

**Ensimmäisellä luokalla mitatun nopean sarjallisen
nimeämisen yhteys matematiikan sanallisiin tehtäviin
toisella ja kolmannella luokalla**

Aliisa Laiti ja Viivi Järvinen

Erityispedagogiikan pro gradu -tutkielma

Kevätlukukausi 2020

Kasvatustieteiden laitos

Jyväskylän yliopisto

TIIVISTELMÄ

Aliisa Laiti ja Viivi Järvinen. 2020. Ensimmäisellä luokalla mitatun nopean sarjallisen nimeämisen yhteys matematiikan sanallisiin tehtäviin toisella ja kolmannella luokalla. Erityispedagogiikan pro gradu -tutkielma. Jyväskylän yliopisto. Kasvatustieteiden laitos. 73 sivua.

Matematiikan sanallinen tehtävä on tehtävätyyppi, jonka ratkaisu vaatii numeeristen taitojen lisäksi kielellisiä ja kognitiivisia valmiuksia. Nopea sarjallinen nimeäminen (RAN, Rapid Automated Naming) tarkoittaa kykyä nimetä erilaisia ärsykeitä mahdollisimman nopeasti. Työmuistilla viitataan systeemiin, jonka avulla voidaan pitää asioita mielessä samalla, kun tehdään jotain kompleksia tehtävää. Nopea nimeäminen ja työmuisti ovat molemmat tekijöitä, jotka ennustavat aritmetiikan ja lukemisen taitojen kehittymistä. Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää 1.-3. -luokkalaisten oppilaiden nopean nimeämisen taitoja ja työmuistia sekä näiden yhteyttä sanallisissa tehtävissä suoriutumiseen. Tutkimuksessa selvitettiin, ennustavatko 1. luokan nopean nimeämisen taidot sanallisissa tehtävissä suoriutumista 2. ja 3. luokalla, kun työmuisti on kontrolloitu sekä, onko yhteydessä eroa tyttöjen ja poikien välillä. Tutkimuksen aineisto oli osa Jyväskylän yliopiston Lasten luku- ja laskutaidon sujuvuus -hanketta (FLARE), johon osallistui yhteensä 200 oppilasta, joista tyttöjä oli 98 ja poikia 93. Aineisto analysoitiin käyttäen hierarkkista regressioanalyysiä. Tulosten perusteella nopealla nimeämisellä oli tilastollisesti merkitsevä yhteys sanallisiin tehtäviin molemmilla luokilla, mutta sen selitysaste jäi matalaksi. Sen sijaan työmuistilla oli suurin osuus mallissa sanallisten tehtävien selittäjänä. RAN selitti tilastollisesti merkitsevästi vain poikien suoriutumista toisella luokalla, jolloin RANin yhteys oli pojilla pysyvämpi kuin tyttöillä. Tutkimus vahvistaa käsitystä siitä, että nopean nimeämisen merkitys sanallisissa tehtävissä heikkenee kehityksen myötä. Työmuistilla vaikuttaisi olevan pysyvämpi yhteys sanallisiin tehtäviin kuin nopealla nimeämisellä.

Asiasanat: Sanalliset tehtävät, nopea sarjallinen nimeäminen, työmuisti, matematiikka, alkuopetus

SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ

1 JOHDANTO	4
1.1 Matematiikan sanalliset tehtävät	7
1.2 Nopea sarjallinen nimeäminen	12
1.3 Työmuistin yhteys laskutaitoihin ja nopeaan nimeämiseen	18
1.4 Tutkimuskysymykset	23
2 TUTKIMUSMENETELMÄT	25
2.1 Tutkimuskonteksti ja tutkittavat	25
2.2 Tutkimusmenetelmät ja mittarit	25
2.3 Aineiston analyysi	27
3 TULOKSET	32
3.1 Nopean nimeämisen yhteys sanallisiin tehtäviin toisella ja kolmannella luokalla	32
3.2 Nopean nimeämisen ja sanallisten tehtävien välinen yhteys sukupuolittain	35
4 POHDINTA	40
4.1 Tulosten tarkastelua	40
4.2 Tutkimuksen arviointia ja jatkotutkimusehdotukset	43
4.3 Käytännön merkitys	49
LÄHTEET	52
LIITTEET	70

1 JOHDANTO

Nykyisen opetussuunnitelman (Opetushallitus, 2014) mukaan matematiikan oppiaineen tehtävänä on kehittää oppilaiden luovaa ja loogista matemaattista ajattelua sekä luoda pohja, jonka avulla kehittää tiedon käsittelyä ja ongelmanratkaisua. Ajattelun taitojen kehittäminen ongelmanratkaisua ja päättelyä vaativin tehtävin on sisällytetty myös kaikkia oppiaineita koskeviin laaja-alaisiin tavoitteisiin (L1) (Opetushallitus, 2014). Ongelmanratkaisu ja matematiikan sanalliset tehtävät säilyvät oppilaan koulupolulla pitkään, ja ne ovat hyödyllisiä myös laajemmin arkielämän ongelmia ajatellen. Konkreettiset yhteydet työ- ja arkielämään sekä tiedon soveltaminen ovatkin aikaisempaa keskeisemmin osana opetusta ja opiskelua (Opetushallitus, 2014).

Matemaattinen ajattelu toimii kriittisenä työkaluna ongelmanratkaisussa eri konteksteissa niin työn kuin yhteiskunnassa elämisen kannalta (OECD, 2013). Ongelmanratkaisukyky ennustaa vahvasti akateemista ja ammatillista suoriutumista, sosioekonomista statusta ja jopa pitkäikäisyyttä (Batty, Kivimäki & Deary, 2010; Deary, 2012). Varhaisen matemaattisen osaamisen ennustaessa vahvasti myöhempää matematiikassa suoriutumista (Koponen, Aunola & Nurmi, 2019) on lapsen kehityksen ja oppimisen kannalta tärkeää tunnistaa varhain oppimisessa esiintyviä haasteita sekä tukea ongelmanratkaisukyvyyn kehittymistä. Mitä varhaisemmin tukitoimet voidaan aloittaa, sitä enemmän oppilas hyötyy tuesta.

Sanalliset tehtävät tuovat matematiikan lähemmäs lapsen arkielämää, ja niiden avulla lapsi saa ensimmäisiä viitteitä siitä, kuinka matematiikkaa voi hyödyntää erilaisissa tilanteissa. Ilman merkityksellistä sovelluskohdetta opitut taidot voivat jäädä merkityksettömiksi ja unohtua helposti. (Bates & Wiest, 2004.) Sanallisten tehtävien yhtenä tarkoituksena voidaan myös pitää mielenkiinnon herättämistä matematiikkaan, kun se nähdään osana jotain muutakin kuin koulua (Degrande, Van Hoof, Verschaffel & Van Dooren, 2018). Sanalliset tehtävät ovat yleisesti haastavampia ratkaista kuin teknistä laskemista vaativat peruslaskut, sillä ne vaativat kehittyneiden aritmeettisten taitojen lisäksi

kognitiivisia ja kielellisiä valmiuksia (Spencer, Fuchs & Fuchs, 2020). Tämän vuoksi osa oppilaista saattaa vältellä sanallisten tehtävien tekemistä. Sanallisten tehtävien haastavuus voi aiheuttaa ahdistuneisuutta matematiikassa (Ashcraft, 2002; Sorvo ym., 2017) ja tehtävän välttelyä (Hirvonen, Tolvanen, Aunola & Nurmi, 2012), joilla voi olla negatiivisia vaikutuksia aritmetiikan taitojen kehitykseen ja matematiikassa suoriutumiseen. Oppilaan motivaatio voi vaikuttaa ongelmanratkaisukykyyn jopa kognitiivisia kykyjä voimakkaammin (Vainikainen, Wüstenberg, Kupiainen, Hotulainen & Hautamäki, 2015). Joissain tilanteissa sanallisten tehtävien ratkaiseminen saattaa kuitenkin olla jopa helpompaa kuin peruslaskujen suorittaminen (Koedinger & Nathan, 2004; Newman, Willoughby & Pruce, 2011).

Sanallisten tehtävien ratkaisemiseen vaikuttavat laskemisen taitojen lisäksi kielelliset taidot (Björn, Aunola & Nurmi, 2016; Björn, Äikäs, Hakkarainen, Kyttälä & Fuchs, 2019). Koska nopean sarjallisen nimeämisen taidon on tutkittu olevan yhteydessä erityisesti lukutaidon kehittymiseen, mutta myös matematiikan taitoihin (Mazzocco & Grimm, 2013), on keskeistä tutkia sanallisia tehtäviä ja nopeaa nimeämistä samassa tutkimuksessa. RAN-testiä on aikaisemmin käytetty lukemisen ja matematiikan oppimisvaikeuksien tunnistamiseen. Vähemmän on kuitenkin tutkittu nopean nimeämisen testillä matematiikan oppimisvaikeuksia (Mazzocco & Grimm, 2013). RAN on yksinkertainen arvioinnin työkalu, jota on mahdollista hyödyntää nopeasti ja helposti kouluikäisten lasten lukemisen tai matematiikan tukitoimien arviointiin. Tässä tutkimuksessa käytämme nopeasta sarjallisesta nimeämisestä myös käsitteitä RAN ja nopea nimeäminen.

Aritmetiikkaan on yhdistetty erilaisia kognitiivisia prosesseja ja vaiheita, jotka voivat vaikuttaa sanallisten tehtävien ratkaisemiseen (Fuchs ym., 2006). Tässä tutkimuksessa tarkastelemme myös työmuistin yhteyttä sanallisiin tehtäviin. Tutkimusten mukaan työmuisti ennustaa melko vahvasti matematiikassa suoriutumista (De Smedt ym., 2009; Krajewski & Schneider, 2009). Työmuisti on selittänyt erityisesti matematiikan sanallisissa tehtävissä suoriutumista vahvasti (Chuderski & Jastrzębski, 2018). Kuitenkaan kaikissa

tutkimuksissa työmuisti ei ole toiminut selittäjänä, kun useita muuttujia on huomioitu samanaikaisesti (Spencer ym., 2020). Nopean nimeämisen testin tutkiminen on tärkeää, jotta voidaan tutkia testien soveltuvuutta ennustaa mahdollisia ongelmia matematiikan oppimisessa. Tieto matematiikassa suoriutumisen ennustavista tekijöistä mahdollistaa opettajan kyvyn tunnistaa ja tarjota tukea oppilaille, joilla voi olla haasteita oppimisessa myöhemmin.

Perusopetuslain mukaan (1998/628 § 30), kaikilla oppilaille on oikeus saada oppimisen ja koulunkäynnin tukea heti, kun tuen tarpeita ilmenee, joten työkalut tarpeiden tunnistamisessa ovat tärkeitä. Matematiikan ja lukemisen oppimisvaikeudet ovat yleisiä, ja ne ilmenevät usein päällekkäisinä oppimisen vaikeuksina (Cirino, Fuchs, Elias, Powell & Schumacher, 2015; Geary, 2011). Aritmetiikan ja lukemisen kognitiiviset taidot ovatkin monin tavoin päällekkäisiä, ja heikkous yhdessä tekijässä voi aiheuttaa haasteiden komorbiditeettia (Korpiää ym., 2020). Matematiikan oppimisvaikeuksia todetaan huomattavasti vähemmän kuin lukemisen oppimisvaikeuksia, vaikka ne ovat yhtä yleisiä (Räsänen & Koponen, 2010). Nopean nimeämisen hitaus voi olla yksi riskitekijä oppimisen haasteisiin myöhemmin. RAN-testin soveltuessa lukemisen ja matematiikan taitojen ennustamiseen on merkityksellistä tutkia myös RANin soveltuvuutta ennustaa matematiikan sanallisissa tehtävissä suoriutumista, joiden ratkaisu vaatii sekä lukemisen että laskemisen taitoja. Tutkimuksen avulla voidaan saada uusia näkökulmia matematiikan sanallisten tehtävien tehtävyydestä ja taitojen ennustettavuuden testaamisesta. Lukemisen ja laskemisen haasteiden tunnistamisessa nopean nimeämisen testiä voivat hyödyntää esimerkiksi erityisopettajat, psykologit ja lääkärit.

Tämän tutkielman tavoitteena oli selvittää, kuinka ensimmäisellä luokalla mitattu nopea nimeäminen ennustaa matematiikan sanallisissa tehtävissä suoriutumista toisella ja kolmannella luokalla. Tässä tutkimuksessa sanallisia tehtäviä tarkasteltiin matemaattisten taitojen näkökulmasta, eikä kielellisiä taitoja huomioitu. Hierarkkisen regressioanalyysin avulla kontrolloitiin lapsen sukupuolen ja työmuistin yhteydet sanallisiin tehtäviin, jolloin saatiin selville nopean nimeämisen omavaikutus. Koko tutkimusjoukon lisäksi tutkittiin myös

sukupuolten välisiä eroja. Tyttöjen ja poikien väliset erot matematiikan taidoissa ovat kasvaneet viime vuosien aikana kansainvälisissä arviointitesteissä (OECD, 2019; Vettenranta, Hiltunen, Nissinen, Puhakka & Rautopuro, 2016), minkä vuoksi on tärkeää tutkia, onko eroavaisuuksia mahdollista havaita sukupuolten välillä jo koulupolun varhaisemmassa vaiheessa.

Tutkielman johdannossa ja teorialuvussa tarkastellaan aritmetiikkaa ja kielellisiä valmiuksia sanallisten tehtävien taustalla. Lisäksi käsitellään tutkimuksen kannalta keskeisiä käsitteitä, kuten nopeaa nimeämistä ja työmuistia. Metodiosuudessa kerrotaan tutkimuksen toteutuksesta, käytetyistä mittareista ja aineiston analyysimenetelmästä. Tämän jälkeen esitellään saadut tulokset nopean nimeämisen kyvystä ennustaa suoriutumista matematiikan sanallisissa tehtävissä. Lopuksi tarkastellaan saatuja tuloksia sekä pohditaan tutkimuksen haasteita ja jatkotutkimuskohteita.

1.1 Matematiikan sanalliset tehtävät

Matematiikan sanallisilla tehtävillä tarkoitetaan sellaisia tehtäviä, joiden tehtävänanto on annettu sanallisessa muodossa joko kirjallisesti tai ääneen luettuna. Sanallisessa tehtävässä ei kerrota siinä tarvittavaa laskutoimitusta, vaan oppilaan tulee ratkaista tehtävä annettujen tietojen perusteella. (Parmar, Cawley & Frazita, 1996.) Sanallisten tehtävien esittäminen etenee usein siten, että ensin ohjataan lukemaan matemaattinen pulma, jonka jälkeen kirjoitetaan vaadittava laskulauseke tai tarvittavat luvut, ratkaistaan tehtävä ja esitetään vastaus kirjallisesti tai suullisesti. Jotta oppilas voi ratkaista tehtävän, se tulee ensin muuttaa sanallisesta tarinan kaltaisesta muodosta matemaattiseen muotoon. (De Corte & Verschaffel, 1987; Scheid, 1990.) Tällöin oppilaan tulee ensin ymmärtää lukemaansa, jotta voi suorittaa teknisen laskutoimituksen. Matematiikan tehtäviä voidaan jakaa tehtävätyyppien, kuten sanalliset tehtävät, tai kysymystyyppien mukaan. Esimerkiksi Jordanin ja Hanichin (2000) mukaan matematiikan sanalliset tehtävät voidaan luokitella ratkaisustrategioiden mukaan neljään kysymystyyppiin: 1) vertaa, 2) muutos, 3) yhdistä ja 4) tasaa.

Sujuvilla perulaskutaidoilla on keskeinen merkitys matematiikan oppimisessa, sillä matematiikan taidot rakentuvat hierarkkisesti edellyttäen aritmeettisten perustaitojen hallintaa (Fuchs ym., 2006). Peruslaskutaitojen sujuvuus, eli niiden tarkkuus ja nopeus, mahdollistaa monimutkaisempien tehtävien, kuten sanallisten tehtävien, ratkaisemisen. Sanalliset tehtävät näyttävätkin erityisen haasteellisina oppilaille, joilla on puutteita peruslaskutaitojen hallinnassa (Aunola, Leskinen, Lerkkanen & Nurmi, 2004). Tutkimuksissa on todettu, että mitä paremmat aritmeettiset taidot lapsella, sitä paremmin hän suoriutuu sanallisissa tehtävissä (Fuchs ym., 2006).

Aritmetiikka on lukujonotaitojen, algebran ja geometrian tavoin yksi matematiikan osataito, joka koostuu useista eri komponenteista. Aritmeettisessä suoriutumisessa tarvitaan kykyä muuntaa numeerista ja kielellistä informaatiota matemaattisiksi yhtälöiksi. Aritmeettisiä taitoja edeltävät sen varhaiset aritmeettiset taidot, joihin kuuluvat symbolinen numeroiden hallinta, lukujonon luettelemisen taidot ja lukumäärän määrittäminen laskemalla (Dehaene & Cohen, 1995; Geary ym., 2018). Varhaiset aritmeettiset taidot, jotka kehittyvät jo ennen kouluopetuksen alkua, muodostavat pohjan aritmeettisten taitojen kehitykselle, ja ne ennustavat vahvasti myöhempää matematiikassa suoriutumista (Aunio, Aubrey, Godfrey, Pan & Liu, 2008; Aunio & Niemivirta, 2010; Raghobar & Barnes, 2017). Taitojen kehittymisen kannalta on keskeistä ymmärtää eroavaisuus numerosanojen, lukumäärien ja arabialaisten numerosymboleiden välillä (Malone, Heron-Delaney, Burgoyne & Hulme, 2019). Aritmetiikan taidot päällekkäistyvät lukujonotaitojen kanssa limittäin, ja aritmeettisten laskutoimitusten suorittamisen taustalla on ymmärrys lukujonoista sekä kyky käyttää taitoa sujuvasti. Lukujonotaidoilla tarkoitetaan kykyä luetella lukuja oikeassa järjestyksessä eteen- ja taaksepäin. Tätä taitoa käytetään ratkaistaessa yhteen- ja vähennyslaskuja. (Bashash, Outhred & Bochner, 2003.)

Varsinaisiin aritmetiikan taitojen osatekijöihin kuuluvat lukujen ja lukumäärien ymmärtäminen, laskuoperaatioiden hallinta, käsitteiden ymmärtäminen, aritmeettisten yhdistelmien muistaminen ja

ongelmanratkaisutaito (Dowker, 2014). Aritmeettiset laskuoperaatiot koostuvat yhteen-, vähennys-, kerto- ja jakolaskusta. Varhaisessa vaiheessa yksilölliset erot matematiikassa ovat melko vakaita, ja erot oppilaiden välillä voivat olla varsin suuria (Salminen, Koponen, Leskinen, Poikkeus & Aro, 2015). Tämä tukee käsitystä aikaisemman osaamisen myötävaikuttavan uuden oppimista. Yksilöiden väliset erot matemaattisissa taidoissa kasvavat ajan kuluessa (Aunola ym., 2004). Tätä kutsutaan myös Matteus-efektiksi, jota voi ilmentyä myös sanallisten tehtävien kehityksessä (Otto & Kristner, 2017).

Matematiikan taitojen kehitystä on selitetty eri tekijöillä. Ennustavina tekijöinä on tutkittu matematiikkaan liittyviä taitoja ja valmiuksia, yleisempiä oppimisen valmiuksiin yhteydessä olevia tekijöitä, kognitiivisia tekijöitä ja kielellisiä valmiuksia (Geary, 2004; Zhang ym., 2014). Matematiikan oppimisen valmiuksiin lukeutuvat varhaiset aritmeettiset taidot, joihin kuuluvat esimerkiksi lukujonotaidot, lukumääräisyyden taidot ja numerosymbolien hallinta. Yleisempiä kognitiivisia tekijöitä, joita on liitetty matematiikan taitojen oppimiseen, ovat työmuisti, prosessointinopeus (Megías & Macizo, 2015), tarkkaavaisuus (Fuchs ym., 2005) ja älykkyys (Lynch & Warner, 2012). Sanallisissa tehtävissä suoriutumista ennustavia tekijöitä ovat varhaiset ongelmanratkaisutaidot, laskutaidot, päättelykyky ja puhetaidon kehittyminen (Spencer ym., 2020; Zheng, Swanson & Marcoulides, 2011). Aritmeettisten tehtävien ongelmanratkaisu vaatii myös työmuistia ja prosessointinopeutta (Passolunghi, Cargnelutti & Pellizzoni, 2019).

Matematiikan sanallisten tehtävien ratkaisemisessa vaaditaan erilaisia ajattelu- ja laskustrategioita sekä näiden taitojen yhdistämistä (Kingsdorf & Krawec, 2014; Parmar ym., 1996). Käytetyt laskustrategiat kehittyvät asteittain ja vaihtelevat iän ja tehtävätyypin mukaan (Geurten & Lemaire, 2017). Laskustrategiat voidaan jaotella luettelemiseen ja muistamiseen pohjautuviin strategioihin. Luetteleminen perustuu numeroiden laskemiseen järjestyksessä. Varhaisemmassa vaiheessa lapsi hyödyntää laskemisessa visuaalista tukea ja konkretiaa, kuten sormia, esineitä tai piirtämistä (Farrington-Flint, Vanuxem-Cotterill & Stiller, 2009). Taitojen automatisoiduttua tehokkaammat

ongelmanratkaisutaidot, kuten aritmeettisten yhdistelmien muistaminen ja mielessä tapahtuva laskeminen, kehittyvät (Farrington-Flint ym., 2009). Aritmeettisten yhdistelmien muistamisen ollessa automatisoitunutta lapsi voi palauttaa muistista laskun oikean vastauksen, esimerkiksi laskettaessa kymppipareja tai kertolaskuja. Toinen vaihtoehto on johtaa laskun vastaus jonkin toisen muistetun yhdistelmän kautta. Kolmas ja kehittynein laskustrategia on lukujen hajottaminen. (Bailey, Littlefield & Geary, 2012.) Tällöin lapsi osaa pilkkoa laskun osavaiheisiin ja koota laskun uudelleen hyödyntämällä itselle toimivimpia yhdistelmiä (Geary, 2004). Muistista palautettavia laskustrategioita opitaan käyttämään pääasiallisena laskustrategiana keskimäärin noin yhdeksänten ikävuoteen mennessä (Lemaire & Siegler, 1995; Megías & Macizo, 2015). Laskustrategioiden ollessa automatisoituneita on mahdollista suorittaa monimutkaisempia ja haastavampia tehtäviä (Gilmore ym., 2018). Haastavammissa sanallisissa tehtävissä oppilas osaa hahmottaa abstrakteja matemaattisia kuvaelmia ja poimia tehtävän kannalta olennaisen informaation (Clements, Sarama & Baroody, 2014). Opettaja voi toiminnallaan tukea oppilaiden strategioiden kehittymistä sanallisissa tehtävissä (Björn ym., 2019).

