

Ensimmäisellä luokalla mitatun nopean sarjallisen nimeämisen yhteys laskusujuvuuteen kolmannella luokalla

Sara Kylmälä

Erityispedagogiikan pro gradu -tutkielma

Kevätlukukausi 2019

Kasvatustieteiden laitos

Jyväskylän yliopisto

TIIVISTELMÄ

Kylmä, Sara. 2019. Ensimmäisellä luokalla mitatun nopean sarjallisen nimeämisen yhteys laskusujuvuuteen kolmannella luokalla. Erityispedagogiikan pro gradu -tutkielma. Jyväskylän yliopisto. Kasvatustieteiden laitos. 90 sivua.

Nopean sarjallisen nimeämisen taidolla (Rapid Automated Naming, RAN), eli taidolla nimetä sarjallisesti esitettyjä tuttuja ärsykeitä, on tutkimusten mukaan voitu ennustaa lapsen tulevaa laskusujuvuutta. Laskusujuvuudella tarkoitetaan peruslaskutehtävien, kuten yhteen- ja vähennyslaskujen, nopeaa ja tarkkaa laskemista. Laskusujuvuus kehittyy yleensä koulunkäynnin alkuvuosina. Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, missä määrin ensimmäisellä luokalla mitattu RAN ennustaa lapsen kolmannen luokan yhteen- ja vähennyslaskusujuvuutta. Analyysimenetelmänä käytettiin monimuuttujaista lineaarista regressioanalyysia. Lapsen sukupuoli, vanhemman koulutustaso ja lapsen työmuisti kontrolloitiin.

Tämä tutkimus on toteutettu osana FLARE-hanketta, jossa on tutkittu lasten lukemisen ja laskemisen sujuvuutta Keski-Suomen alueella. Tässä tutkielmassa oli 180 tutkittavaa. RAN-tehtävissä lapset nimesivät esineiden kuvia, kirjaimia sekä numeroita ja laskusujuvuustehtävissä laskivat yhteen- ja vähennyslaskutehtäviä. Molemmissa tuli olla mahdollisimman nopea ja tarkka.

Tulosten mukaan RAN ennustaa lapsen myöhempää laskusujuvuutta ja myös työmuisti on itsenäinen laskusujuvuuden selittäjä. Sukupuolittaisissa tarkasteluissa tyttöjen ja poikien välillä näkyi eroja erityisesti vähennyslaskussa. Pojilla RAN ennusti vähennyslaskusujuvuutta, mutta tytöillä näin ei ollut. Koska pojat olivat tyttöjä hieman sujuvampia laskijoita, tulos voi selittyä sillä, että pojat hakivat laskujen vastauksia pitkäkestoisesta muististaan, kun tytöt luottivat vielä vähemmän kehittyneisiin laskustrategioihin. Siten laskeminen saattoi vaatia tytöiltä myös enemmän työmuistin käyttöä.

Tutkimuksen tulokset vahvistavat käsitystä, että RAN-testiä voitaisiin käyttää osana laskemisen sujuvuuspulmien varhaista tunnistamista. Koska laskusujuvuus on yhteydessä lapsen matemaattisiin taitoihin, olisi tärkeää tunnistaa sujumattomat laskijat. Näin saadaan tarjottua myös oppimisen tukea sitä tarvitseville mahdollisimman varhaisessa vaiheessa. Varhainen tuen aloittaminen ehkäisee vaikeuksien syvenemistä ja vaikutuksia pitkällä aikavälillä.

Asiasanat: nopea sarjallinen nimeäminen, laskusujuvuus, työmuisti, matemaatiikka

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO.....	4
2 MATEMAATTISET TAIDOT JA LASKUSUJUUVUUS	7
2.1 Matemaattisten taitojen varhainen kehitys.....	7
2.2 Laskusujuvuus	14
3 KOGNITIIVISIA TAITOJA MATEMAATTISTEN TAITOJEN TAUSTALLA.....	17
3.1 Työmuisti	17
3.2 Nopea sarjallinen nimeäminen.....	20
4 TUTKIMUSKYSYMYKSET	26
5 TUTKIMUKSEN TOTEUTTAMINEN.....	27
5.1 Tutkimuskonteksti ja tutkittavat	27
5.2 Tutkimusmenetelmät ja mittarit.....	28
5.3 Aineiston analyysi	30
6 TULOKSET	33
6.1 Nopean sarjallisen nimeämisen yhteys laskusujuvuuteen	33
6.2 Sukupuolierot nopean sarjallisen nimeämisen ja laskusujuvuuden yhteydessä.....	37
6.3 Yhteenveto tuloksista	44
7 POHDINTA	47
7.1 Tulosten tarkastelua ja johtopäätökset.....	47
7.2 Tutkimuksen arviointia ja jatkotutkimushaasteet.....	51
7.3 Käytännön merkitys	58
LÄHTEET	61
LIITTEET.....	81

1 JOHDANTO

Sujuva peruslaskutaito on tärkeä arjessa tarvittava taito (Koponen, 2012; Väisänen, 2017). Laskutaidon on todettu kehittyvän hierarkkisesti, eli peruslaskutaitojen hallinta on tärkeää uusien sisältöjen oppimisen kannalta (Paukkeri, Pakarinen, Lerkkanen, & Poikkeus, 2015). Tämän vuoksi on erityisen tärkeää keskittyä matematiikan taitojen varhaiseen oppimiseen jo esikoulussa ja alakoulun alussa (Aunola, Leskinen, Lerkkanen, & Nurmi, 2004). Laskemisen sujuvuuden on todettu olevan yhteydessä lapsen yleisempään matemaattiseen osaamiseen (Carr, Steiner, Kyser, & Biddlecomb, 2008) sekä ennustavan myös myöhempää matematiikan osaamista (Geary, 2011). Lisäksi peruslaskutoimitusten sujumattomuutta on pidetty yhtenä selkeimmistä matemaattisten oppimisvaikeuksien tunnusmerkeistä (Geary, 2004; Hart, Petrill, & Thompson, 2010; Mazzocco, Devlin, & McKenney, 2008).

Varhainen tuen tarpeen tunnistaminen on tärkeää varhaiskasvatuksessa ja koulun aloitusvaiheessa, koska varhaisten matematiikan taitojen on todettu ennustavan myöhempää matematiikan osaamista kouluiässä (Aunola ym., 2004; Morgan, Farkas, & Wu, 2009). Jo esikouluiässä lasten erot matemaattisissa taidoissa ovat suuria (Aunio & Niemivirta, 2010; Aunola ym., 2004). Kun lapsen pulmat oppimisessa tunnistetaan riittävän varhain ja lapsi saa tarvitsemaansa tukea, voidaan muodostaa paremmat edellytykset matematiikan oppimiselle ja ehkäistä pysyvien vaikeuksien syntymistä (Lusetti & Aunio, 2012). Opettajilla ja muilla ammattilaisilla tulisi olla keinoja tunnistaa ne lapset, joilla on riski kohdata haasteita koulupolullaan. Jokaisella lapsella on oikeus saada riittävää oppimisen ja koulunkäynnin tukea heti tarpeen ilmetessä (Perusopetuslaki 1998/628 § 30).

Lasten, joilla on haasteita matematiikassa, on havaittu olevan hitaampia nimeämisenopeudeltaan kuin tavanomaisesti matematiikassa suoriutuvien (Geary,

Hoard, Byrd-Craven, Nugent, & Numtee, 2007; Vukovic & Siegel, 2010). Nimeämisenopeudella tarkoitetaan tässä tutkielmassa nopeaa sarjallista nimeämistä (Rapid Automated Naming, RAN) eli kykyä nimetä nopeasti tuttuja, sarjallisesti esitettyjä visuaalisia ärsykeitä (Kirby, Georgiou, Martinussen, & Parrila, 2010; Willburger, Fussenegger, Moll, Wood, & Landerl, 2008). Nopean sarjallisen nimeämisen testiä on käytetty useissa tutkimuksissa lukutaidon ennustamiseen (Georgiou, Parilla, & Liao, 2008; Kirby, Desrochers, Roth, & Lai, 2008; Landerl ym., 2018; Puolakanaho ym., 2007). Mahdollisuudesta ennustaa tulevaa laskusujuvuutta RAN-testillä, on saatu positiivisia tuloksia muun muassa Koposen, Georgioun, Salmen, Leskisen ja Aron (2017) verrattain tuoreessa meta-analyysissä.

Työmuistin on todettu olevan yhteydessä lapsen matemaattisiin taitoihin (Bull, Espy, & Wiebe, 2008; Geary, 2011; McLean & Hitch, 1999; Passolunghi & Siegel, 2001; 2004) ja erityisesti työmuistin keskussyksikön toiminta näyttäisi olevan yhteydessä haasteisiin ja heikkoihin taitoihin matematiikassa (Bull, Johnston, & Roy, 1999; Geary, 2004). Lapset, joilla matemaattiset taidot ovat heikot, eivät hae yhtä paljon aritmeettisiä faktoja eli laskujen vastauksia pitkäkestoisesta muististaan, ja siksi laskujen ratkaisu kuormittaa heillä työmuistin keskussyksikköä (Bull ym., 1999). Erityisesti työmuistin yhteys lapsen matemaattisiin taitoihin näyttäätyy silloin, kun työmuistia on mitattu numeerisesti (Passolunghi & Cornoldi, 2008; Passolunghi & Siegel, 2001; 2004; Siegel & Ryan, 1989).

Lapsen sukupuolen ja vanhemman koulutustaustan yhteyttä lapsen matemaattisiin taitoihin ja laskusujuvuuteen on tutkittu, mutta tulokset eivät ole aivan yhtenäisiä. Suomalaisen tutkimusten perusteella näyttäisi, että sukupuolten välillä ei juuri ole eroja matemaattisissa taidoissa koulun aloitusvaiheessa (Aunio & Niemivirta, 2010; Aunola ym., 2004; Lepola, Niemi, Kuikka, & Hannula, 2005). Kansainvälisten PISA- ja TIMSS-tutkimusten mukaan suomalaiset tytöt näyttäisivät kuitenkin pärjäävän poikia paremmin matematiikassa (Vettenranta, Hiltunen, Nissinen, Puhakka, & Rautopuro, 2016; Vettenranta, Välijärvi ym., 2016).

Kotimaisissa tutkimuksissa puolestaan todetaan poikien olevan tyttöjä sujuvampia peruslaskutaidoiltaan toisella ja kolmannella luokalla (Koponen, Salmi, Eklund, & Aro, 2013; Väisänen & Aunio, 2016).

Vanhemman koulutustason yhteydestä lapsen laskusujuvuuteen löytyy muutamia suomalaisia tutkimuksia. Koposen ja kollegoiden (2016) tutkimuksessa äidin korkea koulutustaso oli positiivisesti yhteydessä lapsen laskusujuvuuteen kolmannella luokalla. Monosen, Aunion, Hotulaisen ja Ketosen (2013) tutkimuksessa äidin korkeampi koulutustausta oli yhteydessä lapsen parempaan matematiikan osaamiseen, mutta isän koulutuksen ja lapsen matemaattisten taitojen väliltä ei löytynyt tilastollisesti merkitsevää yhteyttä. Väisänen ja Aunio (2016) tutkimuksessa vanhempien koulutustasolla ei ollut yhteyttä lapsen laskusujuvuuteen.

Tässä tutkielmassa tavoitteena oli selvittää, missä määrin ensimmäisellä luokalla mitattu nopea sarjallinen nimeäminen ennustaa kolmannella luokalla mitattua yhteen- ja vähennyslaskusujuvuutta. Lapsen sukupuolen, hänen vanhempansa koulutustason ja lapsen työmuistin vaikutus huomioitiin. Koko aineiston tarkastelun lisäksi tutkittiin myös sukupuolten välisiä eroja.

Seuraavassa luvussa kuvataan lapsen matemaattisten taitojen ja laskusujuvuuden kehitystä sekä niihin vaikuttavia tekijöitä. Tämän jälkeen määritellään kahta matemaattisten taitojen taustalla olevaa kognitiivista tekijää: työmuistia ja nopeaa sarjallista nimeämistä. Myös näiden taitojen keskinäistä suhdetta sekä yhteyttä matemaattisiin taitoihin ja laskusujuvuuteen käsitellään. Näiden lukujen jälkeen esitetään tutkimuksen tutkimuskysymykset.

2 MATEMAATTISET TAIDOT JA LASKUSUJU- VUUS

2.1 Matemaattisten taitojen varhainen kehitys

Tässä luvussa tarkastellaan matemaattisten taitojen kehitystä lapsen elämän alkuvaiheesta koulun ensimmäisille luokille. Matemaattiset taidot alkavat kehittyä jo hyvin varhain ja taitojen kehitys on yksilöllistä (Butterworth, 2005). Matemaattisten taitojen on todettu kehittyvän kumulatiivisesti, eli uudet taidot rakentuvat aiemmin opitun päälle (Aunola ym., 2004).

Butterworthin (2005) mukaan aritmetiikan taitojen varhaisessa kehityksessä voidaan nähdä tietyt virstanpylväät. Aritmeettisilla taidoilla tarkoitetaan yhteen-, vähennys-, kerto- ja jakolaskua (Väisänen & Aunio, 2014). Butterworthin (2005) virstanpylväiden yhteydessä mainitut iät eivät ole ikänormeja, vaan sellaisia iäkiä, jolloin suurin osa lapsista osoittaa kuvatut valmiudet kohtuullisella luotettavuudella. Eri lapset voivat saavuttaa valmiudet hyvin eri ikäisinä (Butterworth, 2005). Seuraavaksi esitetään nämä virstanpylväät.

Muutaman viikon ikäisenä lapsi pystyy erottelemaan pieniä lukumääriä toisistaan (Antell & Keating, 1983) ja muutaman kuukauden ikäisenä havaitsemaan lisäämisen ja vähentämisen vaikutukset (Wynn, 1992). Jo alle vuoden ikäinen lapsi hallitsee suurempi kuin ja pienempi kuin -suhteet numeeristen arvojen välillä (Brannon, 2002). Lukumäärien välisen eron ollessa riittävän suuri (kuten 8 vastaan 16), jo puolivuotiaat vauvat hahmottavat lukumäärät erisuuruuksiksi (Xu & Spelke, 2000). Noin kahden vuoden iässä lapsi oppii lukusanojen järjestyksen (Fuson, 1992) sekä yksi yhteen -vastaavuuden tehtävässä, jossa jaetaan esineitä (Potter & Levy, 1968). Kahden ja puolen vuoden iässä lapsi alkaa ymmärtää lukusanojen merkityksen ja kolme vuotiaana osaa jo laskea pienen määrän esineitä (Wynn, 1990). Hieman myöhemmin lapsi oppii lisäämään ja vähentämään sekä esineen että lukusanan kautta (Starkey & Gelman, 1982). Kolmen ja neljän

ikävuoden välissä lapsi oppii kardinaalisuuden periaatteen eli sen, että viimeiseksi lueteltu arvo kuvaa lueteltujen esineiden lukumäärää (Gelman & Gallistel, 1978). Neljä vuotiaana lapsi osaa käyttää sormia apuna yhteenlaskussa (Fuson & Kwon, 1992) ja viisi vuotiaana kykenee lisäämään pieniä numeroita pystymättä laskemaan yhteenlaskua (Starkey & Gelman, 1982). Alle kuuden vuoden iässä lapsi ymmärtää yhteenlaskun vaihdannaisuutta ja laskee yhteenlaskun aloittaen laskemaan suuremmasta luvusta (Carpenter & Moser, 1982). Lisäksi alle kuuden vuoden iässä lapsi pystyy laskemaan jo oikein neljäänkymmeneen (Fuson, 1988). Noin kuusi vuotiaana lapsi alkaa ymmärtää lukumäärän pysyvyyden periaatetta (Piaget, 1952). Kouluiän kynnyksellä lapsi ymmärtää yhteen- ja vähennyslaskun toisiaan täydentävän luonteen (Bryant, Christie, & Rendu, 1999) sekä osaa laskea tarkasti kahdeksaankymmeneen asti (Fuson, 1988). Lisäksi lapsi pystyy samoihin aikoihin jo muistamaan muutamia aritmeettisiä faktoja eli laskujen vastauksia (Butterworth, 2005).

Matemaattisia taitoja ja niiden kehitystä on jaoteltu eri tavoin. Yhteistä näille jaotteluille on taitojen kehityksen hierarkkinen luonne eli monimutkaisempien taitojen kehityksen edellytyksenä ovat varhaiset taidot. Aunio ja Räsänen (2016) mukaan keskeiset matemaattiset taidot voidaan jakaa päätaitoalueisiin, jotka koostuvat useammista osataidoista. Nämä neljä päätaitoaluetta ovat lukumääräisyyden taju, matemaattisten suhteiden ymmärtäminen, laskemisen taidot ja aritmeettiset perustaidot. Niillä on ennustevoimaa tulevaan matematiikan oppimiseen ja ne kehittyvät toisiinsa kietoutuneina (Aunio & Räsänen, 2016).

Toinen tapa jaotella matemaattisia taitoja on jakaa taidot primaareihin ja sekundaareihin taitoihin (Aunio, Hannula, & Räsänen, 2004, s. 199; Geary, 2000). Primaarit taidot ilmenevät lapsilla ilman formaalia opetusta ja kulttuurista riippumatta, mutta sekundaarien taitojen kehitys vaihtelee eri kulttuurien välillä. Esimerkiksi herkkyys lukumäärille ja lukumääräisyydentaju ovat synnynnäisiä taitoja (Aunio, 2008; Dehaene, Spelke, Pinel, Stanescu, & Tsvikin, 1999; Gelman, 1990) eli niitä voidaan pitää primaareina taitoina. Sekundaarien taitojen kehitys

vaatii formaalia opetusta ja oppimista (Aunio ym., 2004, s. 199; Geary, 2000). Sekundaareihin taitoihin kuuluu Gearyn (2000) mukaan lukujen luettelemalla laskemisen sekä peruslaskutoimitusten hallinta.

Koposen, Monosen ja Räsänen (2014, s. 335) jaottelussa matemaattiset taidot on jaettu neljään osa-alueeseen, jotka ovat lukujenluettelutaito, laskemisen taito, lukukäsitteet ja suhdekäsitteet. Nämä taidot ovat aluksi erillisiä toisistaan, mutta kytkeytyvät myöhemmin toisiinsa ja muodostavat taitokokonaisuuksia. Seuraavaksi kuvaan tarkemmin aiemmissa jaotteluissa mainittuja matemaattisia osataitoja.

