestään matematiikan oppijana eli akateeminen minäkäsitys sekä oppilaan oma arvio matematiikan taidoista eli matematiikan minäkäsitys ovat painottuneet matematiikan taitojen tutkimuksessa. Oppilaan käsityksillä omista taidoistaan on merkitystä sen suhteen, miten hän tulee pärjäämään matemaattisissa tehtävissä tulevaisuudessa. Viljarannan, Tolvasen, Aunolan ja Nurmen (2014) mukaan oppijan oma kokemus matemaattisesta kyvykkyydestä ennustaa alakouluikäisillä myöhempää matematiikan oppimismotivaatiota.

Matematiikkaan liittyvät uskomukset voivat perustua aikaisempiin omakohtaisiin kokemuksiin ja ne voivat vaikuttaa negatiivisella tavalla toimintaamme. Uskomukset

voivat olla epätosia ja vääristyneitä, jolloin niistä voi kiistellä ja olla eri mieltä. Se mahdollisuus, että uskomukset ovat virheellisiä, erottaa ne tunteista ja motivaatiosta, jotka ovat aina täysin subjektiivisia arvioita. McLeodin (1992) mukaan uskomukset voidaan luokitella neljään eri kategoriaan sen perusteella mihin uskomus kohdistuu, jolloin oppilaan uskomukset voivat koskea matematiikkaa, matematiikan oppimista, sosiaalista kontekstia tai hänen subjektiivista arviota itsestään matematiikan oppijana.

Hannulan ja Holmin (2018) mukaan yksilön oma arvio itsestään matematiikan oppijana vaikuttaa siihen, miten hän suoriutuu matemaattisissa tehtävissä. Omaan arvioon matemaattisissa taidoissa vaikuttaa minäpystyvyys (self-efficacy), itseluottamus (self-confidence) ja minäkuva (self-esteem). Minäpystyvyydellä tarkoitetaan oppijan arviota siitä, miten hän suoriutuu tietyistä matemaattisista tehtävistä. Oppijalla voi olla yleisesti hyvä minäpystyvyyden tunne matematiikan taidoistaan, mutta hänellä voi olla myös alakohtaisia vaihteluita. Oppija voi esimerkiksi kokea olevansa huono geometrisissä tai sanallisissa tehtävissä, vaikka hän muuten kokisi olevansa hyvä matematiikassa. Banduran (1997) mukaan minäpystyvyysuskomukset eivät ole staattisia ominaisuuksia, vaan kehittyvät aikaisempien kokemusten, havaintojen ja sosiaalisen vuorovaikutuksen perusteella. Hannulan ja Holmin (2018) mukaan minäkuva matemaattisissa taidoissa taas tarkoittaa laajemmin itsearvostusta matematiikan oppijana. Myönteinen tai negatiivinen minäkuva ei välttämättä ole yhteydessä matemaattiseen suoriutumiseen, vaan heikosti suoriutuva voi olla tyytyväinen omiin suorituksiinsa, jolloin hänellä on myönteinen minäkuva itsestään matematiikan laskijana. Banduran ja Schunkin (1981) mukaan minäkuvaa koskevat uskomukset ovat uskomuksista eniten henkilökohtaisia. Siitä huolimatta pidämme niitä tunteina tai valintoina. Monosen ja kumppaneiden (2017) mukaan oppijan kyvykkyyksiksiä muokkaavat oppimistilanteissa kasvattajilta ja vertaisilta saatu palaute, oppijan taitotaso, aikaisemmat oppimiskokemukset, vertaisryhmän taitotaso, sosiaalinen vertailu sekä erilaiset oppimisympäristöön ja opetukseen liittyvät järjestelyt.

Matematiikan oppiminen ja opetus herättävät tunteita, jotka ilmenevät kokonaisvaltaisina muutoksina yksilön tilassa. Tunteisiin liittyy usein fysiologisia, ilmaisullisia, kognitiivisia ja yksilön kokemukseen liittyviä muutoksia (Hannula & Holm 2018) Pekrunin kehittämässä teoriassa oppimiseen liittyvistä tunteista (achievement emotions)(Pekrun 2006; Pekrun & Stephens 2010), tunteet syntyvät tilanteissa, jotka

liittyvät onnistumisiin ja epäonnistumisiin sekä tilanteisiin, joissa aktiveetti tapahtuu, kuten kotitehtävät tai opetustilanteet. Yksilön tilanteessa kokemat tunteet vaikuttavat siihen, millainen suhtautuminen hänelle muodostuu kyseessä olevaa aktiveettia kohtaan. Yksilö voi kokea ahdistusta, jos hän kokee epäonnistuvansa kokeessa. Hän voi vaihtoehtoisesti myös tuntea ylpeyttä saadessaan hyvän arvosanan kokeesta tai hän voi kokea opettajan opetuksen tylsäksi. Nämä erilaiset kokemukset muovaavat toistuvina oppilaan kokemuksia matematiikasta. Jos tietty matematiikkaan liittyvä tunne koetaan tyypillisenä ja toistuvana, matematiikka koetaan helposti tylsänä oppiaineena tai matematiikan oppimistilanteista voi tulla ahdistavia.

Pekrunin (2006) mukaan oppimistilanteisiin liittyy tylsyyden, toivottomuuden, ylpeyden, vihan, häpeän, nautinnon sekä ahdistuksen tunteita. Hänen mukaansa tunteet ja uskomukset ovat tiukasti yhteydessä toisiinsa, jolloin esimerkiksi epävarmuus omista kyvyistä matematiikassa voi koetilanteessa johtaa ahdistuneisuuden tunteisiin. Oppilaan kokemat tunteet voivat joko vahvistaa tai heikentää oppilaan uskomuksia matematiikkaan liittyen. Tunteet säätelevät myös motivaatiota, tehtävään suuntautumista ja kognitiivisia prosesseja (Pekrun & Stephens 2010). Positiiviset tunteet kuten nautinto ja onnistumisen kokemukset antavat lisää motivaatiota ja auttavat työskentelemään matemaattisen tehtävän parissa vielä innostuneemmin kuin aikaisemmin. Negatiiviset tunteet kuten ahdistus taas voivat vähentää kiinnostusta opeteltavaa asiaa kohtaan. Tunteet vaikuttavat motivaation lisäksi myös kognitiivisiin prosesseihin kuten työmuistiin. Ahdistunut oppilas kohdistaa huomionsa ahdistukseen eikä suoritettavaan tehtävään, jolloin tehtävän ratkaiseminen vaikeutuu (Ashcraft 2002). Eysenckin ja Calvon (1992) prosessoinnin tehokkuus teorian mukaan huoli heikentää työmuistin talletus- ja prosessointikapasiteettia kyseessä olevaan tehtävään, sekä lisää tehtävän aikaisia ponnisteluja ja aktiveetteja, joiden avulla pyritään parantamaan suoritusta.

Motivaatiota voidaan kuvata oppilaan kyvykkyyksien, kiinnostuksen, arvostuksen sekä oppimiseen liittyvien tavoitteiden avulla (Mononen, ym. 2017). Oppijan motivationaaliset tunteet matematiikkaa kohtaan vaikuttavat myös siihen, miten hän oppii matematiikkaa. Matematiikkakuvan osat yhdistyvät matematiikan motivaatiota ja sen arvottamista tarkastellessa. Hannula ja Holm (2018) kuvaavat myös motivaation olevan mahdollisesti matematiikkakuvan kannalta tärkein oppilaan käyttäytymistä selittävä tekijä. Heidän mukaansa oppilaan motivaatioon sisältyy se, mitä oppilas pitää tärkeänä,

mitä hän haluaa ja minkälaisia valintoja oppilas tekee. Motivaation on todettu korreloivan vahvasti oppilaan suoritustason kanssa, jolloin mitä tärkeämpänä matematiikan oppimista pitää, sitä sinnikkäämpi on yrittämään. Motivaatioon heijastuu oppilaan uskomukset, jolloin motivaatio näkyy tunteina ja käytöksenä.