Sanallisten tehtävien ratkaisu edellyttää laskemisen taitojen lisäksi moninaisia lukemisen taitoja, kuten lukusujuvuutta, luetun ymmärtämistä ja teknistä lukutaitoa (Björn ym., 2016; Kyttälä & Björn, 2014; Rutherford-Becker & Vanderwood, 2009; Vilenius-Tuohimaa, Aunola & Nurmi, 2008). Lisäksi sanallisten tehtävien ratkaiseminen vaatii kykyä tunnistaa tehtävässä sanallisesti esitettyä informaatiota ongelmanesitysmuodossa ja taitoa suodattaa tehtävän kannalta epäolennaista tietoa inhibiitiokyvyn avulla (van der Sluis, de Jong & Leij, 2004). Useasti ongelmana voi olla haastava sanasto, joka johtaa ymmärtämisen vaikeuteen hankaloittaen sanallisten tehtävien ratkaisua (Sepeng & Sigola, 2013). Ilmaisut, kuten "vähemmän kuin", "yhtä monta", "kaiken kaikkiaan", kuvaavat eri laskuoperaatioiden hahmottamista matemaattisesti (Spencer ym., 2020). Björnin ja muiden (2016) tekemän tutkimuksen mukaan luetun ymmärtämisellä voi olla sanallisten tehtävien ratkaisemisen kannalta merkittävämpi rooli kuin lukusujuvuudella. Luetun ymmärtäminen ennustaa matematiikan sanallisissa

tehtävissä suoriutumista myöhemmällä ajalla myös, kun lukusujuvuus ja peruslaskutaidot on otettu huomioon. (Björn ym., 2016.) Vilenius-Tuohimaan ja muiden (2008) tutkimuksessa suurempi merkitys sanallisissa tehtävissä suoriutumisessa oli kuitenkin lukusujuvuudella, vaikkakin myös tässä tutkimuksessa luetun ymmärtämisellä ja sanallisilla tehtävillä oli tilastollisesti merkitsevä yhteys.

Luetun ymmärtämisen ja lukutaidon ollessa keskeisiä tekijöitä sanallisten tehtävien osaamisessa (Fuchs ym., 2012; Fung & Swanson, 2017) on todennäköistä, että oppilaan puhuma kieli on myös tärkeässä roolissa (Fuchs ym., 2012). Sanallisissa tehtävissä suoriutumiseen vaikuttaa kyky tunnistaa sanoissa kirjainten säännönmukaisuutta. Säännönmukaisissa kielissä, kuten kreikan, italian, turkin ja suomen kielissä, lukutaidon kehittyminen on keskimäärin nopeampaa kuin epäsäännöllisissä kielissä (Aro, 2004; Landerl & Wimmer, 2008). Ortografialtaan epäsäännönmukaisia kieliä ovat esimerkiksi englanti, tanska ja ranska (Aro, 2004). Kielen ollessa epäsäännönmukainen, ortografisen tietoisuuden taito on haastavampaa, ja se voi näyttäytyä hitaampana lukemaan oppimisena. Suomen kouluissa opitaan lukemaan keskimäärin seitsemän vuoden ikäisenä, ensimmäisen kouluvuoden aikana. Suomen kielen säännönmukaisuus (kirjain-ääne-vastaavuus) ja kirjaintietoisuus helpottavat kielen omaksumista ja nopeuttavat lukutaidon kehittymistä (Georgiou, Torppa, Manolitsis, Lyytinen & Parrila, 2012), mikä voi olla eduksi sanallisissa tehtävissä suoriutumisessa. Tieto ortografisista säännöistä auttaa lukijaa kirjaintunnistuksessa, ennakoimaan sanan seuraavia osia ja tunnistamaan sanan tehokkaammin (Ziegler ym., 2010). Kielen ortografian ollessa yhteydessä lukutaidon saavuttamisen nopeuteen vaikuttaa se myös luetun ymmärtämisen kehittymiseen ja sitä kautta kehitykseen sanallisten tehtävien osaamisessa. Kielen ortografia voi olla merkityksellisempi sanallisissa tehtävissä kouluajan alussa, ja sen merkitys voi vähentyä kouluvuosien edetessä (Björn ym., 2016; Rutherford-Becker & Vanderwood, 2009).

Tutkimusten mukaan sukupuolten väliset erot laskutaidoissa ja matematiikan sanallisissa tehtävissä suoriutumisessa ovat hieman ristiriitaisia.

Yleisesti matematiikan taitojen osalta useissa tutkimuksissa on osoitettu, ettei tyttöjen ja poikien matematiikan taidoissa ole tilastollisesti merkitsevää eroa (Aunola ym., 2004; Paukkeri, Pakarinen, Lerkkanen & Poikkeus, 2015; Vilenius-Tuohimaa ym., 2008). Sukupuolilla ei ole todettu juurikaan tasoeroja matematiikassa, mutta tekijöiden väliset suhteet eivät välttämättä ole samansuuruisia. Osassa tutkimuksista on kuitenkin havaittu joitain eroavaisuuksia tyttöjen ja poikien välillä. Paukkerin ja muiden (2015) tutkimuksessa huomattiin keskiarvoeroja tarkasteltaessa, että hyvien joukossa oli enemmän poikia kuin tyttöjä. Tytöt ovat suoriutuneet poikia paremmin matematiikan ja lukemisen suhteen myös kansainvälisissä PISA-testeissä. Ero keskiarvon suhteen matematiikassa suoriutumisessa ei kuitenkaan ole kovin suuri. (OECD, 2019.) Zhun (2007) laajan kirjallisuuskatsauksen mukaan sukupuolierot matemaattisessa ongelmanratkaisussa on monimutkainen aihe, johon vaikuttavat monet eri tekijät, kuten kognitiiviset kyvyt, psykologiset ja fysiologiset tekijät sekä kokemus. Tutkimuksessa huomattiin tyttöjen ja poikien käyttävän erilaisia strategioita ongelmanratkaisussa ja yleensä pojat suoriutuivat paremmin. Sanallisissa tehtävissä tai ongelmanratkaisussa tyttöjen ja poikien suoriutumisessa ei ole havaittu merkitsevää eroa (Björn ym., 2016; Vilenius-Tuohimaa ym., 2008). Kuitenkin Vilenius-Tuohimaan ja muiden (2008) tutkimuksessa on havaittu tyttöjen ja poikien välillä pieniä eroavaisuuksia sanallisten tehtävien osalta luetun ymmärtämisessä ja lukusujuvuudessa tyttöjen ollen taidoissa parempia kuin poikien. Lisäksi luetun ymmärtäminen voi ennustaa myöhempää matematiikan sanallisissa tehtävissä suoriutumista eri tavoin tytöillä ja pojilla (Björn ym., 2016).

1.2 Nopea sarjallinen nimeäminen

Nopea sarjallinen nimeäminen eli RAN (Rapid Automated Naming) tarkoittaa kykyä nimetä mahdollisimman nopeasti erilaisia visuaalisia ärsykeitä, kuten kirjaimia, numeroita, värejä tai objekteja (Denckla & Rudel, 1976; Koponen, Salmi, Georgiou, Leskinen & Aro, 2017). Alkuperäinen Dencklan ja Rudelin

(1976) kehittämä RAN-testi koostuu edellä mainittujen ärsykkeiden muodostamasta neljästä eri osa-alueesta, joissa mitataan ärsykkeiden nimeämiseen käytettyä aikaa. RANin osa-alueet kuvaavat, kuinka automatisoitunut nimeämisen prosessi on, eikä niinkään, kuinka aikaisin ärsykkeet on opittu (Denckla & Rudel, 1976; Norton & Wolf, 2012). Esimerkiksi ensimmäisellä luokalla oppilaat olivat nopeampia nimeämään kirjaimia ja numeroita kuin objekteja, vaikka ne ovat varhaisemmin opittuja ärsykeitä (Denckla & Rudel, 1976). Tämä viittaa tällöin kirjainten ja numeroiden oppimisen olevan automatisoituneen korkeammalle tasolle.

Nopean sarjallisen nimeämisen taidon on todettu olevan yhteydessä lukutaitoon (Di Filippo ym., 2005). RAN-testi on toiminut yhtenä vahvimpana ennustajana lukemisen ja erityisesti lukusujuvuuden kehittymisessä (Torppa ym., 2016; Kirby, Parrila & Pfeiffer, 2003). Myöhemmin nopean nimeämisen testin on huomattu olevan yhteydessä lukutaidon lisäksi myös matematiikan taitojen kehitykseen ja matematiikan oppimisvaikeuksiin (Mazzocco & Grimm, 2013). Nopean nimeämisen testi ennustaa matematiikan aritmeettisten taitojen kehitystä ja erityisesti matematiikan laskusujuvuutta (Koponen ym., 2017; Swanson & Kim, 2007). Nopean sarjallisen nimeämisen hitauden on havaittu olevan yhteydessä lukemisen ja laskemisen oppimisvaikeuksiin. Lapset, joilla on matematiikan oppimisvaikeuksia suoriutuvat RAN-testeissä hitaammin kuin muut lapset. (D'Amico & Passolunghi, 2009; Donker, Kroesbergen, Slot, Van Viersen & De Bree, 2016; Moll, Göbel & Snowling, 2015.) Kuitenkaan kaikissa tutkimuksissa RAN ei ole ennustanut matematiikassa suoriutumista, ja RANin yhteys voi olla suurempi kontrolliryhmässä kuin oppimisvaikeuksisten ryhmässä (Heikkilä, Torppa Aro, Närhi & Ahonen, 2015). RAN-testiä käytetään nykyisin lukemisen ja laskemisen haasteiden ja oppimisvaikeuksien tunnistamiseen (Geary, 2011).

Matematiikan taitojen näkökulmasta nopean nimeämisen ja laskusujuvuuden välistä yhteyttä on tutkittu eniten. Esikoulussa mitatun RANin on todettu ennustavan myöhempiä laskemisen ja lukemisen taitoja yhtä vahvasti toisella ja kolmannella luokalla (Koponen, Salmi, Eklund & Aro, 2013). RAN

näyttää ennustavan matematiikan taitoja ja erityisesti laskusujuvuutta työmuistin, laskemisen ja lukemisen kontrolloimisen jälkeenkin (Cui ym., 2017; Koponen ym., 2016). Koposen ja muiden (2016) tutkimuksessa RAN toimi voimakkaana ennustajana laskusujuvuudessa, kun kontrolloitiin fonologinen tietoisuus, sanaston laajuus, äidin koulutustausta ja työmuisti. RAN on toiminut laskusujuvuuden ennustajana prosessointitaitojen ja työmuistin kontrolloimisen jälkeen (Cui ym., 2017).

Aikaisemmissa tutkimuksissa on tutkittu RANin yhteyttä aritmetiikan peruslaskuihin ja kielellisiin tehtäviin. Nopealla nimeämisellä on todettu yhteys lukemiseen ja laskemiseen, joita molempia tarvitaan sanallisissa tehtävissä. Nopeudella on tärkeä rooli haastavammissa tehtävissä, joissa yhdistyy molemmat taidot, kuten sanallisissa tehtävissä. (Fung & Swanson, 2017.) Tutkimusta nopean nimeämisen yhteydestä sanallisiin tehtäviin on tehty vain vähän. RAN ennustaa vahvasti aritmeettista sujuvuutta yksinkertaisissa peruslaskuissa, mutta RANin yhteys haastavampiin laskutehtäviin saattaa olla heikompi (Hecht, Torgesen, Wagner & Rashotte, 2001; Heikkilä ym., 2015; Koponen, Aunola, Ahonen & Nurmi, 2007). Zhang ja muut (2017) ovat tutkineet RANin ja työmuistin yhteyttä sanallisiin tehtäviin suomalaisilla lapsilla. Tutkimuksessa RAN oli tilastollisesti merkitsevästi yhteydessä sanallisiin tehtäviin ja työmuisti ennusti sanallisissa tehtävissä suoriutumista. Zhang ja Lin (2018) tutkivat hongkongilaisten kantoninkiinaa puhuvien lasten RANin yhteyttä matematiikan sanallisiin tehtäviin. Tutkimuksessa RAN ennusti ainoastaan peruslaskuissa suoriutumista, mutta ei sanallisissa tehtävissä suoriutumista.

RANin yhteys matematiikkaan ei kuitenkaan ole täysin yksiselitteinen. Aikaisemmissa tutkimuksissa nopeaa nimeämistä on pyritty selittämään erilaisilla kognitiivisilla prosesseilla ja tekijöillä. Joidenkin tutkijoiden mielestä RAN mittaa yleistä kognitiivisen prosessoinnin nopeutta (Geary, 2011) tai yleisesti fonologisen prosessoinnin nopeutta (Hecht ym., 2001). Joidenkin tutkijoiden mielestä RAN on yhteydessä inhibitiokontrolliin, joka vaikuttaa toiminnan ja tarkkaavaisuuden säätelykykyyn (Georgiou, Tziraki, Manolitsis &

Fella, 2013). Nopean nimeämisen taustataidoiksi on ehdotettu fonologisen prosessoinnin taitojen, kuten fonologisen tietoisuuden ja fonologisen muistin, lisäksi ortografisia taitoja ja lyhykestoista muistia. Kaksoisvaikeushypoteesissa nopea nimeäminen ja fonologisen tietoisuuden ongelmat ovat päällekkäisiä ja ennustavat yhdessä oppimisvaikeuksien esiintymistä erityisesti lukemisessa. Kuitenkaan tekijät eivät välttämättä vaikuta yhdessä matematiikan oppimisvaikeuksissa. (Heikkilä ym., 2015; Wocadlo & Rieger, 2006.) Prosessointinopeuden on myös todettu olevan matematiikan taitojen paras ennustaja 7-vuotiailla (Bull & Johnston, 1997).

Fonologisen tietoisuuden kyky ennustaa lukemisen ja laskemisen sujuvuutta voi olla yhteydessä opitun kielen epäsäännönmukaisuuteen, esimerkiksi englannin kielessä (Georgiou ym., 2012). Mollin ja muiden (2014) tutkijoiden mukaan fonologisen prosessoinnin taidot ja RAN ovat erillisiä taitoja, joista RAN ennustaa parhaiten lukemisen nopeutta sekä ortografialtaan säännönmukaisissa että epäsäännönmukaisissa kielissä. RANin on myös teorisoitu olevan yhteydessä ortografiseen prosessointiin, jolloin nimeämisen nopeuteen vaikuttaisi opitun kielen säännönmukaisuus, ja nimeämisen hitauteen taas vaikuttaisi kielen epäsäännönmukaisuus (Georgiou ym., 2012). RANin kyky ennustaa lukemisen sujuvuutta ja tarkkuutta näkyy erityisesti säännönmukaisissa kielissä, kuten suomen kielessä (Torppa, Lyytinen, Erskine, Eklund & Lyytinen, 2010). Toisaalta puhutun kielen sijaan myös kirjoittamisen taito voi vaikuttaa nopeaan nimeämiseen (Moll ym., 2014).

Nopean nimeämisen taitoihin on liitetty erilaisia taustataitoja, joiden on uskottu vaikuttavan taidon kehittymiseen ja sen nopeuteen. Ensimmäinen näkökulma liittyy siihen, että nopean nimeämisen taidot ovat yhteydessä kirjainten, numeroiden tai sanojen tunnistamiseen ja niiden prosessoinnin nopeuteen (Vukovic & Siegel, 2010). Toinen näkökulma taas näkee nopean nimeämisen taustalla olevan yleisiä kognitiivisia taitoja, kuten älykkyys, tarkkaavaisuus, lukeminen ja prosessointinopeus (Wocadlo & Rieger, 2006). RANin on myös ehdotettu mittaavan taitojen yhdistelmää, johon sisältyisi esimerkiksi prosessoinnin nopeus ja sanallisia, kielellisen osaamisen taitoja

(Mazzocco & Grimm, 2013). Swanson, Trainin, Necochea ja Hammill (2003) ovat meta-analyysissään todenneet, että RANin yhteyttä fonologiseen tietoisuuteen on mahdollisesti korostettu liikaa.

Eri RAN-testin osa-alueilla on havaittu erilaisia yhteyksiä lukemiseen ja laskemiseen. RANin osa-alueet voidaan jakaa alfanumeerisiin, joita ovat kirjaimet, numerot ja sanat sekä ei-alfanumeerisiin, joita ovat esineet ja värit (Närhi ym., 2005). Ei-alfanumeeristen osa-alueiden on havaittu kehittyvän varhaisen ja automatisoituvan esikoulun ja ensimmäisen luokan aikana. (Mazzocco & Grimm, 2013; Murphy, Mazzocco, Hanich & Early, 2007). RANin eri osa-alueiden yhteyksistä lukemiseen ja laskemiseen on saatu eri tutkimuksissa hieman ristiriitaisia tuloksia, joihin voi vaikuttaa opitun kielen ortografia. Alfanumeeriset osa-alueet (numerot ja kirjaimet) ovat voimakkaammin yhteydessä lukemiseen ja lukusujuvuuteen kuin ei-alfanumeeriset osa-alueet (värit ja esineet). (Donker ym., 2016; Georgiou ym., 2012; Willburger, Fussenegger, Moll, Wood & Landerl, 2008.) RAN-numeroiden on havaittu ennustavan vahvasti lukusujuvuutta säännönmukaisessa kreikan kielessä (Donker ym., 2016; Georgiou ym., 2013). RAN-numeroiden yhteys lukemiseen voi olla vahvempi kuin laskemiseen, sillä numeroiden nimeämisen osaaminen ei välttämättä tarkoita, että oppilas ymmärtää numeron käsitettä sen tarkemmin (Georgiou ym., 2013). Koponen ja kollegat (2017) toteavat meta-analyysissään, että ei-alfanumeeristen osa-alueiden (eli objektien ja värien) testejä voidaan käyttää erityisesti lukusujuvuuden varhaisessa ennustamisessa. Ei-alfanumeerisistä testeistä värit-osatesti voi mitata luotettavimmin esikouluikäisten lasten matemaattisia taitoja (Murphy ym., 2007). RANin osa-alueilla voi olla eroavaisuuksia kyvyssä ennustaa matematiikassa suoriutumista yksinumeroisissa ja moninumeroisissa laskuissa. Yksinumeroisten laskujen sujuvuuden ennustaminen voi olla mahdollista erityisesti RAN-numeroiden ja RAN-esineiden avulla. (Koponen ym., 2017.) RANia on testattu edellä mainittujen osa-alueiden lisäksi muiden visuaalisten ärsykkeiden avulla, kuten noppien silmälukujen ja sanojen nimeämisnopeutta mittaavilla osatesteillä (Cui ym., 2016; Hornung, Martin & Fayol, 2017).

Osassa tutkimuksista tutkittavien ikä on yhdistetty nopean sarjallisen nimeämisen testissä suoriutumiseen. RAN-testissä mitattujen taitojen nopeus voi vaihdella kehityksen eri vaiheissa, eri mittauskertoina, ja se on tehtäväkohtaisesti riippuvainen eri taitojen automatisoitumisesta ja yleisestä kognitiivisesta kehityksestä (Mazzocco & Grimm, 2013). RANin kyky erotella ja ennustaa matematiikan oppimisvaikeuksia on joissain tutkimuksissa muuttunut luokka-asteiden välillä siten, ettei se ole ennustanut matematiikassa suoriutumista enää kolmannelta luokalta eteenpäin. Esikoulusta toiselle luokalle asti oppilaat, joilla ei ollut oppimisvaikeuksia, suoriutuvat nopeimmin nopean nimeämisen testistä kuin ne oppilaat, joilla oli matematiikan oppimisvaikeus. Kolmannella luokalla oppilaat, joilla oli oppimisvaikeus, eivät enää eronneet RAN-testissä suoriutumisen nopeudessa niistä oppilaista, joilla ei ollut oppimisvaikeutta. (Murphy ym., 2007.) Samankaltaisesti Mazzoccon ja Grimmin tutkimuksessa (2013) lukujen ja lukumäärien ymmärtäminen ennustivat nopeaa nimeämistä esikoulussa, mutta vastaavaa yhteyttä ei ollut enää myöhemmin. RANin yhteyden heikkenemistä iän myötä voi selittää opittujen taitojen automatisoituminen, jolloin nopean nimeämisen yhteys matematiikan taitoihin ei ole enää yhtä voimakas. (Navarro ym., 2011.) Osa aikaisemmista tutkimuksista kuitenkin ehdottaa päinvastaisesti, että RANilla olisi yhteys laskusujuvuuteen 2. ja 3. luokalta eteenpäin, kun työmuisti, lyhytkestoinen muisti ja fonologinen tietoisuus on kontrolloitu (Koponen ym., 2013; 2016).

Sukupuolten välillä saattaa olla eroa RAN-testissä suoriutumisessa. Useissa tutkimuksissa tutkittaessa nopeaa nimeämistä sukupuolen päävaikutus ei ole ollut tilastollisesti merkitsevä (Araujo, Ferreira & Ciasca, 2016; Di Filippo ym., 2005). Pojat näyttäisivät kuitenkin suoriutuvan hitaammin nopean nimeämisen testissä kuin tytöt. Erot sukupuolten välillä kasvavat päiväkodista lukioon saakka, vaikkakin päiväkotikäisillä ero on vielä pieni. (Camarata & Woodcock, 2006.) Lachancen ja Mazzoccon (2006) tutkimuksessa sukupuolella oli päävaikutus värit-osatestissä tyttöjen ollessa parempia kuin pojat, mutta muissa osatesteissä (kirjaimet, numerot, objektit) sukupuolieroja ei ollut. Lisäksi sukupuolen ja luokan interaktioita RAN kirjaimiin tutkittaessa, tyttöjen

huomattiin olevan parempia kuin poikien esikoulussa ja ensimmäisellä luokalla, mutta erot poistuivat 2. ja 3. luokalla. Vaikka erot olivat pieniä, myös ajan myötä tytöt suoriutuivat hieman paremmin. (Lachance & Mazzocco, 2006.) Yhteenvedona voidaan todeta, että sukupuolierojen löytyessä erot kallistuvat tyttöjen parempaan suoriutumiseen.

1.3 Työmuistin yhteys laskutaitoihin ja nopeaan nimeämiseen

Aritmetiikkaan on yhdistetty erilaisia kognitiivisia prosesseja ja vaiheita, jotka voivat vaikuttaa sanallisten tehtävien ratkaisemiseen (Fuchs ym., 2006). Erityisesti työmuisti on osallinen ongelmanratkaisussa (Fürst & Hitch, 2000). Työmuisti on muistijärjestelmän osa, joka keskittyy tiedon lyhytkestoiseen varastointiin ja sen aktiiviseen käsittelyyn. Työmuistilla tarkoitetaan systeemiä, jota tarvitaan, jotta voidaan pitää asioita mielessä samalla kun tehdään jotain kompleksia tehtävää, kuten päättelyä, ymmärrystä tai oppimista. Työmuistista palautetun tiedon avulla ihminen muokkaa käyttäytymistä pohjautuen aikaisempaan käsiteltyyn tietoon. Työmuisti sisältää sellaiset kognition funktionaaliset osat, jotka mahdollistavat muun muassa ihmisten ymmärtämisen, uuden tiedon hankkimisen ja ongelmien ratkaisemisen. (Baddeley, 1986, s. 33–34; 2010.) Työmuistia on tutkittu paljon ja siitä on olemassa useita erilaisia mallinnuksia. Tässä tutkimuksessa työmuistia lähestytään Baddeleyn ja Hitchin kolmikomponenttimallin avulla, joka on käytetyin malli työmuistin ja sanallisten tehtävien välisen yhteyden tutkimisessa (Swanson & Beebe-Frankenberger, 2004; Swanson, Jerman & Zheng, 2008).