Lukumääräisyyden taju. Lukumääräisyyden taju tarkoittaa kykyä hahmottaa lukumääriä ilman kieleen perustuvaa laskemista (Aunio, 2008; Lipton & Spelke, 2003). Lukumääräisyyden tajun kehityttyä myös lapsen matemaattinen sanavarasto ja sen ymmärrys voivat kehittyä (Räsänen, 2012). Koponen ja kollegat (2014, s. 336–337) sisällyttävät lukumääräisyyden tajun lukukäsitteiden osataitoon. Heidän mukaansa tähän osataitoon kuuluvat varhaisen lukumääräisyydentajun lisäksi myös käsitys siitä, mitä voidaan laskea, kardinaalisuus, laskemisen järjestyksen merkityksellisyys sekä lukumäärän säilyvyys.

Matemaattisten suhteiden ymmärtäminen. Aunion ja Räsänen (2016) matemaattisten osataitojen lajittelussa matemaattisten suhteiden ymmärtämisen taitoalueeseen kuuluvat matemaattis-loogiset taidot, matemaattiset symbolit, aritmeettiset periaatteet sekä paikka-arvo ja kymmenjärjestelmä. Keskiössä esikouluikäisten lasten kehityksessä ovat matemaattis-loogiset periaatteet eli sarjoittaminen, vertailu, luokittelu ja yksi yhteen -suhde (Aunio, 2008). Lapselle kehittyvä käsitys lukumäärästä ja niiden välisistä suhteista on merkityksellinen lapsen kyvyille omaksua koulumatematiikkaa (Geary, 2011; Jordan, Kaplan, Ramineni, & Locuniak, 2009). Matemaattisten suhteiden hallinta ennen koulun alkua on yhteydessä laskemisen taitoihin sekä yhteen- ja vähennyslaskun oppimiseen (Geary, 2011; Mononen ym., 2013).

Laskemisen taidot. Aunion ja Räsänen (2016) jaottelun mukaan laskemisen taitojen taitoalueeseen kuuluvat numerosymbolien hallinta, lukujonon luettele-

misen taidot sekä lukumäärän laskemisen taito (Aunio & Räsänen, 2016). Lukujonon luettelemisen taidolla tarkoitetaan kykyä luetella lukuja eteenpäin, taaksepäin tai hyppäyksittäin (esimerkiksi joka toinen, joka viides tai joka kymmenes). Lukujonon luettelemisen taitoon sisältyy myös kyky jatkaa lukujonon luettelua eteen- tai taaksepäin annetusta luvusta (esimerkiksi eteenpäin luvusta viisi). (Aunio & Räsänen, 2016.) Lukumäärän laskemisen taidossa, laskettaessa konkreettista esineiden lukumäärää, lapsi käyttää lukujonon luettelemisen taitoaan laskemiseen (Aunio & Niemivirta, 2010). Lukujononluettelutaitojen kehittymistä pidetään keskeisenä lukukäsitteen ja laskutaidon oppimisen edellytyksenä (Koponen ym., 2014, s. 335).

Aritmeettiset perustaidot. Aritmeettisilla perustaidoilla tarkoitetaan yhteen-, vähennys-, kerto- ja jakolaskua (Väisänen & Aunio, 2014). Aluksi taidot ovat lähinnä pienten yhteen- ja vähennyslaskujen ratkaisemista. Lapsi kehittyy konkreettisiin välineisiin tai sormiin tukeutumisen kautta ja lopulta muistaa usein ulkoa laskun vastauksen eli aritmeettisen faktan. (Murata, 2004; Rusanen & Räsänen, 2012.)

Lasten yksilölliset erot matemaattisessa kehityksessä ovat merkittäviä (Räsänen, 2012). Tämä voi joltain osin selittyä lasten erilaisilla taipumuksilla havaita lukumääriä ympäristössään (Hannula & Lehtinen, 2005). Hannula, Räsänen ja Lehtinen (2007) havaitsivat, että 4–5-vuotiaiden erilainen taipumus kiinnittää spontaanisti huomiota lukumääriin ympäristössään on yhteydessä erilaisiin kehityspolkuihin lasku- ja lukujonotaitojen kehityksessä. Aunolan ja muiden (2004) tutkimuksessa todettiin, että jo esikouluikäisillä osaamiserot matematiikassa kasvavat selkeästi. Ne lapset, jotka osaavat paljon jo tullessaan esikouluun, kehittivät nopeammin matemaattisissa taidoissa peruskoulun aikana. Heikommalla osaamis pohjalla aloittavat lapset taas kehittivät hitaammin. (Aunola ym., 2004.)

Koulun alkaessa useimmat lapset osaavat jo monia varhaisia matemaattisia taitoja, kuten lukumäärän laskeminen, numerosymbolien hallinta, lukujonon luetteleminen, matemaattis-loogiset- ja aritmeettiset periaatteet sekä yhteen- ja vähennyslaskutaidot (Mononen ym., 2013). Kolmannella luokalla oppilaille on jo

useita tavoitteita sekä sisältöalueita matematiikan opetuksessaan. Yhteen- ja vähennyslaskutaitojen sujuvoituessa aletaan harjoitella kerto- ja jakolaskuja. (Esim. Jyväskylän perusopetuksen opetussuunnitelma, 2016.)

Parhaiten matemaattisia oppimisvaikeuksia ennustavat jo esikouluiässä lukumääräisyydentaju, luku- ja numerosymbolien tunteminen sekä lukujonotaidot (Gersten, Jordan, & Flojo, 2005). Esikoulussa mitattujen lukujonotaitojen on todettu ennustavan laskutaidon kehitystä koulunkäynnin alkuvuosina (Aunola ym., 2004) ja niiden on todettu olevan yhteydessä sekä sen hetkisiin että myöhempiin aritmeettisiin taitoihin (Paukkeri ym., 2015).

Kouluikäisen lapsen matemaattisia taitoja ennustavat myös erilaiset taustataidot. Esimerkiksi Koposen (2008) tutkimuksessa 9–11-vuotiailla lukujen luettelutaito ja nopea sarjallinen nimeäminen ennustivat sujuvaa laskutaitoa. Verbaalisten taitojen on havaittu olevan hyvä ennustaja aritmeettisille taidoille 7–10-vuotiailla lapsilla (Durand, Hulme, Larkin, & Snowling, 2005). Gearyn, Hoardin, Nugentin ja Baileyn (2012) mukaan kognitiivisista taustataidoista älykkyyden, työmuistin ja prosessoinnin nopeuden on todettu olevan yhteydessä akateemiseen oppimiseen eri alueilla matematiikka mukaan lukien. Näiden kognitiivisten taitojen mittaaminen on heidän mukaansa tärkeää, kun halutaan tunnistaa tarkemmin heikkoudet matemaattisissa kognitioissa, jotka vaikuttavat heikkoon suoriutumiseen matematiikassa. Kyseisessä tutkimuksessa prosessointinopeutta mitattiin nopean sarjallisen nimeämisen tehtävillä. (Geary ym., 2012.) Koulun aloitusvaiheessa tavallisesti matematiikassa suoriutuvien lasten on havaittu hakevan laskujen vastauksia muististaan ja käyttävän hajotelmia tehokkaammin kuin niiden lasten, jotka suoriutuvat heikosti matematiikasta tai joilla on matemaattisia oppimisvaikeuksia (Geary ym., 2007).

Sukupuolten välillä ei tutkimusten mukaan ole juuri ollut eroa matemaattisissa taidoissa koulun aloitusvaiheessa (Aunio & Niemivirta, 2010; Aunola ym., 2004; Lepola ym., 2005), eikä myöhemminkään kouluaikana (Hyde, Lindberg, Linn, Ellis, & Williams, 2008). Aunolan ja kollegoiden (2004) tutkimuksessa taidot tosin kehittyivät pojilla tyttöjä nopeammin päiväkotikästä toiselle luokalle.

Sekä uusimman PISA-tutkimuksen (Programme for International Student Assessment) mukaan (Vettenranta, Välijärvi ym., 2016) että TIMSS-tutkimuksen (Trends in Mathematics and Science Study) mukaan (Vettenranta, Hiltunen ym., 2016) tytöt menestyivät tilastollisesti merkitsevästi poikia paremmin matematiikassa. Edellisessä PISA-tutkimuksessa tyttöjen ja poikien välillä ei ollut havaittu eroa, ja sitä aiemmin pojat olivat olleet tyttöjä parempia (Vettenranta, Välijärvi ym., 2016). Suomalaisilla noin 4–6-vuotiailla tytöillä on havaittu olevan poikia paremmat matemaattiset suhdetaidot koulun aloitusvaiheessa. Matemaattisilla suhdetaidoilla tarkoitetaan tässä tapauksessa esimerkiksi luokittelua, vertailua, sarjoittamista ja yksi yhteen -vastaavuutta. (Aunio, Aubrey, Godfrey, Yuejuan, & Liu, 2008; Aunio, Hautamäki, Heiskari, & van Luit, 2006.) Kopsen, Salmen ja muiden (2013) tutkimuksessa pojilla näytti olevan paremmat lukujonotaidot koulun aloitusvaiheessa.

Sukupuolten välisille eroille matemaattisissa taidoissa on esitetty erilaisia mahdollisia selityksiä. 14–16-vuotiaana poikien on todettu olevan varmempia ja vähemmän ahdistuneita matemaattisten taitojen suhteen kuin tyttöjen. Pojilla on havaittu parempi ulkoinen ja sisäinen motivaatio pärjätä hyvin matematiikassa, ja heidän minäkäsityksensä ja minäpystyvyytensä matematiikan suhteen on ollut tyttöjä korkeampi. (Else-Quest, Hyde, & Linn, 2010.) Vastaavia selityksiä on annettu myös suomalaisissa tutkimuksissa. On pidetty mahdollisena, että poikien vahvempi itseluottamus sekä motivaatio selittävät poikien nopeampaa kehitystä matematiikassa (Aunola ym., 2004). Poikien on todettu kokevan parempaa matemaattista pystyvyyttä ja pitävän matematiikasta enemmän kuin tyttöjen. Erot ovat suurimmat kuudennella luokalla, mutta näyttäytyvät jo kolmannella luokalla. (Tuohilampi & Hannula, 2013.) Toisaalta korkean itseluottamuksen on nähty joskus myös ennustavan heikompaa matemaattista osaamista (Carr ym., 2008).

Myös sosioekonomisen aseman merkitystä matemaattisten taitojen taustalla on tutkittu. Kansainväliset tutkimukset osoittavat, että varakkaammat perheet tarjoavat enemmän tukea lapsen varhaiseen matematiikan oppimiseen kuin vähemmän varakkaat perheet (Siegler, 2009; Starkey, Klein, & Wakeley, 2004).

Suomalaisissa tutkimuksissa sosioekonomista asemaa on tutkittu usein vanhemman koulutustason kautta (esim. Aunio ym., 2006; Aunio & Niemivirta, 2010; Koponen, Aunola, Ahonen, & Nurmi, 2007; Koponen ym., 2016; Räsänen & Närhi, 2014). Koposen, Aunolan ja kollegoiden (2007) tutkimuksessa äidin koulutustaso ennusti neljäsluokkalaisen lapsen proseduraalista laskutaitoa. Mitä korkeammin koulutettu äiti oli, sitä paremmat olivat lapsen proseduraaliset laskutaidot. Proseduraalista laskutaitoa mitattiin kyseisessä tutkimuksessa moninumeroisten lukujen yhteen-, vähennys-, kerto- ja jakolaskuilla sekä aritmeettisten operaatioiden yhdistelmillä. Aunion ja Niemivirran (2010) tutkimuksessa vanhempien koulutustaso oli yhteydessä alkuopetusikäisen lapsen soveltaviin matematiikan taitoihin sekä opettajan antamaan arvioon lapsen matemaattisista taidoista, mutta ei peruslaskutaitoon, matemaattisiin suhdetaitoihin tai laskemisen taitoihin. Vanhemman korkea koulutustaso ennusti parempaa soveltavaa laskutaitoa (Aunio & Niemivirta, 2010). Myös Aunion ja kollegoiden (2006) tutkimuksessa vanhempien korkealla koulutustasolla havaittiin positiivista yhteyttä lukukäsitetaitojen kehitykseen. Räsänen ja Närhen (2014) tutkimuksessa vanhempien koulutustaso ei juuri ollut yhteydessä lapsen matematiikan taitoihin peruskoulun päättövaiheessa. Erilaiseen tulokseen voi johtaa se, että tutkittavat olivat vanhempia kuin muissa tutkimuksissa, ja vanhemman koulutustaso huomioitiin vanhempien ylioppilasstatuksen suhteen (ei kumpikaan, toinen vai molemmat vanhemmista ylioppilaita).

On kuvattu erilaisia mahdollisia syitä sille, miksi vanhemman koulutustaso ennustaa myöhempiä matemaattisia taitoja. Yksi mahdollinen selitys perustuu oletukseen siitä, että vanhemmat oppivat koulutuksessaan jotain, joka vaikuttaa tapoihin, joilla vanhempi on vuorovaikutuksessa lastensa oppimisaktiviteetteihin kotona (Eccles, 2005). Toisen näkemyksen mukaan ajatellaan, että koulutus vaikuttaa vanhemman taitoihin, arvoihin ja tietoon koulutussysteemistä, joka puolestaan vaikuttaa tapoihin harjoittaa lapsen taitoja kotona (Eccles, 2005). Lisäksi yhteyden syyksi on esitetty sitä, että äidin koulutustaso saattaa heijastaa äitien ja lasten välistä jaettua geneettistä taustaa, joka myös ilmenee lasten yleisissä kyvyissä ja akateemisten taitojen tasossa (Koponen, Aunola ym., 2007).

2.2 Laskusujuvuus

Laskemisen sujuvuudella tarkoitetaan yleensä laskujen tuloksen antamisen nopeutta ja tarkkuutta (Chong & Siegel, 2008; Petrill ym., 2012). Yhtenä perusopetuksen opetussuunnitelman alkuopetusta koskevista opetuksen tavoitteista on ohjata lasta kehittämään sujuvaa peruslaskutaitoa (Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet, 2014, s. 129). Lapsen peruslaskusujuvuus kehittyy tavallisesti noin yhdeksän vuoden ikään mennessä, kun lapsi oppii hakemaan muistista ratkaisuja lukualueen 1–20 yhteen- ja vähennyslaskuille (Koponen, 2012). Laskujen tuloksen antamisen nopeutta on arvioitu usein aikarajoitetussa testissä saatujen oikeiden vastausten määrällä (esim. Chong & Siegel, 2008; Georgiou, Tziraki, Manolitsis, & Fella, 2013; Hornung, Martin, & Fayol, 2017; Koponen ym., 2016; Martin ym., 2012), sekä joissain tutkimuksissa myös reaktioaikana, joka vastauksen antamisessa kuluu (esim. Carr & Alexeev, 2011). Tutkimukset antavat viitteitä siitä, että laskemisen sujuvuus on todennäköisesti geneettisesti erillinen osa-alue muista matematiikan osa-alueista (Hart, Petrill, Thompson, & Plomin, 2009; Petrill ym., 2012).

Laskusujuvuuden taustalla on erilaisia kognitiivisia tekijöitä. Gearyn (2011) mukaan laskemisen sujuvuutta ja sen kehitystä voidaan selittää yleisellä älykkyydellä. Myös työmuistin (Chong & Siegel, 2008) ja nopean sarjallisen nimeämisen (Cui ym., 2017; Hornung ym., 2017; Koponen, ym. 2017) on todettu selittävän laskusujuvuutta. Päiväkoti-ikäisenä mitatut lukujonotaidot on todettu hyväksi ennustajaksi laskusujuvuudelle neljännellä luokalla (Koponen, Aunola ym., 2007). Lisäksi laskusujuvuuden yhteys fonologiseen tietoisuuteen näyttäytyy 4.–5.-luokkalaisilla pienillä numeroilla laskettaessa, jolloin ratkaisut tyypillisimmin haetaan muistista (De Smedt, Taylor, Archibald, & Ansari, 2010).

Matemaattisten taitojen käytön, soveltamisen ja kehityksen kannalta mahdollisimman hyvä aritmetiikan hallinta on eduksi (Carr & Alexeev, 2011). Sujuva peruslaskutaito vapauttaa lapsen kognitiivisia resursseja kehittymättömien laskestrategioiden käytöstä kohti monimutkaisempien ongelmanratkaisu- ja päätelytehtävien ratkaisua ja tukee siten lapsen matematiikan oppimista ja osaamista

(Carr ym., 2008; Meyer, Salimpoor, Wu, Geary, & Menon, 2010). Sujuvalla laskutaidolla onkin yhteyttä matemaattiseen osaamiseen (Carr ym., 2008) sekä merkitystä myöhempien matemaattisten taitojen oppimisessa (Fuchs ym., 2006).

Sujumattomuus aritmeettisten laskujen ratkaisemisessa, eli vaikeus palauttaa tietoa muistista, on yksi tavallisimmista matemaattisten oppimisvaikeuksien piirteistä (Koponen, Aro ym., 2018). Piirre on melko pysyvä, jonka vuoksi lapset, joilla on haasteita, tarvitsevat tukitoimia (Koponen, 2012). 7-9-vuotiailla lapsilla, joilla on matemaattisia vaikeuksia, on todettu olevan vaikeuksia muistaa luku-yhdistelmiä, ja siten heillä on myös heikompi laskusujuvuus (Jordan, Hanich, & Kaplan, 2003). Lapset, joiden laskusujuvuus on heikompi, eivät onnistu hakemaan edes suhteellisen pienillä luvuilla esitetyn laskun vastausta pitkäkestoisesta muististaan, toisin kuin heidän ikätoverinsa, joiden laskusujuvuus on tavanomaista (De Smedt, Holloway, & Ansari, 2011). Lisäksi lapset, joilla on haasteita laskusujuvuudessa, käyttävät usein hitaita ja virheisiin altistavia laskustrategioita (Geary, 2004). Haastavampien matemaattisten taitojen oppiminen saattaa vaarantua, jos lapsen peruslaskutaidot ovat sujumattomat (Koponen, Sorvo ym., 2018). Laskemisen sujuvuus ja myöhempi yleinen matemaattisten taitojen osaaminen ovat yhteydessä keskenään (Geary, 2011).