Ecclesin ja kumppaneiden vuonna 1983 kehittämän odotusarvoteorian mukaan yksilön arvot ja käsitykset vaikuttavat suoraan yksilön valintoihin suoritustilanteissa. Eccles ja kumppanit ovat tutkineet alkujaan odotusarvoteoriaa juuri matematiikassa suoriutumisessa. Yksilön arvot ja käsitykset vaikuttavat heidän mukaansa myös suoriutumiseen, ponnisteluun ja sinnikkyyteen. Käsityksien ja arvojen uskotaan olevan sidoksissa tehtäväkohtaisiin uskomuksiin kuten kyvykkyyksiasityksiin, tehtävien koettuun vaikeustasoon sekä yksilön tavoitteisiin, minäkäsitykseen ja tunnepitoisiin muistoihin. Nämä sosiaalis-kognitiiviset muuttujat puolestaan ottavat vaikutteita yksilön havainnoista hänen aikaisemmista kokemuksistaan. Vanhempien ja opettajien antama palaute on myös tärkeässä roolissa siinä, miten yksilö kokee omat kykynsä suoriutua tehtävässä. (Wigfield & Eccles 2000)

Tässä tutkielmassa tutkitaan matemaattisten taitojen yhteyttä matematiikka-ahdistukseen. Kuten aiemmin on jo tullut ilmi hyvin monet tekijät, kuten perimä, yksilön aikaisemmat kokemukset matematiikassa, matematiikkakuva ja sosiaalinen ympäristö, vaikuttavat siihen millainen suhtautuminen matematiikkaa kohtaan yksilölle kehittyy. Matematiikka-ahdistuksen tiedetään useissa tutkimuksissa olevan negatiivisesti yhteydessä matemaattiseen suoriutumiseen (Aschraft 2002; Hembree 1990; Kyttälä & Björn 2010; Lyons & Beilock 2012; Ma 1999). Seuraavaksi tarkastellaan tarkemmin tämän tutkielman aineistoa.

4 Tutkimuksen tarkoitus ja tutkimusmenetelmät

4.1 Tutkimuskysymykset

Tässä tutkielmassa haetaan vastausta seuraaviin tutkimuskysymyksiin: 1) Miten matemaattinen ahdistus ja matemaattinen suoriutuminen ovat yhteydessä toisiinsa? ja 2) Miten tytöt ja pojat eroavat koetun matematiikka-ahdistuksen, matemaattisen suoriutumisen ja niiden välisen yhteyden suhteen?

Tutkimuskysymysten asettelua ohjaa aikaisemmat tutkimustulokset aiheesta. Aiemman tutkimustiedon valossa (Aschraft 2002; Hembree 1990; Kyttälä & Björn 2010; Lyons & Beilock 2012) voidaan esittää hypoteesina, että matemaattisen ahdistuksen ja matemaattisen osaamisen välillä on tilastollisesti merkitsevä yhteys. Hypoteesina matemaattiseen suoriutumiseen voidaan olettaa, että tyttöjen ja poikien välillä ei ilmene tilastollisesti merkitsevää eroa (OECD 2015). Sen sijaan voidaan olettaa, että sukupuolten välillä ilmenee eroa matematiikka-ahdistuksen kokemisessa. Tyttöjen ja poikien välillä ilmenee aikaisemmassa tutkimuksessa selkeitä eroja matemaattisen ahdistuneisuuden kokemisessa (Hyde ym. 1990; OECD 2013).

4.2 Aineiston kuvaus

Tämän tutkimuksen aineisto on kerätty MASA-tutkimusprojektin yhteydessä (Björn & Kyttälä 2010). MASA-projektissa ensimmäinen mittaus tehtiin 8. luokan syksyllä ja toinen mittaus 9. luokan keväällä. Tässä tutkielmassa käytetään vain ensimmäisen mittauskerran eli kahdeksannen luokan vastaajien tuloksia. Vastaajia, jotka ovat tehneet sekä matematiikan taitoja mittaavan testin että ahdistuneisuuskyselyn, on yhteensä 157, joista poikia on 83 ja tyttöjä 74. Matemaattisia taitoja mittaavaan testiin vastanneita on tässä aineistossa 178. Kaikkien tutkimukseen osallistuneiden oppilaiden äidinkieli on suomi.

4.3 Mittarit

Matemaattisia taitoja mitattiin KTLT-testillä, joka on suunnattu luokka-asteille 7-9 (Räsänen & Leino 2005). KTLT-testi on kynä-paperi-testi, jonka avulla kartoitetaan mahdollisia matemaattisia peruslaskutaidon vaikeuksia. Se sisältää erilaisia matemaattisia laskemistehtäviä, esimerkiksi yhteenlasku, vähennyslasku, kertolasku ja jakolasku sekä numeerisessa että sanallisessa muodossa. Tehtävät vaativat tietoa pääosin kokonaisluvuista, mutta myös murtoluvuista ja desimaaleista. Testi sisältää myös mittayksikkömuunnoksia, geometriaa ja mittaamista, algebraa ja lukujen pyöristämistä. KTLT-testistä on neljä rinnakkaisversiota (A,B,C ja D). Jokaisessa KTLT-testin versiossa on 40 tehtävää, joista kymmenen on täsmälleen samat. Versiota A käytettiin tässä tutkielmassa olevan aineiston keräämiseen. Testitilanteessa tehtävien suorittamiseen on aikaa 40 minuuttia. Suurin mahdollinen pistemäärä testistä on 40 pistettä. Rinnakkaisversioiden vaikeustasot ovat erittäin pienet, sillä testiversioiden A ja D välinen ero on suurin, joka on 0.09 standardipistettä. Rinnakkaisversioiden reliabiliteetti-arvot ovat seuraavat: KTLT-A: 0.8838, KTLT-B: 0.9022, KTLT-C: 0.8819 ja KTLT-D: 0.8897.

Matematiikkaan liittyvää ahdistusta on mitattu MARS-mittarilla (Mathematics Anxiety Rating Scale). Mittarin käyttöön ja kääntämiseen suomenkielelle on Richard M. Suinin lupa. Kysely koostuu erilaisista matematiikkaan liittyvistä väittämistä esimerkiksi: ”Arvioit ostoksista takaisin saatavan rahamäärän.”, ”Luet matemaattisen kaavan matematiikan tunnilla.”, ”Teet matematiikan koetta.” ja ” Sinua pyydetään selittämään, kuinka päädyit tiettyyn ratkaisuun jossain matematiikan tehtävässä.”. Kyselylomakkeen väittämät liittyvät asioihin tai kokemuksiin, joihin saattaa liittyä jännitystä tai pelkoa. Vastaajaa pyydetään rastittamaan se vaihtoehto, joka kuvaa parhaiten sitä, kuinka paljon ahdistusta väittämän sisältämä asia hänessä herättäisi. Vastaajaa pyydetään myös vastaamaan mahdollisimman nopeasti mutta huolellisesti. Ahdistuneisuutta on mitattu viisiportaisella asteikolla, jossa vastausvaihtoehtoina on ”ei lainkaan”, ”vähän”, ”kohtalaisesti”, ”paljon” ja ”erittäin paljon”. MARS-mittarin Cronbachin alfa on tässä aineistossa 0.975.