Työmuistin kolmikomponenttimalli sisältää toimintaa ohjaavan keskusyksikön, joka ohjaa tarkkaavaisuutta. Lisäksi mallissa on kaksi alajärjestelmää, jotka väliaikaisesti varastoivat ja käsittelevät kielellistä (fonologinen kehä) sekä visuaalista ja avaruudellista (visuospatiaalinen luonnoslehtiö) informaatiota. (Baddeley, 1986, s. 70-71; Baddeley & Logie, 1999.) Episodinen puskuri on lisätty kolmikomponenttimalliin myöhemmin, ja sen

tehtävänä on informaation yhdistäminen pitkäkestoisen muistin ja alajärjestelmien välillä (Baddeley, 2000). Episodinen puskuri täydentää alkuperäistä kolmikomponenttimallia ja ratkaisee epäjohdonmukaisuuksia, mutta siitä ei kuitenkaan vielä ole tutkimusta tai mittaustapoja lasten arviointiin.

Työmuistin kehityksen katsotaan alkavan jo varhain. Luotettavasti sitä voidaan tutkia jopa 4-vuotiaasta alkaen (Alloway, Gathercole & Pickering, 2006), ja kolmikomponenttimallin komponentit ovat kehittyneet 4–6 ikävuoteen mennessä (Alloway ym., 2006; Gathercole, Pickering, Ambridge & Wearing, 2004). Lapsi voi säilöä muistissa kuusivuotiaana lyhytkestoisesti 3–4 yksikköä ja kahdeksanvuotiaana jo 4–5 yksikköä (Kail, 1997). Eri työmuistikomponentit ovat yhtä suuressa roolissa ja kehittyvät samassa tahdissa (Gathercole ym., 2004) työmuistin rakenteen pysyessä muuttumattomana koko lapsuuden ajan (Alloway ym., 2006). Työmuistin kapasiteetti kasvaa lineaarisesti nuoruuteen, noin 15 ikävuoteen, asti (Gathercole ym., 2004; Siegel, 1994) saavuttaen seitsemän (7 ± 2) yksikön maksimin (Miller, 1994). Vaikka aikuisen tason työmuistin kapasiteetti saavutetaan jo varhain, kyky ohjata työmuistin toimintaa jatkaa kehittymistä varhaisaikuisuuteen saakka (Gathercole, 1999; Luna, Garver, Urban, Lazar & Sweeney, 2004). Työmuistin kehityksessä ei näyttäisi olevan eroavaisuuksia tyttöjen ja poikien välillä (Alloway ym., 2006), mutta joidenkin tutkimusten mukaan poikien työmuisti voi kehittyä hitaammin kuin tyttöjen (Vuontela, 2010).

Työmuistivalmiuksilla on keskeinen rooli matematiikassa suoriutumisessa. Työmuistilla on yhteys matematiikassa suoriutumiseen, ja se ennustaa vahvasti myöhempää suoriutumista (De Smedt ym., 2009; Krajewski & Schneider, 2009). Työmuistia tarvitaan matemaattisten tehtävien ratkaisemisessa, ja heikkoudet työmuistivalmiuksissa heijastuvat taitojen oppimiseen ja matematiikassa suoriutumiseen (Kyttälä & Kanerva, 2018; LeFevre, DeStefano, Coleman & Shanahan, 2005). Heikkoudet aritmetiikan taitojen oppimisessa selittyvät ainakin osittain heikolla työmuistilla (Geary, Hoard, Byrd-Craven & DeSoto, 2004). Lapset, joilla on matematiikan tai lukemisen oppimisvaikeus, saattavat suoriutua työmuistitehtävistä muita lapsia

heikommin (Siegel & Ryan, 1989). Työmuistin heikkoudet voivat ilmentyä haasteina yleisesti matematiikan taitojen oppimisessa, mutta ne näkyvät erityisesti ongelmanratkaisua vaativissa sanallisissa tehtävissä (Swanson & Jerman, 2006). Laaja työmuistikapasiteetti on yhteydessä parempien laskustrategioiden käyttöön ja laskemisen käsitteelliseen ymmärrykseen (Geary ym., 2004). Työmuistin kasvu on myös yhteydessä ongelmanratkaisutaitojen kasvuun (Swanson ym., 2008). Työmuistia on mahdollista harjoittaa, mutta sen vahvistuminen ei vaikuta suoraan matematiikassa suoriutumiseen (Kyttälä & Kanerva, 2018).

Matematiikan tehtävien ratkaisemisessa tarvitaan työmuistiresursseja ongelman arviointiin, tarvittavan tiedon hakemiseen säilömuistista ja laskun laskemiseen. Työmuisti toimii tällöin osana tiedonkäsittelyjärjestelmää, jossa pidetään tehtävän kannalta olennaiset tiedot ja suoritetaan matemaattinen tehtävä. Työmuistiresurssit ovat yhteydessä kouluikäisten lasten peruslaskutaitoihin (Imbo & Vandierendonck, 2007). Baddeleyn mallissa erityyppistä informaatiota säilytetään ja työstetään eri työmuistiyksiköissä. Jokaisella työmuistikomponentilla on yhteys matematiikassa suoriutumiseen ja niistä jokaisella on oma tehtävänsä matemaattisen tehtävän suorittamisessa. (De Smedt ym., 2009; Friso-van den Bos, Van der Ven, Kroesbergen & Van Luit, 2013; Kyttälä & Kanerva, 2018.) De Smedtin ja muiden (2009) pitkittäistutkimuksessa todettiin, että kaikilla kolmella komponentilla on ennustava yhteys matematiikan taitoihin 1. ja 2. luokalla.

Työmuistin kolmikomponenttimallin eri komponenteilla on havaittu erilaisia yhteyksiä laskemiseen. Työmuistin keskusyksiköllä ajatellaan olevan suuri merkitys laskutaidoissa, sillä se on työmuistijärjestelmän ylin ohjaaja, ja sitä pidetään myös merkittävänä tekijänä ongelmanratkaisussa ja päätöksenteossa (Baddeley & Logie, 1999; Swanson & Beebe-Frankenberger, 2004). Keskusyksikön resurssien kuluttaminen voi heikentää suoriutumista matematiikassa (Imbo & Vandierendonck, 2007). Fonologinen kehä on tärkeä laskemisen kannalta (Fung & Swanson, 2017; Fürst & Hitch, 2000; Noël, Désert, Aubrun & Seron, 2001), ja se toimii säiliönä päässä laskua vaativissa tehtävissä

(Noël ym., 2001). Erilaisissa matematiikkaan liittyvissä toiminnoissa, kuten kolmiulotteisessa geometriassa sekä symmetrisyyden ja kaavioiden hahmottamisessa ja ymmärtämisessä, tarvitaan spatiaalista hahmotuskykyä (Gathercole ym., 2016). Matematiikan tehtävien laskemisessa visuospatiaalinen lehtiö auttaa tunnistamaan ja muistamaan aritmeettisiä symboleja ja merkkejä (Hubber, Gilmore & Cragg, 2014). Visuaalis-spatiaalinen luonnoslehtiö on tärkeä erityisesti varhaisessa vaiheessa aritmeettisten taitojen kehityksessä (De Smedt ym., 2009), kun taas myöhemmässä vaiheessa lapset tukeutuvat myös kielellisiin strategioihin fonologisen kehän avulla (McKenzie, Bull & Gray 2003). Kielelliset taidot ja fonologinen kehä ovatkin paremmin yhteydessä matematiikan taitoihin iän myötä (Kyttälä & Björn, 2014).

Usealla matematiikan osa-alueella on yhteys työmuistiin, mutta erityisen vahva tai jopa vahvin yhteys on sanallisten tehtävien ja työmuistin välillä (Chuderski & Jastrzębski, 2018; Passolunghi ym., 2019; Peng, Barnes, Namkung & Sun, 2016). Tämä voi selittyä sillä, että sanallisten tehtävien ratkaisu vaatii monia eri taitoja ja niiden yhdistämistä (ks. luku 1.1). Työmuistin yhteys sanallisiin tehtäviin on pysyvä iästä riippumatta ja luokka-asteelta toiselle siirryttäessä (Swanson & Beebe-Frankenberger, 2004). Kuitenkin tutkimuksissa, joissa on huomioitu useita muuttujia samanaikaisesti, on saatu ristiriitaisia tuloksia. Joissain tutkimuksissa työmuisti ei ole toiminut tilastollisesti merkitsevänä sanallisten tehtävien taustatekijänä kielellisten taitojen rinnalla (Fuchs ym., 2006; Spencer ym., 2020). Swansonin ja Beebe-Frankenbergerin (2004) tutkimuksessa työmuistilla oli ennustava yhteys sanallisissa tehtävissä suoriutumiseen, vaikka muita muuttujia oli mukana mallissa.

Kuten yleisesti laskutaidoissa, kaikilla kolmella työmuistikomponentilla on oma merkityksensä myös sanallisten tehtävien ratkaisemisessa (Swanson ym., 2008). Kaikki työmuistikomponentit osallistuvat ongelmanratkaisuprosessiin, mutta aikaisemmissa tutkimuksissa komponenttien yhteydet ja niiden suuruudet sanallisten tehtävien ratkaisemisessa ovat olleet vaihtelevia. Keskusyksiköllä on tärkeä tehtävä olennaisen ja epäolennaisen tiedon erottamisessa sanallisia tehtäviä ratkaistaessa (Peng ym., 2016). Matematiikan

sanallisissa tehtävissä keskusyksikkö säätelee, koordinoi ja yhdistelee eri vaiheita (De Smedt ym., 2009). Fungin ja Swansonin (2017) tutkimuksen mukaan työmuistilla, erityisesti fonologisella kehällä, oli suora yhteys matematiikan sanallisiin tehtäviin, kun lukemisen, laskemisen ja älykkyyden mediaattorivaikutukset huomioitiin. Toisen tutkimuksen mukaan keskusyksiköllä oli merkittävämpi yhteys sanallisiin tehtäviin verrattuna fonologiseen kehään (Swanson & Beebe-Frankenberger, 2004). Molemmat työmuistikomponentit (keskusyksikkö ja fonologinen kehä) kuitenkin ennustavat matematiikassa suoriutumista (Swanson & Kim, 2007; Swanson ym., 2008). Ongelmanratkaisuprosessi vaatii edellä mainittujen komponenttien lisäksi visuospatiaalista kykyä hahmottaa mallinnuksia ongelmanratkaisun yhteydessä erityisesti esi- ja alakouluikäisillä oppilailla (Jonassen, 2003; Kyttälä & Björn, 2014). Zhangin ja Linin (2018) tutkimuksessa visuospatiaalinen työmuisti ennusti sanallisissa tehtävissä suoriutumista.

Työmuistin prosesseilla ja RANilla on havaittu joitain päällekkäisiä ominaisuuksia ja niiden yhteydestä on ristiriitaisia tuloksia. Vaikka työmuistilla ja nopealla nimeämisellä on joitain samoja ominaisuuksia ja niiden prosessit liittyvät toisiinsa, ne kuitenkin tunnetaan erillisinä prosesseina (Kail & Hall, 2001; Swanson ja Ashbaker, 2000; Swanson & Kim, 2007). Prosessoinnin nopeuteen vaikuttaa se, mitä enemmän informaatiota työmuisti pystyy käsittelemään tietyssä ajassa (Fry & Hale, 2000; Salthouse, 1996). Aikaisemmissa tutkimuksissa on havaittu, että nopea nimeäminen on yhteydessä laskusujuvuuteen, kun työmuistin vaikutus on kontrolloitu (Koponen ym., 2017; Swanson & Kim, 2007). Navarron ja muiden tutkimuksen (2011) mukaan RANilla ei ole kuitenkaan niin suurta vaikutusta laskusujuvuuteen, kun työmuistin vaikutus on huomioitu. Tutkimuksessa työmuistin keskusyksikkö ja nopea nimeäminen korreloivat tilastollisesti merkitsevästi (Navarro ym., 2011). Swansonin ja Kimin (2007) tutkimuksessa työmuistin yhteys matematiikassa suoriutumiseen ei vähentynyt, kun nopea nimeäminen otettiin pois analyysistä. Nopean nimeämisen ei kuitenkaan oleteta olevan tämän yhteyden takana. (Swanson & Kim, 2007.) Lukutaidon osalta RAN on ennustanut lukusujuvuutta, kun työmuistin

vaikutus on kontrolloitu (Koponen ym., 2013; Papadopoulos, Spanoudis & Georgiou, 2016). Sen sijaan RAN numerot-osatestillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää yhteyttä lukemiseen ja luetun ymmärtämiseen, kun työmuistin osuus kontrolloitiin (Aguilar-Vafaie, Safarpour, Khosrojavid & Afruz, 2012). Swansonin ja muiden tutkimuksen (2008) mukaan työmuistilla on suurempi vaikutus sanallisiin tehtäviin kuin nopealla nimeämisellä. Nopean nimeämisen yhteys on myös kadonnut tutkittaessa työmuistin ja sanallisten tehtävien yhteyttä, kun lukeminen lisättiin malliin (Swanson & Beebe-Frankenberger, 2004).

1.4 Tutkimuskysymykset

Aiemmissa tutkimuksissa nopealla nimeämisellä on todettu olevan ennustava yhteys laskutaitoihin (Georgiou ym., 2013; Koponen ym., 2017). Tutkimuksissa on usein tarkasteltu nopean nimeämisen yhteyttä laskusujuvuuteen, esimerkiksi yhteen- ja vähennyslaskujen tehtävätyypeillä. Sen sijaan on tehty vähemmän tutkimusta nopean nimeämisen yhteyksistä ja ajallisesta ennustavuudesta matematiikan sanallisissa tehtävissä suoriutumisen osalta. Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, kuinka ensimmäisellä luokalla mitattu nopea nimeäminen ennustaa matematiikan sanallisissa tehtävissä menestymistä toisella ja kolmannella luokalla. Aikaisemmissa tutkimuksissa on havaittu, että RANin kyky ennustaa matematiikassa suoriutumista voi muuttua luokkasteelta toiselle siirryttäessä (Murphy ym., 2007).

Tutkimuksessa huomioitiin sukupuoli, työmuisti ja nopea nimeäminen, joiden oletettiin ennustavan matematiikan sanallisissa tehtävissä menestymistä. Työmuistin vaikutus kontrolloitiin, koska sillä on vahva yhteys matematiikkaan ja sanallisiin tehtäviin (Krajewski & Schneider, 2009; Peng ym., 2016; Zhang, Cheung, Wu & Meng, 2018). Kontrolloinnin avulla voitiin tarkastella nopean nimeämisen omavaikutusta sen jälkeen, kun muut mallin selittäjät oli tutkittu ensin. Työmuisti liittyy kaikkeen prosessointiin ja tutkimuksissa työmuistilla ja nopealla nimeämisellä on tunnistettu päällekkäisiä ominaisuuksia (Kail & Hall,

2001), mutta ne ovat kuitenkin omia prosessejaan (Swanson & Ashbaker, 2000). Sukupuoli otettiin yhdeksi huomioitavaksi tekijäksi, koska tyttöjen ja poikien välillä on huomattu joitain eroja matematiikassa menestymisessä (Stoet & Geary, 2013). PISA-tutkimusten (OECD, 2019) mukaan tyttöjen ja poikien erot viime vuosina ovat lisääntyneet. Sukupuolten välisiä eroja on tärkeää tutkia jo alkuopetuksen aikana, jotta voidaan huomioida opetuksen tasavertaisuuden lisäksi mahdollisia laskutaitojen kehitykseen vaikuttavia tekijöitä. Nopean nimeämisen suhteen on havaittu jonkin verran eroavaisuuksia sukupuolten välillä (Camarata & Woodcock, 2006; Di Filippo ym., 2005).

Tutkimuskysymys:

1. Missä määrin ensimmäisen luokan oppilaiden nopean sarjallisen nimeämisen taidot ennustavat matematiikan sanallisissa tehtävissä suoriutumista toisella ja kolmannella luokalla, kun työmuisti on kontrolloitu?

1.1 Onko tytöillä ja pojilla eroa siinä, missä määrin nopean sarjallisen nimeämisen taidot ennustavat matematiikan sanallisissa tehtävissä suoriutumista toisella ja kolmannella luokalla, kun työmuisti on kontrolloitu?

Aiempien tutkimusten perusteella asetimme tutkimukselle seuraavanlaisen hypoteesin. Oletimme, että nopea sarjallinen nimeäminen ennustaa sanallisissa tehtävissä menestymistä. Tällöin, mitä sujuvammin oppilas suoriutuu ensimmäisellä luokalla nopean sarjallisen nimeämisen tehtävissä, sitä paremmin hän menestyy sanallisissa tehtävissä toisella ja kolmannella luokalla. Kopsen ja kollegojen (2017) meta-analyysin mukaan nopean nimeämisen ja laskusujuvuuden korrelaatioiden itseisarvot vaihtelivat .32–.41 välillä ja keskiarvo oli .37. Sukupuolieroihin liittyvää tutkimushypoteesiä ei asetettu, sillä aikaisempien tutkimusten tulokset ovat olleet vaihtelevia.

2 TUTKIMUSMENETELMÄT

2.1 Tutkimuskonteksti ja tutkittavat

Tutkimuksen aineisto on kerätty osana vuonna 2016 aloitettua Lasten luku- ja laskutaidon sujuvuus -hanketta (FLARE, FLuency Arithmetic REading) varten, jonka tarkoituksena oli selvittää lukemisen ja laskemisen sujuvuutta ja haasteiden päällekkäistymistä. Hanke oli Jyväskylän yliopiston ja Suomen Akatemian rahoittama tutkimushanke, jonka johtajana toimi professori Mikko Aro. Hankkeesta voi löytää lisätietoa sivulta <https://jyuflare.wordpress.com/>.

Tutkimuksen eri vaiheissa on noudatettu tutkimuseettisiä periaatteita (Tutkimuseettinen neuvottelukunta, 2012; 2019). Jyväskylän yliopiston eettinen toimikunta on hyväksynyt tutkimushankkeen. Tutkimukseen osallistuminen oli oppilaille vapaaehtoista ja tutkittavilta, opettajilta ja huoltajilta kysyttiin tutkimuslupa tutkimukseen osallistumiseen. Tutkimuksen keskeyttäminen oli mahdollista tutkimuksen aikana. Aineistosta ei voi tunnistaa yksittäistä henkilöä, jotta osallistujien anonymiteetti säilyisi. Aineistoa käsitelleet henkilöt ovat vaitiolovelvollisia ja aineistoa on käsitelty huolellisesti hyvää tieteellistä käytäntöä noudattaen.

Tässä tutkimuksessa käytettiin osioita, jotka käsittelivät nopeaa nimeämistä, työmuistia ja sanallisia tehtäviä. Tutkimusaineisto kerättiin 1.-3.-luokkalaisilta alkuopetuksen oppilailta. Tähän tutkimukseen osallistui yhteensä 200 oppilasta, joista tyttöjä oli 98 ja poikia 93. Yhdeksän tutkittavaa jätti vastaamatta kysymykseen sukupuolesta. Ensimmäisellä luokalla (N = 200) tutkittavina oli 98 (49%) tyttöä ja 93 (46.5%) poikaa. Toisella luokalla (N = 195) tutkittavina oli 97 (49.7%) tyttöä ja 93 (47.7%) poikaa. Kolmannella luokalla (N = 190) tutkittavina oli 89 (46.8%) tyttöä ja 92 (48.4%) poikaa.

2.2 Tutkimusmenetelmät ja mittarit

Tämän tutkimuksen aineisto koostuu hankkeen kolmesta eri mittauspisteestä vuosilta 2016–2018. Ensimmäisellä mittauspisteellä, ensimmäisen luokan

keväällä, mitattiin nopea nimeäminen ja työmuisti. Toinen mittauspiste oli toisen luokan keväällä, jolloin mitattiin ensimmäisen kerran sanallisissa tehtävissä suoriutumista. Viimeisellä mittauspisteellä, kolmannen luokan keväällä, mitattiin toisen kerran sanallisissa tehtävissä suoriutumista. Aineisto kerättiin erilaisin testeihin yksilö- ja ryhmätilanteissa. Seuraavaksi esitellään tutkimuksessa käytetyt mittarit.

Nopea sarjallinen nimeäminen. Nopeaa nimeämistä mitattiin yksilötilanteissa Dencklan ja Rudelin (1974) testin suomenkielisen version kolmella osasarjalla: numeroilla, kirjaimilla ja esineillä. Oppilaita ohjeistettiin nimeämään mahdollisimman nopeasti ja tarkasti useamman rivin verran erilaisia ärsykeitä, kuten kirjaimia ja numeroita. Oppilasta ohjeistettiin korjaamaan mahdolliset virheet testin aikana. Muuttujana käytettiin tehtävien suorittamiseen käytettyä aikaa sekunteina. Ennen varsinaisen testin aloittamista harjoiteltiin lyhyesti, jotta varmistuttiin siitä, että oppilas ymmärsi tehtävän oikein. Lisäksi nopeaa nimeämistä testattiin myös kirjoitettujen sanojen osatestillä samoin kuin edellä, mutta se jätettiin pois, sillä saadut tulokset eivät olleet luotettavia. Ensimmäisellä luokalla suurella osalla oppilaista lukeminen ei ole vielä automatisoitunutta tai sujuvaa, jolloin kyseessä ei välttämättä ole heikko nopean nimeämisen taito, vaan kehittymätön lukutaito. Jäljelle jääneistä kolmesta nopean nimeämisen osasarjasta (objektit, numerot ja kirjaimet) muodostettiin keskiarvosummamuuttuja, jonka Cronbachin alfa oli .827.

Työmuisti. Työmuistia mitattiin yksilötilanteissa kahdenlaisilla verbaalisilla tehtävillä, joita olivat sanasarjat ja numerosarjat. Sanasarjat-tehtävissä oppilaalle sanottiin asteittain piteneviä sanasarjoja (2–7 kaksitavuista suomenkielistä sanaa per sarja) ja oppilasta pyydettiin toistamaan sanat (Koponen & Aro, 2016). Jokaista sanasarjapituutta kohden oli kaksi erilaista osiota, joista vähintään toinen piti osata oikein. Tehtävä keskeytettiin, jos oppilas ei osannut toistaa oikein kumpaakaan samanmittaista sanasarjaa. Oppilas sai yhden pisteen jokaisesta oikein toistetusta sanasarjasta. Sanasarjat-tehtävissä oppilas luetteli sarjoja etu- ja takaperin. Sanat takaperin -tehtävä oli muuten samanlainen kuin etuperin-tehtävä (kuvattu edellä), mutta oppilasta pyydettiin

toistamaan kuullut sanat takaperin viimeisestä sanasta alkaen. Numerosarjatehtävissä mitattiin työmuistia etu- ja takaperin (Wechsler, 2010), jonka toteutus oli samanlainen kuin sanasarjoilla. Ennen varsinaisen testin aloittamista harjoiteltiin lyhyesti, jotta varmistuttiin siitä, että oppilas ymmärsi tehtävän oikein. Oikeiden vastausten yhteispistemäärästä muodostettiin neljä eri muuttujaa: numerot ja kirjaimet etu- ja takaperin. Näistä muodostettiin summamuuttuja, jonka Cronbachin alfa oli .699.