Sukupuolten välisiä eroja on tutkittu jonkin verran myös laskusujuvuuden ja siihen liittyvien tekijöiden osalta. Poikien on havaittu suoriutuvan tyttöjä paremmin laskusujuvuutta mittaavista tehtävistä toisella luokalla sekä kolmannen luokan syksyllä, mutta sitten erot ovat tutkimuksen mukaan tasoittuneet (Väisänen & Aunio, 2016). Koposen, Salmen ja muiden (2013) tutkimuksessa pojat olivat tilastollisesti merkitsevästi sujuvampia laskijoita kolmannen luokan alussa. Monosen ja kollegoiden (2013) tutkimuksessa sukupuoli oli suorassa yhteydessä lapsen matemaattisiin suhdetaitoihin ja epäsuorasti suhdetaitojen ja laskemisen taitojen kautta yhteen- ja vähennyslaskusujuvuuteen. Kyseisessä tutkimuksessa poikien todettiin suoriutuvan tyttöjä paremmin. On myös todettu poikien käyttävän enemmän automatisoitunutta muistista hakua ja tyttöjen puolestaan konkreettisia apuvälineitä laskemisessaan (Carr ym., 2008; Carr & Davis, 2001). Carrin

ja kollegoiden (2008) tutkimuksessa tämä johti poikien parempaan yhteen- ja vähennyslaskusujuvuuteen toisella luokalla. Royer, Tronsky, Chan, Jackson ja Marchant (1999) tutkivat lasten ja nuorten aritmeettisiä taitoja sekä muistista hakemista ensimmäiseltä luokalta kahdeksannelle. He havaitsivat, että pojat suoriutuivat neljännen luokan jälkeen tyttöjä paremmin aritmeettisissä testeissä ja olivat nopeampia muistista hakijoita.

Vanhemman koulutustaustan ja lapsen laskusujuvuuden yhteyttä on tutkittu Suomessa ainakin muutamassa tutkimuksessa. Koposen ja kollegoiden (2016) tutkimuksessa äidin koulutustaso ennusti lapsen laskusujuvuutta kolmannella luokalla tilastollisesti merkitsevästi siten, että mitä korkeammin koulutettu äiti oli, sitä sujuvampi laskija lapsi oli. Väisäsen ja Aunion (2016) tutkimuksessa vanhempien koulutustasolla ei ollut yhteyttä lasten laskusujuvuuteen. Monosen ja kollegoiden (2013) tutkimuksessa äidin koulutustasolla havaittiin tilastollisesti merkitsevä suora yhteys lapsen matemaattisiin suhdetaitoihin ja sitä kautta epäsuora yhteys yhteen- ja vähennyslaskusujuvuuteen. Äidin parempi koulutustausta oli yhteydessä lapsen parempaan matematiikan osaamiseen. Samassa tutkimuksessa isän koulutustaustalla ei ollut tilastollisesti merkitsevää yhteyttä lapsen matematiikan osaamiseen.

3 KOGNITIIVISIA TAITOJA MATEMAATTISTEN TAITOJEN TAUSTALLA

3.1 Työmuisti

Työmuisti on järjestelmä, jonka avulla tietoa voidaan pitää mielessä ja käsitellä lyhyen aikaa sekä muovata käyttäytymistä tämän tiedon pohjalta (Baddeley, 1992). Yleisesti työmuistin kapasiteettia pidetään rajallisena (Halford, Cowan, & Andrews, 2007). Työmuistia on määritelty eri tavoin (Berch, 2008), mutta tunnetuin työmuistimalli on Baddeleyn ja Hitchin kehittämä kolmikomponenttimalli. Malli sisältää passiivisia varastotoimintoja (lyhytkestoinen muisti) sekä aktiivisia prosessoivia ja kontrolloivia toimintoja. (Baddeley, 1986, s. 70–71; 1997, s. 52.)

Baddeleyn ja Hitchin työmuistimalli sisältää toimintaa ohjaavan keskusyksikön sekä kaksi alajärjestelmää: kielelliseen ainekseen erikoistuneen fonologisen silmukan ja visuaalisen sekä avaruudellisen aineksen käsittelyyn erikoistuneen visuaalis-spatiaalisen luonnoslehtiön (Baddeley, 1986, s. 70–71; 1997, s. 52). Myöhemmin Baddeley (2000) on täydentänyt malliaan lisäämällä siihen episodisen puskurin, jonka tehtävä on yhdistää informaatiota alajärjestelmien ja säilömuistin välillä.

Lapsen muistin rakennetta voidaan arvioida luotettavasti 4-vuotiaasta lähtien ja sen on todettu pysyvän melko muuttumattomana lapsuuden ajan (Alloway, Gathercole, & Pickering, 2006). Gathercolen, Pickeringin, Ambridgen ja Wearingin (2004) mukaan lasten kohdalla mikään työmuistin komponentti ei ole suuremmassa roolissa kuin toinen, vaan ne näyttävät kehittyvän samassa tahdissa. Suhteet fonologisen silmukan, visuaalis-spatiaalisen luonnoslehtiön ja keskusyksikön välillä pysyvät kehityksen aikana melko samanlaisina ja vastaavat aikuisen työmuistin rakennetta (Gathercole ym., 2004). On todettu, että lasten kapasiteetti kaikilla työmuistin osa-alueilla paranee lineaarisesti nuoruusikään asti (Gathercole ym., 2004).

Työmuistilla on todettu olevan yhteyttä koulusuoriutumiseen (Gathercole & Pickering, 2000). Gathercolen ja Pickeringin (2000) tutkimuksessa 7-vuotiaat, joilla oli haasteita saavuttaa opetussuunnitelman tavoitteita yhdessä tai useammassa kouluaineessa, suoriutuivat heikosti myös työmuistitehtävistä. Näillä oppilailla pulmat näyttäytyivät erityisesti työmuistin keskussyksikön toimintaa mittaavissa tehtävissä sekä tietyissä visuo-spatiaalisen luonnoslehtiön toimintaa mittaavissa tehtävissä (Gathercole & Pickering, 2000). Matematiikan haasteiden ja heikkojen taitojen on todettu olevan yhteydessä keskussyksikön toimintaan (Geary, 2004).

Tässä tutkielmassa käytettyä työmuistitehtävää, Wechslerin (2010) numerosarjat taaksepäin (Digit Span Backward), on käytetty kielellisen työmuistin mittarina (Koponen ym., 2016; Raghobar, Barnes, & Hecht, 2010). Tehtävä vaatii tiedon prosessointia ja tallettamista lähimuistiin samanaikaisesti (Pickering, 2006). Tätä tehtävää on tutkimuksissa käytetty erityisesti lasten työmuistin keskussyksikön toiminnan arviointiin (Gathercole ym., 2004; Gathercole & Pickering, 2000; Geary, 2011; Navarro ym., 2011; Pickering, 2006; van der Sluis, van der Leij, & de Jong, 2005). Tässä tutkielmassa omaksutaan tämä yleisin näkemys. On kuitenkin myös tutkimuksia, joissa tehtävän esitetään mittaavan keskussyksikön lisäksi fonologisen silmukan toimintaa, koska numerot toistetaan verbaalisesti (Geary, Hoard, & Hamson, 1999; Rasmussen & Bisanz, 2005). Lisäksi on nostettu esiin visuo-spatiaalisten edustusten mahdollinen rooli numerosarjat taaksepäin -tehtävässä (Berch, 2008; Pickering, 2006).

Työmuistin keskussyksikön ja muiden komponenttien yhteyttä lasten matemaattisiin taitoihin on tutkittu. Numeroiden taaksepäin toistamisen tehtävän on havaittu olevan yhteydessä matematiikan suorituksiin koulun aloitusvaiheessa maassa, jossa koulu aloitetaan 5-vuotiaana (Bull ym., 2008). Työmuistin keskussyksikön on todettu olevan yhteydessä matematiikan osaamiseen (Bull ym., 1999; Geary, 2011) ja erityisesti puutteet keskussyksikön toiminnassa näkyvät lapsen inhibitiossa eli kyvyssä vastustaa epäolennaisia ärsykejä (Passolunghi & Siegel, 2001; 2004). Bullin ja muiden (1999) tutkimuksen mukaan lapset, joilla matemaat-

tiset taidot ovat heikot, eivät hae yhtä paljon aritmeettisiä faktoja eli laskujen vastauksia pitkäkestoisesta muististaan. Tämän vuoksi erityisesti näillä lapsilla laskujen ratkaisu kuormittaa työmuistin keskusyksikköä (Bull ym., 1999). Navarron ja kollegoiden (2011) mukaan lapset, joilla on matemaattisia oppimisvaikeuksia, pitävät epäolennaista tietoa keskusyksikössään ratkaistessaan laskutehtäviä. Simmons, Willis ja Adamsin (2012) tutkimuksen tulokset viittaavat siihen, että keskusyksikön toiminta selittää varhaisten yhteenlaskutaitojen vaihtelua noin 5-vuotiailla lapsilla. Koposen ja kollegoiden (2016) tutkimuksissa työmuisti, jota mitattiin numerosarjojen taaksepäin toistamisella, ei ennustanut lapsen laskusujuvuutta tilastollisesti merkitsevästi. Keskusyksikön toiminnan lisäksi spataalisen työmuistin on havaittu olevan heikompi lapsilla, joilla aritmeettiset taidot ovat heikommat, mutta sen sijaan fonologinen työmuisti on heillä ollut samalla tasolla kuin saman ikäisillä verrokeilla (McLean & Hitch, 1999).

Tutkimuksissa numerosarjat taaksepäin -tehtävällä saadut tulokset eivät ole aivan yhdenmukaisia (Raghubar ym., 2010). Osassa tutkimuksista tehtävällä ei ole onnistuttu saamaan tuloksia, joilla voitaisiin tunnistaa ne lapset, joilla on haasteita matematiikassa (Landerl, Bevan, & Butterworth, 2004; Temple & Sherwood, 2002; van der Sluis ym., 2005). Toisissa tutkimuksissa tehtävällä on onnistuttu erottelamaan tavallisesti suoriutuvat lapset niistä lapsista, joilla on haasteita matematiikassa (Passolunghi & Cornoldi, 2008; Passolunghi & Siegel, 2001; 2004; Mabbott & Bisanz, 2008). Lasten sukupuolten välillä ei ole havaittu eroja numeroiden taaksepäin luettelon tehtävistä suoriutumisessa (Bull ym., 2008; Conklin, Luciana, Hooper, & Yarger, 2007).

Siegel ja Ryan (1989) ovat nostaneet esille, että ne lapset, joilla on matemaattisia oppimisvaikeuksia, ovat heikkoja ainoastaan työmuistitehtävissä, joissa vaaditaan numeerisen tiedon käsittelyä. Vastaavaa heikkoutta ei heidän mukaansa näyntydy tehtävissä, joissa käsiteltävä tieto ei ole numeerista. Sama ilmiö on havaittu tutkimuksissa, joissa verbaalista työmuistia on mitattu sekä numeerisesti että ei-numeerisesti 8-11-vuotiailla (Passolunghi & Cornoldi, 2008; Passolunghi & Siegel, 2001; 2004). Raghubar kollegoineen (2010) on kyseenalaistanut sitä, että työmuistia mitataan usein numeerisilla ärsykkeillä. Heidän mukaansa

työmuistin mittaaminen numeerisin ärsykkein voi kasvattaa yhteyttä matemaattisiin oppimisvaikeuksiin. Tästä syystä ainakin Simmons ja kollegat (2012) ovat käyttäneet numerosarjojen taaksepäin toistamista vastaavaa mittaria, jossa käytetään numeroiden sijasta yksitavuisia sanoja (Pickering & Gathercole, 2001). Myös muissa tutkimuksissa on käytetty tutuista kaksitavuisista sanoista muodostuvien sarjojen taaksepäin toistamisen tehtäviä (Passolunghi & Cornoldi, 2008; Passolunghi & Siegel, 2001; 2004). Näiden tuloksissa on havaittu, että numerosarjojen taaksepäin toistamisessa lapset, joilla on matemaattisia oppimisvaikeuksia tai vaikeuksia ongelmanratkaisussa, erosivat kontrolliryhmästä. Sana-sarjojen taaksepäin toistamisessa nämä lapset eivät eronneet kontrolliryhmästä.

3.2 Nopea sarjallinen nimeäminen

Nopea sarjallinen nimeäminen (Rapid Automated Naming, RAN) tarkoittaa kykyä tunnistaa sekä nimetä nopeasti tuttuja, visuaalisesti ja sarjallisesti esitetyjä ärsykeitä (Kirby ym., 2010; Peltomaa, 2014; Willburger ym., 2008). Denckla ja Rudel (1974) ovat kehittäneet nopean sarjallisen nimeämisen termin sekä luo- neet mittarin, joka on suunniteltu tuttujen ärsykkeiden nimeämisnopeuden mit- taamiseen. Heidän ideansa on lähtöisin Geschwindin (1965/1972) hypoteesista, jonka mukaan lapsen kyky nimetä värejä voisi olla varhainen lukivalmiuksien ennustaja (Wolf, 1991). Testin suomalainen versio (Ahonen, Tuovinen, & Leppä- saari, 2003) on johdettu Dencklan ja Rudelin (1974) testistä.

Nopean sarjallisen nimeämisen on todettu olevan yhteydessä lukivaikeuk- siin (Heikkilä, 2015; Heikkilä, Närhi, Aro, & Ahonen, 2009). Araújo, Reisin, Pe- terssonin ja Faísan (2015) meta-analyysin mukaan RAN on yhteydessä sanojen, tekstin ja epäsanon lukemiseen sekä luetunymmärtämiseen siten, että suju- vampi nimeäminen on yhteydessä parempaan lukutaitoon. Tutkimukset osoitta- vat RAN:in ennustavan lukutaitoa (Georgiou ym., 2008; Kirby ym., 2008; Landerl ym., 2018; Puolakanaho ym., 2007) ja heikot lukijat ovat usein heikkoja myös no- peassa sarjallisessa nimeämisessä (de Jong & Van der Leij, 2003; Kirby, Parrila, &

Pfeiffer, 2003; Semrud-Clikeman, Guy, Griffin, & Hynd, 2000; Willburger ym., 2008).

RAN:in on todettu olevan yhteydessä myös laskusujuvuuteen (Cui ym., 2017; Hornung ym., 2017; Koponen ym., 2017) ja vaikeuksiin aritmetiikassa (van der Sluis, de Jong, & van der Leij, 2004). Kaikissa tutkimuksissa nimeämisnopeuden ja laskusujuvuuden välillä ei ole kuitenkaan havaittu yhteyttä (Väisänen & Aunio, 2016). Väisänen ja Aunio (2016) totesivat, että erilainen tulos saattaa johtua siitä, että RAN mitattiin vasta neljännellä luokalla, jolloin lasten väliset osaa-miserot eivät ole enää kovin suuret. On esitetty, että nopea sarjallinen nimeäminen olisi yksi selittävä tekijä matematiikan ja lukemisen vaikeuksien päällekkäistymisen eli komorbiditeetin taustalla (Korpiää ym., 2017). Tästä ei kuitenkaan ole oltu yhtä mieltä kaikissa tutkimuksissa (Heikkilä, 2015). Lisäksi RAN:illa on ennustettu riskiä yleisiin oppimisvaikeuksiin (Waber, Wolff, Forbes, & Weiler, 2000). Myös RAN:in yhteys tarkkaavuushäiriöön on havaittu (Ryan ym., 2016; Tannock, Martinussen, & Frijters, 2000).

Nopean sarjallisen nimeämisen taustalta on havaittu monia eri tekijöitä. RAN voidaan käsittää monimutkaisena joukkona, johon kuuluu tarkkaavaisuuden, havainnoinnin, muistin, fonologisten taitojen, semantiikan ja motoriikan alaprosesseja (Wolf, Bowers, & Biddle, 2000). Närhen ja kollegoiden (2005) mukaan fonologiset taidot, prosessointinopeus, motorinen taitavuus ja verbaalinen sujuvuus selittävät nopean sarjallisen nimeämisen taitoa. RAN:in ja laskusujuvuuden suhteen taustaa on myös tutkittu: Georgioun ja kollegoiden (2013) mukaan prosessointinopeus ja visuaalinen muisti selittivät suurimman osan RAN:in laskusujuvuutta ennustavasta varianssista. RAN:in on kuitenkin todettu ennustavan yhteen- ja vähennyslaskun sujuvuutta myös sen jälkeen, kun prosessointinopeus on kontrolloitu (Cui, ym. 2017). Myös Wolf ja kollegat (2000) ovat todenneet, että vaikka RAN selkeästi sisältää prosessointinopeuden piirteitä, näitä ei voi pelkistää fonologisten prosessien joukkoon.

Nopeaa sarjallista nimeämistä on mitattu eri osatehtävillä. Alkuperäisessä Dencklan ja Rudelin (1974) testissä osatehtävinä olivat esineiden kuvat, värit, kirjaimet ja numerot. Nämä samat ovat myös suomalaisessa versiossa (Ahonen ym.,

2003). Näiden tavallisimpien mittausten lisäksi on käytetty erilaisia osatehtäviä, kuten nopan silmälukujen nimeämistä (Cui ym., 2017; Hornung ym., 2017; Pauly ym., 2011). Myös lukumäärien nimeämistä on mitattu ainakin kahdella erilaisella osatehtävällä: sormien osoittaman lukumäärän nimeämisellä (lukumäärät vaihtelivat 1–5 välillä) (Hornung ym., 2017) sekä kolmioiden lukumäärän (1–4) nimeämisellä (van der Sluis ym., 2004; van der Sluis, de Jong, & van der Leij, 2007; Willburger ym., 2008). Kirjainten nimeäminen on saatettu myös jakaa vokaaleihin ja konsonantteihin (Hornung ym., 2017). Pääasiassa RAN-testit suoritetaan paperitehtävinä, mutta myös tietokonetehtäviä on käytetty (Cui ym., 2017; D'Amico & Passolunghi, 2009; Landerl & Willburger, 2010; Willburger ym., 2008).