4.4 Analyysin kuvaus

Tutkielman tilastollinen analyysi suoritettiin IBM SPSS 25 - tilasto-ohjelmalla. Aineiston analysointi aloitettiin tarkastelemalla matematiikka-ahdistuksen ja matemaattisen suoriutumisen tunnuslukuja. Tarkasteltaessa normaalijakaumaa muuttujien matemaattinen ahdistus ja matemaattinen suoriutuminen kohdalla havaittiin, että molemmat jakautuvat normaalisti (Kts. Taulukko 1), joten näitä muuttujia testattaessa voitiin käyttää parametrisia testejä. Matematiikka-ahdistuksen ja matemaattisen suoriutumisen yhteyden selvittämiseen käytettiin Pearsonin korrelaatiokerrointa. Korrelaatiokertoimet ahdistuksen ja suoriutumisen välille laskettiin myös erikseen tytöille ja pojille. Sukupuolten välisiä eroja tutkittiin t-testin avulla erikseen matematiikka-ahdistuksen ja matemaattisen suoriutumisen kohdalla.

Ahdistuneisuuskyselyn väittämät analysoitiin pääkomponenttianalyysin avulla. Suomenkielinen ahdistuneisuuskysely (MARS) koostuu 89 väittämästä. Pääkomponenttianalyysin avulla voidaan tiivistää suuri joukko muuttujia pienemmiksi ryhmiä (summamuuttujiksi) aineiston selkiyttämiseksi (Tähtinen, Laakkonen & Broberg 2011). Pääkomponenttianalyysin tekeminen helpottaa huomattavasti myös tulosten tulkintaa, jonka johdosta aineisto analysoitiin pääkomponenttianalyysin avulla. Aineistosta poistettiin kaikki vastaajat, jotka eivät olleet vastanneet ahdistuskyselyyn ja joiden vastauksista puuttui yli puolet vastauksista.

Analyysi tehtiin vaiheittain hakemalla parasta mahdollista ratkaisua. Parasta mahdollista ratkaisua varten väittämiä poistettiin analyysistä, koska niillä oli joko alhainen kommunaliteetti ($> 0,4$), ne latautuivat useammalle kuin kahdelle komponentille tai ne eivät soveltuneet sisällöllisesti ratkaisuun. Lopulliseen pääkomponenttianalyysin ratkaisuun tuli 5 komponenttia ja ratkaisu koostuu 41 väittämästä. Mallin selitysaste on 60.06 %. Pääkomponenttianalyysi koostuu seuraavista viidestä komponentista (KMO = 0.893, Bartlett $p < 0.001$): matemaattisten tehtävien ratkaisemiseen liittyvä ahdistus (Cronbachin alfa: 0.920), matematiikan kokeeseen liittyvä ahdistus (Cronbachin alfa: 0.917), arkipäivän matemaattiset tilanteet (Cronbachin alfa: 0.866), ilman apuvälineitä laskeminen (Cronbachin alfa: 0.90) ja vastuulliset tarkkuutta vaativat tehtävät (Cronbachin alfa: 0.773). Tilastollisen merkitsevyyden rajana pidetään tässä tutkielmassa p-arvoa 0.05.

Pääkomponenttianalyysillä luotujen summamuuttujien osalta sukupuolten välisiä eroja tutkittiin joko t-testillä tai Mann-Whitneyn U-testillä riippuen siitä täyttyivätkö parametrisen testin edellytykset. Lopuksi tarkasteltiin onko ahdistuspääkomponenttien ja matemaattisen suoriutumisen välillä yhteyttä korrelaatioita tarkastelemalla. Korrelaatiot laskettiin myös erikseen tytöille ja pojille.

5 Tulokset

Aineiston analysointi aloitettiin tarkastelemalla millaisia arvoja muuttujat saavat.

KTLT-testin ja MARS-mittarin saamat tunnusluvut mahdollistavat parametrusten testien käytön aineistoa analysoitaessa (kts. Taulukko 1). KTLT-testissä sekä tyttöjen ja poikien suoriutuminen sijoittuu keskiarvon perusteella keskitasoiseen suoriutumiseen KTLT-testin standardipistetaulukon mukaan (Räsänen & Leino 2005).

Taulukko 1. KTLT-testin ja MARS-mittarin kuvailevat tunnusluvut.

	Tunnusluvut	KTLT	MARS
Tytöt	N	82	78
	Keskiarvo	20.90	.857
	Keskihajonta	5.893	.547
	Vinous	-.166	.649
	Huipukkuus	.026	-.335
Pojat	N	96	86
	Keskiarvo	21.80	.637
	Keskihajonta	6.545	.506
	Vinous	-.171	.934
	Huipukkuus	-.096	.369
Yhteensä	N	178	157
	Keskiarvo	21.39	.736
	Keskihajonta	6.252	.533
	Vinous	-.144	.820
	Huipukkuus	-.060	.053

5.1 Matemaattinen ahdistus ja matemaattinen suoriutuminen

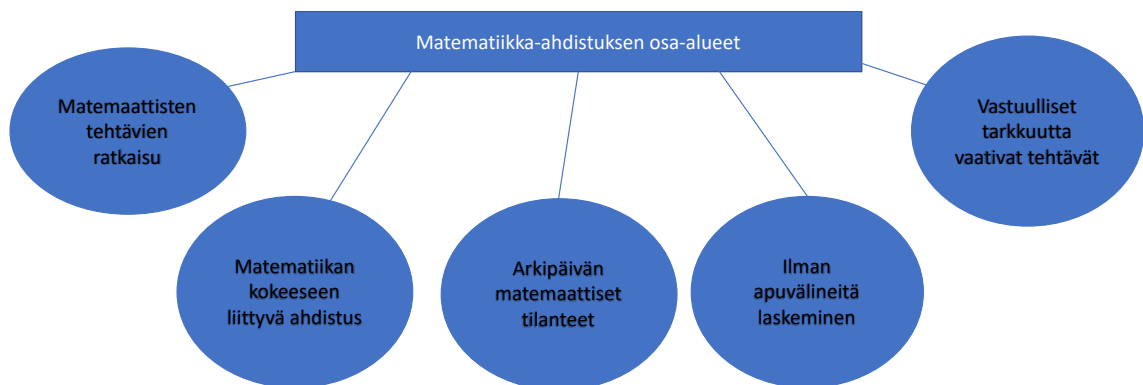
Tutkittaessa koetun matemaattisen ahdistuksen ja matemaattisen osaamisen välistä yhteyttä havaitaan Pearsonin korrelaatiokertoimen avulla, että KTLT-testillä mitatun matemaattisen suoriutumisen ja matematiikka-ahdistuksen ($n = 157$) välillä ei ole tässä aineistossa lineaarista yhteyttä ($r = -0.016$, $p = 0.839$). Ahdistuksen ja suoriutumisen välistä yhteyttä tarkasteltiin myös poikien ja tyttöjen osalta erikseen. Tulokset osoittivat, että sukupuolella ei ole myöskään vaikutusta KTLT-testin ja koetun ahdistuksen väliseen yhteyteen. Poikien ($n = 83$) KTLT-testin tulos ei ole tilastollisesti merkitsevästi yhteydessä koettuun matemaattiseen ahdistukseen ($r = -0.091$, $p = 0.415$). Tyttöjen ($n = 74$) KTLT-testin tuloksella ja koetulla ahdistuneisuudella ei myöskään ole Pearsonin korrelaatiokertoimen mukaan tilastollisesti merkitsevää yhteyttä ($r = 0.089$, $p = 0.450$). Matemaattinen suoriutuminen ei siis ole tässä aineistossa tilastollisesti merkitsevästi yhteydessä koettuun matemaattiseen ahdistukseen.