Sanalliset tehtävät. Matematiikan sanallisia tehtäviä mitattiin 2. ja 3. luokalla ryhmätilanteissa (Koponen & Salminen, 2016). Aikaa tehtävien tekemiseen oli molemmilla luokilla 15 minuuttia. Molemmat testit sisälsivät yhdeksän kirjallista sanallista tehtävää (esimerkiksi *“Minnalla on 24 euroa rahaa. Kuinka paljon vähemmän Tonilla on, kun hänellä on 15 euroa?”*). Testit koostuivat yhteen-, vähennys-, kerto- ja jakolaskuista. Tehtävät pisteytettiin niin, että pelkästä oikeasta vastauksesta tai oikeasta lausekkeesta sai puoli pistettä ja mikäli molemmat olivat oikein, tehtävästä sai yhteensä yhden pisteen. Maksimipistemäärä oli näin yhdeksän pistettä molemmilla luokka-asteilla. Tässä tutkimuksessa muuttujina olivat kyseisellä luokka-asteella tehtävistä saadun yhteispistemäärän keskiarvo, joka muodostui oikeista lausekkeista ja vastauksista. Toisen luokan oikeiden vastausten sisäistä reliabiliteettia kuvaava KR-20 oli .60 ja oikeille lausekkeille se oli .77. Oikeiden vastausten ja lausekkeiden välinen korrelaatio oli .67 ($p < .001$). Niistä muodostettiin keskiarvosummamuuttuja, jolle KR-20 oli .84. Tutkimuksen tekohetkellä ei ollut käytettävissä kolmannen luokan osiokohtaista aineistoa reliabiliteetin arvioimiseksi.

2.3 Aineiston analyysi

Aineiston analyysi toteutettiin SPSS Statistics 26 -ohjelmalla. Analyysi tehtiin hierarkkista regressioanalyysia käyttäen. Analyysissä selitettävänä muuttujina olivat sanallisissa tehtävissä suoriutuminen toisella ja kolmannella luokalla. Näille molemmille muuttujille toteutettiin omat regressiomallit. Molemmissa malleissa selittävinä muuttujina olivat sukupuoli, työmuisti sekä nopea

nimeäminen. Regressioanalyysi tehtiin ensin koko joukolle ja vielä erikseen tytöille ja pojille.

Ennen analyysin suorittamista tarkasteltiin regressioanalyysin oletuksia. Yhtenä oletuksena otoskoon tulisi olla riittävän suuri suhteessa riippuvien ja riippumattomien muuttujien määrään, jotta tulos olisi merkityksellinen (Tabachnick & Fidell, 2014, s. 159–160). Riittävä otoskoko regressioanalyysia varten voidaan laskea seuraavalla laskukaavalla: $N \geq 50 + 8m$, jossa m on riippumattomien muuttujien määrä. Otoskoko voidaan laskea yksittäisten muuttujien osalta kaavalla $N \geq 104 + m$. Riittäväksi otoskooksi valitaan se kaava, joka tuottaa suuremman tuloksen. (Tabachnick & Fidell, 2014, s. 159–160.) Tässä tutkimuksessa otoskoko ($N = 190\text{--}200$) oli tarpeeksi suuri, sillä riittävä otoskoko tutkimukselle oli 107, kun riippumattomien muuttujien määrän ollessa 3. Tyttöjen ($N = 89\text{--}98$) ja poikien ($N = 92\text{--}93$) otoskoot olivat tarpeeksi suuria regressioanalyysia varten, kun otoskoon tulisi olla vähintään 66. Kuitenkin yksittäisten muuttujien osalta otoskoko voi olla rajoite, sillä tällöin otoskoon tulisi olla minimissään 106. Tabachnick ja Fidel (2014, s. 159) määrittävät Khamisin ja Keplerin (2010) kehittämän kaavan perusteella regressiomallin ehdottomaksi vähimmäisotoskooksi $N \geq 20 + 5m$, jossa m on riippumattomien muuttujien määrä. Ehdoton vähimmäisotoskoko olisi tällöin 30 tapausta tyttöjen ja poikien aineistoille, mikä ylittyy selkeästi molempien aineistoissa.

Regressioanalyysin oletuksena on, että residuaalien tulisi olla lineaarisia, normaalisti jakautuneita ja homoskedastisia. Residuaalien oletusten toteutuminen vaikuttaa mallin kykyyn edustaa aineistoa todenmukaisesti. Jos oletukset eivät täyty, se voi vääristää regressiomallin tuloksia. (Field, 2009, s. 215–217.) Residuaalien jakauman tasaisuutta eli homoskedastisuutta tarkasteltiin hajontakuvioiden avulla. Standardoitujen residuaalien histogrammit olivat symmetriset eli noudattivat karkeasti arvioituna normaalijakaumaa. Residuaalit olivat hajonnaltaan tasaisesti jakautuneita suhteessa selitettävien muuttujien arvoihin. Residuaalit olivat homoskedastisia ja noudattivat tällöin regressiomallin odotuksia. (Ks. liitteet 1 - 6.) Durbin-Watson testin avulla voidaan tarkastella residuaalien riippumattomuutta suhteessa niiden

korrelaatioihin (Field, 2009, s. 220–221). Residuaalit saivat arvon lähellä numeroa kaksi, joka viittaa siihen, että aineiston residuaalit ovat toisistaan riippumattomia. Cookin etäisyydellä voidaan tarkastella yksittäisten tapausten vaikutusta koko malliin ja selvittää merkityksellisiä äärihavaintoja (outlier). Cookin etäisyys ei ylittänyt arvoa 1, jolloin mikään tapauksista ei muuttanut mallin tulkintoja, eikä havaintoja tällöin päädytty poistamaan aineistosta (Field, 2009, s. 217). Standardisoidun DFBetan arvon avulla voidaan tunnistaa yksittäiset tapaukset, joilla on suuri vaikutus regressiomallin parametreihin. Aineistossa ei ollut standardisoidun DFBetan arvon 1 ylittäviä arvoja. (Field, 2009, s. 218–219.) Oletusten tarkastelut residuaalien osalta toteutuivat koko aineiston lisäksi myös tyttöjen ja poikien kohdalla.

Regressiomallissa yhtenä oletuksena on, ettei multikollineaarisuutta esiinny muuttujien välillä. Multikollineaarisuuden avulla tarkastellaan sitä, että jokainen muuttuja mittaa riittävästi omia asioita. Multikollineaarisuus paljastaisi, mikäli samaa ilmiötä tarkastellaan kahdessa eri muuttujassa. (Tabachnick & Fidell, 2014, s. 161.) Multikollineaarisuutta tarkasteltiin ensin VIF-arvon osalta, jonka ei tulisi saada suurempaa arvoa kuin 10. Aineistossa ei ollut multikollineaarisuuden ylittäviä raja-arvoja VIF-arvon osalta. Multikollineaarisuutta voidaan tarkastella myös korrelaatioiden osalta, joiden yleisenä raja-arvona pidetään riippuville muuttujille $>.50$ (Tabachnick & Fidell, 2014, s. 161). Muuttujien välisiä yhteyksiä ja niiden voimakkuuksia tarkasteltiin Pearsonin tulomomenttikorrelaatiokertoimien avulla (ks. taulukot 1 ja 3). Tutkimuksen muuttujat koko aineiston osalta tai sukupuolittain tarkasteltuna eivät korreloineet liian voimakkaasti keskenään, eikä multikollineaarisuutta esiintynyt. Tulosten yleistettävyyttä ja tilannetta perusjoukossa arvioitiin Bootstrap BCa -menetelmällä saatujen ala- ja ylärajojen eli luottamusvälin perusteella. Todellinen arvo esiintyy todennäköisesti näiden rajojen välissä. Luottamustasona pidettiin 95%, joka perustui yhteensä 1000 satunnaisotokseen. Menetelmää voidaan käyttää, vaikka jakaumaoletukset eivät toteutuisi.

Tutkimuksen riippuvat muuttujat eli sanalliset tehtävät molemmilla luokilla sekä riippumaton muuttuja työmuisti olivat varsin symmetrisesti

jakautuneita. Oletus normaalijakautuneisuudesta ei toteutunut RAN-summamuuttujassa vinouden tai huipukkuuden osalta. Regressioanalyysin kannalta on keskeistä riippuvan muuttujan normaalijakauma, mutta myös riippumattoman muuttujan ei-symmetrisyys voi vaikuttaa malliin. Päädyimme selvittämään, miten ei-symmetrisyys RAN-muuttujassa vaikutti testattavan mallin selitysasteeseen. Sitä varten RAN-muuttujalle tehtiin luonnollinen logaritmuunnos, koska muuttujan vinous oli positiivista. Logaritmuunnoksen myötä vinous sai arvon 0.81 (alkuperäinen RAN-muuttuja 1.94) ja huipukkuus arvon 1.66 (7.07). Regressiomallit toteutettiin alkuperäisillä muuttujilla ja muunnetulla RAN-muuttujalla erikseen. Mallien selitysasteissa ei kuitenkaan tapahtunut muutosta. Lopullisessa tulostarkastelussa päädyimme tarkastelemaan regressioanalyysiä alkuperäisillä muuttujilla, sillä oletukset toteutuivat eikä RAN-muuttujan ei-symmetrisyys vaikuttanut tuloksiin. Muunnoksen avulla voitiin varmentua alkuperäisten tulosten robustisuudesta.

Hierarkkisessa regressioanalyysissä selittävät muuttujat tulivat malliin askelmittain, jonka avulla kontrolloitiin edeltävän selittävän muuttujan vaikutus, jolloin pystyttiin saamaan selville yksittäisen selittävän muuttujan suhde selitettävään muuttujaan (Field, 2009, s. 197-198, 209-210). Mallin ensimmäisellä askeleella huomioitiin sukupuolen vaikutus. Toisella askeleella kontrolloitiin työmuisti, ja kolmannella askeleella malliin tuli nopea nimeäminen. Muuttujat asetettiin tässä järjestyksessä, koska haluttiin selvittää nopean nimeämisen omavaikutus kontrolloimalla ensin sukupuolen ja työmuistin vaikutus. Nopean nimeämisen ajateltiin olevan mallin vahvin selittäjä.

Tutkimuksen riskitasoksi valittiin $\alpha = 0.05$ eli 5%. Riskitaso osoittaa todennäköisyyden sille, että nollahypoteesi hylätään virheellisesti (Metsämuuronen, 2011, s. 440-442). Luokka-asteiden ja sukupuolten välisten yhteyksien voimakkuuksia tarkasteltiin Cohenin f^2 -efektikoon avulla. Efektikoon avulla tuloksia voidaan vertailla muihin tutkimuksiin (Metsämuuronen, 2011, s. 469). Cohenin (1988) mukaan efektin koko on pieni

arvon ollessa alle .20, keskisuuri, kun f^2 :n arvo on välillä .40–.50 ja suuri f^2 :n arvon ollessa yli .80 (Metsämuurosen, 2011, s. 477–478, mukaan). Tässä tutkimuksessa efektin koot olivat keskisuuria (.33–.64).

Interaktioita tarkasteltiin, jotta voitiin selvittää muuttujien mahdollisia yhdysvaikutuksia. Kahdella interaktioterminä tutkittiin sukupuolimuuttujan omaa selitysosuutta, kun RAN ja työmuisti huomioitiin. Ensimmäinen interaktioterminä muodostettiin kertomalla sukupuolimuuttuja ja RAN-muuttuja keskenään (sukupuoli x RAN). Vastaavasti toinen interaktioterminä muodostettiin kertomalla sukupuolimuuttuja ja työmuistimuuttuja keskenään (sukupuoli x työmuisti). Interaktioiden tarkoituksena oli huomioida se, että sukupuolella voi olla erilainen yhteys sanallisissa tehtävissä suoriutumiseen riippuen RANista ja työmuistista. Kolmannella interaktiolla (työmuisti x RAN) selvitettiin, vaikuttiko työmuisti nopean nimeämisen ja sanallisten tehtävien väliseen yhteyteen. Interaktiotermit eivät olleet tilastollisesti merkitseviä, eivätkä lisänneet mallin selityssastetta. Tällöin RAN ja työmuisti eivät vaikuttaneet sukupuolten välisiin eroihin sanallisissa tehtävissä. Vastaavasti nopean nimeämisen yhteys sanallisissa tehtävissä suoriutumiseen ei riippunut työmuistista.

Päädymme vertailemaan sukupuolten välisiä korrelaatioita selvittääksemme tyttöjen ja poikien välisiä eroja. Tyttöjen ja poikien korrelaatioiden suuruuden vertaamiseen käytettiin internetsovellusta (Lenhard & Lenhard, 2014). Tytöt ja pojat eivät eronneet toisistaan tilastollisesti merkitsevästi sanallisissa tehtävissä suoriutumisessa nopean nimeämisen osalta. Jokseenkin, toisella luokalla yhteys oli tilastollisesti suuntaa antava ($p = .08$). Halusimme selvittää erikseen nopean nimeämisen oman selityssasteen tytöille ja pojille, jotta pystyttiin tarkastelemaan mahdollisia eroja RANin selityssuudessa. Tästä johtuen päädyimme suorittamaan regressioanalyysin vielä erikseen tytöille ja pojille. Analyysit toteutettiin samalla tavalla kuin koko joukolle.

3 TULOKSET

3.1 Nopean nimeämisen yhteys sanallisiin tehtäviin toisella ja kolmannella luokalla

Muuttujien väliset tulomomenttikorrelaatiokertoimet ja kuvailevat tunnusluvut on esitetty taulukossa 1. Nopean nimeämisen ja toisen luokan sanallisten tehtävien välinen korrelaatio oli tilastollisesti erittäin merkitsevä ($r = -.38$; 95%:n luottamusväli $[-.48, -.27]$). Regressiomallien tulokset toiselta ja kolmannelta luokalta on esitelty taulukossa 2. Regressiomallin ensimmäisellä askeleella sukupuoli ei selittänyt tilastollisesti merkitsevästi sanallisissa tehtävissä suoriutumista toisella luokalla [$F(1, 193) = 0.08, p = .772$]. Työmuisti lisättiin malliin toisella askeleella, joka paransi selitysstetta 25% [$F(1, 192) = 65.05, p < .001$]. Työmuistin omavaikutus oli tilastollisesti merkitsevä ($p < .001$). Viimeisellä askeleella malliin lisättiin nopea nimeäminen, joka paransi selitysstetta 5% [$F(1, 191) = 16.90, p < .001$] (Cohenin $f^2 .45$). Kokonaisuudessaan sukupuoli, työmuisti ja nopea nimeäminen selittivät 30% sanallisissa tehtävissä suoriutumista toisella luokalla. Sukupuolella ei ollut tilastollisesti merkitsevää omavaikutusta mallissa. Työmuistilla ($p < .001$) ja nopealla nimeämisellä ($p < .001$) oli tilastollisesti erittäin merkitsevät omavaikutukset. Tällöin, mitä paremmin oppilas suoriutui työmuistia ja nopeaa nimeämistä mittaavista tehtävistä, sitä paremmin oppilas suoriutui myös sanallisissa tehtävissä.

Seuraavaksi esitellään tuloksia kolmannen luokan osalta. Nopean nimeämisen ja kolmannen luokan sanallisten tehtävien välinen korrelaatio oli myös erittäin merkitsevä ($r = -.30$; 95%:n luottamusväli $[-.45, -.13]$). Mallin ensimmäisellä askeleella sukupuoli ei selittänyt tilastollisesti merkitsevästi sanallisissa tehtävissä suoriutumista [$F(1, 188) = 0.18, p = .670$]. Toisella askeleella malliin lisättiin työmuisti, jolloin mallin selitysstetta parani 29% [$F(1, 187) = 78.42, p < .001$] ja työmuistin omavaikutus oli erittäin merkitsevä ($p < .001$). Mallin viimeisellä askeleella lisätty malliin nopea nimeäminen paransi selitysstetta 1% [$F(1, 186) = 4.39, p = .037$] (Cohenin $f^2 .45$). Kaiken kaikkiaan sukupuoli, työmuisti ja nopea nimeäminen selittivät yhteensä 30% sanallisissa tehtävissä

suoriutumista kolmannella luokalla. Työmuistilla ($p < .001$) ja nopealla nimeämisellä ($p = .037$) oli tilastollisesti merkitsevät omavaikutukset, kun taas sukupuolella ei ollut tilastollisesti merkitsevää omavaikutusta. Kuten toisella luokalla, myös kolmannella luokalla, mitä paremmin oppilas suoriutui työmuistia ja nopeaa nimeämistä mittaavista tehtävistä, sitä paremmin oppilas suoriutui myös sanallisissa tehtävissä.

TAULUKKO 1. Muuttujien väliset Pearsonin tulomomenttikorrelaatiot ja kuvailevat tunnusluvut.

Muuttujat	1.	2.	3.	4.	5.
1. Sukupuoli	-				
2. Työmuisti 1.lk	-.06	-			
3. RAN 1.lk	.15*	-.31***	-		
4. Sanalliset tehtävät 2.lk	.02	.50***	-.38***	-	
5. Sanalliset tehtävät 3. lk	-.03	.54***	-.30***	.63***	-
keskiarvo	0.47	5.08	46.61	4.86	6.07
keskihajonta	0.50	0.93	10.66	2.03	1.96
vinous	-	0.57	1.94	-0.05	-0.58
huipukkuus	-	0.63	7.07	-0.69	-0.25

Huom. N = 190–200. Sukupuoli: 0 = poika, 1 = tyttö. *** $p < .001$, ** $p < .01$ ja * $p < .05$.

TAULUKKO 2. Hierarkkisesti toteutetun regressioanalyysin tulokset nopean nimeämisen yhteydestä sanallisiin tehtäviin toisella ja kolmannella luokalla. Lapsen sukupuoli ja työmuisti kontrolloitu.

Selittävät muuttujat	Sanalliset tehtävät 2. lk					Sanalliset tehtävät 3. lk				
	R ²	Korj. R ²	ΔR ²	β	sr ²	R ²	Korj. R ²	ΔR ²	β	sr ²
1. askel:	.00	-.01	.00			.00	-.00	.00		
sukupuoli				.02	< .01				-.03	< -.01
2. askel:	.25	.25	.25			.30	.29	.30		
sukupuoli				.05	< .01				-.01	< -.01
työmuisti				.50***	.25				.54***	.29
3. askel:	.31	.30	.06			.31 _a	.30	.02		
sukupuoli				.09	< .01				.01	< .01
työmuisti				.43***	.17				.50***	.22
nopea nimeäminen				-.26***	-.06				-.14*	-.02
Lopullinen malli	F(1, 191) = 16.90, p < .001					F(1, 186) = 4.39, p = .037				

Huom. N = 183. Sukupuoli: 0 = poika, 1 = tyttö. ***p < .001, **p < .01 ja *p < .05. R² = estimoidun mallin selitysaste, Korj. R² = korjattu estimoidun mallin selitysaste, ΔR² = selitysasteen muutos, kun kaikki askeleen muuttujat ovat mukana, β = standardoitu regressiokerroin, sr² = osakorrelaatiokertoimen neliö, a = pyörityksestä johtuva ero suhteessa selitysasteen muutoksen summaan.

3.2 Nopean nimeämisen ja sanallisten tehtävien välinen yhteys sukupuolittain

Muuttujien väliset tulomomenttikorrelaatiokertoimet ja kuvailevat tunnusluvut on esitetty taulukossa 3. Nopean nimeämisen ja sanallisten tehtävien välinen korrelaatio oli tytöillä toisella luokalla tilastollisesti merkitsevä ($r = -.29$; 95%:n luottamusväli $[-.45, -.11]$). Regressiomallien tulokset toiselta ja kolmannelta luokalta on esitelty taulukossa 4. Toisella luokalla tytöiltä tarkasteltuna regressiomallin ensimmäisellä askeleella työmuisti selitti sanallisissa tehtävissä suoriutumista yhteensä 25% [$F(1, 96) = 32.72, p < .001$]. Toisella askeleella lisätty nopea nimeäminen ei selittänyt tilastollisesti merkitsevästi sanallisissa tehtävissä suoriutumista [$F(1, 95) = 3.50, p = .064$] (Cohenin $f^2 .39$). Työmuistin omavaikutus oli sekä ensimmäisellä että toisella askeleella tilastollisesti erittäin merkitsevä ($p < .001$). Mitä paremmin tytöt suoriutuivat työmuistin tehtävissä, sitä paremmin tytöt suoriutuivat sanallisissa tehtävissä. Yhteensä työmuisti ja nopea nimeäminen selittivät 27% sanallisissa tehtävissä suoriutumista.

Nopean nimeämisen ja sanallisten tehtävien välinen korrelaatio oli myös kolmannelta luokalla tytöillä tilastollisesti merkitsevä ($r = -.29$; 95%:n luottamusväli $[-.55, .05]$). Kolmannelta luokalla regressiomallin ensimmäisellä askeleella työmuisti selitti tyttöjen sanallisissa tehtävissä suoriutumista yhteensä 36% [$F(1, 96) = 55.43, p < .001$]. Nopea nimeäminen ei selittänyt tilastollisesti merkitsevästi sanallisissa tehtävissä suoriutumista mallin toisella askeleella [$F(1, 95) = 3.00, p = .087$] (Cohenin $f^2 .64$). Työmuistilla oli tilastollisesti erittäin merkitsevä omavaikutus ensimmäisellä ja toisella askeleella ($p < .001$). Tulos on samankaltainen kuin toisella luokalla. Tällöin, mitä paremmin tytöt suoriutuivat työmuistia mittaavissa tehtävissä, sitä paremmin he suoriutuivat sanallisissa tehtävissä. Kokonaisuutena työmuisti ja nopea nimeäminen selittivät 37% sanallisissa tehtävissä suoriutumista.

TAULUKKO 3. Muuttujien väliset Pearsonin tulomomenttikorrelaatiot ja kuvailevat tunnusluvut sukupuolittain esitettynä.

Muuttujat	1.	2.	3.	4.	keskiarvo	keskihajonta	vinous	huipukkuus
1. Työmuisti 1.lk	-	-.38***	.49***	.48***	5.02	0.91	0.71	1.62
2. RAN 1.lk	-.26**	-	-.47***	-.30**	48.33	12.15	1.78	5.30
3. Sanalliset tehtävät 2.lk	.50***	-.29**	-	.59***	4.90	2.10	-0.11	-0.83
4. Sanalliset tehtävät 3. lk	.61***	-.29**	.67***	-	6.01	2.00	-0.49	-0.59
keskiarvo	5.10	44.88	4.81	6.13				
keskihajonta	0.95	9.03	2.00	1.93				
vinous	0.45	2.05	-0.01	-0.67				
huipukkuus	-0.07	10.08	-0.55	0.18				

Huom. Taulukossa tyttöjen (N = 89-98) kertoimet ovat vasemmalla ja kuvailutiedot alhaalla. Poikien (N = 92-93) kertoimet ovat oikealla ja kuvailutiedot ylhäällä. ***p < .001, ** p < .01, * p < .05.

TAULUKKO 4. Tyttöjen hierarkkisesti toteutetun regressioanalyysin tulokset nopean nimeämisen yhteydestä sanallisiin tehtäviin toisella ja kolmannella luokalla. Lapsen työmuisti kontrolloitu.

Selittävät muuttujat	Sanalliset tehtävät 2. lk					Sanalliset tehtävät 3. lk				
	R ²	Korj. R ²	ΔR ²	β	sr ²	R ²	Korj. R ²	ΔR ²	β	sr ²
1. askel:	.25	.25	.25			.37	.36	.37		
työmuisti				.50***	.25				.61***	.37
2. askel:	.28	.27	.03			.39	.37	.02		
työmuisti				.46***	.20				.57***	.30
nopea nimeäminen				-.17	-.03				-.14	-.02
Lopullinen malli	F(1, 95) = 3.50, p = .064					F(1, 95) = 3.00, p = .087				

Huom. N = 183. Sukupuoli: 0 = poika, 1 = tyttö. ***p < .001, **p < .01 ja *p < .05. R² = estimoidun mallin selitysaste, Korj. R² = korjattu estimoidun mallin selitysaste, ΔR² = selitysasteen muutos, kun kaikki askeleen muuttujat ovat mukana, β = standardoitu regressiokerroin, sr² = osakorrelaatiokertoimen neliö.