RAN-testiä on joissain tutkimuksissa (esim. Georgiou ym., 2013; Norton & Wolf, 2012) täydennetty Wolfin (1986) RAS-testillä (Rapid Alternating Stimulus) tai sitä vastaavalla versiolla, jossa tutkitaan vaihtuvien yksiköiden nimeämistä. Testi on RAN:in kaltainen, mutta samaan osatehtävään on sekoitettu eri yksiköitä, kuten värejä, numeroita ja kirjaimia sekaisin. Myös suomalaisesta Ahosen ja kollegoiden (2003) testistä löytyy RAS-osatehtäviä. RAS-tehtävien on havaittu olevan yhteydessä lukutaitoon siten, että lapset, joilla oli todettu vakava dysleksia, suoriutuivat hitaammin RAS-tehtävistä kuin lapset, joilla haasteet lukemisessa eivät olleet yhtä vakavia (Ackerman, Dykman, & Gardner, 1990). Lisäksi RAS-tehtävästä suoriutumisen on voitu erottaa sekä heikot lukijat tavallisista lukijoista että tunnistaa dyslektiset lapset. RAS-tehtävästä suoriutumisen on myös havaittu ennustavan myöhempää lukutaitoa ja erityisesti sanatason lukemista päiväkotikästä kolmannelle luokalle. (Wolf, 1986.)

Kun kuvataan tarkemmin RAN:in ja laskusujuvuuden yhteyttä, Koposen ja kollegoiden (2017) meta-analyysissä RAN ja matematiikka olivat tilastollisesti merkitsevästi yhteydessä keskenään ($r = .37$; 95 % luottamusväli [LV] .33–.42). Seuraavien moderaattorien vaikutukset olivat tutkimuksessa merkitseviä: RAN:in korrelaatio oli suurempi aritmeettisten laskutehtävien kuin yleisen matematiikan suoriutumisen kanssa, yksinumeroisten kuin moninumeroisten laskutehtävien kanssa ja laskemisen sujuvuuden kuin tarkkuuden tehtävien kanssa

(Koponen ym., 2017). Koposen ja kollegoiden (2016) suomalaisessa tutkimuksessa, joka kuuluu aiemmin mainittuun meta-analyysiin, on tutkittu ensimmäisellä luokalla mitatun RAN:in yhteyttä kolmannen luokan aritmeettiseen sujuvuuteen. Nämä olivat tilastollisesti erittäin merkitsevästi yhteydessä keskenään ($r = -.31, p < .001$). Myös Cui ja kollegoiden (2017) tutkimuksessa RAN ja yhteenlaskusujuvuus olivat tilastollisesti merkitsevästi yhteydessä keskenään ($r = -.38, p < .01$), kuten RAN ja vähennyslaskusujuvuuskin ($r = -.34, p < .01$). Cui ja kollegat (2017) tutkivat RAN:in ja laskusujuvuuden yhteyttä noin 5-vuotiailla kiinalaislapsilla. Hornungin ja kollegoiden (2017) tutkimuksessa noin 6–7-vuotiaille tehdyt useat RAN-mittaukset (esineet, vokaalit, konsonantit & sormien osoittama lukumäärä) olivat tilastollisesti merkitsevästi yhteydessä yhteen- ja vähennyslaskuun ($r = -.21 - -.29, p < .05$). Samassa tutkimuksessa värien ja lukujen nimeäminen oli tilastollisesti melkein merkitsevästi yhteydessä yhteenlaskuun (värit $r = -.23, p < .05$; luvut $r = -.15, p < .05$), mutta ei vähennyslaskuun.

Eri RAN-osatehtävien yhteyttä matemaattisiin taitoihin on tutkittu. Esineiden ja värien nimeämisen on todettu toimivan varhaisina ennustajina matematiikan taidolle ja erityisesti laskusujuvuudelle (Koponen ym., 2017). Hornungin ja muiden (2017) tutkimuksessa numeeriset RAN-tehtävät näyttivät ennustavan laskusujuvuutta. Paulyn ja kollegoiden (2011) tutkimuksessa ne päiväkotikäiset lapset, joilla oli riski kohdata haasteita aritmetiikassa, suoriutuivat heikosti RAN-tehtävistä, joissa tuli nimetä nopan silmälukuja sekä numeroita. Myös van der Sluisin ja kollegoiden (2004) tutkimuksessa alle 11-vuotiailla lapsilla, joilla oli haasteita aritmetiikassa, oli haasteita myös numeroiden ja pienten lukumäärien (1–4) nimeämisessä. Sen sijaan Willburgerin ja kollegoiden (2008) tutkimuksessa 8–10-vuotiaat lapset, joille matematiikka oli haastavaa, suoriutuivat verrokkeja heikommin pienten lukumäärien nimeämisestä (1–4), mutta tavallisesti numeroiden nimeämisessä. D’Amicon ja Passolunghin (2009) tutkimuksessa 9-vuotiaat lapset, joilla oli matemaattisia oppimisvaikeuksia, olivat kontrolliryhmää heikompia RAN kirjaimet ja RAN numerot -tehtävissä.

Ei ole aivan yksiselitteistä käsitystä siitä, mitkä RAN-osatehtävät olisivat parhaita matemaattisten taitojen selittäjiä. Donkerin, Kroesbergenin, Slotin, Van

Viersenin ja De Breen (2016) tutkimuksessa 7–10-vuotiaat lapset, joilla oli matemaattisia oppimisvaikeuksia, olivat heikompia ainoastaan ei-alfanumeerisissa RAN-tehtävissä. Alfanumeerisista RAN-tehtävistä he suoriutuivat kuten lapset, joilla ei ole pulmia matematiikassa. Samassa tutkimuksessa lapset, jolla oli lukemisen vaikeuksia tai lukemisen ja laskemisen päällekkäisiä vaikeuksia, olivat heikkoja sekä alfanumeerisissa että ei-alfanumeerisissa RAN-tehtävissä. Koposen ja kollegoiden (2017) meta-analyyssissä sillä, käytettiinkö numeerisia vai ei-numeerisia RAN-tehtäviä, oli hyvin vähän vaikutusta RAN:in ja matematiikan suhteeseen. Tutkimuksessa esitettiin, että RAN–matematiikka -suhdetta ei voi selittää käyttämällä RAN-tehtävissä pelkkiä numeerisia ärsykeitä, vaan suhde on yhteydessä yleisempään nimeämisprosessiin.

On esitetty erilaisia syitä sille, miksi nopea sarjallinen nimeäminen ennustaa matematiikan taitoja. Kummankin näistä taidoista on havaittu edellyttävän nopeaa fonologisten edustusten hakua pitkäkestoisesta muistista (Koponen, Aunola ym., 2007; Koponen ym., 2017). Tutkimuksessa, jossa nopan silmälukujen ja numeroiden nimeäminen oli yhteydessä matematiikan taitoihin, todettiin, että näiden nimeäminen saattaa olla riippuvaista lukumääriä koskevan tiedon hakeemisesta muistista. Tämä taito on olennainen myös tehtävissä, joilla kyseisessä tutkimuksessa mitattiin varhaisia aritmeettisiä taitoja päiväkotikäisiltä. (Pauly ym., 2011.) On myös esitetty, että lapsi, jolla on matemaattisia oppimisvaikeuksia, voi olla heikompi lukumäärien käsittelyssä ja lukukäsitetaidoissa (Robinson, Menchetti, & Torgesen, 2002; Willburger ym., 2008) ja lukumäärien prosessoinnin heikkous voi olla jopa neurobiologinen (Butterworth, 2005; Landerl ym., 2004). Willburger ja kollegat (2008) ehdottavat tähän liittyen, että lapsi, jolla on matemaattisia oppimisvaikeuksia, ei todennäköisesti täysin yhdistä lukumäärää ja tätä vastaavaa numeroa keskenään. Heidän mukaansa tämä olisi syynä sille, että heidän tutkimuksessaan numeroiden nimeämisessä ei näy samankaltaisia haasteita kuin lukumäärien nimeämisessä. Donkerin ja kollegoiden (2016) tutkimuksessa arveltiin, että alfanumeerinen ja ei-alfanumeerinen RAN vaativat erilaista prosessointia. Heidän tutkimuksensa mukaan ei-alfanumeerinen RAN

vaatii käsitteellistä prosessointia ja alfanumeerinen enemmän fonologista prosessointia. Kopsen ja kollegoiden (2017) meta-analyysissä puolestaan esitettiin, että RAN:in ja matematiikan suhde olisi yhteydessä sekä käsitteelliseen prosessointiin että fonologiseen prosessointiin.

Nopean sarjallisen nimeämisen yhteyttä työmuistin osatekijöihin on tutkittu. Amtmann, Abbott ja Berninger (2007) näkivät RAN:in fonologisen silmukan mittarina ja RAS:in keskusyksikön mittarina. RAN:in on havaittu olevan yhteydessä työmuistin keskusyksikköön 4–7-vuotiailla, kun työmuistia on mitattu numeroiden taaksepäin toistamisen tehtävällä (Navarro ym., 2011). Kopsen ja kollegoiden (2016) tutkimuksessa RAN ennusti laskusujuvuutta edelleen, kun fonologinen tietoisuus, verbaalinen lyhytkestoinen muisti ja työmuisti oli kontrolloitu.

Sukupuolten välisistä eroista nopeassa sarjallisessa nimeämisessä löytyy melko vähän tutkimusta. Niissä tutkimuksissa, joissa sukupuoli on huomioitu, ei sillä yleensä olla voitu selittää koulupolkunsa alussa olevien lasten suoriutumista RAN-tehtävistä (Araujo, Ferreira, & Ciasca, 2016; Di Filippo ym., 2005; Vander Stappen & Reybroeck, 2018). Vaikka Di Filipon ja kollegoiden (2005) poikittais-tutkimuksessa sukupuolen päävaikutus ei ollut merkitsevä, yksittäisessä tehtävässä löydettiin sukupuolten välinen ero nopeassa sarjallisessa nimeämisessä. Kyseisessä tutkimuksessa italialaiset 1.–5.-luokkalaiset tytöt olivat nopeampia nimeämään esineitä kuin pojat, mutta värien ja numeroiden nimeämisessä sukupuolten välillä ei ollut eroa.

4 TUTKIMUSKYSYMYKSET

Aiemmissa tutkimuksissa nopean sarjallisen nimeämisen on todettu ennustavan lasten laskusujuvuutta (Hornung ym., 2017; Koponen ym., 2017). Siten on ajateltu, että RAN-tehtäviä voitaisiin käyttää ennustajina myöhemmille matematiikan taidoille ja niillä voitaisiin mahdollisesti tunnistaa riskiä aritmeettiseen sujuvuuteen (Koponen ym., 2017). Lisäksi yhteys RAN:in ja laskusujuvuuden välillä kertoo siitä, onko RAN mahdollisesti laskusujuvuuden taustalla oleva tekijä tai lähde matemaattisille vaikeuksille. Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää, missä määrin nopea sarjallinen nimeäminen ennustaa yhteen- ja vähennyslaskusujuvuutta, kun lapsen sukupuoli, vanhemman koulutustaso sekä lapsen työmuisti on kontrolloitu. Lapsen nopean sarjallisen nimeämisen taito sekä työmuisti mitattiin ensimmäisellä luokalla ja yhteen- sekä vähennyslasku kolmannella luokalla. Siten oli mahdollista tarkastella nopean sarjallisen nimeämisen ja laskusujuvuuden yhteyttä pitkittäisasetelmalla sekä nopean sarjallisen nimeämisen ennustavaa vaikutusta laskusujuvuuteen. Tutkimuskysymykset olivat:

1. Missä määrin ensimmäisen luokan keväällä mitattu nopea sarjallinen nimeäminen ennustaa yhteenlaskusujuvuutta kolmannen luokan keväällä?
2. Missä määrin ensimmäisen luokan keväällä mitattu nopea sarjallinen nimeäminen ennustaa vähennyslaskusujuvuutta kolmannen luokan keväällä?

5 TUTKIMUKSEN TOTEUTTAMINEN

5.1 Tutkimuskonteksti ja tutkittavat

Tutkielman aineisto on kerätty osana Jyväskylän yliopiston Lasten luku- ja laskutaidon sujuvuus -hanketta (FLARE, FLuency Arithmetic REading). Tutkimushanke on Suomen Akatemian rahoittama ja sen johtajana toimii professori Mikko Aro. Tutkimuksessa on seurattu lasten luku- ja laskutaidon kehitystä ensimmäisen luokan keväästä kolmannen luokan kevääseen. Hankkeessa on tutkittu lukemisen ja aritmetiikan taitojen sujuvuuden kehitystä sekä sujuvuusongelmien taustaa. Tavoitteena on tuottaa uutta tietoa taitojen sujuvuuden kehityksestä ja kehityksen ongelmista sekä matematiikan ja lukemisen vaikeuksien päällekkäistymisestä. Tutkimuksessa oli viisi mittapistettä ja ne järjestettiin lukukausittain vuosina 2016–2018.

Tutkittavina oli 200 oppilasta kuudesta eri koulusta Keski-Suomen alueelta. Lopullisessa aineistossa oppilaita oli yhteensä 180, josta poikia oli 87 (48.3%) ja tyttöjä 93 (51.7%). Sukupuolittain tehdyissä tarkasteluissa tutkittavien määrät vaihtelivat muuttujien normalisointimenetelmästä johtuen. Lasten huoltajista 104 (57.8%) kuului alemman koulutustason ryhmään ja 76 (42.2%) korkeamman koulutustason ryhmään. Vanhempien koulutustausta selvitettiin vanhemmille osoitetulla kyselylomakkeella, jossa kysyttiin huoltajien jatkokoulutusta. Tässä tutkimuksessa käytettävään muuttujaan huomioitiin vain korkeammin jatkokoulutetun huoltajan koulutustaso. Muuttuja koodattiin dikotomiseksi siten, että ylempään koulutustasoon huomioitiin yliopistotutkinto sekä yliopistollinen jatkotutkinto. Alempaan koulutustasoon koodattiin näitä tutkintoja matalammat jatkokoulutusvaihtoehdot.

Tutkimushanke on saanut Jyväskylän yliopiston eettisen toimikunnan hyväksynnän. Tutkimukseen osallistuminen oli vapaaehtoista kouluille, opettajille ja oppilaille. Oppilaiden huoltajilta on pyydetty tutkimusluvat. Oppilaille ja heidän huoltajilleen on kerrottu tutkimuksen tavoitteista, toteuttamisesta sekä mah-

dollisuudesta keskeyttää tutkimukseen osallistuminen missä tahansa tutkimusvaiheessa. Aineiston kerääjät ovat olleet hankkeen työntekijöitä sekä perehdytetyjä tutkimusavustajia. Aineistosta ei voida tunnistaa yksittäistä oppilasta ja aineistoa käsitelleet henkilöt ovat allekirjoittaneet vaitiolosopimuksen. Tutkimusaineisto on kerätty, käsitelty ja analysoitu tutkimuseettisten periaatteiden mukaisesti.

5.2 Tutkimusmenetelmät ja mittarit

Tämän tutkielman aineisto on kerätty Lasten luku- ja laskutaidon sujuvuus - hankkeen ensimmäisestä ja viimeisestä mittapisteestä. Ensimmäinen mittapiste oli tutkittavien ensimmäisen luokan keväällä ja viimeinen kolmannen luokan keväällä. Tässä tutkimuksessa ensimmäisellä luokalla mitattiin nopea nimeäminen sekä työmuisti. Kolmannella luokalla mitattiin laskusujuvuus. Ennustavaa vaikutusta tutkittiin koulunkäynnin ensimmäiseltä keväältä sille luokka-asteelle, jolla yhteen- ja vähennyslaskutaidon voidaan olettaa useimmilla sujuvoituneen. Jyväskylän perusopetuksen opetussuunnitelmassa (2016) esitetään kolmannen luokan matematiikan opetuksen sisältöjen yhteydessä yhteen- ja vähennyslaskutaidon automatisoitumisen painottaminen. Kolmannella luokalla matematiikan opetuksen sisällöissä on vielä useita yhteen- ja vähennyslaskutaitoon liittyviä osioita, kun neljännellä luokalla painotus vaihtuu kerto- ja jakolaskuihin (Jyväskylän POPS, 2016). Yhteen- ja vähennyslaskutaito sujuvoituukin tavallisesti noin yhdeksään ikävuoteen mennessä lukualueella 1–20 (Koponen, 2012). Aineisto kerättiin oppituntien aikana tutkimusavustajan ohjaamissa yksilö- ja ryhmätilanteissa lomaketehtävin. Kaikkiin tehtäviin sisältyi lyhyt harjoitusosio, jotta voitiin varmistua siitä, että tutkittavat ymmärtävät tehtävän. Seuraavaksi kuvataan tutkimuksessa käytetyt mittarit.

Työmuisti. Verbaalista työmuistia mitattiin kahdella tehtävällä yksilömittauksissa ensimmäisen luokan keväällä. Ensimmäinen näistä oli WISC IV:n numerosarjat-tehtävän taaksepäin toistaminen (Wechsler, 2010). Toinen tehtävä oli sanasarjojen taaksepäin toistaminen, joka oli numerosarjat-tehtävää vastaava,

tutkimuskäyttöön kehitetty tehtävä. Numerosarjat-tehtävässä tutkittavalle sanottiin asteittain piteneviä numerosarjoja (2-7 ärsykettä), ja häntä pyydettiin toistamaan nämä päinvastaisessa järjestyksessä. Jokaista numerosarjapituutta kohden oli kaksi osiota, joista tutkittavan tuli toistaa oikein vähintään toinen. Tehtävä keskeytettiin, kun tutkittava ei pystynyt toistamaan oikein kumpaakaan kahdesta samanpituisesta numerosarjasta. Jokaisesta oikein toistetusta sarjasta lapsi sai yhden pisteen ja oikeiden vastausten yhteispistemäärästä muodostettiin muuttuja. Sanasarjat-tehtävä toteutettiin ja pisteytettiin aivan kuten edellä kuvattu numerosarjat-tehtävä. Tässä tehtävässä sarjat koostuivat kaksitavuisista, suomenkielisistä sanoista numeroiden sijaan. Näistä kahdesta tehtävästä muodostettiin työmuistin summamuuttuja. Tehtävien välinen Pearsonin tulomomenttikorrelaatiokerroin oli .45, ($p < .001$) ja Cronbachin alfan arvo oli .60.