Tarkasteltaessa sukupuolten välisiä eroja KTLT-testissä suoriutumisessa havaitaan, että sukupuolella ei ole vaikutusta matemaattiseen suoriutumiseen. T-testin mukaan tyttöjen ($n = 82$, ka. 20.90, kh. 5.89) ja poikien ($n = 96$, ka. 21.80, kh. 6.545) välillä ei ole tilastollisesti merkitsevää eroa kahdeksannella luokalla tehdyn KTLT-testin tuloksissa ($t(176) = 0.957$, $p = 0.340$). Kun tutkitaan sukupuolten välisiä eroja matematiikka-ahdistuksen kokemisessa huomataan, että tyttöjen ja poikien välillä on eroa matematiikka-ahdistuksen ilmenemisessä. Pojat ($n = 86$, ka. 0.64, kh. 0.51) kokevat vähemmän matematiikkaan liittyvää ahdistuneisuutta kuin tytöt ($n = 78$, ka. 0.86, kh. 0.55). Sukupuolten välillä on tilastollisesti erittäin merkitsevä ero ($t(162) = -2.666$, $p = 0.008$).

5.2 Matematiikka-ahdistuksen osa-alueet

Tutkimuskirjallisuuden mukaan (Hyde, ym. 1990; OECD 2013) ja tässä aineistossa saatujen tulosten mukaan tytöt kokevat tilastollisesti merkitsevästi enemmän matematiikka-ahdistusta kuin pojat. Seuraavaksi tarkasteltiin pääkomponenttianalyysin avulla, onko matematiikka-ahdistus kaikkea matematiikkaa koskevaa ahdistusta vai koskeeko se vain tiettyjä matemaattisia toimintoja tai tehtäviä. Tämän selvittämiseksi väittämät luokiteltiin pääkomponenttianalyysin avulla viiteen pääkomponenttiin, joiden

avulla tarkastellaan, millä osa-alueilla matematiikka-ahdistusta ilmenee ja mistä osa-alueista sukupuolten välinen ero syntyy. Analyysin tuloksena saatiin viisi pääkomponenttia, jotka ovat 1) matemaattisten tehtävien ratkaisemiseen liittyvä ahdistus, 2) matematiikan kokeeseen liittyvä ahdistus, 3) arkipäivän matemaattiset tilanteet, 4) ilman apuvälineitä laskeminen ja 5) vastuulliset tarkkuutta vaativat matemaattiset tilanteet (kts. kuvio 1). Pääkomponentit matemaattisten tehtävien ratkaisemiseen liittyvä ahdistus, matematiikan kokeeseen liittyvä ahdistus ja vastuulliset tarkkuutta vaativat matemaattiset tilanteet ovat jakautuneet normaalisti, joten niiden analysoinnissa käytettiin parametrista t-testiä. Pääkomponentit arkipäivän matemaattiset tilanteet ja ilman apuvälineitä laskeminen eivät täytä parametristen testien kriteereitä, joten niiden kohdalla käytettiin epäparametrista Mann-Whitneyn U-testiä.



Kuvio 1. Matematiikka-ahdistuksen osa-alueet.

Matemaattisten tehtävien ratkaisuun liittyvä ahdistus koostuu muun muassa seuraavanlaisista väittämistä: ”Ratkaiset sanallista matematiikan tehtävää.”, ”Ratkaiset seuraavanlaista tehtävää: Jos $X = 11$ ja $Y = 3$, $X/Y = \underline{\quad}$? ” ja ”Astut sisään matematiikan luokkaan.” T-testin tuloksen mukaan sukupuolten välillä on tilastollisesti merkitsevä ero $t(177) = -2.408$, $p = 0.017$ (Pojat ($n = 96$, ka 0.78 , kh. 0.668) kokevat tilastollisesti merkitsevästi vähemmän matemaattisten tehtävien ratkaisemiseen liittyvää ahdistusta kuin tytöt ($n = 83$, ka. 1.04 , kh. 0.808).

Matematiikan kokeeseen liittyvä ahdistus koostuu muun muassa seuraavanlaisista väittämistä: ”Ajattelet tulevaa matematiikan koetta tuntia ennen.”, ”Odotat matematiikan kokeen palautusta, kun arvelet menestyneesi siinä heikosti.” ja ” Sinulla on matematiikan koe.” T-testin tuloksen mukaan ryhmien välillä on tilastollisesti merkitsevä ero $t(159.156) = -2.080$, $p = 0.039$. Pojat ($n = 98$, ka. 1.04, kh. 0.793) kokevat tilastollisesti merkitsevästi vähemmän ahdistuneisuutta matematiikan kokeeseen liittyen kuin tytöt ($n = 85$, ka. 1.32, kh. 1.004).

Arkipäivän matemaattiset tilanteet koostuu muun muassa seuraavanlaisista väittämistä: ”Joudut laskemaan, onko sinulla tarpeeksi rahaa ostaa haluamasi lehti ja purukumi.”, ”Tarkistat kassakuitin käytyäsi ostoksilla.” ja ”Kuulet, kun kaverisi arvioivat eri voittajavaihtoehtojen todennäköisyyksiä lyödessään vetoa kilpailun voittajasta.” Mann-Whitney U-testin tuloksen mukaan sukupuolten välillä ei ole tilastollisesti merkitsevää eroa $z = -1.706$, $p = 0.088$. Sukupuolten välillä ei ole tilastollisesti merkitsevää eroa (pojat $n = 97$, keskimääräinen sijaluku (mean rank) 84.87; tytöt $n = 84$, keskimääräinen sijaluku 98.08). Tyttöjen keskimääräinen sijaluku on suurempi, vaikka tulos ei olekaan tilastollisesti merkitsevä 5 % merkitsevyystasolla. Tulos on merkitsevä, jos raja-arvona käytetään arvoa $p = 0.10$.

Ilman apuvälineitä laskeminen koostuu muun muassa seuraavanlaisista väittämistä: ” Joudut ratkaisemaan yhteenlaskutehtäviä paperilla.”, ”Sinun pitää ratkaista kertolaskutehtäviä paperilla.” ja ”Sinulle annetaan jakolaskutehtäviä paperilla ratkaistavaksi.” Mann-Whitney U-testin tuloksen mukaan sukupuolten välillä ei ole tilastollisesti merkitsevää eroa $z = -1.097$, $p = 0.273$. Sukupuolten välillä ei ole tilastollisesti merkitsevää eroa (pojat $n = 99$, keskimääräinen sijaluku 89.45; tytöt $n = 86$, keskimääräinen sijaluku 97.08). Ero ei ole tilastollisesti merkitsevä. Huomattavaa on kuitenkin se, että tyttöjen keskimääräinen sijaluku on korkeampi kuin poikien.

Vastuulliset tarkkuutta vaativat matemaattiset tilanteet koostuu muun muassa seuraavanlaisista väittämistä: ”Toimit sihteerinä ja pidät kirjaa siitä, kuinka monta ihmistä ilmoittautuu johonkin tilaisuuteen.”, ” Olet vastuussa kerhon rahojen keräämisestä ja sinun on pidettävä kirjaa siitä rahamäärästä, joka on saatu.” ja ” Sinua pyydetään opettelemaan kolmen tapaamasi ihmisen puhelinnumerot.” T-testin tuloksen mukaan ryhmien välillä ei ole tilastollisesti merkitsevää eroa $t(178) = -1.528$, $p = 0.128$.

Poikien ($n = 97$, ka. 0.73, kh. 0.649) ja tyttöjen ($n = 83$, ka. 0.88, kh. 0.703) välillä ei ole tilastollisesti merkitsevää eroa, $t(178) = -1.528$, $p = 0.128$. Vaikka tulos ei ole tilastollisesti merkitsevä voidaan huomata, että tyttöjen keskiarvo on korkeampi kuin poikien.