Muuttujien väliset tulomomenttikorrelaatiokertoimet ja kuvailevat tunnusluvut on esitetty taulukossa 3. Nopean nimeämisen ja sanallisten tehtävien välinen korrelaatio oli toisella luokalla tilastollisesti erittäin merkitsevä ($r = -.47$; 95%:n luottamusväli $[-.61, -.35]$). Regressiomallien tulokset toiselta ja kolmannelta luokalta on esitelty taulukossa 5. Toisella luokalla pojilta tarkasteltuna regressiomallin ensimmäisellä askeleella työmuisti selitti sanallisissa tehtävissä suoriutumista yhteensä 24% [$F(1, 91) = 29.40, p < .001$]. Nopea nimeäminen selitti sanallisissa tehtävissä suoriutumista tilastollisesti merkitsevästi mallin toisella askeleella lisäten selitystasetta 9% [$F(1, 90) = 13.20, p < .001$] (Cohenin f^2 .52). Työmuistin omavaikutus oli sekä ensimmäisellä että toisella askeleella tilastollisesti erittäin merkitsevä ($p < .001$). Lisäksi nopean nimeämisen omavaikutus toisella askeleella oli tilastollisesti erittäin merkitsevä ($p < .001$). Tällöin, mitä paremmin pojat suoriutuivat työmuistia ja nopeaa nimeämistä mittaavista tehtävistä, sitä paremmin he suoriutuivat matematiikan sanallisissa tehtävissä. Kokonaisuutena työmuisti ja nopea nimeäminen selittivät 33% sanallisissa tehtävissä suoriutumista.

Kolmannella luokalla nopean nimeämisen ja sanallisten tehtävien välinen korrelaatio oli tilastollisesti merkitsevä ($r = -.30$; 95%:n luottamusväli $[-.48, -.13]$). Kolmannella luokalla työmuisti selitti sanallisissa tehtävissä suoriutumista pojilla yhteensä 22% [$F(1, 90) = 26.76, p < .001$] regressiomallin ensimmäisellä askeleella. Toisella askeleella lisätty nopea nimeäminen ei selittänyt tilastollisesti merkitsevästi sanallisissa tehtävissä suoriutumista [$F(1, 89) = 2.00, p = .161$] (Cohenin f^2 .33). Työmuistilla oli tilastollisesti erittäin merkitsevä omavaikutus ($p < .001$) ensimmäisellä ja toisella askeleella. Mitä paremmin pojat suoriutuivat työmuistin tehtävissä, sitä paremmin he suoriutuivat sanallisissa tehtävissä. Toisin kuin toisella luokalla, kolmannella luokalla nopea nimeäminen ei vaikuttanut suoriutumiseen sanallisissa tehtävissä. Kaiken kaikkiaan työmuisti ja nopea nimeäminen selittivät yhdessä 23% sanallisissa tehtävissä suoriutumista. Tulosten yhteenveto kaikkien regressiomallien osalta on esitetty liitteessä 7.

TAULUKKO 5. Poikien hierarkkisesti toteutetun regressioanalyysin tulokset nopean nimeämisen yhteydestä sanallisiin tehtäviin toisella ja kolmannella luokalla. Lapsen työmuisti kontrolloitu.

Selittävät muuttujat	Sanalliset tehtävät 2. lk					Sanalliset tehtävät 3. lk				
	R ²	Korj. R ²	ΔR ²	β	sr ²	R ²	Korj. R ²	ΔR ²	β	sr ²
1. askel:	.24	.24	.24			.23	.22	.23		
työmuisti				.49***	.24				.48***	.23
2. askel:	.34	.33	.10			.25	.23	.02		
työmuisti				.37***	.12				.43***	.16
nopea nimeäminen				-.34***	-.10				-.14	-.02
Lopullinen malli	F(1, 90) = 13.20, p < .001					F(1, 89) = 2.00, p = .161				

Huom. N = 183. Sukupuoli: 0 = poika, 1 = tyttö. ***p < .001, **p < .01 ja *p < .05. R² = estimoidun mallin selitysaste, Korj. R² = korjattu estimoidun mallin selitysaste, ΔR² = selitysasteen muutos, kun kaikki askeleen muuttujat ovat mukana, β = standardoitu regressiokerroin, sr² = osakorrelaatiokertoimen neliö.

4 POHDINTA

4.1 Tulosten tarkastelua

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää 1.-3.-luokkalaisten oppilaiden nopean nimeämisen taitoja, työmuistia sekä näiden yhteyttä sanallisissa tehtävissä suoriutumiseen. Tutkimuksessa selvitettiin, ennustavatko 1. luokan nopean nimeämisen taidot sanallisissa tehtävissä suoriutumista 2. ja 3. luokalla ja, onko yhteydessä eroa tyttöjen ja poikien välillä. Lisäksi selvitettiin, missä määrin nopean nimeämisen testi ennustaa sanallisissa tehtävissä suoriutumista, kun myös työmuisti huomioidaan.

Tutkimukselle asetetun hypoteesin mukaan oletimme, että nopea sarjallinen nimeäminen ennustaisi sanallisissa tehtävissä menestymistä toisella ja kolmannella luokalla. Tutkimukselle ei asetettu hypoteesia liittyen sukupuolten välisiin eroihin, sillä niistä ei ole saatu tarkkoja tuloksia aikaisemmissa tutkimuksissa. Koko aineistoa tarkasteltaessa sukupuolella ei ollut tilastollisesti merkitsevää yhteyttä mallissa kummallakaan luokka-asteella. Nopea nimeäminen selitti sanallisissa tehtävissä suoriutumista tilastollisesti merkitsevästi toisella ja kolmannella luokalla, kun molempia sukupuolia tarkasteltiin samassa aineistossa. Kun sukupuoli ja työmuisti oli kontrolloitu, nopea nimeäminen selitti toisella luokalla 5% ja kolmannella luokalla 1% sanallisissa tehtävissä suoriutumista. Tutkimustulos on samansuuntainen kuin Zhangin ja muiden tutkimuksessa (2017), jossa esikoulussa mitattu nopea nimeäminen ennusti suoriutumista sanallisissa tehtävissä neljännellä luokalla. Tämän tutkimuksen nopean nimeämisen ja sanallisten tehtävien korrelaatioiden itseisarvot vaihtelivat välillä .30-.38 keskiarvon ollessa .34. Korrelaatiot olivat tällöin samansuuruisia kuin Kopsen ja muiden (2017) meta-analyysissä, jossa nopean nimeämisen ja laskusujuvuuden korrelaatioiden itseisarvot vaihtelivat välillä .32-.41 ja keskiarvo oli .37.

Nopean sarjallisen nimeämisen ennustearvo sanallisissa tehtävissä heikkeni toisen ja kolmannen luokan aikana. RANin omavaikutus laski

tilastollisesti erittäin merkitsevää ($p < .001$) tilastollisesti merkitsevään ($p < .037$). Nopean nimeämisen ja sanallisten tehtävien väliset korrelaatiot olivat tilastollisesti erittäin merkitseviä sekä toisella että kolmannella luokalla, vaikka niissäkin tapahtui laskua toiselta luokalta kolmannelle siirryttäessä. Nopean nimeämisen omavaikutuksen väheneminen siirryttäessä luokka-asteelta toiselle on linjassa aiempien tutkimusten kanssa (Murphy ym., 2007; Navarro ym., 2011). Tämä vahvistaa käsitystä siitä, että nopean nimeämisen vaikutus heikkenee monimutkaisemmissa tehtävissä, laskemisen taitojen kehittyessä ja muiden tekijöiden selittäessä ilmiötä enemmän. Matematiikan tehtävätyypit eroavat toisistaan, kun arvioidaan nopean nimeämisen ja matematiikan yhteyttä (Navarro ym., 2011). RAN on voimakkaammin yhteydessä matematiikan sujuvuuteen kuin tarkkuuteen sekä laskemiseen peruslaskutaitoja vaativissa yksinumeroisissa laskuissa. RANilla ei ole havaittu yhtä voimakasta yhteyttä moninumeroisilla luvuilla. (Koponen ym., 2017.) Sanalliset tehtävät vaativat enemmän aikaa ja tarkkuutta sekä vaativampaa ongelmanratkaisukykyä kuin mitä peruslaskuissa tarvitaan (Aunola ym., 2004). Tämä voi selittää, miksi tässä tutkimuksessa RANin omavaikutus laski luokka-asteelta toiselle siirryttäessä ja ennusti kokonaisuudessaan vähemmän sanallisissa tehtävissä suoriutumista kuin työmuisti. RAN-testi voi toimia parempana peruslaskutaitojen kuin haastavampien tehtävien ennustajana (Hecht ym., 2001; Heikkilä ym., 2015; Koponen ym., 2007). Nopean nimeämisen sijaan muut tekijät voivat ennustaa paremmin sanallisissa tehtävissä suoriutumista toisella ja kolmannella luokalla.

Yhteensä sukupuoli, työmuisti ja nopea sarjallinen nimeäminen selittivät sanallisissa tehtävissä suoriutumista toisella luokalla 30% ja kolmannella luokalla 30%. Tutkimukseen valitut muuttujat selittivät sanallisissa tehtävissä suoriutumista vain vähän, ja suuri osa vaihtelusta jäi tällöin selittämättä. Suurin selitysaste mallissa oli työmuistilla, ja siihen verrattuna nopean nimeämisen yhteys jäi melko matalaksi. Myös standardoitujen regressiokertoimien perusteella työmuisti oli molemmilla luokka-asteilla mallin voimakkain selittäjä. Lisäksi työmuisti oli pysyvämpi ennustaja kuin nopea sarjallinen nimeäminen. Työmuistin omavaikutus molemmilla luokka-asteilla pysyi tilastollisesti erittäin

merkitsevänä. Tulos on poikkeava verrattuna aikaisempiin tutkimustuloksiin, joissa RAN on ollut yhteydessä matematiikkaan, kun työmuisti on myös kontrolloitu (Koponen ym., 2016). Passolunghin, Mammarella ja Altoèn (2008) tutkimuksessa, jossa on ollut useampia mittauskertoja, työmuisti on pysynyt vahvimpana ennustajana. Työmuistilla vaikuttaisi siis olevan suurempi ja pysyvämpi yhteys sanallisiin tehtäviin kuin nopealla nimeämisellä. Aiemmissa tutkimuksissa työmuistilla on todettu olevan tilastollisesti merkitsevä yhteys sanallisiin tehtäviin (Chuderski & Jastrzębski, 2018; Swanson & Beebe-Frankenberger, 2004), joka voi olla voimakkaampi kuin nopealla nimeämisellä (Swanson ym., 2008). Tässä tutkimuksessa nopealla nimeämisellä oli heikko omavaikutus, kun työmuisti oli mallissa mukana. Tulos on samansuuntainen kuin Navarron ja muiden (2011) tutkimuksessa.

Saamamme tulos työmuistin paremmasta kyvystä ennustaa sanallisissa tehtävissä menestymistä voi kertoa esimerkiksi siitä, että sanallisissa tehtävissä käytetään ensisijaisesti muistista palautettavia laskustrategioita, minkä vuoksi työmuisti on vahvasti yhteydessä sanallisissa tehtävissä menestymiseen (Geary, 2013). Muistista palautettavia laskustrategioita opitaan käyttämään pääasiallisena laskustrategiana keskimäärin noin yhdeksänteen ikävuoteen mennessä (Lemaire & Siegler, 1995). Lisäksi työmuistin suurempaa selitysstettä voi selittää aiempien tutkimusten hypoteesit ja tulokset siitä, että työmuistia käytetään enemmän iästä riippumatta silloin, kun tehtävä on uusi ja vielä haastava (Imbo & Vandierendonck, 2007; Peng ym., 2016; Raghobar, Barnes & Hecht, 2010). Sanalliset tehtävät ovat vielä 2. ja 3. luokkalaisille melko uusi harjoiteltava tehtävätyyppi. Aritmeettisten laskujen pilkkominen osiin vie enemmän työmuistikapasiteettia kuin oikean vastauksen hakeminen suoraan muistista, joka tulee melkein automaattisesti, kun tehtävää on jo harjoiteltu pitkään (Peng ym., 2016; Raghobar ym., 2010). Laskujen hajottaminen osiin on yleisemmin käytettyä ennen kuin taidot ovat automatisoituneita (Bailey ym., 2012; Geary, 2004).

Tyttöjen ja poikien välisiä korrelaatioita vertaillen huomattiin, että sukupuolten välillä oli eroa nopean nimeämisen yhteydessä sanallisiin tehtäviin.

Regressiomallin tuloksia tutkittaessa huomattiin, että nopea nimeäminen selitti tilastollisesti merkitsevästi vain poikien sanallisissa tehtävissä suoriutumista toisella luokalla. Vastaavaa yhteyttä RANin ja sanallisten tehtävien välillä ei ollut pojilla kolmannella luokalla eikä tytöillä kummallakaan luokka-asteella. Tutkimuksemme mukaan vaikuttaisi siltä, että pojilla nopean nimeämisen ennustavuuden pysyvyys säilyisi pidempään kuin tytöillä. Tulokset osoittivat, että pojilla ja tytöillä oli joitain eroavaisuuksia nopean nimeämisen yhteydessä sanallisiin tehtäviin. On kuitenkin epäselvää, mistä erot sukupuolten välillä johtuvat. Osa aikaisemmista tutkimuksista antaa jonkin verran viitteitä siitä, että sukupuoli voi olla merkitsevä tekijä RAN-testeissä (Camarata & Woodcock, 2006; Lachance & Mazzocco, 2006), sanallisissa tehtävissä suoriutumisessa (Vilenius-Tuohimaa ym., 2008) ja mahdollisesti työmuistissa (Vuontela, 2010).

Kuten koko joukolla, malliin ensimmäisellä askeleella lisätty työmuisti selitti sanallisissa tehtävissä suoriutumista tilastollisesti erittäin merkitsevästi sekä tytöillä että pojilla erikseen tarkasteltuina molemmilla luokka-asteilla. Standardoitujen regressiokertoimien mukaisesti työmuisti oli sukupuolittain mallissa voimakkain selittäjä, myös pojilla toisella luokalla, vaikka ero työmuistin ja nopean nimeämisen välillä oli silloin pieni. Kuten koko aineistoa tarkasteltaessa myös sukupuolittain tutkittuna työmuistilla oli pysyvämpi yhteys sanallisissa tehtävissä menestymisessä kuin nopealla nimeämisellä.

4.2 Tutkimuksen arviointia ja jatkotutkimusehdotukset

Seuraavaksi arvioidaan tutkimusta mittareiden, mittaustilanteiden, aineiston ja luotettavuuden näkökulmasta. Lisäksi pohditaan tutkimuksen aiheeseen liittyviä tekijöitä, jotka voitaisiin ottaa huomioon jatkotutkimuksissa.

Useimmat tutkimuksen mittarit ovat paljon käytettyjä lisäten niiden luotettavuutta, mutta osaan niistä liittyi joitakin rajoituksia. Nopeaa sarjallista nimeämistä mitattiin Dencklan ja Rudelin (1974) kolmella osatestillä, joka on yleisesti hyvin paljon hyödynnetty mittari. Tutkimuksen etuna voidaan pitää sitä, että RANin mittaamisessa käytettiin sekä alfanumeerisia että ei-alfanumeerisia ärsykeitä. Nopeaa nimeämistä mitattiin myös kirjoitettujen

sanojen osatestillä. Sanat-osatestin ollessa RAN-summamuuttujassa mukana sen Cronbachin alfa oli huomattavasti pienempi kuin silloin, kun sanat-osatesti oltiin jätetty pois summamuuttujasta. Jätimme osatestin pois summamuuttujasta, sillä ensimmäisellä luokalla kaikkien oppilaiden lukeminen ei ole vielä riittävän sujuvaa tai automatisoitunutta. Tällöin kyseessä ei välttämättä ole heikko nopean nimeämisen taito, vaan kehittymätön lukutaito. Arviomme mukaan sanat-osion tulokset eivät olleet riittävän luotettavia mittaamaan sanojen nopeaa nimeämistä, eikä osatestiä sisällytetty summamuuttujaan. Lopullisen RAN-summamuuttujan Cronbachin alfa oli korkea, joten muuttujan reliabiliteettia voidaan pitää hyvänä. Varmistuimme RAN-muuttujan logaritimuunnoksen avulla alkuperäisten tulosten robustisuudesta. Suoritimme regressioanalyysin alkuperäisellä ja muunnetulla RAN-muuttujalla, mutta tulokset olivat samansuuntaiset, eikä muunnos tuonut merkittävää lisäarvoa tuloksiin. Tämä lisää tutkimuksen luotettavuutta, sillä tutkimuksessa on otettu huomioon oletuksiin liittyviä rajoituksia.

Tässä tutkimuksessa käytettiin osatestien muuttujista muodostettua summamuuttujaa, eikä RANin yhteyttä sanallisiin tehtäviin tutkittu yksittäisten osatestien näkökulmasta vaan ennemminkin yleisellä tasolla. Jatkotutkimuksissa voitaisiin selvittää, millä tavoin nopean nimeämisen eri osa-alueet eroavat toisistaan, ja miten ne ovat yhteydessä sanallisiin tehtäviin erikseen tarkasteltuina. Tutkimukset eivät anna selkeää kuvaa siitä, miten RANin eri mittaustavat vaikuttavat laskemiseen tai sanallisiin tehtäviin, joten eri mittaustapoja olisi tarpeellista tutkia lisää. Lisätutkimusta tarvitaan myös sukupuolten välisistä eroista RAN-testissä, sillä tekijöiden väliset suhteet eivät olleet samansuuruisia tässä tai aiemmissa tutkimuksissa. Sukupuolten välisiä eroja voitaisiin tutkia tarkemmin selvittämällä eri RAN-testin osa-alueiden yhteyksiä sanallisiin tehtäviin. Tämän avulla voitaisiin selvittää tyttöjen ja poikien välisiä eroja matematiikan ja kognitiivisten taitojen kehitymisessä alkuopetuksen aikana.

Tässä tutkimuksessa työmuistia mitattiin WISC - IV numerosarjojen testillä (Wechsler, 2010). Tämän lisäksi työmuistia mitattiin myös vastaavalla

tutkimuskäyttöön luodulla sanasarjojen testillä (Koponen & Aro, 2016). Työmuistin summamuuttujan Cronbachin alfa arvo oli riittävän suuri lisäten tutkimuksen luotettavuutta. Käytetyn työmuistin testin luotettavuutta lisää se, että testi on normitettu ja sitä on käytetty laajasti (Wechsler, 2010). Testin käyttöön liittyy kuitenkin rajoituksia. Rosen ja Englen (1997) mukaan mittari ei ole riittävän vaativa työmuistin mittaamiseen. Testi ei välttämättä anna riittävän hyvää kuvaa työmuistin todellisesta kapasiteetista, koska sen avulla ei pystytä erottelamaan eri komponenttien yhteyksiä sanallisiin tehtäviin. Tiedetään, että kaikki komponentit ovat yhteydessä matematiikan taitoihin ja laskutoimituksien vaiheisiin eri tavoin, jolloin tulokset voivat vääristyä mikäli komponentteja ei ole tutkittu erillisinä muuttujina. Tämän lisäksi eri komponenttien yhteyttä sanallisiin tehtäviin olisi hyödyllistä tutkia, sillä komponenttien ollessa yhteydessä jollain tasolla toisiinsa, yhden komponentin ongelmat voivat aiheuttaa ongelmia toisessa (Swanson & Beebe-Frankenberger, 2004).

Sanallisia tehtäviä mitattiin Koposen ja Salmisen (2016) kehittämällä standardoimattomalla testillä, jonka tehtävät koostuivat yhteen-, vähennys-, kerto- ja jakolaskuista. Testi on kehitetty tutkimuskäyttöön, mutta sen luotettavuudesta ei ole tietoa. Toisen luokan oikeiden vastausten ja lausekkeiden sisäistä ja tekijöiden välistä korrelaatiota arvioitiin Kuder-Richardson 20 (KR-20) arvon avulla. Korkea KR-20 arvo voi kertoa käytettävän muuttujan testin homogeenisuudesta. KR-20 arvo (.84) oli yli .70, jolloin arvoa voidaan pitää luotettavana oppilaiden taitotasoa arvioivalle testille. (Fraenkel & Wallen, 1996.) Tutkimuksen tekohetkellä ei ollut käytettävissä kolmannen luokan osiokohtaista aineistoa reliabiliteetin arvioimiseksi. Korrelaatioiden voimakkuuteen voi vaikuttaa tehtävien vaikeustaso ja saatujen pistemäärien hajonta. Tutkimuksessa tutkittiin sanallisissa tehtävissä suoriutumista eli laskemisen tarkkuutta. Käytimme muuttujia, joissa sanallisia tehtäviä arvioitiin tulkitsemalla oikeaa lauseketta ja vastausta. Tällöin tehtävän vastaus on voinut mennä väärin ja oppilas on silti voinut saada puoli pistettä oikeasta lausekkeesta. Tämä arviointitapa saattoi nostattaa oppilaiden saamaa pistemäärää sanallisissa

tehtävissä ja vaikuttaa oppilaiden arvioituun osaamisen tasoon, mikä on voinut vähentää heikommin suoriutuvien oppilaiden määrää.

Tutkimuksen luotettavuuteen voi vaikuttaa se, että kolmannella luokalla 23 oppilasta sai täydet pisteet sanallisten tehtävien osiosta, kun taas vastaava luku oli toisella luokalla neljä oppilasta. Tämä voi kertoa siitä, että testin kysymykset eivät olleet riittävän haastavia kolmannella luokalla. Kysymykset olivat melko samankaltaisia toisen ja kolmannen luokan testeissä, eivätkä ne välttämättä erotelleet riittävästi oppilaita taitojen mukaan. On mahdollista, että tämä on vaikuttanut esimerkiksi tyttöjen ja poikien välillä havaittuihin eroihin tässä tutkimuksessa. Aineiston laskutehtävissä tyttöjen joukossa oli enemmän täysiä pisteitä saaneita oppilaita, mikä on voinut vaikuttaa tutkimustulokseen suosien tyttöjen suoriutumista. Lisäksi sanallisten tehtävien ollessa aikapaineistettuja, se ei ottanut huomioon hitaita laskijoita. Joku oppilas olisi voinut saada tehtävän oikein, mikäli hän olisi saanut riittävästi aikaa tehtävien laskemiseen. Tässä tutkimuksessa ei eroteltu oppilaita taitotasojen mukaan tai otettu huomioon oppimisvaikeuksien esiintyvyyttä oppilailla. Tämä on voinut vääristää tuloksia lisäten heikommin suoriutuvien oppilaiden määrää.

Tutkimustilanteisiin liittyy joitain rajoituksia. Mittaukset toteutettiin yksilö- ja ryhmätilanteissa, eivätkä ne olleet täysin häiriöttömiä ärsykeiltä. Yksilötilanteissa oppilaan suoriutumista oli helpompi seurata, ja oppilaan oli mahdollista suorittaa tehtävät uudelleen. Testaajasta johtuvia virheitä voitiin vähentää nauhoittamalla yksilötilanteet ja tarkastamalla ne jälkikäteen. Ryhmätilanteissa ei ollut mahdollista seurata yksittäistä lasta yhtä tarkasti, jolloin yksilön suoriutumiseen saattoi vaikuttaa esimerkiksi muista oppilaista johtuva hälinä samassa tilassa. Sanallisten tehtävien aikapaineisuus saattoi aiheuttaa ahdistusta ja vaikuttaa negatiivisesti joidenkin oppilaiden suoriutumiseen. Tutkimustilanteessa eri tekijät, kuten jännittyneisyys ja motivaatio tehtävien tekemiseen, ovat voineet vaikuttaa lasten tarkkaavaisuuteen ja toiminnanohjaukseen eri mittauskertoina. Tutkimustilanne tai aineistoon valikoituminen ovat voineet vaikuttaa tässä tutkimuksessa havaittuihin sukupuolieroihin.