Nopea sarjallinen nimeäminen (RAN). Nopeaa sarjallista nimeämistä mitattiin Ahosen ja kollegoiden (2003) nopean sarjallisen nimeämisen testin osatehtävillä. Testit tehtiin yksilötilanteissa, ja käytössä oli kolme osatehtävää: numerot, kirjaimet (alfanumeeriset) sekä esineet kuvina (ei-alfanumeerinen). Jokaisessa osatehtävässä oli viisi eri ärsykettä joko numeroina, kirjaimina tai esineiden kuvina. Ärsykkeet toistuivat satunnaisessa järjestyksessä siten, että ne olivat viidessä rivissä. Jokaisessa rivissä oli kymmenen ärsykettä. Tutkittavan tehtävänä oli nimetä ärsykkeet mahdollisimman nopeasti ja tarkasti. Tutkija kirjasi käytetyn ajan, virheet sekä ylihypytyt ärsykkeet. Tässä tutkielmassa käytettiin muuttujana nimeämisaikaa, sillä tutkittavat nimesivät ärsykeitä melko virheettömästi. Kolmesta osatehtävästä muodostettiin RAN:in summamuuttuja. Tehtävien väliset Pearsonin tulomomenttikorrelaatiokertoimet olivat väliltä .50 - .62 ($p < .001$) ja Cronbachin alfan arvo oli .79.

Laskusujuvuus. Laskusujuvuutta mitattiin yhteen- ja vähennyslaskutehtävillä (Koponen & Mononen, 2010a; 2010b). Tehtävät toteutettiin ryhmämittauksissa. Tutkittavilla oli kummassakin osuudessa kaksi minuuttia aikaa laskea lomakkeella annettuja laskuja. Kummassakin osuudessa oli 120 laskua. Kaikki las-

kuissa esiintyneet luvut ja laskujen ratkaisut olivat lukualueelta 0–20. Muuttujana kummassakin osuudessa oli oikein ratkaistujen laskujen määrä minuuttia kohden.

5.3 Aineiston analyysi

Aineisto analysoitiin SPSS 24-ohjelmistolla. Analyysimenetelmänä käytettiin monimuuttujaista lineaarista regressioanalyysia, joka toteutettiin hierarkkisesti lisäämällä kontrolloitavat muuttujat malliin yksi kerrallaan. Monimuuttujaisen lineaarisen regressioanalyysin ensisijainen tavoite on yleensä tutkia selitettävän ja useamman selittävän muuttujan suhdetta (Tabachnick & Fidell, 2013, s. 119). Toinen tavoite voi olla selitettävän ja selittävien muuttujien suhteen tutkiminen, kun toisen selitettävän muuttujan vaikutus poistetaan tilastollisesti. Lisäksi regressioanalyysillä voidaan vertailla selittävien muuttujien kykyä ennustaa selitettävää muuttujaa. (Tabachnick & Fidell, 2013, s. 119.)

Monimuuttujaisessa lineaarisessa regressioanalyysissä oletetaan monimuuttujaista normaaliutta, joka voidaan todeta siitä, että residuaalit ovat normaalisti jakautuneet, homoskedastiset ja lineaariset (Tabachnick & Fidell, 2013, s. 78). Tämän tutkimuksen aineistossa tämä oletus ei toteutunut (ks. liite 1). Tämän vuoksi jatkuvat muuttujat päädyttiin muuntamaan Templetonin (2011) menetelmällä (A Two-Step Transformation To Normality). Menetelmän ensimmäisellä askeleella jokainen muuttuja muunnettiin noudattamaan tasajakaumaa. Toisella askeleella tasajakauma muunnettiin vastaamaan normaalijakaumaa, jossa keskiarvot ja keskihajonnat olivat samat kuin alkuperäisessä muuttujassa. (Templeton, 2011.) Menetelmän etuna on, että muunnoksen avulla lineaarisen regression residuaalit ovat normaalimmat, homoskedastisemmat ja lineaarisemmat kuin alkuperäisillä muuttujilla (Templeton, 2011). Menetelmä on saanut kritiikkiä siitä, että se saattaa vääristää tuloksia ja sen luonne on tietoa tuhoava (Rönkkö & Aguirre-Urreta, 2018). On myös todettu, että muuntaminen saattaa heikentää tilastollista tehoa, eikä välttämättä kykene ylläpitämään tyyppin 1 virhekontrollia

(Beasley, Erickson, & Allison, 2009). Tyypin 1 virhe tarkoittaa virheellistä nollahypoteesin hylkäämistä (Tabachnick & Fidell, 2013, s. 34).

Monimuuttujaisen lineaarisen regressioanalyysin oletusten toteutuminen selvitettiin ja niiden kuvaus on esitetty liitteessä 1. Kaikki regressiomallit toteutettiin erikseen sekä alkuperäisillä että normaalimmaksi muunnetuilla muuttujilla. Lopulliseen tulostarkasteluun valittiin muunnetuilla muuttujilla toteutetut regressiomallit, koska regressioanalyysia koskevat oletukset toteutuivat niissä paremmin. Korrelaatiomatriisit sekä regressiomallit on esitetty alkuperäisillä muuttujilla liitteissä 2-6.

Regressiomalli toteutettiin ensin siten, että työmuistin ja RAN:in muuttujista ei muodostettu summamuuttujia. Tällöin havaittiin suppressiota. Suppressio tarkoittaa sitä, että riippumattoman ja riippuvan muuttujan standardoitu regressiokerroin regressioanalyysissa on poikkeava suhteessa korrelaatiokertoimeen, kun muita riippumattomia muuttujia kontrolloidaan (Kline, 2011). Koko aineiston regressioanalyysin tuloksissa työmuistin molemmat osatehtävät, numero- ja sanasarjat, korreloivat tilastollisesti merkitsevästi riippuviin muuttujiin. Regressioanalyysissa numerosarjojen standardoitu regressiokerroin oli tilastollisesti merkitsevä, mutta sanasarjojen lähellä nollaa, eikä tilastollisesti merkitsevä. Vastaava ilmiö havaittiin RAN:in osatehtävien kohdalla: huolimatta vahvoista multippelikorrelaatiokertoimista, regressiomallissa RAN esineet ja kirjaimet saivat standardoidut regressiokertoimet, joiden arvot olivat lähellä nollaa. Ainoastaan RAN numerot sai tilastollisesti merkitsevän omavaikutuksen. Suppression vuoksi työmuisti ja RAN päätettiin asettaa malliin summamuuttujina.

Ensimmäisessä tutkimuskysymyksessä riippuvana muuttujana oli yhteenlaskusujuvuus ja toisessa vähennyslaskusujuvuus. Näille tehtiin omat regressiomallit. Riippumattomia muuttujia molemmissa malleissa olivat lapsen sukupuoli, vanhemman koulutustaso, työmuisti sekä nopea sarjallinen nimeäminen. Regressiomallin toteutus oli samanlainen kumpaankin tutkimuskysymykseen vastattaessa. Ensinnä sukupuolen ja sitten vanhemman koulutustason vaikutus yhteen- ja vähennyslaskusujuvuuteen kontrolloitiin asettamalla nämä regressio-

mallissa omille askeleilleen. Mallin kolmannella askeleella kontrolloitiin työmuisti. Neljännellä askeleella lisättiin tarkastelun kohteeksi nopea sarjallinen nimeäminen. Muuttujat asetettiin malliin tässä järjestyksessä, koska RAN:in arviointiin olevan pääselittäjä. Sen on havaittu ennustavan laskusujuvuutta (esim. Koponen ym., 2017) ja siten sen omavaikutusta voitiin tutkia sijoittamalla malliin ensin vähempiarvoisia selittäjiä.

Koska vähennyslaskun regressiomallissa sukupuoli tuli merkitseväksi, kun malliin lisättiin muita muuttujia, päätettiin sukupuolieroja tutkia tarkemmin. Pojille ja tytöille muodostettiin omat regressiomallit. Riippuvina muuttujina olivat yhteen- ja vähennyslaskun sujuvuus, ja näille tehtiin omat regressiomallit. Riippumattomina muuttujina olivat vanhemman koulutustaso, lapsen työmuisti sekä nopea sarjallinen nimeäminen. Poikien ja tyttöjen osalta toteutus oli samanlainen: vanhemman koulutustason vaikutus yhteen- ja vähennyslaskun sujuvuuteen kontrolloitiin asettamalla se regressioanalyysin ensimmäiselle askeleelle. Työmuisti asetettiin toiselle askeleelle. Malleissa tarkasteltiin nopean sarjallisen nimeämisen yhteyttä yhteen- ja vähennyslaskun sujuvuuteen, kun lapsen vanhemman koulutustaso ja työmuisti oli kontrolloitu.

Tutkimuskysymyksille asetettiin kaksisuuntainen hypoteesi, eli RAN:in oletettiin olevan yhteydessä laskusujuvuuteen, mutta yhteyden suunnasta ei tehty oletuksia. Tutkimuksen riskitasoksi valittiin 0,05 (5 %) (ks. Tabachnick & Fidell, 2013, s. 34). R^2 -arvon lisäksi regressioanalyysistä raportoitiin korjattu R^2 . Korjattu R^2 -luku kuvaa mallin yleistettävyyttä populaatioon (Tabachnick & Fidell, 2013, s. 154). Standardoitujen regressiokertoimien lisäksi regressioanalyysissä on raportoitu osakorrelaatiokertoimet, joissa muiden riippumattomien muuttujien vaikutus raportoituun riippumattomaan muuttujaan, on poistettu (Tabachnick & Fidell, 2013, s. 144).

6 TULOKSET

6.1 Nopean sarjallisen nimeämisen yhteys laskusujuvuuteen

Taulukossa 1 on esitetty muuttujakohtaisten havaintojen keskiarvot, keskihajonnat, mediaanit, vinous ja huipukkuus sekä muuttujien väliset Pearsonin tulomomenttikorrelaatiokertoimet. Taulukossa 2 on esitetty monimuuttujaisen lineaarisen regressioanalyysin tulokset. Seuraavaksi käsitellään monimuuttujaisen lineaarisen regressioanalyysin tuloksia.

Yhteenlaskun malliin ensimmäisellä askelmalla lisätty riippumaton muuttuja lapsen sukupuoli ei selittänyt tilastollisesti merkitsevästi yhteenlaskusujuvuuden tasoa [$F(1, 178) = 0.35, p = .554$]. Myöskään toisella askelmalla malliin lisätty vanhemman koulutustaso ei lisännyt mallin selitysosuutta tilastollisesti merkitsevästi [$F(1, 177) = 0.42, p = .519$], eikä tilastollisesti merkitseviä omavaikutuksia havaittu. Malliin kolmannella askeleella lisätty lapsen työmuisti lisäsi mallin selitysosuutta 10 % tilastollisesti erittäin merkitsevästi [$F(1, 176) = 20.37, p < .001$]. Kolmannella askelmalla lapsen työmuistin omavaikutus oli positiivinen ja tilastollisesti erittäin merkitsevä ($\beta = .32, sr = .32, p < .001$): mitä parempi lapsen työmuisti oli ensimmäisellä luokalla, sitä parempi oli hänen yhteenlaskusujuvuutensa kolmannella luokalla. RAN:in lisääminen malliin lisäsi selitystasetta 14 % tilastollisesti erittäin merkitsevästi [$F(1, 175) = 31.51, p < .001$]. RAN:in omavaikutus oli negatiivinen ja tilastollisesti erittäin merkitsevä ($\beta = -.40, sr = -.37, p < .001$) ja työmuistin oli positiivinen ja melkein merkitsevä ($\beta = .18, sr = .17, p = .013$): mitä enemmän lapsi käytti aikaa RAN-tehtävässä ensimmäisellä luokalla, sitä heikompi oli hänen yhteenlaskusujuvuutensa kolmannella luokalla. Lisäksi mitä paremmin lapsi suoriutui työmuistitehtävistä ensimmäisellä luokalla, sitä parempi oli hänen yhteenlaskusujuvuutensa kolmannella luokalla. Tulokset osoittivat, että lapsen sukupuoli, vanhemman koulutustaso, ensimmäisellä luokalla mitattu lapsen työmuisti ja nopean sarjallisen nimeämisen taito selittivät yhteensä 23 % lapsen yhteenlaskusujuvuuden vaihtelusta kolmannen luokan loppulla [$F(4, 175) = 14.10, p < .001$].

TAULUKKO 1. Muuttujien keskinäiset korrelaatiot sekä muuttujakohtaisten havaintojen keskiarvot (*Ka*), keskihajonnat (*Kh*), mediaanit (*Md*), vinous ja huipukkuus.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.
1. Sukupuoli	-					
2. Vanhemman koulutustaso	-.01	-				
3. Työmuisti 1. lk.	.09	.03	-			
4. RAN 1. lk.	-.16*	.03	-.37***	-		
5. Yhteenlaskusujuvuus 3. lk.	-.04	.05	.32***	-.45***	-	
6. Vähennyslaskusujuvuus 3. lk.	-.12	.08	.29***	-.38***	.87***	-
<i>Ka</i>	0.52	0.42	4.01	46.22	18.57	14.90
<i>Kh</i>	0.50	0.50	0.81	10.12	7.51	6.80
<i>Md</i>	-	-	4.07	46.54	18.77	15.03
<i>Vinous</i>	-	-	0.51	0.09	-0.04	0.11
<i>Huipukkuus</i>	-	-	0.13	-0.43	-0.14	0.05

Huom. * $p < .05$, ** $p < .01$ ja *** $p < .001$. $N = 180$. Muuttujat normalisoitu. Sukupuoli: 0 = poika, 1 = tyttö. Sosioekonominen asema: 0 = alempi koulutustaso, 1 = ylempi koulutustaso.

TAULUKKO 2. Hierarkkisesti toteutetun monimuuttujaisen lineaarisen regressioanalyysin tulokset ensimmäisellä luokalla mitatun nopean sarjallisen nimeämisen yhteydestä kolmannella luokalla mitattuun yhteen- ja vähennyslaskusujuvuuteen. Lapsen sukupuoli, vanhemman koulutustaso ja lapsen ensimmäisellä luokalla mitattu työmuisti on kontrolloitu.

Selittävät muuttujat	Yhteenlasku 3. lk.					Vähennyslasku 3. lk.				
	R^2	Korj. R^2	ΔR^2	β	sr	R^2	Korj. R^2	ΔR^2	β	sr
1. Askelma	.00	-.00	.00			.02	.01	.02		
Sukupuoli				-.04	-.04				-.12	-.12
2. Askelma	.00	-.01	.00			.02	.01	.01		
Sukupuoli				-.04	-.04				-.12	-.12
Vanhemman koulutustaso				.05	.05				.09	.09
3. Askelma	.11	.09	.10			.12	.10	.09		
Sukupuoli				-.07	-.07				-.15*	-.15*
Vanhemman koulutustaso				.04	.04				.08	.08
Työmuisti 1. lk.				.32***	.32***				.31***	.31***
4. Askelma	.24	.23	.14			.21	.19	.09		
Sukupuoli				-.12	-.12				-.19**	-.19**
Vanhemman koulutustaso				.05	.05				.09	.09
Työmuisti 1. lk.				.18*	.17*				.19*	.17*
RAN 1. lk.				-.40***	-.37***				-.33***	-.31***

Huom. * $p < .05$, ** $p < .01$ ja *** $p < .001$. $N = 180$. β = standardoitu regressiokerroin, R^2 = mallin selitysaste, Korj. R^2 = korjattu selitysaste, ΔR^2 = selitysasteen (R^2) muutos, kun kaikki askeleen muuttujat ovat mukana, sr = osakorrelaatiokerroin. Muuttujat normalisoitu.

Sukupuoli: 0 = poika, 1 = tyttö. Koulutustaso: 0 = alempi koulutustaso, 1 = ylempi koulutustaso.

Vähennyslaskun malliin ensimmäisellä askelmalla lisätty riippumaton muuttuja lapsen sukupuoli ei selittänyt tilastollisesti merkitsevästi vähennyslaskusujuvuuden tasoa [$F(1, 179) = 2.78, p = .097$]. Myöskään toisella askelmalla malliin lisätty riippumaton muuttuja vanhemman koulutustaso ei lisännyt mallin selitysosuutta tilastollisesti merkitsevästi [$F(1, 178) = 1.52, p = .220$], eikä tilastollisesti merkitseviä omavaikutuksia havaittu. Malliin kolmannella askeleella lisätty lapsen työmuisti lisäsi mallin selitysosuutta 9 % tilastollisesti erittäin merkitsevästi [$F(1, 177) = 18.61, p < .001$]. Kolmannella askelmalla lapsen työmuistin omavaikutus oli positiivinen ja tilastollisesti erittäin merkitsevä ($\beta = .31, sr = .31, p < .001$) ja lapsen sukupuolen vaikutus negatiivinen ja tilastollisesti melkein merkitsevä ($\beta = -.15, sr = -.15, p = .036$): mitä parempi lapsen työmuisti oli ensimmäisellä luokalla ja mitä vähemmän oli tyttöyttä, sitä parempi oli vähennyslaskusujuvuus kolmannella luokalla. RAN:in lisääminen malliin lisäsi selitystasetta 9 % tilastollisesti erittäin merkitsevästi [$F(1, 176) = 20.85, p < .001$]. RAN:in omavaikutus oli negatiivinen ja tilastollisesti erittäin merkitsevä ($\beta = -.33, sr = -.31, p < .001$), lapsen sukupuolen omavaikutus oli negatiivinen ja merkitsevä ($\beta = -.19, sr = -.19, p = .005$) ja työmuistin positiivinen ja melkein merkitsevä ($\beta = .19, sr = .17, p = .010$): mitä hitaammin lapsi suoriutui nopeaa sarjallista nimeämistä mittaavista tehtävistä ensimmäisellä luokalla, sitä heikompi oli hänen vähennyslaskusujuvuutensa kolmannella luokalla. Lisäksi mitä paremmin lapsi suoriutui työmuistia mittaavista tehtävistä ensimmäisellä luokalla sekä mitä vähemmän oli tyttöyttä, sitä parempi oli vähennyslaskusujuvuus kolmannella luokalla. Lapsen sukupuoli, vanhemman koulutustaso, ensimmäisellä luokalla mitattu lapsen työmuisti ja nopean sarjallisen nimeämisen taito selittivät yhteensä 19 % lapsen vähennyslaskusujuvuuden vaihtelusta kolmannen luokan lopulla [$F(4, 176) = 11.70, p < .001$].