Tutkittaessa onko ahdistuneisuuspääkomponenttien ja KTLT-testin tulosten välillä lineaarista yhteyttä havaitaan, että muuttujien välillä ei ole yhdenkään pääkomponentin kohdalla tilastollisesti merkitsevää yhteyttä. Matemaattinen suoriutuminen ei siis ole yhteydessä koettuun ahdistukseen tietyissä matemaattisissa tilanteissa. KTLT- testin yhteys summamuuttujiin matemaattisten tehtävien ratkaisuun liittyvä ahdistus ($n = 172$, $r = -0.019$, $p = 0.81$), matematiikan kokeeseen liittyvä ahdistus ($n = 176$, $r = 0.056$, $p = 0.46$), arkipäivän matemaattiset tilanteet ($n = 174$, $r_s = -0.25$, $p = 0.74$), ilman apuvälineitä laskeminen ($n = 178$, $r_s = -0.031$, $p = 0.68$) ja vastuulliset tarkkuutta vaativat matemaattiset tilanteet ($n = 173$, $r = 0.079$, $p = 0.30$) ei ole tilastollisesti merkitsevä.

Sukupuolten välisiä eroja tarkasteltaessa havaitaan, että matemaattisten tehtävien ratkaisuun liittyvä ahdistus (poika $n = 93$, $r = -0.102$, $p = 0.33$; tyttö $n = 79$, $r = 0.091$, $p = 0.424$), matematiikan kokeeseen liittyvä ahdistus (poika $n = 95$, $r = 0.027$, $p = 0.79$; tyttö $n = 81$, $r = 0.111$, $p = 0.32$), arkipäivän matemaattiset tilanteet (poika $n = 94$, $r_s = -0.042$, $p = 0.69$; tyttö $n = 80$, $r_s = 0.031$, $p = 0.79$), ilman apuvälineitä laskeminen (poika $n = 96$, $r_s = -0.050$, $p = 0.63$; tyttö $n = 82$, $r_s = 0.011$, $p = 0.92$) ja vastuulliset tarkkuutta vaativat matemaattiset tilanteet (poika $n = 94$, $r = 0.048$, $p = 0.64$; tyttö $n = 79$, $r = 0.138$, $p = 0.23$) eivät ole tilastollisesti merkitsevästi yhteydessä KTLT- testissä suoriutumiseen. Aikaisemmin havaittu ero tyttöjen korkeammasta ahdistuksesta matematiikan tehtävien ratkaisuun liittyvissä tilanteissa ja matematiikan kokeeseen liittyvissä tilanteissa ei siis ole yhteydessä matemaattiseen suoriutumiseen erikseen matematiikka-ahdistuksen osaluilla tarkasteltuna, jolloin matemaattinen ahdistus ei näytä olevan yhteydessä matemaattiseen suoriutumiseen.

6 Pohdinta

6.1 Tulosten tarkastelu ja johtopäätökset

Tässä tutkielmassa tarkasteltiin matemaattisen suoriutumisen ja matematiikka-ahdistuksen välistä yhteyttä. Tässä aineistossa matemaattisen suoriutumisen ja koetun matemaattisen ahdistuksen välillä ei löytynyt tilastollisesti merkitsevää yhteyttä. Useissa aikaisemmissa tutkimuksissa on tullut ilmi, että matematiikka-ahdistus heikentää matemaattista suoriutumista (Aschraft 2002; Hembree 1990; Kyttälä & Björn 2010; Lyons & Beilock 2012; Ma 1999). Tämän tutkielman aineiston vastaajien kokema matematiikka-ahdistus on melko alhaista, joten on mahdollista, että ahdistus ei ole riittävän voimakasta, jotta se vaikuttaisi matemaattiseen suoriutumiseen tilastollisesti merkitsevästi. Matematiikka-ahdistuksen tiedetään vaikuttavan kognitiivisiin prosesseihin kuten työmuistiin heikentävästi laskusuorituksen aikana (Rachubar, Barnes & Hecht 2010). Jos matematiikka-ahdistus on melko alhaista on mahdollista, että ahdistuksen aiheuttama kuormitus ei vielä häiritse merkittävästi matemaattista suoritusta. Vaikka matematiikka-ahdistuksen vaikutus suoriutumiseen ei olisi suuri, ahdistuneisuuteen liittyvät tunteet kuten pelko ja jännittyneisyys voivat vaikuttaa oppilaan yleiseen hyvinvointiin ja kouluviihtyvyyteen.

Tässä tutkielmassa tarkasteltiin myös sukupuolten välisiä eroja matemaattisessa suoriutumisessa ja matematiikka-ahdistuksessa sekä niiden välisessä yhteydessä. Poikien ja tyttöjen välillä ei ole tässä aineistossa eroa matemaattisessa suoriutumisessa. Muissa tutkimuksissa on myös tullut ilmi, että sukupuolten välillä ei ole merkittäviä tasoeroja (OECD 2013, OECD 2016). Kuten aikaisemmissakin tutkimuksissa (Hembree 1990; Hyde, ym. 1990; OECD 2013), myös tässä aineistossa tytöt kokivat tilastollisesti merkitsevästi enemmän matematiikka-ahdistusta kuin pojat. Tyttöjen korkeampi ahdistuneisuus ei siis selity matemaattisella suoriutumisella, joten muut tekijät vaikuttavat matematiikka-ahdistukseen. Tyttöjen korkeampi ahdistuneisuus voisi selittyä muun muassa sosiaalisilla tai psyykkisillä tekijöillä, joita ei tutkittu tässä tutkielmassa. Aikaisemmissa tutkimuksissa on tullut ilmi, että yksilön matematiikkakuva ja siihen liittyvät minäkuva, tunteet, motivaatio, arvot ja uskomukset voivat vaikuttaa siihen, miten yksilö kokee matemaattiset tilanteet (Hannula & Holm 2018). Yksilön arvot ja käsitykset vaikuttavat yksilön suoriutumiseen, ponnisteluun ja sinnikkyYTEEN (Wigfield & Eccles

2000). Jos siis oppilas ei koe olevansa hyvä matematiikassa tai hänellä on aikaisempia negatiivisia kokemuksia matematiikan parissa, hänen aikaisemmat negatiiviset kokemuksensa vaikuttavat heikentävästi hänen suoriutumiseensa. Myös Banduran (1997) mukaan minäpystyvyysuskomukset kehittyvät kokemusten, havaintojen ja sosiaalisen vuorovaikutuksen perusteella. Tässä aineistossa tyttöjen korkeampi ahdistus ei kuitenkaan näkynyt heikompana matemaattisena suoriutumisena, vaikka matematiikka-ahdistuksen taustalla ajatellaan olevan huonot kokemukset matematiikan parissa ja heikompi matematiikan arvostus (Hannula & Holm 2018; Pekrun 2006), joten on hyvin mahdollista, että tytöt kokevat matematiikan merkityksellisenä ja heillä on siitä hyviä kokemuksia mutta he ovat sensitiivisempiä ahdistuneisuuden ilmaisussa ja kokemisessa.

Hannulan ja Holmin (2018) mukaan sosiaalisella ympäristöllä kuten luokan ilmapiirillä ja opettajalla voi olla vaikutusta siihen, millainen matematiikkakuva oppilaalle kehittyy. Vanhat syvälle juurtuneet uskomukset sekä stereotypiat, joiden mukaan pojat ovat parempia matematiikassa kuin tytöt (Hyde, ym. 1990, Nosek, ym. 2009), voivat vaikuttaa oppilaiden omiin kyvykkyyssuskomuksiin (Bandura 1997). Myös opettajan osoittama oma ahdistus matematiikkaa kohtaan voi välittyä oppilaisiin (Wood 1988). Sosiaalinen kulttuuri ja sen luomat käsitykset voivat siis olla merkittävä tekijä, joka selittää tyttöjen korkeampaa matematiikka-ahdistusta. Tämän yhteyden tutkimiseen tarvitaan lisää tutkimusta, jossa ympäristön asenteiden vaikutusta yksilöön tutkitaan.