Tutkimuksen pitkittäisasetelmaa voidaan pitää vahvuutena, sillä se mahdollisti RANin ennustettavuuden tutkimisen luotettavasti pidemmällä aikavälillä. Useamman mittauskerran avulla pystyttiin tutkimaan luokka-asteiden välisiä eroja ja näin tutkia ennustavuuden pysymistä. Tutkimusta kuitenkin rajoittaa sen heikko yleistettävyys. Kaikki tutkittavat olivat Keski-Suomen alueelta, jolloin sitä ei voida pitää koko Suomea edustavana otoksena. Toisaalta tutkimuksen yhtenä vahvuutena voidaan pitää suurta otoskokoa niin koko tutkimusjoukon (N = 200) kuin sukupuolittaiten tarkastelujen osalta (tytöt, N = 98 ja pojat, N = 93). Tutkimuksen sukupuolijakauma oli myös hyvin tasainen.

Regressioanalyysin avulla voitiin selvittää jokaisen selittävän muuttujan suhteellinen selitysosuus selitettävän muuttujan varianssista. Muuttujat asetettiin mallissa hierarkkiseen järjestykseen, joka perustui vahvoihin aiempiin tutkimustuloksiin. Järjestyksen valintaa ja sen luotettavuutta vahvisti myös tämän tutkimuksen muuttujien väliset korrelaatiot. Tässä tutkimuksessa huomioitiin vain tiettyjen muuttujien vaikutus sanallisiin tehtäviin, eivätkä ne paljasta todellisia suhteita koko ilmiöstä. Tulosten voimakkuuteen on voinut vaikuttaa se, että kontrolloiduksi muuttujiksi oli asetettu vain kaksi muuttujaa koko joukkoa tarkasteltavassa mallissa. Tyttöjen ja poikien malleissa oli vain yksi kontrolloitu muuttuja. Yhteensä tutkimukseen valitut muuttujat selittivät todellisesta ilmiöstä melko vähän, ja sitä voivat selittää paremmin muut muuttujat, joita tässä tutkimuksessa ei huomioitu.

Jatkotutkimuskohteena voisi olla oppilaiden asenteiden tutkiminen matematiikan sanallisia tehtäviä kohtaan. Oppilaan asenne ja kiinnostus opeteltavaa ainetta kohtaan vaikuttavat oppilaan motivaatioon, itsesäätelykykyyn, minäpystyvyyteen ja oppimiseen (Ashcraft, Krause & Hopko, 2009; Clements ym., 2014; Hirvonen ym., 2012; Pajares & Miller, 1994). Bates ja Wiest (2004) huomasivat, että oppilaat olivat innokkaampia, kun sanalliset tehtävät liittyivät heidän omaan arkeensa ja ympäröivään maailmaan. Sanallisten tehtävien ollessa personoituja oppilaat suoriutuivat tehtävistä paremmin, oppivat lyhyellä aikavälillä tehokkaammin ja asenteet tehtäviä

kohtaan olivat positiivisemmat (Ku & Sullivan, 2002). Työmuistin ja RANin on havaittu olevan yhteydessä tarkkaavaisuuteen ja taitoon ohjata ja suunnata omaa toimintaa (Georgiou ym., 2013). Jatkotutkimuksissa olisi mahdollista huomioida RANin vaikutus, kun tutkittavien tarkkaavaisuus on otettu huomioon. Tässä tutkimuksessa ei huomioitu sanallisten tehtävien eri tehtävätyyppejä. Nopeaa nimeämistä voitaisiin jatkossa tutkia eri sanallisten tehtävien tehtävätyyppien näkökulmasta ja selvittää eri kysymystyyppien erovaisuuksista ja yhteyksistä nopeaan nimeämiseen. Tällöin voitaisiin tutkia tarkemmin eri ajattelustrategioiden ilmentymistä eri tehtävätyypeissä, ja ilmenevätkö ne nopean nimeämisen testissä.

Tässä tutkimuksessa ei otettu huomioon oppilaiden lukutaidon tasoa. Aikaisemmissa tutkimuksissa painotetaan luetun ymmärtämisen yhteyttä laskusujuvuuteen (Björn ym., 2016; Vilenius-Tuohimaa ym., 2008). Tulevaisuudessa olisi tärkeää selvittää tarkemmin aritmetiikan taitojen lisäksi kielellisten taitojen yhteyttä sanallisissa tehtävissä suoriutumiseen, sillä sanallisten tehtävien ratkaisu vaatii ensiksi tehtävän lukemista ja sen ymmärtämistä. Mikäli oppilas ei osaa lukea riittävän sujuvasti ja ymmärrä tehtävää, sanallista tehtävää ei ole tällöin mahdollista ratkaista. Useassa tutkimuksessa on huomattu, että lukemisella ja luetun ymmärtämisellä on vahva yhteys sanallisten tehtävien ratkaisuun. Fung ja Swanson (2017) totesivat tutkimuksessaan, että lukemisen taidot ovat tärkeämpiä sanallisten tehtävien ratkaisussa kuin matematiikan taidot, sillä ensiksi tarvitaan lukemisen taitoja. Myös Spencer ja kollegat (2020) totesivat tutkimuksessaan, että kielellisillä taidoilla on tärkeä merkitys sanallisten tehtävien ratkaisussa ja taitojen kehityksessä. Tässä tutkimuksessa oppilaiden heikko suoriutuminen sanallisissa tehtävissä ei siis välttämättä johtunut heikosta matematiikan osaamisesta vaan puutteellisesta lukemisen ja ymmärtämisen taidosta. Tutkimustulos voi kertoa esimerkiksi teknisen lukutaidon tasosta ja siirtymästä fonologisesta lukemisesta nopeampaan ortografiseen lukemiseen, kuten Vilenius-Tuohimaan ja muiden (2008) tutkimuksessa. Erot ensimmäisellä luokalla mitatussa RAN-testissä ovat voineet tasaantua toiseen ja kolmanteen luokkaan mennessä. Nopeaan

sarjalliseen nimeämiseen ja aritmetiikan taitojen kehittymiseen vaikuttavat fonologiseen prosessointiin liittyvät taidot. Fonologinen tietoisuus ennustaa vahvasti aritmeettisia taitoja, lukemista ja matematiikassa suoriutumista (Hecht ym., 2001), minkä vuoksi voitaisiin selvittää, onko sillä voimakkaampi yhteys sanallisiin tehtäviin kuin nopealla nimeämisellä.

4.3 Käytännön merkitys

Sanalliset tehtävät näyttävät merkityksellisinä paitsi oppilaan koulupolulla, mutta myös arkielämässä, jossa matemaattiset ongelmat vaativat eri taitojen soveltamista ja ongelmanratkaisukykyä. Taitojen kehittymisen tukeminen on siis ensisijaisen tärkeää. Varhaisella ongelmien tunnistamisella ja tuen aloittamisella alkuopetuksessa voidaan parhaiten mahdollistaa taitojen oppimista. Merkittävää on löytää sellaiset menetelmät, joilla voidaan tunnistaa luotettavasti ne oppilaat, joilla on riski siihen, että laskemisen tai lukemisen taidot eivät kehity yhtä tehokkaasti. Tämän tutkimuksen tulosten perusteella nopean nimeämisen testi ennustaa matematiikan sanallisissa tehtävissä suoriutumista, mutta sen kyky ennustaa sanallisia tehtäviä voi muuttua myöhemmin luokka-asteelta toiselle siirryttäessä. Tutkimuksen selitysteiden perusteella nopea nimeäminen on heikko sanallisten tehtävien ennustaja, ja jokin toinen selittäjä voi ennustaa paremmin taitojen kehittymistä. Tulos vahvistaa aiempien tutkimusten tuloksia, joiden mukaan RAN-testi soveltuu paremmin varhaisten laskemisen ja lukemisen taitojen testaamiseen (Hecht ym., 2001; Heikkilä ym., 2015; Koponen ym., 2007).

Nopean nimeämisen testin lisäksi voisi olla luotettavampaa hyödyntää muita testejä sanallisten tehtävien ennustamisessa. Tässä tutkimuksessa työmuisti ennusti vahvasti matematiikassa suoriutumista myöhemmällä iällä, jolloin työmuistin testaaminen varhain voi antaa viitteitä mahdollisista ongelmista matematiikassa suoriutumisessa (De Smedt ym., 2009; LeFevre ym., 2005). Opettajien on tärkeää tiedostaa, että haasteet matematiikan oppimisessa voivat johtua myös heikosta työmuistista. Onkin oleellista tunnistaa, mitkä

tekijät voivat olla heikon suoriutumisen takana, jotta tukea voidaan kohdentaa oikeisiin asioihin, eivätkä ongelmat pääsisi kasautumaan.

Oppilaan suoriutumista sanallisissa tehtävissä voidaan tukea huomioimalla laajemmin eri tekijöitä, jotka vaikuttavat matematiikan taitojen kehittymiseen yksittäisten opeteltavien taitojen sijaan. Koska sanalliset tehtävät kuuluvat matematiikan oppiaineeseen, niiden tukemisessa keskitytään usein ainoastaan laskutaidon kehittämiseen. Sanallisten tehtävien ratkaisussa tarvitaan kuitenkin laajasti myös muita opeteltavia taitoja. Aritmeettisten taitojen kehittymisen lisäksi sanallisiin tehtäviin kuuluu keskeisesti myös kielellisten taitojen kehittyminen. Sanallisten tehtävien kehityksessä ja opettamisessa olisi tärkeää huomioida peruslaskutaitojen lisäksi samanaikaisesti kielellisten valmiuksien ja lukemisen taitojen tukeminen (Kyttälä & Björn, 2014; Spencer ym., 2020). Spencerin ja muiden tutkimuksessa (2020) suositeltiin huomioimaan erityisesti kielelliset taidot, kun suunnitellaan interventiota sanallisten tehtävien tueksi.

Työmuisti ennustaa vahvasti sanallisissa tehtävissä suoriutumista, ja se on mukana matematiikkaan liittyvissä prosesseissa, minkä vuoksi sen tukeminen voidaan huomioida tukitoimien suunnittelussa. Työmuistia voidaan harjoittaa ja se voi parantaa suoriutumista muistitehtävissä (Shipstead, Redick & Engle, 2012), mutta pääosin tutkimukset toteavat sen, että työmuistin harjoittaminen ei kehitä kognitiivisia taitoja, akateemista menestymistä (Sala & Gobet, 2017) tai tarkemmin matematiikassa suoriutumista (Kyttälä & Kanerva, 2018). Näin ollen työmuistin harjoittamista ei suositella käytettäväksi interventiomenetelmänä (Sala & Gobet, 2017). Koulussa oppilaan työmuistia voidaan kuitenkin tukea eri tavoin. Puutteellista työmuistin kapasiteettia voidaan korvata hyödyntämällä apuvälineitä muistitilan tukena, esimerkiksi käyttämällä kynää ja paperia. Opettaja voi vähentää oppilaan työmuistin kuormitusta selkeillä, vaiheittaisilla ja lyhyillä tehtävänannoilla sekä vähentämällä kerralla tulevan informaation määrää. Muistin tukena on olennaista myös toistojen määrän lisääminen. Lisäksi annettava tuki voi riippua siitä, millä työmuistin alueella puute on. (Kyttälä, 2020.) Työmuistin toimintaan voi vaikuttaa myös lapsen vireystila, liikunta, uni ja ruokavalio. Näihin voidaan kiinnittää huomiota koulussa, esimerkiksi

taukojumppien, toiminnallisen oppimisen ja välituntien muodossa, mutta suuremmissa roolissa on oppilaan kotiympäristö. Opettaja voi kuitenkin ottaa asian esiin kodin ja koulun välisessä yhteistyössä.

Akateemisten taitojen lisäksi sanallisissa tehtävissä suoriutumista voidaan tukea myös oppilaiden motivaation huomioimisella. Oppilaan motivaatiota pystytään vahvistamaan esimerkiksi sitomalla tehtävät lapsen omaan henkilökohtaiseen maailmaan (Ku & Sullivan, 2002). Sanallisten tehtävien konkreettiset yhteydet ympäröivään yhteiskuntaan ja arjen ongelmiin voivat herättää kiinnostuksen matematiikkaan ja laskemiseen. Ongelmanratkaisua vaativat tehtävät edistävät ajattelun taitojen kehittymistä, ja niitä on mahdollista hyödyntää monialaisesti yli oppiainerajojen. Näiden asioiden mahdollistamiseksi kaiken pohjana on sellaisen koulukulttuurin edistäminen, jossa sanallisia tehtäviä harjoitellaan aktiivisesti peruslaskujen ohella ja myös muissa oppiaineissa.

LÄHTEET

- Aguilar-Vafaie, M. E., Safarpour, N., Khosrojauid, M. & Afruz, G. A. (2012). A comparative study of rapid naming and working memory as predictors of word recognition and reading comprehension in relation to phonological awareness in Iranian dyslexic and normal children. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 32, 14–21. doi:10.1016/j.sbspro.2012.01.003
- Alloway, T. P., Gathercole, S. E. & Pickering, S. J. (2006). Verbal and visuospatial short-term and working memory in children: Are they separable? *Child Development*, 77(6), 1698–1716. doi:10.1111/j.1467-8624.2006.00968.x
- Araujo, G. F. S., Ferreira, T. L. & Ciasca, S. M. (2016). Rapid automatized naming in 6 and 7 years old students. *Revista CEFAC*, 18(2), 392–398. doi:10.1590/1982-0216201618210615
- Aro, M. (2004). *Learning to read: The effect of orthography* (Väitöskirja, Jyväskylän yliopiston tutkimusraportti 237). Haettu osoitteesta <http://urn.fi/URN:ISBN:951-39-1722-3>
- Ashcraft, M. H. (2002). Math anxiety: Personal, educational, and cognitive consequences. *Current Directions in Psychological Science*, 11(5), 181–185. doi:10.1111/1467-8721.00196
- Ashcraft, M. H., Krause, J. A. & Hopko, D. R. (2009). Is math anxiety a mathematical learning disability? Teoksessa D.B. Berch & M. M. M. Mazzocco (toim.), *Why is math so hard for some children?: The nature and origins of mathematical learning difficulties and disabilities* (s. 329–348). Baltimore: Paul H. Brookes.
- Aunio, P., Aubrey, C., Godfrey, R., Pan, Y. & Liu, Y. (2008). Children's early numeracy in England, Finland and People's Republic of China. *International Journal of Early Years Education*, 16(3), 203–221. doi:10.1080/09669760802343881
- Aunio, P. & Niemivirta, M. (2010). Predicting children's mathematical performance in grade one by early numeracy. *Learning and Individual Differences*, 20(5), 427–435. doi:10.1016/j.lindif.2010.06.003

- 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*(4), 699–713. doi:10.1037/0022-0663.96.4.699
- Baddeley, A. D. (1986). *Working memory*. London: Oxford University Press.
- Baddeley, A. D. (2000). The episodic buffer: A new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences, 11*(4), 417–423. doi:10.1016/S1364-6613(00)01538-2
- Baddeley, A. D. (2010). Working memory. *Current Biology, 20*(4), 136–140. doi:10.1016/j.cub.2009.12.014
- Baddeley, A. D. & Logie, R. H. (1999). Working memory: The multiple-component model. Teoksessa A. Miyake & P. Shah (toim.), *Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control* (s. 28–61). Cambridge University Press.
- Bailey, D. H., Littlefield, A. & Geary, D. C. (2012). The codevelopment of skill at and preference for use of retrieval-based processes for solving addition problems: Individual and sex differences from first to sixth grades. *Journal of Experimental Child Psychology, 113*(1), 78–92. doi:10.1016/j.jecp.2012.04.014
- Bashash, L., Outhred, L. & Bochner, S. (2003). Counting skills and number concepts of students with moderate intellectual disabilities. *International Journal of Disability, Development and Education, 50*(3), 325–345. doi:10.1080/1034912032000120480
- Bates, E. & Wiest, L. (2004). Impact of personalization of mathematical word problems on student performance. *The Mathematics Educator, 14*(2), 17–26.
- Batty, G. D., Kivimäki, M. & Deary, I. J. (2010). Intelligence, education, and mortality. *BMJ, 340*. <https://doi.org/10.1136/bmj.c563>
- Björn, P. M., Äikäs, A., Hakkarainen, A., Kyttälä, M. & Fuchs, L. S. (2019). Accelerating mathematics word problem-solving performance and efficacy with think-aloud strategies. *South African Journal of Childhood Education, 9*(1), e1–e10. doi:10.4102/sajce.v9i1.716

- 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*(2), 362-377.
doi:10.1080/01443410.2014.992392
- Bull, R. & Johnston, R. S. (1997). Children's arithmetic difficulties: Contributions from processing speed, item identification, and short-term memory. *Journal of Experimental Child Psychology, 65*(1), 1-24. doi: 10.1006/jecp.1996.2358
- Camarata, S. & Woodcock, R. (2006). Sex differences in processing speed: Developmental effects in males and females. *Intelligence, 34*(3), 231-252.
doi:10.1016/j.intell.2005.12.001
- Chuderski, A. & Jastrzębski, J. (2018). Much ado about aha!: Insight problem solving is strongly related to working memory capacity and reasoning ability. *Journal of Experimental Psychology. General, 147*(2), 257-281.
doi:10.1037/xge0000378
- Cirino, P. T., Fuchs, L. S., Elias, J. T., Powell, S. R. & Schumacher, R. F. (2015). Cognitive and mathematical profiles for different forms of learning difficulties. *Journal of Learning Disabilities, 48*(2), 156-175.
doi:10.1177/0022219413494239
- Clements, D., Sarama, J. & Baroody, A. (2014). *Background research on early mathematics*. Washington, DC: National Governors Association.
- Cui, J., Georgiou, G. K., Zhang, Y., Li, Y., Shu, H. & Zhou, X. (2017). Examining the relationship between rapid automatized naming and arithmetic fluency in Chinese kindergarten children. *Journal of Experimental Child Psychology, 154*, 146-163. doi:10.1016/j.jecp.2016.10.008
- D'Amico, A. & Passolunghi, M. C. (2009). Naming speed and effortful and automatic inhibition in children with arithmetic learning disabilities. *Learning and Individual Differences, 19*(2), 170-180.
<https://doi.org/10.1016/j.lindif.2009.01.001>
- De Corte, E. & Verschaffel, L. (1987). The effect of semantic structure on first graders' strategies for solving addition and subtraction word problems.

Journal for Research in Mathematics Education, 18(5), 363–381.

doi:10.2307/749085

- De Smedt, B., Janssen, R., Bouwens, K., Verschaffel, L., Boets, B. & Ghesquière, P. (2009). Working memory and individual differences in mathematics achievement: A longitudinal study from first grade to second grade. *Journal of Experimental Child Psychology*, 103(2), 186–201. doi:10.1016/j.jecp.2009.01.004
- Deary, I. J. (2012). Intelligence. *Annual Review of Psychology*, 63, 453–482.
- Degrande, T., Van Hoof, J., Verschaffel, L. & Van Dooren, W. (2018). Open word problems: Taking the additive or the multiplicative road? *ZDM: The International Journal on Mathematics Education*, 50, 91–102.
doi:10.1007/s11858-017-0900-6
- Dehaene, S. & Cohen, L. (1995). Towards an anatomical and functional model of number processing. *Mathematical Cognition*, 1(1), 83–120.
- Denckla, M. B. & Rudel, R. G. (1974). Rapid "automatized" naming of pictured objects, colors, letters, and numbers by normal children. *Cortex*, 10(2), 186–202. [https://doi.org/10.1016/S0010-9452\(74\)80009-2](https://doi.org/10.1016/S0010-9452(74)80009-2)
- Denckla, M. B. & Rudel, R. G. (1976). Rapid "automatized" naming (R.A.N): Dyslexia differentiated from other learning disabilities. *Neuropsychologia*, 14(4), 471–479. [https://doi.org/10.1016/0028-3932\(76\)90075-0](https://doi.org/10.1016/0028-3932(76)90075-0)
- Di Filippo, G., Brizzolara, D., Chilosi, A., De Luca, M., Judica, A., Pecini, C., . . . Zoccolotti, P. (2005). Rapid naming, not cancellation speed or articulation rate, predicts reading in an orthographically regular language (Italian). *Child Neuropsychology*, 11(4), 349–361. doi:10.1080/09297040490916947
- Donker, M., Kroesbergen, E., Slot, E., Van Viersen, S. & De Bree, E. (2016). Alphanumeric and non-alphanumeric rapid automatized naming in children with reading and/or spelling difficulties and mathematical difficulties. *Learning and Individual Differences*, 47, 80–87. doi:10.1016/j.lindif.2015.12.011
- Dowker, A. (2014). Young children's use of derived fact strategies for addition and subtraction. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7(924).
doi:10.3389/fnhum.2013.00924

- Farrington-Flint, L., Vanuxem-Cotterill, S. & Stiller, J. (2009). Patterns of problem-solving in children's literacy and arithmetic. *British Journal of Developmental Psychology*, 27(4), 815–834. doi:10.1348/026151008X383148
- Field, A. (2009). *Discovering statistics using SPSS (and sex and drugs and rock 'n' roll)*. Los Angeles: Sage.
- Flare-hanke. FLARE – Jyväskylän yliopisto. (24.4.2020) Haettu osoitteesta <https://jyuflare.wordpress.com/>
- Fraenkel, J.R. & Wallen, N.E. (1996). *How to Design and Evaluate Research*. USA: Mc. Fraw-Hill Inc.
- Friso-van den Bos, I., Van der Ven, S. H. G., Kroesbergen, E. H. & Van Luit, J. E. H. (2013). Working memory and mathematics in primary school children: A meta-analysis. *Educational Research Review*, 10, 29–44. doi:10.1016/j.edurev.2013.05.003
- Fry, A. F. & Hale, S. (2000). Relationships among processing speed, working memory, and fluid intelligence in children. *Biological Psychology*, 54(1), 1–34. doi:10.1016/S0301-0511(00)00051-X
- Fuchs, L. S., Compton, D. L., Fuchs, D., Paulsen, K., Bryant, J. D. & Hamlett, C. L. (2005). The prevention, identification, and cognitive determinants of math difficulty. *Journal of Educational Psychology*, 97(3), 493–513. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.97.3.493>
- Fuchs, L. S., Compton, D. L., Fuchs, D., Powell, S. R., Schumacher, R. F., Hamlett, C. L., . . . Vukovic, R. K. (2012). Contributions of domain-general cognitive resources and different forms of arithmetic development to pre-algebraic knowledge. *Developmental Psychology*, 48(5), 1315–1326. doi:10.1037/a0027475
- Fuchs, L. S., Fuchs, D., Compton, D. L., Powell, S. R., Seethaler, P. M., Capizzi, A. M., . . . Fletcher, J. M. (2006). The cognitive correlates of third-grade skill in arithmetic, algorithmic computation, and arithmetic word problems. *Journal of Educational Psychology*, 98(1), 29–43. doi:10.1037/0022-0663.98.1.29
- Fung, W. & Swanson, H. (2017). Working memory components that predict word problem solving: Is it merely a function of reading, calculation, and fluid