Sukupuoli ei monimuuttujaisen lineaarisen regressioanalyysin tulosten mukaan itsenäisesti selittänyt vähennyslaskusujuvuutta. Kun vähennyslaskun malliin lisättiin muita muuttujia, tuli sukupuoli tilastollisesti merkitseväksi. Tämän vuoksi monimuuttujaiset lineaariset regressioanalyysit toteutettiin lisäksi erikseen tytöille ja pojille.

6.2 Sukupuolierot nopean sarjallisen nimeämisen ja laskusujuvuuden yhteydessä

Seuraavaksi tarkastellaan sukupuolittain, missä määrin ensimmäisellä luokalla mitattu nopea sarjallinen nimeäminen ennustaa kolmannella luokalla mitattua yhteen- ja vähennyslaskusujuvuutta, kun lapsen vanhemman koulutustaso ja lapsen työmuisti on huomioitu. Taulukossa 3 on esitetty muuttujakohtaisten havaintojen keskiarvot, keskihajonnat, mediaanit, vinous sekä huipukkuus erikseen tyttöjen ja poikien osalta. Taulukossa 3 on myös muuttujien väliset Pearsonin tulomomenttikorrelaatiokertoimet sukupuolittain esitettynä. Taulukossa 4 on esitetty poikien monimuuttujaisen lineaarisen regressioanalyysin tulokset.

TAULUKKO 3. Muuttujien keskinäiset korrelaatiot sukupuolittain esitettynä sekä muuttujakohtaisten havaintojen keskiarvot (*Ka*), keskihajonnat (*Kh*), mediaanit (*Md*), vinous ja huipukkuus.

	1.	2.	3.	4.	5.	<i>Ka</i>	<i>Kh</i>	<i>Md</i>	<i>Vinous</i>	<i>Huipukkuus</i>
1. Vanhemman koulutustaso	-	.07	.06	.02	.00	0.42	0.50	-	-	-
2. Työmuisti 1. lk.	.05	-	-.21	.28**	.27*	4.03	0.78	4.03	0.51	0.76
3. RAN 1. lk.	-.04	-.43***	-	-.38***	-.23*	44.75	8.36	45.98	-0.12	-0.86
4. Yhteenlaskusujuvuus 3. lk.	.09	.33**	-.47***	-	.84***	17.91	6.53	17.81	0.07	-0.14
5. Vähennyslaskusujuvuus 3. lk.	.16	.30**	-.46***	.88***	-	13.75	5.59	13.67	-0.02	-0.29
<i>Ka</i>	0.42	3.92	48.16	19.33	16.11					
<i>Kh</i>	0.50	0.78	11.27	8.23	7.74					
<i>Md</i>	-	3.62	48.17	19.21	15.88					
<i>Vinous</i>	-	0.47	0.14	-0.04	0.10					
<i>Huipukkuus</i>	-	-0.40	-0.38	-0.30	0.08					

Huom. * $p < .05$, ** $p < .01$ ja *** $p < .001$. $N = 176$. Taulukossa poikien ($n = 85$) kertoimet ovat vasemmalla ja kuvailutiedot alhaalla. Tyttöjen ($n = 91$) kertoimet ovat ylhäällä ja kuvailutiedot oikealla. Muuttujat normalisoitu. Sosioekonominen asema: 0 = alempi koulutustaso, 1 = ylempi koulutustaso.

Seuraavaksi käsitellään poikien monimuuttujaisen lineaarisen regressioanalyysin tuloksia. Yhteenlaskun malliin ensimmäisellä askelmalla lisätty riippumaton muuttuja vanhemman koulutustaso ei selittänyt tilastollisesti merkitsevästi yhteenlaskusujuvuuden tasoa [$F(1, 83) = 0.61, p = .437$]. Malliin toisella askeleella lisätty poikien työmuisti lisäsi mallin selitysosuutta 10 % tilastollisesti merkitsevästi [$F(1, 82) = 9.59, p = .003$]. Toisella askelmalla työmuistin omavaikutus oli positiivinen ja tilastollisesti merkitsevä ($\beta = .32, sr = .32, p = .003$): mitä parempi poikien työmuisti oli ensimmäisellä luokalla, sitä parempi oli heidän yhteenlaskusujuvuutensa kolmannella luokalla. RAN:in lisääminen malliin lisäsi selitysasetta 13 % tilastollisesti erittäin merkitsevästi [$F(1, 81) = 13.93, p < .001$]. RAN:in omavaikutus oli negatiivinen ja tilastollisesti erittäin merkitsevä ($\beta = -.40, sr = -.37, p < .001$): mitä hitaammin pojat suoriutuivat nopeaa sarjallista nimeämistä mittaavista tehtävistä ensimmäisellä luokalla, sitä heikompi oli heidän yhteenlaskusujuvuutensa kolmannella luokalla. Tulokset osoittivat, että vanhempien koulutustaso, poikien ensimmäisellä luokalla mitattu työmuisti ja nopean sarjallisen nimeämisen taito selittivät yhteensä 21 % poikien yhteenlaskusujuvuuden vaihtelusta kolmannen luokan lopulla [$F(3, 81) = 8.61, p < .001$].

TAULUKKO 4. Poikien hierarkkisesti toteutetun monimuuttujaisen lineaarisen regressioanalyysin tulokset ensimmäisellä luokalla mitatun nopean sarjallisen nimeämisen yhteydestä kolmannella luokalla mitattuun yhteen- ja vähennyslaskuun. Lapsen vanhemman koulutustaso ja lapsen ensimmäisellä luokalla mitattu työmuisti on kontrolloitu.

Selittävät muuttujat	Yhteenlasku 3. lk.					Vähennyslasku 3. lk.				
	R^2	Korj. R^2	ΔR^2	β	sr	R^2	Korj. R^2	ΔR^2	β	sr
1. Askelma	.00	-.01	.01			.03	.02	.03		
Vanhemman koulutustaso				.09	.09				.18	.18
2. Askelma	.11	.09	.10			.12	.10	.09		
Vanhemman koulutustaso				.07	.07				.16	.16
Työmuisti 1. lk.				.32**	.32**				.30**	.30**
3. Askelma	.24	.21	.13			.24	.21	.12		
Vanhemman koulutustaso				.06	.06				.16	.16
Työmuisti 1. lk.				.15	.14				.13	.12
RAN 1. lk.				-.40***	-.36***				-.39**	-.35**

Huom. * $p < .05$, ** $p < .01$ ja *** $p < .001$. Yhteenlasku $n = 85$, vähennyslasku $n = 86$. β = standardoitu regressiokerroin, R^2 = mallin selitysaste, Korj. R^2 = korjattu selitysaste, ΔR^2 = selitysasteen (R^2) muutos, kun kaikki askeleen muuttujat ovat mukana, sr = osakorrelaatiokerroin. Muuttujat normalisoitu. Koulutustaso: 0 = alempi koulutustaso, 1 = ylempi koulutustaso.

Vähennyslaskun malliin ensimmäisellä askelmalla lisätty riippumaton muuttuja vanhemman koulutustaso ei selittänyt tilastollisesti merkitsevästi vähennyslaskusujuvuuden tasoa [$F(1, 84) = 2.70, p = .104$]. Malliin toisella askeleella lisätty työmuisti lisäsi mallin selitysosuutta 9 % tilastollisesti merkitsevästi [$F(1, 83) = 8.44, p = .005$]. Toisella askelmalla työmuistin omavaikutus oli positiivinen ja tilastollisesti merkitsevä ($\beta = .30, sr = .30, p = .005$): mitä parempi poikien työmuisti oli ensimmäisellä luokalla, sitä parempi oli heidän vähennyslaskusujuvuutensa kolmannella luokalla. RAN:in lisääminen malliin lisäsi selitystasetta 12 % tilastollisesti merkitsevästi [$F(1, 82) = 13.14, p = .001$]. RAN:in omavaikutus oli negatiivinen ja tilastollisesti merkitsevä ($\beta = -.39, sr = -.35, p = .001$): mitä hitaammin pojat suoriutuivat nopeaa sarjallista nimeämistä mittaavista tehtävistä ensimmäisellä luokalla, sitä heikompi oli heidän vähennyslaskusujuvuutensa kolmannella luokalla. Poikien vanhempien koulutustaso, ensimmäisellä luokalla mitattu poikien työmuisti ja nopean sarjallisen nimeämisen taito selittivät yhteensä 21 % vähennyslaskusujuvuuden vaihtelusta kolmannen luokan lopulla [$F(3, 82) = 8.73, p < .001$]. Seuraavaksi käsitellään tyttöjen tuloksia. Tyttöjen monimuuttujaisen lineaarisen regressioanalyysin tulokset on esitetty taulukossa 5.

Tyttöjen yhteenlaskun mallin ensimmäisellä askelmalla malliin lisätty riippumaton muuttuja vanhemman koulutustaso ei selittänyt tilastollisesti merkitsevästi yhteenlaskusujuvuuden tasoa [$F(1, 90) = .20, p = .659$]. Malliin toisella askeleella lisätty työmuisti lisäsi mallin selitysosuutta 9 % tilastollisesti merkitsevästi [$F(1, 89) = 8.73, p = .004$]. Toisella askelmalla työmuistin omavaikutus oli positiivinen ja tilastollisesti merkitsevä ($\beta = .30, sr = .30, p = .004$): mitä paremmin tytöt suoriutuivat työmuistia mittaavista tehtävistä ensimmäisellä luokalla, sitä parempi oli heidän yhteenlaskusujuvuutensa kolmannella luokalla. RAN:in lisääminen malliin lisäsi selitystasetta 12 % tilastollisesti erittäin merkitsevästi [$F(1, 88) = 13.18, p < .001$]. RAN:in omavaikutus oli negatiivinen ja tilastollisesti erittäin merkitsevä ($\beta = -.35, sr = -.34, p < .001$) ja työmuistin vaikutus positiivinen ja melkein merkitsevä ($\beta = .22, sr = .21, p = .026$): Mitä enemmän tytöt käyttivät aikaa nopean sarjallisen nimeämisen tehtävän suorittamisessa ensimmäisellä luokalla, sitä heikompi oli heidän yhteenlaskusujuvuutensa. Lisäksi mitä

paremmin tytöt suoriutuivat työmuistia mittaavista tehtävistä ensimmäisellä luokalla, sitä parempi oli heidän yhteenlaskusujuvuutensa kolmannella luokalla. Tulokset osoittivat, että tyttöjen vanhempien koulutustaso, tyttöjen ensimmäisellä luokalla mitattu työmuisti ja nopean sarjallisen nimeämisen taito selittivät yhteensä 18 % yhteenlaskusujuvuuden vaihtelusta kolmannen luokan lopulla [$F(3, 88) = 7.78, p < .001$].

TAULUKKO 5. Tyttöjen hierarkkisesti toteutetun monimuuttujaisen lineaarisen regressioanalyysin tulokset ensimmäisellä luokalla mitatun nopean sarjallisen nimeämisen yhteydestä kolmannella luokalla mitattuun yhteen- ja vähennyslaskuun. Lapsen vanhemman koulutustaso ja lapsen ensimmäisellä luokalla mitattu työmuisti on kontrolloitu.

Selittävät muuttujat	Yhteenlasku 3. lk.					Vähennyslasku 3. lk.				
	R^2	Korj. R^2	ΔR^2	β	sr	R^2	Korj. R^2	ΔR^2	β	sr
1. Askelma	.00	-.01	.00			.00	-.01	.00		
Vanhemman koulutustaso				.05	.05				.00	.00
2. Askelma	.09	.07	.07			.07	.05	.07		
Vanhemman koulutustaso				.02	.02				-.02	-.02
Työmuisti 1. lk.				.30**	.30**				.27*	.27*
3. Askelma	.21	.18	.12			.11	.08	.03		
Vanhemman koulutustaso				.04	.04				-.00	-.00
Työmuisti 1. lk.				.22*	.21*				.23*	.23*
RAN 1. lk.				-.35***	-.34***				-.19	-.18

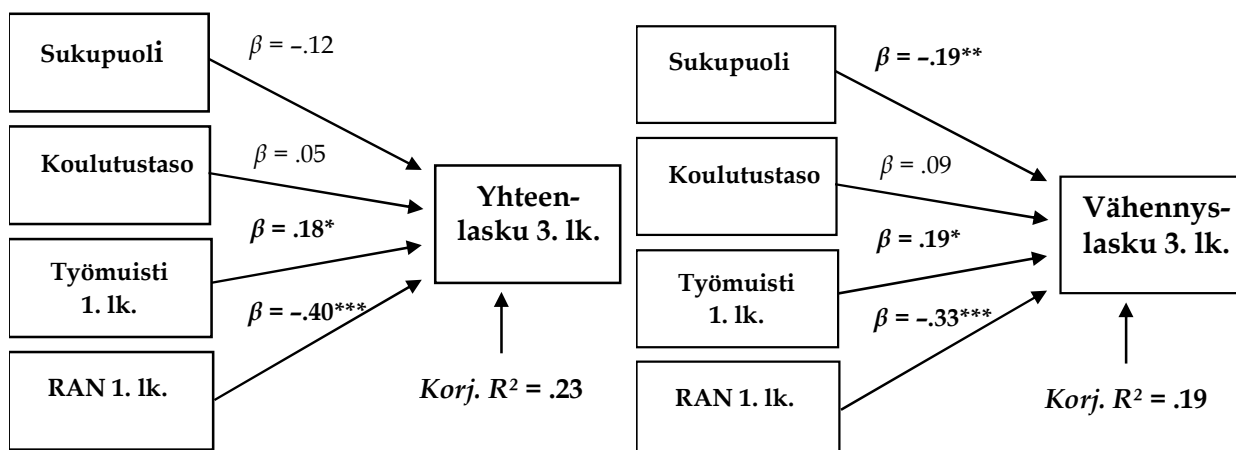
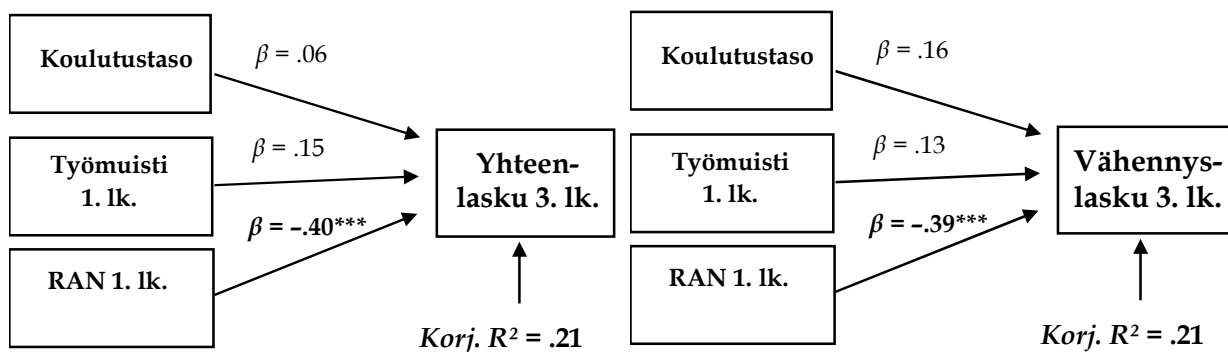
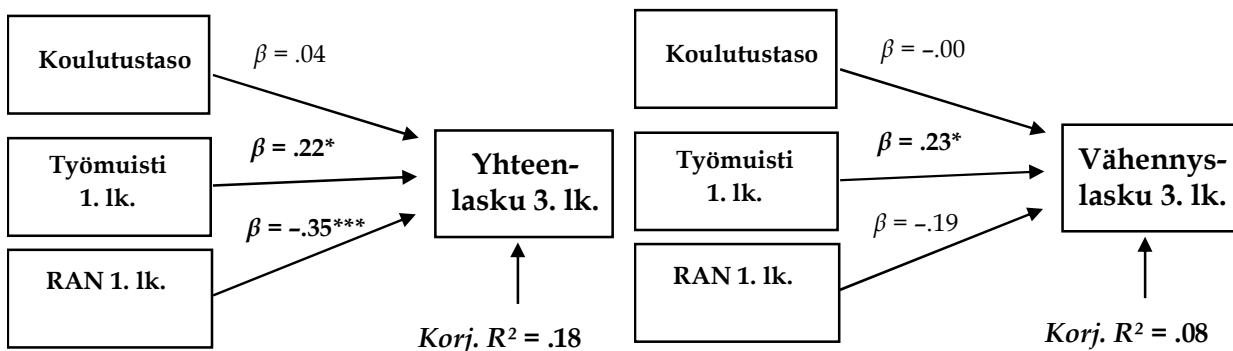
Huom. * $p < .05$, ** $p < .01$ ja *** $p < .001$. Yhteenlasku $n = 92$, vähennyslasku $n = 91$. β = standardoitu regressiokerroin, R^2 = mallin selitysaste, Korj. R^2 = korjattu selitysaste, ΔR^2 = selitysasteen (R^2) muutos, kun kaikki askeleen muuttujat ovat mukana, sr = osakorrelaatiokerroin. Muuttujat normalisoitu. Koulutustaso: 0 = alempi koulutustaso, 1 = ylempi koulutustaso.

Vähennyslaskun malliin ensimmäisellä askelmalla lisätty riippumaton muuttuja vanhemman koulutustaso ei selittänyt tilastollisesti merkitsevästi vähennyslaskusujuvuuden tasoa [$F(1, 89) = 0.00, p = .968$]. Malliin toisella askeleella lisätty tytön työmuisti lisäsi mallin selitysosuutta 7 % tilastollisesti melkein merkitsevästi [$F(1, 88) = 6.87, p = .010$]. Toisella askelmalla työmuistin omavaikutus oli positiivinen ja melkein merkitsevä ($\beta = .27, sr = .27, p = .010$): mitä paremmin tytöt suoriutuivat työmuistitehtävistä ensimmäisellä luokalla, sitä parempi oli heidän vähennyslaskusujuvuutensa kolmannella luokalla. Kolmannella askelmalla malliin lisätty RAN ei lisännyt mallin selitysosuutta tilastollisesti merkitsevästi [$F(1, 87) = 3.22, p = .076$]. Työmuistin omavaikutus oli RAN:in lisäämisen jälkeen tilastollisesti melkein merkitsevä ($\beta = .23, sr = .23, p = .029$). Tyttöjen vanhempien koulutustaso, ensimmäisellä luokalla mitattu tyttöjen työmuisti ja nopean sarjallisen nimeämisen taito selittivät melkein merkitsevästi yhteensä 8 % vähennyslaskusujuvuuden vaihtelusta kolmannen luokan lopulla [$F(3, 87) = 3.42, p = .021$].