Aineiston analysoinnissa löytyi viisi matematiikka-ahdistuksen osa-aluetta. Tilastollisten testien avulla selvitettiin, millä matematiikka-ahdistuksen osa-alueilla ahdistus ilmenee ja selvisi, että tytöt kokevat poikia enemmän ahdistusta matematiikan kokeeseen sekä matemaattisten tehtävien ratkaisuun liittyvissä tilanteissa. Nämä molemmat tilanteet sijoittuvat useimmiten koulumaailmaan. Muissa matematiikka-ahdistuksen osa-alueissa, jotka liittyvät arkipäiväisiin ja koulun ulkopuolisiin tilanteisiin, sukupuolten välillä ei ollut eroa matematiikka-ahdistuksen kokemisessa. Tämän aineiston perusteella vaikuttaa siltä, että tytöt kokevat matematiikka-ahdistusta, kun he kokevat olevansa arvioitavana tai tarkkailun kohteena. Vaikuttaa siltä, että tytöt kokevat ahdistusta, kun matematiikka on tietoisesti läsnä. Kun taas matematiikka on ”piilossa”, tytöillä ei ilmene enemmän ahdistusta kuin pojilla. Tästä havainnosta nousee ajatus, että voisiko tyttöjen matemaattinen ahdistus olla kulttuurisesti rakentunutta. Huomattavaa on myös se, että tyttöjenkin matematiikka-ahdistus on melko alhaista, vaikka se eroaa tilastollisesti

merkitsevästi poikien matematiikka-ahdistuksesta. Mahdollinen tulkinta on se, että tyttöjen kokema matematiikka-ahdistus ei ylitä rajaa, joka vaikuttaa matemaattiseen suoriutumiseen merkittävästi, eikä siksi vielä aineistossa vaikuta tilastollisesti merkitsevästi matemaattiseen suoriutumiseen. Yksi mahdollinen selitys on myös se, tytöt osaavat paremmin matematiikkaa kuin pojat, mutta eivät pysty tuomaan sitä ilmi ahdistuksen takia.

Tutkielman tavoitteena oli saada lisätietoa ja ymmärrystä matemaattisen suoriutumisen ja matematiikka-ahdistuksen välisestä suhteesta. Tutkielman avulla löytyi viisi matematiikka-ahdistuksen osa-aluetta, joita tarkemmin analysoitaessa ilmeni, että matematiikka-ahdistus ei aina koske kaikkea matematiikkaan liittyvää, vaan se voi olla myös spesifimpää tiettyihin matemaattisiin tilanteisiin liittyvää. Matematiikka-ahdistuksen on useissa tutkimuksissa todettu heikentävän matemaattista suoriutumista (Ashcraft 2002; Kyttälä & Björn 2010), mutta tässä tutkimuksessa vastaavaa yhteyttä ei löytynyt, vaikka matematiikka-ahdistuksen osa-alueiden vaikutus tutkittiin erikseen. Matematiikka-ahdistuksen ajatellaan usein koskevan kaikkea matematiikkaan liittyvää, ja sen usein määritelläänkin koskevan myös jokapäiväisiä askareita (esim. Richardson & Suinn 1972) mutta tässä tutkielmassa selvisi, että matematiikka-ahdistusta ei ilmene kaikissa matemaattisissa tilanteissa. Matematiikka-ahdistuksen osa-alueita arvioitaessa täytyy kuitenkin ottaa huomioon, että osa pääkomponenteista on analysoitu epäparametrisilla menetelmillä. Jatkossa olisikin mielenkiintoista tutkia samaa ilmiötä niin, että otoskoko olisi suurempi, joka mahdollistaisi parametrisen tarkastelun kaikkien matematiikka-ahdistuksen osa-alueiden kohdalla.

6.2 Luotettavuus ja eettisyys

KTLT-testiä ja MARS-mittaria arvioitaessa niiden luotettavuutta lisää testien laaja käyttö eri tutkimuksissa. KTLT-testi on yksi käytetyimmistä testeistä matemaattisen suoriutumisen mittaamisessa (esim. Kyttälä & Björn 2010; Aunio, Hautamäki & Mononen 2018) KTLT-testistä on neljä versiota ja ne korreloivat voimakkaasti keskenään. KTLT-testi on standardoitu testi ja testin on todettu mittaavan validisti matemaattisia taitoja (Räsänen & Leino 2005). MARS-testi on myös tiedeyhteisön arvostama ja laajalti käyttämä matematiikka-ahdistuksen mittari (Ashcraft & Ridley 2005; Ma 1999; Richardson & Suinn 1972). MARS-testi on itsearviointitesti, joten

vastaajan sensitiivisyys vaikuttaa tuloksiin. MARS-testissä vastaaja arvioi omaa ahdistuneisuuden kokemustaan esitetyissä tilanteissa. Arvioon kokemuksesta vaikuttaa merkittävästi yksilön matematiikkakuva ja matemaattinen minäkuva.

Sisäistä validiteettia pohdittaessa tiedetään, että vastaamistilanne on ollut kaikille samankaltainen luokkahuonetilanne, jossa vastaajien on tarkoitus vastata kysymyksiin, joten vastaamistilanne on hyvin kontrolloitu. Ulkoista validiteettia pohdittaessa otoksen koko ja edustavuus nousevat esiin. Otoksen koko ($N = 157$) mahdollistaa määrällisen tutkimuksen ja parametrisen testauksen, joten aineiston analysoimisessa saadaan tarkempia tuloksia kuin jos aineistoa analysoitaisiin epäparametrisesti. Oros koostuu vain yhden koulun kahdeksaluokkalaisista, joten ei voida kuitenkaan sanoa, että saadut tulokset edustaisivat koko perusjoukkoa. Tulokset saavat tukea aikaisemmasta kirjallisuudesta, joten saatuja tuloksia voidaan pitää luotettavana tämän otoksen kohdalla. Tutkija ei ole päässyt vaikuttamaan tuloksiin, koska tutkimukseen osallistuminen on tapahtunut opettajan ohjaamana.

Hyvän tieteellisen käytännön varmistamiseksi tutkielman teossa on hyödynnetty menetelmäkirjallisuutta (Nummenmaa 2009; Tähtinen, Laakkonen, & Broberg 2011) sekä tutkimuksen tekoon liittyvää kirjallisuutta (Hirsjärvi 2004). Tutkielmaa tehdessä on kiinnitetty huomiota asianmukaisiin tekstiviittauksiin sekä muiden tutkijoiden työn huomioimiseen. Tutkielmassa on pyritty rehellisyyteen, tarkkuuteen ja huolellisuuteen. Tutkielman tarkastamisessa on käytetty plagiointitunnistusohjelmaa, jonka avulla on varmistettu tekijänoikeuksien kunnioittaminen. Tutkimusaihe ja tutkimuksen aineistonkeruumenetelmä ovat melko neutraaleja, eikä vastaajille ole koitunut haittaa tutkimukseen osallistumisesta. Aineistoa on käsitelty niin, ettei vastaajia pystytä tunnistamaan ja dataa on käsitelty koko tutkimusprosessin ajan huolellisesti ja tietoturvasäädösten mukaisesti. Aineiston analysoinnissa ja raportoinnissa on pyritty läpinäkyvyyteen ja lukijalle on havainnollistettu, miten saatuihin tuloksiin ollaan päädytty. Tutkielman tekemisessä on noudatettu yksityisyyden suojaa sekä vaitiolo- ja salassapitovelvollisuutta (TENK).