- intelligence? *Memory & Cognition*, 45(5), 804–823. doi:10.3758/s13421-017-0697-0
- Fürst, A. & Hitch, G. (2000). Separate roles for executive and phonological components of working memory in mental arithmetic. *Memory & Cognition*, 28(5), 774–782. doi:10.3758/BF03198412
- Gathercole, S. E. (1999). Cognitive approaches to the development of short-term memory. *Trends in Cognitive Sciences*, 3(11), 410–419.
[https://doi.org/10.1016/S1364-6613\(99\)01388-1](https://doi.org/10.1016/S1364-6613(99)01388-1)
- Gathercole, S. E., Pickering, S. J., Ambridge, B. & Wearing, H. (2004). The structure of working memory from 4 to 15 years of age. *Developmental Psychology*, 40(2), 177–190. doi:10.1037/0012-1649.40.2.177
- Gathercole, S. E., Woolgar, F., Kievit, R. A., Astle, D., Manly, T. & Holmes, J. (2016). How common are WM deficits in children with difficulties in reading and mathematics? *Journal of Applied Research in Memory and Cognition*, 5(4), 384–394. doi:10.1016/j.jarmac.2016.07.013
- Geary, D. C. (2004). Mathematics and learning disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, 37(1), 4–15. doi:10.1177/00222194040370010201
- Geary, D. C. (2011). Consequences, characteristics, and causes of mathematical learning disabilities and persistent low achievement in mathematics. *Journal of Developmental and Behavioral Pediatrics*, 32(3), 250–263.
 doi:10.1097/DBP.0b013e318209edef
- Geary, D. C. (2013). Early foundations for mathematics learning and their relations to learning disabilities. *Current Directions in Psychological Science*, 22, 23–27. <http://dx.doi.org/10.1177/0963721412469398>
- Geary, D. C., Hoard, M. K., Byrd-Craven, J. & DeSoto, M. C. (2004). Strategy choices in simple and complex addition: Contributions of working memory and counting knowledge for children with mathematical disability. *Journal of Experimental Child Psychology*, 88(2), 121–151. doi:10.1016/S0022-0965(04)00033-5
- Geary, D. C., vanMarle, K., Chu, F. W., Rouder, J., Hoard, M. K. & Nugent, L. (2018). Early conceptual understanding of cardinality predicts superior school-

- entry number-system knowledge. *Psychological Science*, *29*(2), 191–205.
doi:10.1177/0956797617729817
- Georgiou, G. K., Torppa, M., Manolitsis, G., Lyytinen, H. & Parrila, R. (2012). Longitudinal predictors of reading and spelling across languages varying in orthographic consistency. *Reading and Writing*, *25*(2), 321–346.
doi:10.1007/s11145-010-9271-x
- Georgiou, G. K., Tziraki, N., Manolitsis, G. & Fella, A. (2013). Is rapid automatized naming related to reading and mathematics for the same reason(s)? A follow-up study from kindergarten to grade 1. *Journal of Experimental Child Psychology*, *115*(3), 481–496. doi:10.1016/j.jecp.2013.01.004
- Geurten, M. & Lemaire, P. (2017). Age-related differences in strategic monitoring during arithmetic problem solving. *Acta Psychologica*, *180*, 105–116. doi:10.1016/j.actpsy.2017.09.005
- Gilmore, C., Clayton, S., Cragg, L., McKeaveney, C., Simms, V. & Johnson, S. (2018). Understanding arithmetic concepts: The role of domain-specific and domain-general skills. *PloS One*, *13*(9), e0201724.
doi:10.1371/journal.pone.0201724
- Hecht, S. A., Torgesen, J. K., Wagner, R. K. & Rashotte, C. A. (2001). The relations between phonological processing abilities and emerging individual differences in mathematical computation skills: A longitudinal study from second to fifth grades. *Journal of Experimental Child Psychology*, *79*(2), 192–227. doi:10.1006/jecp.2000.2586
- Heikkilä, R., Torppa, M., Aro, M., Närhi, V. & Ahonen, T. Double-deficit hypothesis in a clinical sample. *Journal of Learning Disabilities*, *49*(5), 546–560.
doi:10.1177/0022219415572895
- Hirvonen, R., Tolvanen, A., Aunola, K. & Nurmi, J.-E. (2012). The developmental dynamics of task-avoidant behavior and math performance in kindergarten and elementary school. *Learning and Individual Differences*, *22*(6), 715–723. doi:10.1016/j.lindif.2012.05.014
- Hornung, C., Martin, R. & Fayol, M. (2017). General and specific contributions of RAN to reading and arithmetic fluency in first graders: A longitudinal

- latent variable approach. *Frontiers in Psychology*, 8(1746).
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01746>
- Hubber, P. J., Gilmore, C. & Cragg, L. (2014). The roles of the central executive and visuospatial storage in mental arithmetic: A comparison across strategies. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 67(5), 936–954.
<https://doi.org/10.1080/17470218.2013.838590>
- Imbo, I. & Vandierendonck, A. (2007). The development of strategy use in elementary school children: Working memory and individual differences. *Journal of Experimental Child Psychology*, 96(4), 284–309.
[doi:10.1016/j.jecp.2006.09.001](https://doi.org/10.1016/j.jecp.2006.09.001)
- Jonassen, D. H. (2003). Designing research-based instruction for story problems. *Educational Psychology Review*, 15(3), 267–296. [doi:10.1023/A:1024648217919](https://doi.org/10.1023/A:1024648217919)
- Jordan, N. C. & Hanich, L. B. (2000). Mathematical thinking in second-grade children with different forms of LD. *Journal of Learning Disabilities*, 33(6), 567–578. [doi:10.1177/002221940003300605](https://doi.org/10.1177/002221940003300605)
- Kail, R. (1997). Phonological skill and articulation time independently contribute to the development of memory span. *Journal of Experimental Child Psychology*, 67(1), 57–68.
- Kail, R. & Hall, L. (2001). Distinguishing short-term memory from working memory. *Memory & Cognition*, 29(1), 1–9. [doi:10.3758/BF03195735](https://doi.org/10.3758/BF03195735)
- Kingsdorf, S. & Krawec, J. (2014). Error analysis of mathematical word problem solving across students with and without learning disabilities. *Learning Disabilities Research & Practice*, 29(2), 66–74. [doi:10.1111/ldrp.12029](https://doi.org/10.1111/ldrp.12029)
- Kirby, J. R., Parrila, R. K. & Pfeiffer, S. L. (2003). Naming speed and phonological awareness as predictors of reading development. *Journal of Educational Psychology*, 95(3), 453–464. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.95.3.453>
- Koedinger, K. R. & Nathan, M. J. (2004). The real story behind story problems: Effects of representations on quantitative reasoning. *Journal of the Learning Sciences*, 13(2), 129–164. [doi:10.1207/s15327809jls1302_1](https://doi.org/10.1207/s15327809jls1302_1)

- Koponen, T. & Aro, M. (2016). Julkaisematon verbaalista työmuistia mittaava sanasarjat -testi.
- Koponen, T., Aunola, K., Ahonen, T. & Nurmi, J.-E. (2007). Cognitive predictors of single-digit and procedural calculation skills and their covariation with reading skill. *Journal of Experimental Child Psychology*, *93*(3), 220–241. doi:10.1016/j.jecp.2007.03.001
- Koponen, T., Aunola, K. & Nurmi, J.-E. (2019). Verbal counting skill predicts later math performance and difficulties in middle school. *Contemporary Educational Psychology*, *59*, 101803. doi:10.1016/j.cedpsych.2019.101803
- Koponen, T., Georgiou, G. K., Salmi, P., Leskinen, M. & Aro, M. (2017). A meta-analysis of the relation between RAN and mathematics. *Journal of Educational Psychology*, *109*(7), 977–992. doi:10.1037/edu0000182
- Koponen, T., Salmi, P., Eklund, K. & Aro, T. (2013). Counting and RAN: Predictors of arithmetic calculation and reading fluency. *Journal of Educational Psychology*, *105*, 162–175. doi:10.1037/a0029285
- Koponen, T., Salmi, P., Torppa, M., Eklund, K., Aro, T., Aro, M., . . . Nurmi, J.-E. (2016). Counting and rapid naming predict the fluency of arithmetic and reading skills. *Contemporary Educational Psychology*, *44–45*, 83–94. doi:10.1016/j.cedpsych.2016.02.004
- Koponen, T. & Salminen, J. B. (2016). Julkaisematon sanallisten tehtävien testi.
- Korpipää, H., Moll, K., Aunola, K., Tolvanen, A., Koponen, T., Aro, M. & Lerkkanen, M. (2020). Early cognitive profiles predicting reading and arithmetic skills in grades 1 and 7. *Contemporary Educational Psychology*, *60*, 101830. doi:10.1016/j.cedpsych.2019.101830
- Krajewski, K. & Schneider, W. (2009). Exploring the impact of phonological awareness, visual-spatial working memory, and preschool quantity-number competencies on mathematics achievement in elementary school: Findings from a 3-year longitudinal study. *Journal of Experimental Child Psychology*, *103*(4), 516–531. doi:10.1016/j.jecp.2009.03.009

- Ku, H.-Y. & Sullivan, H. J. (2002). Student performance and attitudes using personalized mathematics instruction. *Educational Technology Research and Development*, 50(1), 21–34.
- Kyttälä, M. (21.4.2020). Matemaattiset oppimisvaikeudet ja työmuisti. Haettu osoitteesta
<http://www.lukimat.fi/matematiikka/tietopalvelu/oppimisvaikeudet/nakokulmia-matematiikan-oppimisvaikeuksiin/kognitiiviset-selitysmallit/matemaattiset-oppimisvaikeudet-ja-tyomuisti>
- Kyttälä, M. & Björn, P. M. (2014). The role of literacy skills in adolescents' mathematics word problem performance: Controlling for visuo-spatial ability and mathematics anxiety. *Learning and Individual Differences*, 29, 59–66. doi:10.1016/j.lindif.2013.10.010
- Kyttälä, M. & Kanerva, K. (2018). Työmuisti ja matemaattiset taidot. Teoksessa J. Joutsenlahti, H. Silfverberg & P. Räsänen (toim.), *Matematiikan opetus ja oppiminen* (1. painos, s. 220–239). Porvoo: Bookwell Oy.
- Lachance, J. A. & Mazzocco, M. M. M. (2006). A longitudinal analysis of sex differences in math and spatial skills in primary school age children. *Learning and Individual Differences*, 16(3), 195–216. doi:10.1016/j.lindif.2005.12.001
- Landerl, K. & Wimmer, H. (2008). Development of word reading fluency and spelling in a consistent orthography. *Journal of Educational Psychology*, 100(1), 150–161. doi:10.1037/0022-0663.100.1.150
- LeFevre, J., DeStefano, D., Coleman, B. & Shanahan, T. (2005). Mathematical cognition and working memory. Teoksessa J. I. D. Campbell (toim.), *The handbook of mathematical cognition* (s. 379–396). Psychology Press. doi:10.4324/9780203998045-31
- Lemaire, P. & Siegler, R. S. (1995). Four aspects of strategic change: Contributions to children's learning of multiplication. *Journal of Experimental Psychology: General*, 124(1), 83–97. doi:10.1037/0096-3445.124.1.83
- Lenhard, W. & Lenhard, A. (2014). *Hypothesis Tests for Comparing Correlations*. Saatavilla osoitteessa:

- <https://www.psychometrica.de/correlation.html>. Bibergau (Germany): Psychometrica. doi: 10.13140/RG.2.1.2954.1367
- Luna, B., Garver, K. E., Urban, T. A., Lazar, N. A. & Sweeney, J. A. (2004). Maturation of cognitive processes from late childhood to adulthood. *Child Development, 75*(5), 1357–1372.
- Lynch, S. A. & Warner, L. (2012). A new theoretical perspective of cognitive abilities. *Childhood Education, 88*(6), 347–353.
doi:10.1080/00094056.2012.741472
- Malone, S. A., Heron-Delaney, M., Burgoyne, K. & Hulme, C. (2019). Learning correspondences between magnitudes, symbols and words: Evidence for a triple code model of arithmetic development. *Cognition, 187*, 1–9.
<https://doi.org/10.1016/j.cognition.2018.11.016>
- Mazzocco, M. M. M. & Grimm, K. J. (2013). Growth in rapid automatized naming from grades K to 8 in children with math or reading disabilities. *Journal of Learning Disabilities, 46*(6), 517–533. doi:10.1177/0022219413477475
- McKenzie, B., Bull, R. & Gray, C. 2003. The effects of phonological and visual-spatial interference on children's arithmetical performance. *Educational And Child Psychology, 20*(3), 93–108.
- Megías, P. & Macizo, P. (2015). Simple arithmetic development in school age: The coactivation and selection of arithmetic facts. *Journal of Experimental Child Psychology, 138*, 88–105. doi:10.1016/j.jecp.2015.04.010
- Metsämuuronen, J. (2011). *Tutkimuksen tekemisen perusteet ihmistieteissä 2*. Gummerus: Jyväskylä.
- Miller, G. A. (1994). The magical number seven, plus or minus two. *Psychological Review, 101*(2), 343–352. doi:10.1037/0033-295X.101.2.343
- Moll, K., Göbel, S. M. & Snowling, M. J. (2015). Basic number processing in children with specific learning disorders: Comorbidity of reading and mathematics disorders. *Child Neuropsychology, 21*(3), 399–417.
doi:10.1080/09297049.2014.899570
- Moll, K., Ramus, F., Bartling, J., Bruder, J., Kunze, S., Neuhoff, N., . . . Landerl, K. (2014). Cognitive mechanisms underlying reading and spelling

- development in five European orthographies. *Learning and Instruction, 29*, 65–77. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2013.09.003>
- Murphy, M. M., Mazzocco, M. M. M., Hanich, L. B. & Early, M. C. (2007). Cognitive characteristics of children with mathematics learning disability (MLD) vary as a function of the cutoff criterion used to define MLD. *Journal of Learning Disabilities, 40*(5), 458–478. doi:10.1177/00222194070400050901
- Närhi, V., Ahonen, T., Aro, M., Leppäsaari, T., Korhonen, T. T., Tolvanen, A. & Lyytinen, H. (2005). Rapid serial naming: Relations between different stimuli and neuropsychological factors. *Brain and Language, 92*(1), 45–57. doi:10.1016/j.bandl.2004.05.004
- Navarro, J. I., Aguilar, M., Alcalde, C., Ruiz, G., Marchena, E. & Menacho, I. (2011). Inhibitory processes, working memory, phonological awareness, naming speed, and early arithmetic achievement. *The Spanish Journal of Psychology, 14*(2), 580–588. doi:10.5209/rev_SJOP.2011.v14.n2.6
- Newman, S. D., Willoughby, G. & Pruce, B. (2011). The effect of problem structure on problem-solving: An fMRI study of word versus number problems. *Brain Research, 1410*, 77–88. doi:10.1016/j.brainres.2011.06.053
- Noël, M., Désert, M., Aubrun A. & Seron, X. (2001). Involvement of short-term memory in complex mental calculation. *Memory & Cognition, 29*(1), 34–42.
- Norton, E. S. & Wolf, M. (2012). Rapid automatized naming (RAN) and reading fluency: Implications for understanding and treatment of reading disabilities. *Annu. Rev. Psychol, 63*(1), 427–452. doi: 10.1146/annurev-psych-120710-100431
- OECD. (2013). *PISA 2012 assessment and analytical framework: Mathematics, reading, science, problem solving and financial literacy*. Paris: OECD. doi:10.1787/9789264281820-en
- OECD. (2019). Country note Finland: PISA 2018 Results.
- Opetushallitus. (2014). *Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014*. Helsinki: Opetushallitus.
- Otto, B. & Kistner, S. (2017). Is there a Matthew effect in self-regulated learning and mathematical strategy application? Assessing the effects of a training

- program with standardized learning diaries. *Learning and Individual Differences*, 55, 75–86. doi:10.1016/j.lindif.2017.03.005
- Pajares, F. & Miller, D. M. (1994). Role of self-efficacy and self-concept beliefs in mathematical problem solving: A path analysis. *Journal of Educational Psychology*, 86(2), 193–203. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1037/0022-0663.86.2.193>
- Papadopoulos, T.C., Spanoudis, G., & Georgiou, G.K. (2016). How Is RAN Related to Reading Fluency? A Comprehensive Examination of the Prominent Theoretical Accounts. *Frontiers in Psychology*, 7. doi:10.3389/fpsyg.2016.01217
- Parmar, R. S., Cawley, J. R. & Frazita, R. R. (1996). Word problem-solving by students with and without math disabilities. *Exceptional Children*, 62, 415–429.
- Passolunghi, M. C., Cargnelutti, E. & Pellizzoni, S. (2019). The relation between cognitive and emotional factors and arithmetic problem-solving. *Educational Studies in Mathematics*, 100(3), 271–290. doi:10.1007/s10649-018-9863-y
- Passolunghi, M. C., Mammarella, I. & Altoè, G. (2008). Cognitive abilities as precursors of the early acquisition of mathematical skills during first through second grades. *Developmental Neuropsychology*, 33(3), 229–250. <https://doi.org/10.1080/87565640801982320>
- Paukkeri, V., Pakarinen, E., Lerkkanen, M.-K. & Poikkeus, A.-M., (2015). Alaryhmätarkastelu matemaattisten taitojen kehityksestä esiopetuksesta neljännelle luokalle. *Psykologia*, 50(4), 277–291.
- Peng, P., Barnes, M., Namkung, J. & Sun, C. (2016). A meta-analysis of mathematics and working memory: Moderating effects of working memory domain, type of mathematics skill, and sample characteristics. *Journal of Educational Psychology*, 108(4), 455–473. doi:10.1037/edu0000079
- Perusopetuslaki 1998/628. Annettu Helsingissä 21.8.1998
- Raghubar, 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(2), 110–122.
<https://doi.org/10.1016/j.lindif.2009.10.005>
- Raghubar, K. P. & Barnes, M. A. (2017). Early numeracy skills in preschool-aged children: A review of neurocognitive findings and implications for assessment and intervention. *The Clinical Neuropsychologist*, 31(2), 329–351.
 doi:10.1080/13854046.2016.1259387
- Rosen, V. M. & Engle, R. W. (1997). Forward and backward serial recall. *Intelligence*, 25(1), 37–47. doi:10.1016/S0160-2896(97)90006-4
- Rutherford-Becker, K. & Vanderwood, M. (2009). Evaluation of the relationship between literacy and mathematics skills as assessed by curriculum-based measures. *The California School Psychologist*, 14(1), 23–34.
 doi:10.1007/BF03340948
- Räsänen, P. & Koponen, T. 2010. Matemaattisten oppimisvaikeuksien neuropsykologisesta tutkimuksesta. *NMI-Bulletin*, 3, 39–51.
- Sala, G. & Gobet, F. (2017). Working memory training in typically developing children: A meta-analysis of the available evidence. *Developmental Psychology*, 53(4), 671–685. <https://doi.org/10.1037/dev0000265>
- Salminen, J. B., Koponen, T. K., Leskinen, M., Poikkeus, A.-M. & Aro, M. T. (2015). Individual variance in responsiveness to early computerized mathematics intervention. *Learning and Individual Differences*, 43, 124–131.
 doi:10.1016/j.lindif.2015.09.002
- Salthouse, T. A. (1996). The processing-speed theory of adult age differences in cognition. *Psychological Review*, 103(3), 403–428. doi:10.1037//0033-295X.103.3.403
- Sepeng, P. & Sigola, S. (2013). Making sense of errors made by learners in mathematical word problem solving. *Mediterranean Journal of Social Sciences*, 4(13), 325–333. doi:10.5901/mjss.2013.v4n13p325
- Scheid, K. (1990). *Cognitive-based methods for teaching mathematics to students with learning problems. The instructional methods report series.* LINC Resources, Inc.