6.3 Yhteenveto tuloksista

Seuraavaksi esitetään yhteenveto tuloksista. Kuviossa 1 on esitetty monimuuttujaisen lineaarisen regressioanalyysin tulokset mallien viimeisiltä askeleilta erikseen koko aineiston, poikien ja tyttöjen osalta.

Koko aineistossa yhteenlaskun mallin viimeisellä askeleella yhteenlaskusujuvuutta selittivät tilastollisesti erittäin merkitsevästi RAN ($\beta = -.40, p < .001$) sekä tilastollisesti melkein merkitsevästi työmuisti ($\beta = .18, p = .013$). Vähennyslaskun mallin viimeisellä askeleella vähennyslaskusujuvuutta selittivät tilastollisesti erittäin merkitsevästi RAN ($\beta = -.33, p < .001$) sekä tilastollisesti melkein merkitsevästi työmuisti ($\beta = .19, p = .010$). Lapsen sukupuoli, vanhemman koulutustaso, lapsen työmuisti ja RAN selittivät yhteensä 23 % yhteenlaskusujuvuuden ja 19 % vähennyslaskusujuvuuden vaihtelusta.

Koko aineisto ($N = 180$)Pojat (Yhteenlasku $n = 85$, vähennyslasku $n = 86$)Tytöt (Yhteenlasku $n = 92$, vähennyslasku $n = 91$)

KUVIO 1. Riippumattomien muuttujien eli lapsen sukupuolen, vanhemman koulutustason, lapsen työmuistin ja nopean sarjallisen nimeämisen (RAN) yhteydet riippuviin muuttujiin, eli yhteenlaskun ja vähennyslaskun sujuvuuteen, monimuuttujaisena lineaarisena regressioanalyysin tulosten viimeisillä askeleilla. Huom. $*p < .05$, $**p < .01$ ja $***p < .001$. β = standardoitu regressiokerroin, *Korj. R²* = korjattu selitysaste. Sukupuoli: 0 = poika, 1 = tyttö. Koulutustaso: 0 = alempi koulutustaso, 1 = ylempi koulutustaso.

Poikien yhteenlaskun mallin viimeisellä askeleella yhteenlaskusujuvuutta selitti tilastollisesti erittäin merkitsevästi RAN ($\beta = -.40, p < .001$). Vähennyslaskun mallin viimeisellä askeleella vähennyslaskusujuvuutta selitti tilastollisesti erittäin merkitsevästi RAN ($\beta = -.39, p < .001$). Vanhemman koulutustaso, lapsen työmuisti ja RAN selittivät yhteensä 21 % poikien yhteenlaskun sekä vähennyslaskun vaihtelusta.

Tyttöjen yhteenlaskun mallin viimeisellä askeleella yhteenlaskusujuvuutta selitti tilastollisesti erittäin merkitsevästi RAN ($\beta = -.35, p < .001$) ja tilastollisesti melkein merkitsevästi työmuisti ($\beta = .22, p = .026$). Vähennyslaskun mallin viimeisellä askeleella tyttöjen vähennyslaskusujuvuutta selitti tilastollisesti melkein merkitsevästi työmuisti ($\beta = .23, p = .029$). Vanhemman koulutustaso, lapsen työmuisti ja RAN selittivät yhteensä 18 % tyttöjen yhteenlaskun ja 8 % vähennyslaskun vaihtelusta.

7 POHDINTA

7.1 Tulosten tarkastelua ja johtopäätökset

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, missä määrin ensimmäisellä luokalla mitattu nopea sarjallinen nimeäminen ennustaa kolmannella luokalla mitattua yhteen- ja vähennyslaskusujuvuutta. Tutkimuksessa kontrolloitiin lapsen sukupuoli, vanhemman koulutustaso sekä lapsen ensimmäisellä luokalla mitattu työmuisti.

Tulokset osoittivat, että ensimmäisellä luokalla mitattu RAN ennusti kolmannella luokalla mitattua laskusujuvuutta tilastollisesti erittäin merkitsevästi. RAN selitti 14 % yhteenlaskun ja 9 % vähennyslaskun vaihtelusta, kun muut tekijät oli kontrolloitu. Tulos vahvistaa Kopsen ja kollegoiden (2017) meta-analyysin tulosta siitä, että RAN ennustaa laskusujuvuutta. Myös Hornungin ja muiden (2017) tutkimuksessa on saatu samankaltainen tulos. Kopsen ja kollegoiden (2016) tutkimuksessa RAN ennusti vahvasti laskusujuvuutta, eikä fonologisen tietoisuuden, sanavaraston ja muistin kontrolloiminen heikentänyt ennustavaa vaikutusta.

Yhteenlaskun mallissa selitystasetta lisäsivät tilastollisesti erittäin merkitsevästi kolmannella askeleella lapsen työmuisti ja neljännellä askeleella RAN. Viimeisen askeleen standardoidun regressiokertoimen perusteella RAN:in omavaikeus yhteenlaskusujuvuuteen oli voimakkaampi kuin työmuistilla. Myös vähennyslaskun mallissa selitystasetta lisäsivät tilastollisesti erittäin merkitsevästi kolmannella askeleella lapsen työmuisti ja neljännellä askeleella RAN. Tässäkin mallissa RAN oli standardoitujen regressiokertoimien perusteella voimakkain selittäjä. Aiemmissä tutkimuksissa työmuistin on havaittu olevan yhteydessä matemaattisiin taitoihin (Geary, 2004; Geary ym., 2012; Passolunghi & Siegel, 2001; 2004), mutta sillä ei Kopsen ja kollegoiden (2016) tutkimuksessa voitu ennustaa lapsen laskusujuvuutta.

Vähennyslaskun mallissa sukupuoli sai tilastollisesti merkitsevän standardoidun regressiokertoimen. Tämän vuoksi sukupuolieroja tarkasteltiin muodostamalla pojille ja tytöille omat regressiomallit. Tulosten mukaan ensimmäisellä luokalla mitattu RAN selitti pojilla 13 % ja tytöillä 12 % yhteenlaskusujuvuuden vaihtelusta. Sen sijaan vähennyslaskusujuvuuden osalta tyttöjen ja poikien tuloksissa näyttäytyi eroja. Pojilla ensimmäisellä luokalla mitattu RAN selitti 12 % kolmannen luokan vähennyslaskusujuvuuden vaihtelusta, kun tytöillä RAN ei selittänyt vähennyslaskusujuvuutta tilastollisesti merkitsevästi. Pojilla sekä yhteen- että vähennyslaskun mallien viimeisillä askelilla standardoitujen regressiokertoimien perusteella ainoastaan RAN:illa oli omavaikutusta. Tytöillä yhteenlaskun mallin viimeisellä askeleella standardoitujen regressiokertoimien perusteella sekä RAN:illa että työmuistilla oli omavaikutusta, mutta RAN:illa tämä oli voimakkaampi. Vähennyslaskun mallissa ainoastaan työmuistilla oli omavaikutusta.

Erityisesti vähennyslaskusujuvuutta ennustavissa tekijöissä oli eroja tyttöjen ja poikien välillä. RAN ennusti poikien vähennyslaskusujuvuutta, mutta tytöillä näin ei ollut. Paremmaksi selittäjäksi tytöillä osoittautui työmuisti. Aiemmissä tutkimuksissa, joissa on tutkittu sukupuolieroja laskusujuvuudessa, on todettu poikien olevan sujuvampia laskijoita (Koponen, Salmi ym., 2013; Mononen ym., 2013; Väisänen & Aunio, 2016). Tässä tutkimuksessa pojat olivat sujuvampia vähennyslaskussa, mutta yhteenlaskussa sukupuolieroja ei havaittu. RAN edellyttää nopeaa fonologisten edustusten hakua pitkäkestoisesta muistista, kuten sujuva laskeminenkin (Koponen, Aunola ym., 2007; Koponen ym., 2017). Koska tässä tutkimuksessa poikien vähennyslaskutaito oli jo sujuvampi, on mahdollista, että pojat hakivat enemmän laskujen vastauksia pitkäkestoisesta muististaan. Tytöt sen sijaan saattoivat luottaa vielä kehittymättömämpiin strategioihin. Jos pojat hakivat vastauksia pitkäkestoisesta muististaan, laskeminen ei kuormittanut heillä niin paljon työmuistikapasiteettia (ks. Bull ym., 1999). Tämä selittäisi myös sitä, että tytöillä työmuisti oli tässä tutkimuksessa voimakkain vähennyslaskun selittäjä.

Aiemmissa tutkimuksissa on havaittu, että pojat hakevat tyttöjä enemmän muistista laskujen vastauksia (Carr & Davis, 2001; Carr ym., 2008). Poikien onkin nähty olevan sujuvampia aritmeettisissa taidoissaan toisella luokalla (Carr ym., 2008), kolmannen luokan alussa (Koponen, Salmi ym., 2013) sekä neljännen luokan jälkeen (Royer ym., 1999). Tämän tutkimuksen tulos vahvistaa käsitystä siitä, että pojat olisivat kolmannen luokan lopussa hieman sujuvampia vähennyslaskujen laskijoita kuin tytöt, mutta yhteenlaskussa ei havaittu sukupuolieroja. Lisäksi tutkimus tarjoaa uutta näkökulmaa siihen, että pojilla ja tytöillä erilaiset tekijät saattavat selittää vähennyslaskusujuvuutta ja olla sen taustalla.

Vanhemman koulutustasolla ei tässä tutkimuksessa ollut yhteyttä lapsen laskusujuvuuteen. Aiempi tutkimus aiheesta on ristiriitaista. Koposen ja kollegoiden (2016) tutkimuksessa äidin koulutustaso ennusti lapsen laskusujuvuutta kolmannella luokalla tilastollisesti merkitsevästi siten, että mitä korkeammin koulutettu äiti oli, sitä sujuvampi laskija lapsi oli. Monosen ja kollegoiden (2013) tutkimuksessa äidin parempi koulutustausta oli yhteydessä lapsen parempaan matematiikan osaamiseen, mutta isän koulutustaustalla ei ollut tilastollisesti merkitsevää yhteyttä lapsen matematiikan osaamiseen. Tässä tutkimuksessa saatu tulos on yhteneväinen Väisäsen ja Aunion (2016) tutkimuksen tuloksen kanssa, jossa vanhempien koulutustasolla ei ollut yhteyttä lasten laskusujuvuuteen.

Seuraavaksi tarkastellaan tässä tutkimuksessa saatuja korrelaatioita ja verrataan niitä aiempien tutkimusten tuloksiin. Ensimmäisellä luokalla mitattu RAN oli negatiivisesti ja tilastollisesti merkitsevästi yhteydessä sekä kolmannella luokalla mitattuun yhteenlaskusujuvuuteen että vähennyslaskusujuvuuteen. Mitä hitaammin lapsi siis suoriutui RAN tehtävistä, sitä heikompi oli hänen laskusujuvuutensa. Korrelaatiokertoimet vastaavat aiempaa tutkimusta RAN:in ja laskusujuvuuden yhteyden voimakkuudesta niin saman ikäisten lasten osalta (Koponen ym., 2016; 2017) kuin hieman nuorempienkin (Cui ym., 2017). Tämän tutkimuksen tulosten voidaan siis todeta vahvistavan aiempaa tutkimusta. Sukupuolittaisissa tarkasteluissa RAN:in ja työmuistin yhteys ensimmäisen luokan

keväällä näyttäytyi pojilla ja tytöillä erilaisena. Pojilla RAN ja työmuisti korreloivat negatiivisesti ja tilastollisesti erittäin merkitsevästi, kun tytöillä yhteys ei ollut tilastollisesti merkitsevä. Myös koko aineistossa yhteys oli tilastollisesti merkitsevä ja negatiivinen. Osassa aiemmista tutkimuksista on havaittu merkitsevä korrelaatio RAN:in ja työmuistin välillä (Navarro ym., 2011) ja osassa ei (Koponen ym., 2016).

Lapsen sukupuoli, vanhemman koulutustaso, ensimmäisellä luokalla mitattu lapsen työmuisti ja nopea sarjallinen nimeäminen selittivät yhteensä 23 % lapsen yhteenlaskusujuvuuden ja 19 % vähennyslaskusujuvuuden vaihtelusta kolmannen luokan lopulla. Melko suuri osa yhteen- ja vähennyslaskusujuvuuden vaihtelusta jäi selittämättä näillä tutkimukseen valituilla muuttujilla, mistä voidaan päätellä, että yhteen- ja vähennyslaskusujuvuutta selittävät myös muutkin kuin tässä tutkimuksessa huomioidut tekijät. Lukujonotaitojen on aiemmin todettu olevan RAN:ia vahvempi ennustaja laskusujuvuudelle (Koponen ym., 2016). Lukujonon lisääminen malliin todennäköisesti nostaisi mallin selityssatetta. Myös prosessointinopeuden on havaittu selittävän RAN:in ja laskusujuvuuden välistä yhteyttä (Georgiou ym., 2013). Tätä on selitetty sillä, että molemmat ovat aikarajattuja testejä (Hart ym., 2009). Lisäksi fonologisen tietoisuuden on todettu olevan yhteydessä laskusujuvuuteen (De Smedt ym., 2010) ja älykkyys tulisi huomioida matematiikan osaamisen taustalla (Geary ym., 2012).

Kun tuloksia tarkasteltiin sukupuolittain, vanhemman koulutustaso, ensimmäisellä luokalla mitattu työmuisti ja nopea sarjallinen nimeäminen selittivät pojilla yhteensä 21% niin yhteen- kuin vähennyslaskusujuvuudesta kolmannen luokan lopulla. Tytöillä vanhemman koulutustaso, ensimmäisellä luokalla mitattu työmuisti ja RAN selittivät yhteensä 18 % yhteenlaskun ja 7 % vähennyslaskun sujuvuuden vaihtelusta kolmannella luokalla. Kuten koko aineiston kohdalla, myös tyttöjen ja poikien malleissa melko suuri osa vaihtelusta jäi selittämättä tämän tutkimuksen muuttujilla.

7.2 Tutkimuksen arviointia ja jatkotutkimushaasteet

Seuraavaksi käsitellään tutkimuksessa käytettyjä mittareita sekä mittaustilanteita. Tämän jälkeen arvioidaan aineistoa ja luotettavuutta. Sitten esitetään tutkimuksessa käytetyn normalisointimenetelmän vahvuuksia sekä siihen kohdistunutta kritiikkiä. Tässä alaluvussa pohditaan myös sellaisia tekijöitä, jotka rajoituivat tämän tutkimuksen ulkopuolelle, mutta ne olisi hyvä huomioida jatkossa.

Mittarit olivat standardoituja tai tutkimuskäyttöön suunniteltuja. Yhteensä vähennyslaskusujuvuuden mittarit olivat aikarajoitettuja, eivätkä ne osoittaneet lapsen käyttämiä strategioita. Rajattu suoritus aika voi ahdistaa lasta ja siten myös aiheuttaa tavallisesta poikkeavaa suoriutumista. Lapsella ei ollut myöskään mahdollisuutta palata tehtävään, kun suoritus aika oli päättynyt. Suoritusajan ollessa melko lyhyt, tarkkaavuuden ja vireystilan vaikutus saattaa vaikuttaa suoritukseen. Aikarajoitettuja testejä on useissa tutkimuksissa käytetty laskusujuvuuden mittaamiseen (esim. Chong & Siegel, 2008; Georgiou ym., 2013; Hornung ym., 2017; Koponen ym., 2016), joten niiden voidaan olettaa mittaavan sujuvuutta hyvin. Jos tarkastelussa olisi ainoastaan laskujen oikeellisuus ilman aikarajaa, ei sujuvuuden mittaaminen olisi samalla tavalla mahdollista. Heikommillakin strategioilla lapsi voi päätyä oikeisiin vastauksiin, mutta kehittyneemmällä strategioilla lapsi todennäköisesti ehtii ratkaista enemmän laskuja.

Lapsen vanhemman koulutustaso huomioitiin tässä tutkielmassa siten, että ylempään koulutustasoon kuuluivat yliopistotutkinto sekä yliopistollinen jatkokoulutusvaihtoehdot. Vain korkeammin jatkokoulutetun huoltajan koulutustaso huomioitiin. Aiemmissa tutkimuksissa koulutustaso on huomioitu hieman eri tavalla. Vanhemman koulutustasoa on mitattu esimerkiksi neliportaisella (Koponen, Aunola ym., 2007; Koponen ym., 2016) ja jopa seitsemänportaisella asteikolla (Aunio & Niemivirta, 2010). Näissäkin tutkimuksissa korkein koulutustaso oli yliopistollinen koulutus. Monosen ja kollegoiden (2013) tutkimuksessa tutkittiin erikseen äidin ja isän koulutustason yhteyttä lapsen matematiikan osaamiseen. Kyseisessä tutkimuksessa koulutustaso jaettiin kolmeen portaaseen

sen mukaan, oliko vanhemman korkein koulutus peruskoulu, toinen aste vai sitä korkeampi.

Kuten Koposen, Aunolan ja muiden (2007) tutkimuksessakin todetaan, vanhemman koulutustasoa voidaan pitää Suomeen sopivana mittarina sosioekonomiselle asemalle, koska täällä sosiaalisten luokkien väliset erot ovat melko pienet. Tässä tutkielmassa vanhemman koulutustaso ei näyttänyt olevan merkityksellinen tulosten kannalta. Voidaan kuitenkin pohtia, olisiko tulos toinen, jos koulutustaso olisi jaettu esimerkiksi useampaan kuin kahteen portaaseen tai jos korkeimpaan portaaseen olisi huomioitu kaikki korkeakoulutetut. On myös syytä pohtia, miten vain toisen vanhemman koulutuksen huomioiminen on näkynyt mahdollisten yksinhuoltajaperheiden tapauksessa. Tällöin ei ole varmuutta siitä, osallistuuko korkeammin koulutettu vanhempi lapsen kasvatukseen. Myös uusioperheiden kohdalla voi olla haasteellista arvioida, kuinka korkeasti koulutettu lapsen kasvatukseen osallistuva huoltaja on. Koska nykyään esiintyy paljon erilaisia perhemuotoja, jatkotutkimuksissa voitaisiin selvittää, onko erilaisilla perhemuodoilla merkitystä lapsen saamaan tukeen ja siten osaamiseen. Lisäksi huomiota voisi kiinnittää perheen kokoon ja siihen, monesko perheen lapsista tutkittava on. Nämä saattaisivat antaa uutta näkökulmaa perhettä koskeviin tarkasteluihin. Tällöin voitaisiin myös selvittää, onko perheen sisällä eroja osaamisessa tai onko kaikilla perheenjäsenillä esimerkiksi samankaltaisia haasteita laskemisessa. On myös mahdollista, että muut kuin koulutusta koskevat vanhempien piirteet, kuten persoonallisuus tai kasvatustyyli, ovat yhteydessä lapsen kehitykseen.