6.3 Jatkotutkimusehdotukset

Matemaattista suoriutumista ja matematiikka-ahdistusta on tutkittu paljon Suomessa ja kansainvälisesti. Aikaisemmissa tutkimuksissa pääpaino matematiikka-ahdistuksen tutkimuksessa on itsearviointiin perustuvassa mittauksessa. Itsearviointitutkimus ei kuitenkaan tuota riippumatonta dataa, sillä yksilöiden väliset erot raportoinnissa ovat suuria. Matemaattisen suoriutumisen ja matematiikka-ahdistuksen yhteyttä olisi mielenkiintoista tutkia enemmän aivokuvauksen avulla, sillä sen avulla saadaan tietoa, johon yksilön oma arvio kokemuksesta ei vaikuta. Tutkimus voisi keskittyä tutkimaan yksilöiden välisiä eroja aktiivisuuden määrässä eri aivoalueilla, kun he suorittavat matemaattisia tehtäviä. Erityisen mielenkiintoista olisi vertailla, miten yksilöiden arviot omista kokemuksistaan vaihtelevat ahdistuneisuuden intensiteetin suhteen. Yksilöiden omaa arvioita matematiikka-ahdistuksen voimakkuudesta ja esimerkiksi f-MRI kuvauksella tehtyjä aivokuvia vertailemalla saataisiin myös mielenkiintoista tietoa yksilöiden välisistä eroista ja heidän sensitiivisyydestään matematiikka-ahdistuksen kokemiselle.

Matemaattisen ahdistuksen on todettu useissa tutkimuksissa vaikuttavan heikentävästi matemaattiseen osaamiseen (Aschraft 2002; Hembree 1990; Kyttälä & Björn 2010; Lyons & Beilock 2012), jolloin lievittämällä matemaattista ahdistusta aiheuttavia tekijöitä voitaisiin parantaa oppilaiden suoriutumista matemaattisissa tehtävissä. Matemaattisen ahdistuksen alkuperä on tuntematon (Artemenko, Daroczy & Nuerk 2015), mutta siitä tiedetään, että ajatukset ja tunteet vaikuttavat siihen (Aschraft 2002). Tunnereaktioita ja oppilaan käsityksiä itsestään matematiikan oppijana selvittämällä oppilaita voitaisiin auttaa matemaattisen ahdistuksen lievittämisessä. Ajattelumallien muuttamisesta ja tunnereaktioiden hallinnan vaikutuksesta matemaattiseen suoriutumiseen on vielä melko vähän tutkimusta (esim. Lyons & Beilock 2012). Mielenkiintoinen jatkotutkimusidea olisi kehittää interventiotutkimus, jonka avulla pyritään vähentämään matematiikka-ahdistuksen määrää tunnetaitoja opettamalla. Lyonsin ja Beilockin (2012) tutkimuksessa havaittiin, että matematiikka-ahdistusta kokevien henkilöiden tunnereaktioiden hallitsemisella matemaattisia tehtäviä tehtäessä saadaan parempia tuloksia kuin lisäharjoittelulla. Matematiikan merkitys on korostunut yhteiskunnassa viime aikoina ja sen merkitys todennäköisesti tulee yhä kasvamaan. Itsesäätelytaidot ja positiivinen matematiikan oppimista tukeva ilmapiiri koulussa

voisivat tukea oppilaiden myönteistä matematiikkakuvaa ja vähentää koettua matematiikka-ahdistusta, jolloin myös matemaattinen suoriutuminen voisi olla entistäkin parempaa.

Lähteet

Artemenko, C., Daroczy, G. & Nuerk, H. C. 2015. Neural correlates of math anxiety - an overview and implications. *Frontiers in psychology*, 6, 1333.

Ashcraft, M. 2002. Math Anxiety: Personal, Educational and Cognitive Consequences. *Current Directions in Psychological Science*, 11 (5), 181-185.

Aunio, P., Hautamäki, J. & Mononen, R. 2018. Matematiikan oppimisen ja oppimisvaikeuksien pedagoginen arviointi. Joutsenlahti, J., Silfverberg, H. & Räsänen, P. (toim.) *Matematiikan opetus ja oppiminen* (1. painos.). Jyväskylä. Niilo Mäki Instituutti.

Aunola, K. 2002. Motivaation kehitys ja merkitys kouluiässä. Teoksessa Salmela-Aro, K. & Nurmi, J.-E. (toim.) *Mikä meitä liikuttaa? Modernin motivaatiopsykologian perusteet*, 105-126. Jyväskylä: PS-kustannus.

Aunola, K., Leskinen, E., Lerkkanen, M.-K. & Nurmi, J.-E. 2004. Developmental dynamics of math performance from preschool to Grade 2. *Journal of Educational Psychology*, 96, 699-713.

Aunola, K. & Nurmi, J.-E. 2018. Matemaattisten taitojen kehitys kouluiässä. Joutsenlahti, J., Silfverberg, H. & Räsänen, P. (toim.) *Matematiikan opetus ja oppiminen* (1. painos.). Jyväskylä. Niilo Mäki Instituutti.

Aunola, K. & Nurmi, J.-E. Lerkkanen, M.-K. & Rasku-Puttonen, H. 2003. The role of achievement-related behaviors and parental beliefs in children's mathematical performance. *Educational Psychology*, 23(4), 403-421.

Bandura, A. 1997. *Self-efficacy: The exercise of control*, New York: Freeman, 604.

Bandura, A. & Schunk, D. H. 1981. Cultivating competence, self-efficacy and intrinsic interest through proximal self-motivation. *Journal of Personality and Social Psychology* 41(3), 586-598.

Björn, P.M., Aunola, K. & Nurmi, J.-E. 2016. Primary school text comprehension predicts mathematical word problem-solving skills in secondary school. *Educational psychology*, 36, 362-377.

Björn, P.M., Räikkönen, E., Aunola, K. & Kyttälä, M. 2017. Dynamics between student vs. teacher perceptions of mathematical word problem-solving skills in secondary school. *Educational Psychology*, 36, 362-377.

Eysenck, M.W., & Calvo, M.G. 1992. Anxiety and performance: The processing efficiency theory. *Cognition and Emotion*, 6, 409–434.

Faust, M.W. 1992. Analysis of physiological reactivity in mathematics anxiety. Unpublished doctoral dissertation, Bowling Green State University, Bowling Green, Ohio.

Fletcher, J. M., Lyon, G. R., Fuchs, L. S. & Barnes, M. A. 2007. *Learning disabilities – From identification to intervention*. The Guilford Press.

Frenzel, A. C., Goetz, T, Pekrun, R. & Watt H. M. G. 2010. Development of mathematics interest in adolescence: Influences of gender, family, and school context. *Journal of Research on Adolescence*, 20(2), 507-537.

Hannula, M. & Holm, M. 2018. Oppilaan matematiikkakuva oppimistuloksena ja oppimisen taustatekijänä. Joutsenlahti, J., Silfverberg, H. & Räsänen, P. (toim.) *Matematiikan opetus ja oppiminen* (1. painos.). Jyväskylä. Niilo Mäki Instituutti.

Hannula-Sormunen, M., Mattinen, A., Räsänen, P. & Ruusuvirta, T. 2018. Varhaisten matemaattisten taitojen perusta: synnynnäiset valmiudet, tietoinen toiminta ja vuorovaikutus. Joutsenlahti, J., Silfverberg, H. & Räsänen, P. (toim.) *Matematiikan opetus ja oppiminen* (1. painos.). Jyväskylä. Niilo Mäki Instituutti.

Hembree, R. 1990. The nature, effects, and relief of mathematics anxiety. *Journal for Research in Mathematics Education*, 21, 33–46.