- Shipstead, Z., Redick, T. S. & Engle, R. W. (2012). Is working memory training effective? *Psychological Bulletin*, *138*(4), 628–654. doi:10.1037/a0027473
- Siegel, L. (1994). Working memory and reading: A life-span perspective. *International Journal of Behavioral Development*, *17*(1), 109–124. <https://psycnet.apa.org/doi/10.1177/016502549401700107>
- Siegel, L. & Ryan, E. (1989). The development of working memory in normally achieving and subtypes of learning disabled children. *Child Development*, *60*(4), 973–980. doi:10.2307/1131037
- Sorvo, R., Koponen, T., Viholainen, H., Aro, T., Räikkönen, E., Peura, P., . . . Aro, M. (2017). Math anxiety and its relationship with basic arithmetic skills among primary school children. *British Journal of Educational Psychology*, *87*(3), 309–327. doi:10.1111/bjep.12151
- Spencer, M., Fuchs, L. S. & Fuchs, D. (2020). Language-related longitudinal predictors of arithmetic word problem solving: A structural equation modeling approach. *Contemporary Educational Psychology*, *60*, 101825. doi:10.1016/j.cedpsych.2019.101825
- Stoet, G. & Geary, D. C. (2013). Sex differences in mathematics and reading achievement are inversely related: Within- and across-nation assessment of 10 years of PISA data. *PloS One*, *8*(3), e57988. doi:10.1371/journal.pone.0057988
- Swanson, H. L. & Ashbaker, M. H. (2000). Working memory, short-term memory, speech rate, word recognition and reading comprehension in learning disabled readers: Does the executive system have a role? *Intelligence*, *28*(1), 1–30. doi:10.1016/S0160-2896(99)00025-2
- Swanson, H. L. & Beebe-Frankenberger, M. (2004). The relationship between working memory and mathematical problem solving in children at risk and not at risk for serious math difficulties. *Journal of Educational Psychology*, *96*(3), 471–491. doi:10.1037/0022-0663.96.3.471
- Swanson, H. L. & Jerman, O. (2006). Math disabilities: A selective meta-analysis of the literature. *Review of Educational Research*, *76*(2), 249–274. doi:10.3102/00346543076002249

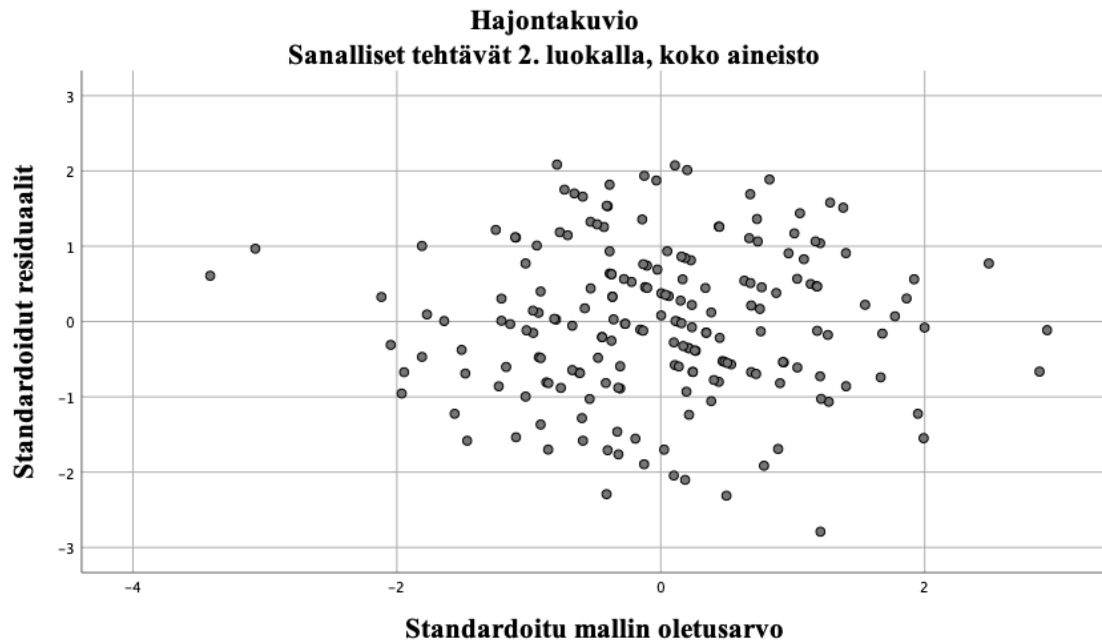
- Swanson, H. L., Jerman, O. & Zheng, X. (2008). Growth in working memory and mathematical problem solving in children at risk and not at risk for serious math difficulties. *Journal of Educational Psychology, 100*(2), 343–379. doi:10.1037/0022-0663.100.2.343
- Swanson, H. L. & Kim, K. (2007). Working memory, short-term memory, and naming speed as predictors of children's mathematical performance. *Intelligence, 35*(2), 151–168. doi:10.1016/j.intell.2006.07.001
- Swanson, H. L., Trainin, G., Necochea, D. & Hammill, D. D. (2003). Rapid naming, phonological awareness, and reading: A meta-analysis of the correlation evidence. *Review of Educational Research, 73*, 407–440.
- Tabachnick, B. & Fidell, L. (2014). *Using multivariate statistics*. Harlow: Pearson.
- Torppa, M., Georgiou, G. K., Lerkkanen, M-K., Niemi, P., Poikkeus, A-M. & Nurmi J.-E. (2016). Examining the simple view of reading in a transparent orthography: A longitudinal study from kindergarten to grade 3. *Merrill-Palmer Quarterly, 62*(2), 179–206. doi:10.13110/merrpalmquar1982.62.2.0179
- Torppa, M., Lyytinen, P., Erskine, J., Eklund, K. & Lyytinen, H. (2010). Language development, literacy skills, and predictive connections to reading in Finnish children with and without familial risk for dyslexia. *Journal of Learning Disabilities, 43*(4), 308–321. doi:10.1177/0022219410369096
- Tutkimuseettinen neuvottelukunta. (2012). *Hyvä tieteellinen käytäntö ja sen loukkausepäilyjen käsittelyminen Suomessa*. Tutkimuseettisen neuvottelukunnan ohje 2012. Helsinki: Tutkimuseettinen neuvottelukunta. https://www.tenk.fi/sites/tenk.fi/files/HTK_ohje_2012.pdf
- Tutkimuseettinen neuvottelukunta. (2019). *Ihmiseen kohdistuvan tutkimuksen eettiset periaatteet ja ihmistieteiden eettinen ennakoarviointi Suomessa*. Tutkimuseettisen neuvottelukunnan ohje 2019. Tutkimuseettiset neuvottelukunnan julkaisuja 3/2019. Helsinki. Tutkimuseettinen neuvottelukunta. https://www.tenk.fi/sites/tenk.fi/files/Ihmistieteiden_eettisen_ennakoarviointin_ohje_2019.pdf

- Vainikainen, M., Wüstenberg, S., Kupiainen, S., Hotulainen, R. & Hautamäki, J. (2015). Development of learning to learn skills in primary school. *International Journal of Lifelong Education*, 34(4), 376–392.
doi:10.1080/02601370.2015.1060025
- van der Sluis, S., de Jong, P. F. & Leij, A. V. D. (2004). Inhibition and shifting in children with learning deficits in arithmetic and reading. *Journal of Experimental Child Psychology*, 87(3), 239–266. doi:10.1016/j.jecp.2003.12.002
- Vettenranta, J., Hiltunen, J., Nissinen, K., Puhakka, E. & Rautopuro, J. (2016). *Lapsuudesta eväät oppimiseen: neljännen luokan oppilaiden matematiikan ja luonnontieteiden osaaminen. Kansainvälinen TIMSS-tutkimus Suomessa*. Jyväskylän yliopisto, Koulutuksen tutkimuslaitos.
- Vilenius-Tuohimaa, P. M., Aunola, K. & Nurmi, J.-E. (2008). The association between mathematical word problems and reading comprehension. *Educational Psychology*, 28(4), 409–426. doi:10.1080/01443410701708228
- Vukovic, R. K. & Siegel, L. S. (2010). Academic and cognitive characteristics of persistent mathematics difficulty from first through fourth grade. *Learning Disabilities Research & Practice*, 25, 25–38. doi:10.1111/j.1540-5826.2009.00298.x
- Vuontela, V. (2010). Kouluikäisten lasten työmuistin toiminta ja kehittyminen. *NMI-Bulletin*, 20(1), 25–41.
- Wechsler, D. (2010). *Wechsler intelligence scale for children - IV*. Helsinki: Psykologien kustannus Oy.
- Willburger, E., Fussenegger, B., Moll, K., Wood, G. & Landerl, K. (2008). Naming speed in dyslexia and dyscalculia. *Learning and Individual Differences*, 18(2), 224–236. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2008.01.003>
- Wocadlo, C. & Rieger, I. (2006). Phonology, rapid naming and academic achievement in very preterm children at eight years of age. *Early Human Development*, 83(6), 367–377. doi:10.1016/j.earlhumdev.2006.08.001
- Zhang, J., Cheung, S. K., Wu, C. & Meng, Y. (2018). Cognitive and affective correlates of Chinese children's mathematical word problem solving. *Frontiers in psychology*, 9(2357). <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.02357>

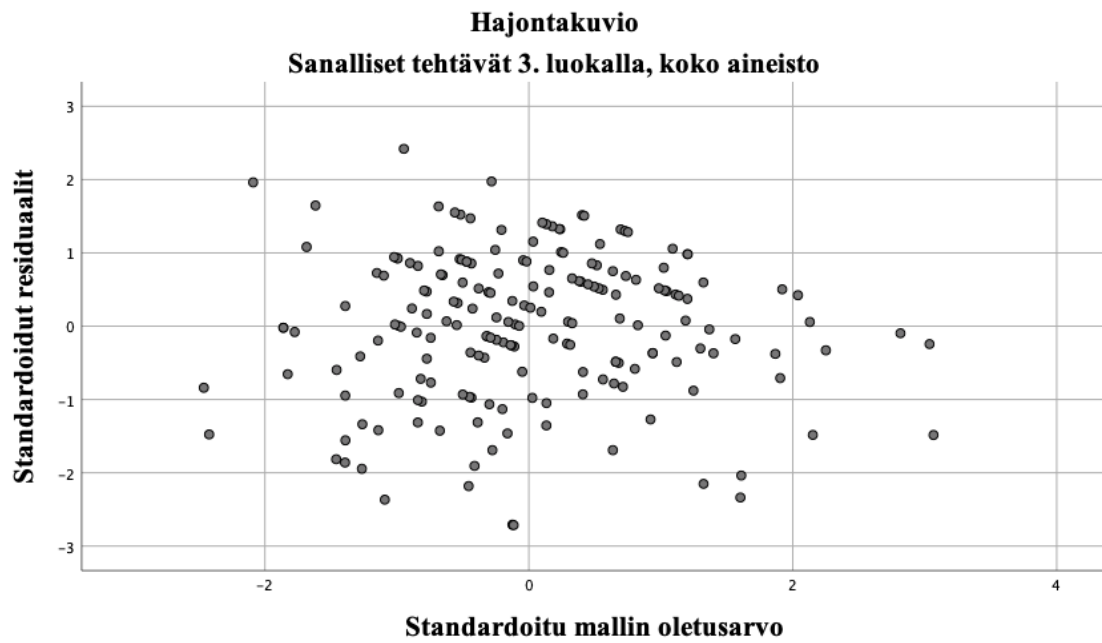
- Zhang, X., Koponen, T., Räsänen, P., Aunola, K., Lerkkanen M.-K. & Nurmi J.-E. (2014). Linguistic and spatial skills predict early arithmetic development via counting sequence knowledge. *Child Development, 85*(3), 1091–1107. doi:10.1111/cdev.12173
- Zhang, X. & Lin, D. (2018). Cognitive precursors of word reading versus arithmetic competencies in young Chinese children. *Early Childhood Research Quarterly, 42*, 55–65. doi:10.1016/j.ecresq.2017.08.006
- Zhang, X., Räsänen, P., Koponen, T., Aunola, K., Lerkkanen, M.-K. & Nurmi, J.-E. (2017). Knowing, applying, and reasoning about arithmetic: Roles of domain-general and numerical skills in multiple domains of arithmetic learning. *Developmental psychology, 53*(12), 2304–2318. doi: 10.1037/dev0000432
- Zheng, X., Swanson, L. & Marcoulides, G. (2011). Working memory components as predictors of children's mathematical word problem solving. *Journal of Experimental Child Psychology, 110*(4), 481–498. <https://doi.org/10.1016/j.jecp.2011.06.001>
- Zhu, Z. (2007). Gender differences in mathematical problem solving patterns: A review of literature. *International Education Journal, 8*(2), 187–203. <https://doi.org/10.1177%2F0956797611427168>
- Ziegler, J., Bertrand, D., Tóth, D., Csépe, V., Reis, A., Faísca, L., . . . Blomert, L. (2010). Orthographic depth and its impact on universal predictors of reading: A cross-language investigation. *Psychological Science, 21*(4), 551–559. doi:10.1177/0956797610363406

LIITTEET

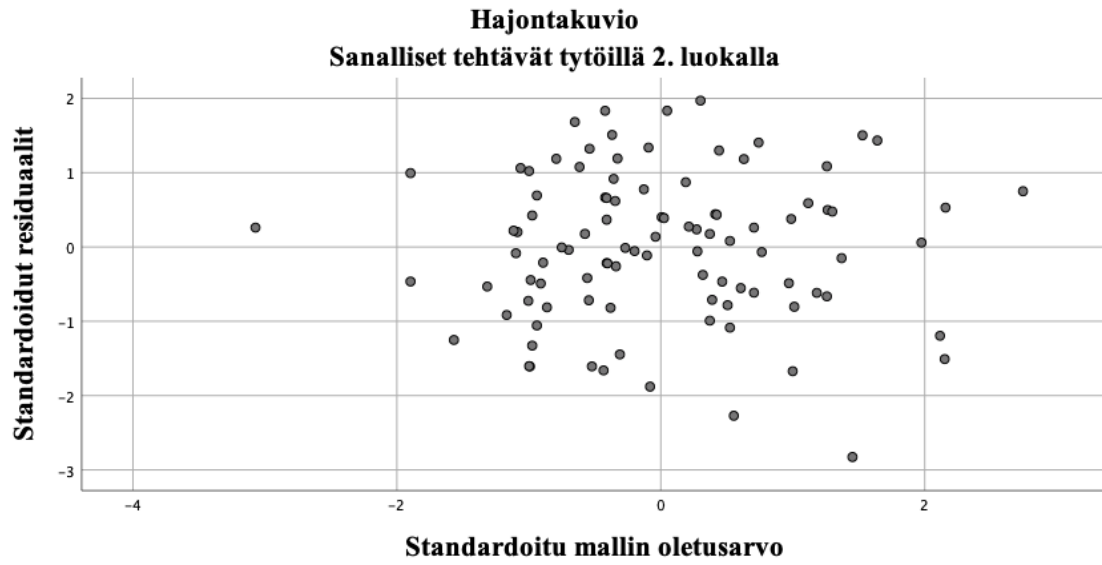
Liite 1. Jäännösten hajontakuvio, koko aineisto 2. luokalla.



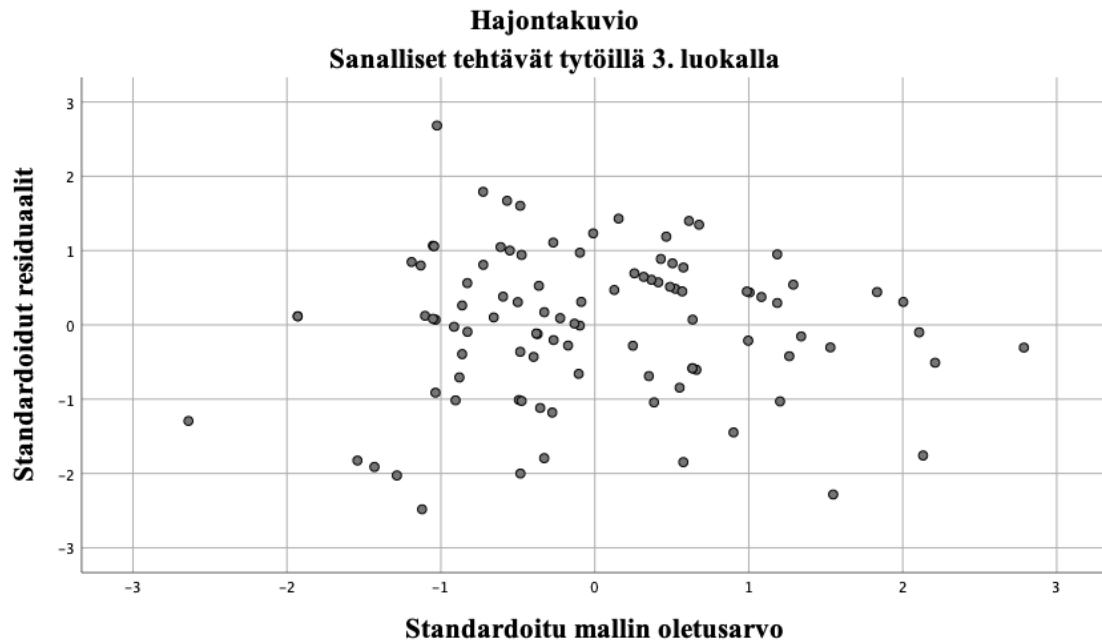
Liite 2. Jäännösten hajontakuvio, koko aineisto 3. luokalla.



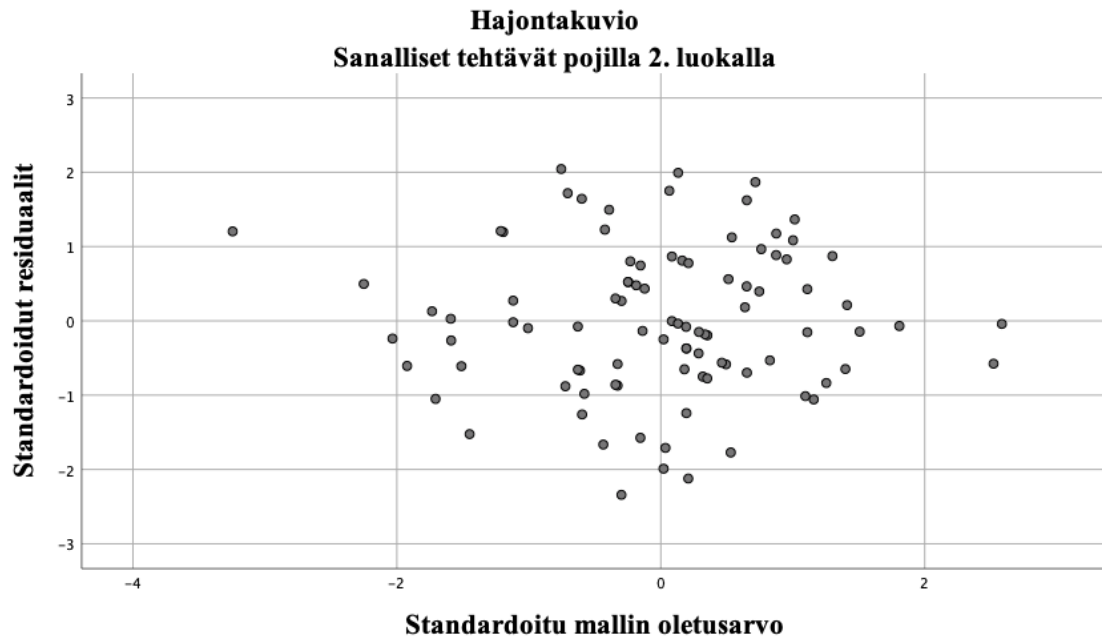
Liite 3. Jäännösten hajontakuvio tytöillä 2. luokalla.



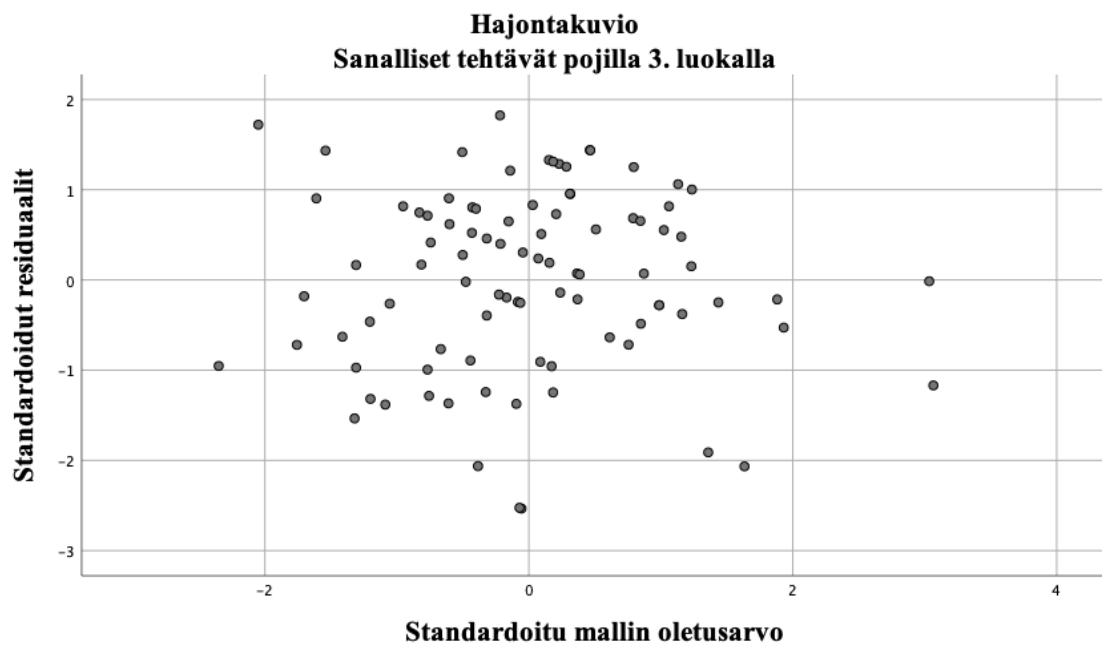
Liite 4. Jäännösten hajontakuvio tytöillä 3. luokalla.



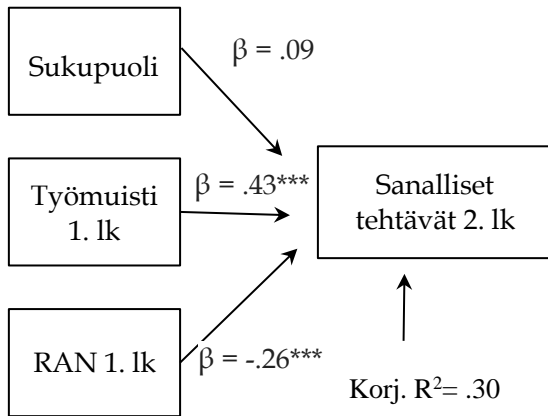
Liite 5. Jäännösten hajontakuvio pojilla 2. luokalla.



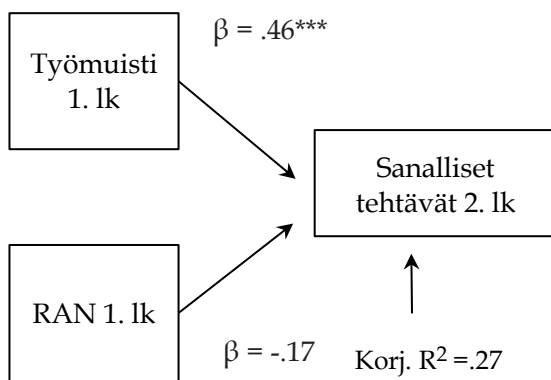
Liite 6. Jäännösten hajontakuvio pojilla 3. luokalla.



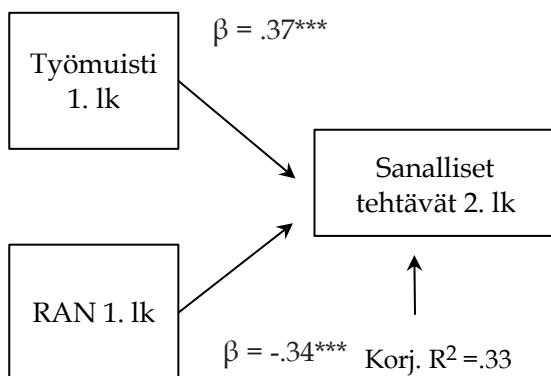
Liite 7. Yhteenvedo tuloksista.



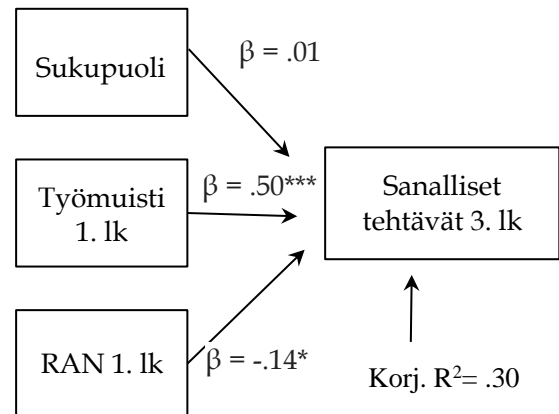
Koko aineisto 2. lk



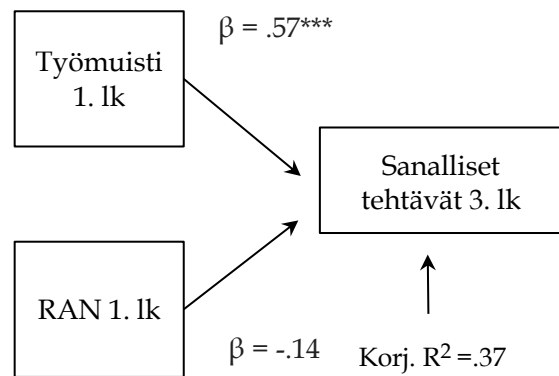
Tytöt 2. lk



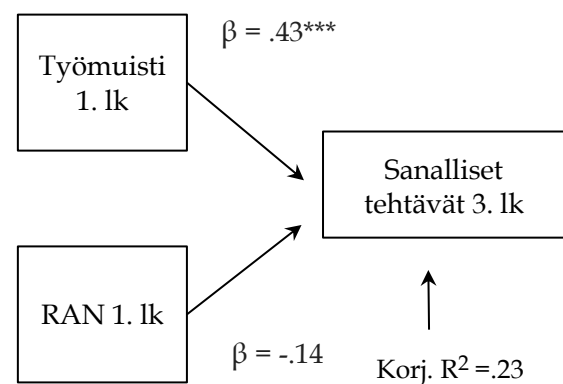
Pojat 2. lk



Koko aineisto 3. lk



Tytöt 3. lk



Pojat 3. lk