- Hirsjärvi, S. 2004. Tutki ja kirjoita (10. osin uud. laitos.). Helsinki. Tammi.
- Hyde, J. S., Fennema, E., Ryan, M., Frost, L. A. & Hopp, C. 1990. Gender comparisons of mathematics attitudes and affect: A meta-analysis. *Psychology of Women Quarterly*, 14, 299-324.
- Isometsä, E. 2017. Ahdistuneisuushäiriöt. Lönnqvist, J., Henriksson, M., Marttunen, M., Partonen, T. (toim.). *Psykiatria. Duodecim*.
- Kupari, P. & Hiltunen, J. 2018. Matemaattiset taidot kansainvälisten arviointitutkimusten valossa. Joutsenlahti, J., Silfverberg, H. & Räsänen, P. (toim.) *Matematiikan opetus ja oppiminen* (1. painos.). Jyväskylä. Niilo Mäki Instituutti.
- Kyttälä, M. & Björn, P. M. 2010. Prior mathematics achievement, cognitive appraisals and anxiety as predictors of Finnish students' later mathematics performance and career orientation. *Educational Psychology*, 30(4), 431-448.
- Kyttälä, M. & Kanerva, K. 2018. Työmuisti ja matemaattiset taidot. Joutsenlahti, J., Silfverberg, H. & Räsänen, P. (toim.) *Matematiikan opetus ja oppiminen* (1. painos.). Jyväskylä. Niilo Mäki Instituutti.
- Lindberg, S. M., Hyde, J. S., Petersen, J. L. & Linn, M. C. (2010). New trends in gender and mathematics performance: A Meta-analysis. *Psychological Bulletin*, 136, 1123-1135.
- Lindholm, P., Loukusa, S. & Paavola-Ruotsalainen, L. 2016. Oppimiskyvyn häiriöt. Kumpulainen, K., Aronen, E., Ebeling, H., Laukkanen, E., Marttunen, M., Puura, K. & Sourander, A. (toim.) *Lastenpsykiatria ja nuorisopsykiatria. Duodecim*.
- Lupart, J. L., Cannon, E. & Telfer, J. A. 2004. Gender differences in adolescent academic achievement, interests, values and life-role expectations. *High Ability Studies*, 15(1), 25-42.
- Lyons, I.M. & Beilock, S. L. 2012. Mathematics Anxiety: Separating the Math from the Anxiety. *Cerebral Cortex* September, 22, 2102- 2110.

Ma, Xin. 1999. A meta-analysis of the relationship between anxiety toward mathematics and achievement in mathematics. *Journal for research in mathematics education*. 30 (5). 520-540. National council of teachers of mathematics.

McLeod, D.B. 1992. Research on affect in mathematics education: A reconceptualization. Teoksessa D. A. Grows (toim.) *Handbook of research on mathematics teaching and learning*, 575-596. New York: Macmillan.

Mononen, R., Aunio, P., Väisänen, E., Korhonen, J., Tapola, A. 2017. *Matemaattiset oppimisvaikeudet*. PS-kustannus. Jyväskylä.

Nosek B. A., Smyth F. L. , Sriram N., Lindner N. M., Devos T., Ayala A., Bar-Anan Y., Bergh R., Cai H., Gonsalkorale K., Kesebir S., Maliszewski N., Neto F., Olli E., Park J., Schnabel K., Shiomura K., Tulbure B., Wiers R. W., Somogyi M., Akrami N., Ekehammar B., Vianello M., Banaji M. R. & Greenwald A. G. 2009. National differences in gender-science stereotypes predict national sex differences in science and math achievement. *Proceeding of the National Academy of Sciences*. 106:10593–10597.

Nummenmaa, L. 2009. *Käyttäytymistieteiden tilastolliset menetelmät*. 3. uudistettu laitos. Helsinki. Tammi.

Nurmi, J.-E. & Aunola, K., 1999-2009. *Jyväskylä Entrance into Primary School -Study (JEPS) Tutkimusaineisto*. Jyväskylän yliopisto.

OECD. 2004. *Learning for tomorrow's world, First results from PISA 2003*. Paris.

OECD. 2013. "Mathematics self-beliefs and participation in mathematics-related activities," in *PISA 2012 Results: Ready to Learn (Volume III), Students' Engagement, Drive and Self-Beliefs* (Paris: OECD Publishing), 87–112. doi: 10.1787/9789264201170-en

OECD. 2016. "Mathematics performance among 15-year-olds". *PISA 2015 results (volume I): Excellence and equity in education*. OECD publishing. Paris. DOI: <https://dx.doi.org/10.1787/9789264266490-9-en>

Opetushallitus. 2014. Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014. Helsinki

Opintopolku <https://opintopolku.fi/wp/fi/> (luettu 14.3.2020)

Pekrun, R. 2016. The control-value theory of achievement emotions: Assumptions, corollaries, and implications for educational research and practice. *Educational Psychology*, 98(3), 583-597.

Pekrun, R. & Stephens, E. J. 2010. Achievement emotions: A control value approach. *Social and Personality Psychology Compass*, 4(4), 238-255.

Perusopetuslaki 24.6.2010/642

Price, G. & Ansari, D. 2013. Developmental dyscalculia. *Handbook of Clinical Neurology*. Volume 111, 2013, 241-244.

Rachubar, K. P., Barnes, M. A. & Hecht, S. A. 2010. Working memory and mathematics: A review of developmental, individual difference, and cognitive approaches. *Learning and Individual Differences*, 20, 110-122.

Richardson, F. C. & Suinn, R. M. 1972. The mathematics anxiety rating scale: Psychometric data. *Journal of Counseling Psychology*, 19(6), 551-554.

Rubinstein, O. & Tannock, R. 2010. Mathematics anxiety in children with developmental dyscalculia. *Behavioral and Brain Functions*. 6:46.

Räsänen, P. & Leino, L. 2005. KTLT – Laskutaidon testi luokka-asteille 7-9. Jyväskylä: NMI.

Terveyden ja hyvinvoinnin laitos. Kouluterveyskysely 2006-2019.

Tutkimuseettinen neuvottelukunta (TENK) <https://www.tenk.fi> (luettu 25.5.2020)

Tähtinen, J., Laakkonen, E. & Broberg, M. 2011. Tilastollisen aineiston käsittelyn ja tulkinnan perusteita. Turku. Turun yliopisto.

Viljaranta, J., Tolvanen, A., Aunola, K. & Nurmi, J.-E. 2014. The developmental dynamics between interest, self-concept of ability, and academic performance. *Scandinavian Journal of Educational Research*, 58, 734-756.

Watt, H. M. G. 2004. Development of adolescents' self-perceptions, values, and task perceptions according to gender and domain in 7th- through 11th-grade Australian students. *Child Development*, 75 (5), 1556-1574.

Wigfield, A. & Eccles, J. S. 2000. Expectancy—value theory of achievement motivation. *Contemporary educational psychology* 25, 68-81.

Williamson, G. L., Appelbaum, M. & Epanchin, A. 1991. Longitudinal analyses of academic achievement. *Journal of Educational Measurement*, 28, 335-344.

Wood, E. F. 1988. Math anxiety and elementary teachers: What does research tell us? *For the Learning of Mathematics*, 8(1), 8-13.

Young, B., Wu, S. & Menon, V. 2012. The neurodevelopmental basis of math anxiety. *Psychological Science*, 23(5), 492–501.

Zhang, X., Koponen, T., Räsänen, P., Aunola, K., Lerkkanen, M.-K. & Nurmi, J.-E. 2014. Linguistic and spatial skills predict early arithmetic development via counting sequence knowledge. *Child Development*, 85, 1091-1107.

Zhu, Z. 2007. Gender differences in mathematical problem solving patterns: A review of literature. *International Educational Journal*, 8, 187-203.