Työmuistia mitattiin WISC IV:n numerosarjojen taaksepäin toistamisen tehtävällä (Wechsler, 2010) sekä sitä vastaavalla tutkimuskäyttöön kehitetyllä sanasarjojen taaksepäin toistamisen tehtävällä. Numerosarjat tehtävää on käytetty laajasti ja se on normitettu. Tämä lisää sen luotettavuutta. Tehtävää on kuitenkin kritisoitu siitä, että se ei olisi riittävän vaativa työmustin mittaamiseen (Rosen & Engle, 1997). Tämän tutkielman työmuistin mittauksessa etuna voidaan nähdä se, että numeerisen mittauksen lisäksi vastaava mittaus suoritettiin myös ei-numeerisilla ärsykeillä, kaksitavuisilla sanoilla. Yleistä työmuistia mitataan usein

vain numeerisilla ärsykkeillä, mitä Raghobar ja kollegat (2010) ovat kyseenalaistaneet. Heidän mukaansa numeerinen mittaus voi kasvattaa työmuistin yhteyttä matemaattisiin oppimisvaikeuksiin. Myös Koponen ja kollegat (2016) nostivat esiin, että työmuistin roolia matemaattisissa taidoissa tulisi mitata ei-numeerisella mittarilla.

Tässä tutkielmassa nopeaa sarjallista nimeämistä mitattiin Ahosen ja muiden (2003) nopean sarjallisen nimeämisen testin kolmella osatehtävällä: esineiden kuvat, kirjaimet ja numerot. Testi on yleisesti käytetty ja normitettu, mikä lisää sen luotettavuutta. Näitä kolmea tehtävää vastaavista muuttujista muodostettiin summamuuttuja. RAN:in yhteyttä laskusujuvuuteen tutkittiin yleisellä tasolla, eikä niinkään yksittäisten mittaustapojen näkökulmasta. Tämän tutkimuksen etuna on, että RAN mitattiin sekä alfanumeerisilla että ei-alfanumeerisilla ärsykkeillä. Tutkimuksissa ei näyttäisi olevan aivan selkeää kuvaa siitä, mitkä mitaustavat ovat yhteydessä laskusujuvuuteen, joten tätä voisi jatkossa selvittää edelleen.

Seuraavaksi arvioidaan mittaustilanteita. Yksilömittaustilanteiden vahvuutena voidaan nähdä se, että lapsen suoriutumista oli mahdollista seurata ja tilanne oli mahdollista esimerkiksi keskeyttää tai uusia samassa tilanteessa tai jälkikäteen. Yksilötilanteet myös äänitettiin nauhurilla, jotta tehtävät voitiin tarkistaa jälkikäteen. Tämä vähentää testaajasta johtuvia virheitä. Ryhmätilanteissa lasta ei ollut mahdollista seurata yhtä tarkasti. Silti myös niissä tehdyt tehtävät oli mahdollista tehdä uudestaan jälkikäteen, jos näytti siltä, että lapsi ei ollut suoriutunut ollenkaan tasonsa mukaisesti.

Mittaukset suoritettiin koulupäivien aikana. Lapsen vireystila testaushetkellä on saattanut vaikuttaa suoriutumiseen. Ei voida myöskään olla varmoja, onko lapsella ollut motivaatiota tehtävän suorittamiseen ja onko hän yrittänyt parhaansa. Lapsen keskittymistä ovat saattaneet myös häiritä niin audittiiviset kuin visuaalisetkin häiriötekijät: esimerkiksi häly tilan ulkopuolella, erilaiset ärsykkeet tilassa tai ulkopuolisen henkilön tulo tilaan ja siten tehtävän keskeytyminen.

Tutkimuksen vahvuutena voidaan nähdä pitkittäisasetelma, joka mahdollisesti ennustavan vaikutuksen tarkastelun pidemmällä aikavälillä. Tutkimuksen luotettavuuden näkökulmasta tutkimusaineisto ei välttämättä ole edustava otos koko Suomesta, sillä se kerättiin ainoastaan Keski-Suomen alueelta. Kuitenkin osaamiserot koulujen välillä näyttäisivät olevan Suomessa melko pienet (Vettenranta, Välijärvi ym., 2016). Tutkimuksen otoskoko voidaan pitää riittävänä jopa sukupuolittaisten tarkastelujen kohdalla. Myös sukupuolijakauma sekä vanhempien koulutustason jakauma oli hyvin tasainen.

Luotettavuuden kannalta on edullista, että aineistot tarkastettiin virheiden varalta niin nauhoitteiden, lasten testilomakkeiden pisteytyksen kuin ohjelmaan syötönkin osalta. Kun tarkastellaan muodostettujen summamuuttujien reliabiliteettia, työmuistin Cronbachin alfan arvo ei ole kovin vahva. Tehtävien välinen korrelaatiokerroin oli kuitenkin melko korkea ja summamuuttujan muodostamista puolsi myös sen suppressiota vähentävä vaikutus. RAN-mittausten summamuuttujan Cronbachin alfan arvo oli korkeampi, joten reliabiliteettia voidaan pitää hyvänä.

Tutkielmassa käytetyt jatkuvat muuttujat muunnettiin normaalimmaksi Templetonin (2011) menetelmällä. Tätä perusteltiin monimuuttujaista lineaarista regressioanalyysia koskevien oletusten paremmalla toteutumisella verrattuna alkuperäisiin muuttujiin (ks. liite 1). Templetonin (2011) mukaan muuntaminen voi parantaa residuaalien normaalijakautuneisuutta ja laskennallisten luottamusvälien soveltuvuutta lineaarisessa regressioanalyysissa. Lisäksi menetelmä vähentää heteroskedastisuutta ja saattaa siten parantaa muuttujien omavaikutusta (Templeton, 2011). Templetonin (2011) menetelmä ja yleisesti INT-menetelmät (Inverse Normal Transformation) ovat saaneet myös kritiikkiä. INT-menetelmillä jatkuvan muuttujan jakauma saadaan muunnettua normaalimmaksi (Beasley ym., 2009). Kuitenkin Rönkkö ja Aguirre-Urreta (2018) ovat todenneet, että muuttujien muuntaminen tuottaa virheellisiä ja vähemmän täsmällisiä korrelaatiokertoimia, joilla on vääristyneet keskivirheet verrattuna alkuperäisten muuttujien antamiin tuloksiin. Beasley ja kollegoiden (2009) mukaan INT-me-

netelmät eivät välttämättä kykene ylläpitämään tyypin 1 virhekontrollia ja saattavat joissain olosuhteissa heikentää tilastollista tehoa. Rönkön ja Aguirre-Urretan (2018) mukaan normaalijakauman puutetta ei pitäisi pitää itsessään ongelmana, vaan ennemmin merkkinä muista eri ongelmista, jotka vaativat parannusta. Muunnos ei välttämättä korjaa näitä ongelmia ja ongelmat pitäisi tunnistaa ja käsitellä tapauskohtaisesti. Kaikki lähteet normaaliuden puuttumiselle eivät ole ongelmallisia. (Rönkkö & Aguirre-Urreta, 2018.) Rönkkö ja Aguirre-Urreta (2018) nostivat myös esiin muunnoksen tietoa tuhoavan luonteen ja kumoavat väitteen siitä, että tämä parantaisi tutkimuksen reliabiliteettia.

Tämän tutkielman tulokset olivat hyvin samansuuntaiset niin muunnetuilla kuin alkuperäisilläkin muuttujilla. Merkitsevyytasot ja yhteyksien vahvuudet eivät muunnetuilla muuttujilla merkittävästi poikkea alkuperäisistä. Alkuperäisillä muuttujilla toteutetuissa monimuuttujaisissa lineaarisissa regressioanalyysissä sukupuoli oli tosin tilastollisesti merkitsevämpi. Toisaalta muunnetuilla muuttujilla standardoidut regressiokertoimet olivat hyvin lähellä osakorrelaatiokertoimen arvoja, toisin kuin alkuperäisillä muuttujilla toteutettuna. Tämä voidaan nähdä muunnettujen muuttujien käyttöä puoltavana tekijänä. Muuttujat muunnettiin Templetonin (2011) menetelmällä, koska oletukset täytyivät siten paremmin.

Tässä tutkimuksessa melko suuri osa yhteen- ja vähennyslaskusujuvuuden vaihtelusta jäi selittämättä tutkimukseen valituilla muuttujilla. Tästä voidaan päätellä, että myös muut tekijät selittävät lasten yhteen- ja vähennyslaskusujuvuutta. Aiemmissa tutkimuksissa ei ole aivan selkeää kuvaa siitä, mitä nämä muut selittävät tekijät ovat, ja sitä tulisi jatkossa selvittää tarkemmin. Tyttöjen ja poikien välillä oli myös eroja siinä, mitkä tekijät selittävät laskusujuvuutta. Näiden erojen syitä ja taustaa olisi hyvä selvittää tarkemmin. Sukupuolierojen lisäksi lasten yksilöllisen kehityksen huomioiminen on tärkeää erityisesti tukitoimien suunnittelussa.

Tyttöjen ja poikien emotionaalista suhdetta matematiikkaan tai omiin matemaattisiin taitoihin ei tutkittu tässä tutkimuksessa. Aiemmissa tutkimuksissa

on pidetty mahdollisena, että poikien vahvempi itseluottamus ja motivaatio (Aunola ym., 2004) sekä parempi matemaattisen pystyvyyden kokemus ja matemaatiikasta pitäminen (Tuohilampi & Hannula, 2013) selittävät poikien nopeampaa kehitystä ja parempaa osaamista matematiikassa. Myös geneettiset tekijät matematiikan taitojen taustalla rajautuivat tämän tutkimuksen ulkopuolelle.

Tämän tutkimuksen tutkittavat olivat Keski-Suomen alueelta eri kouluista ja luokista. Koulujen ja luokkien välisiä eroja ei kuitenkaan huomioitu. On mahdollista, että luokat ja koulut ovat olleet keskenään erilaisia. Aiemmassa tutkimuksessa luokkien välisten erojen on todettu olevan isompia kuin koulujen ja alueiden (Vettenranta, Hiltunen ym., 2016). Tällaisiin tekijöihin olisi hyvä kiinnittää huomiota jatkotutkimuksessa, ja siksi sisäkorrelaation selvittäminen olisi yleistettävyyden kannalta tärkeää. Sisäkorrelaation avulla saadaan selville, onko eri ryhmien välillä merkitseviä eroja keskiarvoissa. Se myös osoittaa, missä määrin vastemuuttujaa voidaan selittää ryhmätason ilmiöillä. (Tabachnick & Fidell, 2013, s. 789.)

Tässä tutkimuksessa ei huomioitu myöskään mediaattori- ja moderaattori-vaikutuksia. On mahdollista, että muuttujien väliset yhteydet ovat muuttuneet mediaattorien tai moderaattorien vaikutuksesta. Mediaattorivaikutus tarkoittaa sitä, että tutkittaessa kahden muuttujan välistä suhdetta jokin kolmas muuttuja toimii välittävänä tekijänä (Howell, 2010, s. 553). Moderaattorivaikutus puolestaan tarkoittaa sitä, että kahden muuttujan välinen yhteys muuttuu moderaattorimuuttujan vaikutuksesta (Howell, 2010, s. 557). Laskusujuvuuden taustalla olevien kognitiivisten tekijöiden yhteydet saattavat asettua mediaattoreiksi ja moderaattoreiksi. Näiden taustatekijöiden keskinäiset suhteet voisi olla hyvä huomioida jatkotutkimuksissa.

Lapsen saama tuki ja erityisopetus sekä lapsen mahdolliset muut pulmat jäivät tässä tutkielmassa selvittämättä. Voi olla, että lapsen saama laadukas tuki on vaikuttanut positiivisesti laskusujuvuuden kehitykseen alkuopetuksen aikana. Lisäksi on mahdollista, että lapsella, joka oli tässä tutkielmassa sujumaton laskija, esiintyi myös esimerkiksi lukemisen tai tarkkaavuuden pulmaa. Oppimisvaikeuksien päällekkäistymisestä käytetään myös termiä komorbiditeetti,

joka tarkoittaa vähintään kahden oppimisvaikeuden esiintymistä samalla henkilöllä (Light & DeFries, 1995). Matematiikan oppimisvaikeudet, lukemisen vaikeudet ja tarkkaavuushäiriö jakavat osin yhteistä geneettistä taustaa, ja siten niillä on myös jonkin verran yhteisesiintyvyyttä (Willcutt ym., 2010). Tarkkaavuuden pulmat ilman hyperaktiivisuutta näyttäisivät päällekkäistyvän matemaattisten oppimisvaikeuksien kanssa (Willcutt ym., 2010). Myös lasten laskemisen ja lukemisen sujuvuuden on havaittu olevan yhteydessä keskenään (Väisänen & Aunio, 2016). Siten matemaattiset oppimisvaikeudet ja lukemisen vaikeudet esiintyvätkin usein päällekkäin (Koponen, Aro ym., 2018; Landerl & Moll, 2010; Willcutt ym., 2013). Lapsi, joka suoriutuu erittäin heikosti joko lasku- tai lukusujuvuutta mittaavista tehtävistä, on todennäköisesti heikko tai erittäin heikko myös toisessa näistä taidoista (Koponen, Aro ym., 2018). Suomalaislapsilla laskemisen ja lukemisen sujuvuuden komorbiditeetti, eli pulmien päällekkäistyminen, näyttäisi muodostuvan toisen luokan jälkeen (Koponen, Aro ym., 2018). On siis mahdollista, että tämän tutkielman tutkittavista osalla olisi jo havaittavissa näiden taitojen päällekkäistymistä.

Koponen, Aro ja kollegat (2018) nostavat esiin tämän tutkimuksen kannalta mielenkiintoisen havainnon siitä, että nopea sarjallinen nimeäminen on yhteydessä sekä lukemisen vaikeuksiin että laskemisen sujuvuuden vaikeuksiin. Lisäksi nimeämisnopeuden on havaittu olevan yhteydessä kykyyn palauttaa nopeasti mieleen aritmeettisia faktoja, kun lapsella on kielellisiä vaikeuksia (Koponen, Aro, Räsänen, & Ahonen, 2007). Laskemisen ja lukemisen sujuvuutta näyttäisi ennustavan kaksi yhteistä tekijää: RAN sekä lukujonotaidot (Koponen, Salmi ym., 2013; Koponen ym., 2016). Tämän lisäksi Willcutt ja kollegat (2010) ovat todenneet, että prosessoinnin hitaus on tyypillistä sekä lukemisvaikeuksille, matemaattisille oppimisvaikeuksille että tarkkaavuushäiriölle. Näiden tutkimustulosten vuoksi voisi ajatella, että RAN saattaisi olla hyödyllinen mittari yleisempienkin sujuvuuspulmien tunnistamisessa. Tätä olisi hyvä tutkia jatkossa lisää.

7.3 Käytännön merkitys

Ensimmäisellä luokalla mitattu RAN ennusti tässä tutkimuksessa kolmannella luokalla mitattua laskusujuvuutta. Tulos antaa vihjettä siitä, että RAN-tehtäviä voisi olla mahdollista käyttää varhaisena ennustajana tuleville matematiikan taidoille ja niillä voisi mahdollisesti tunnistaa riskiä aritmeettiseen sujumattomuuteen. Niitä oppilaita, joilla on haasteita RAN-tehtävissä, tulisi seurata ja arvioida tarkemmin matemaattisten taitojen suhteen. RAN-tehtävien yhteys laskusujuvuuteen kertoo myös siitä, että nopean sarjallisen nimeämisen kykyä voitaisiin pitää yhtenä laskusujuvuuden taustalla olevana tekijänä tai matemaattisten vaikeuksien lähteenä.

Koponen ja kollegat (2016) ovat todenneet, että RAN on arviointi, joka luokanopettajan tai erityisopettajan on helppo toteuttaa, ja siten sen kyky ennustaa myöhempää sujuvuutta sekä laskemisessa että lukemisessa on tärkeä aihe. RAN:in lisäksi lukujonotaidot ovat aiemman tutkimuksen (Koponen ym., 2016) mukaan tärkeä ennustaja niin laskusujuvuudelle kuin lukusujuvuudelle. Siten näitä voitaisiin yhdessä käyttää lapsen tuen tarpeen tunnistamisessa.

Koska tässä tutkimuksessa nopean sarjallisen nimeämisen lisäksi työmuisti ennusti lapsen laskusujuvuutta, olisi se syytä huomioida lapsen opetusta suunniteltaessa. Aiemmassa tutkimuksessa on havaittu työmuistin yhteys matematiikan osaamiseen (Bull ym., 1999; 2008; Geary, 2011). Opettaja saattaa havaita lapsen työmuistin heikkoudet myös heikkouksina matematiikan taidoissa. Lisäksi sukupuolten väliset erot tulisi huomioida käytännössä. Tämän tutkimuksen perusteella RAN ennusti tyttöjen ja poikien yhteenlaskusujuvuutta, mutta ainoastaan pojilla vähennyslaskusujuvuutta. Tämän vuoksi laskusujuvuuden ennustamisessa kannattaisi RAN:in lisäksi käyttää myös muita työkaluja.

Tavallisesti tutkimuksissa keskitytään nopean sarjallisen nimeämisen tukemisen sijaan laskutaidon tukemiseen (esim. Koponen, 2008). Kun tuen tarve on tunnistettu, voidaan tukemisessa käyttää tehostetun tuen resursseja ja tukitoimia yleisen tuen lisäksi. Oppilaalle, joka tarvitsee oppimisessaan tai koulunkäynnissään säännöllistä tukea tai samanaikaisesti useita tukimuotoja, on annettava te-

hostettua tukea hänelle tehdyn oppimissuunnitelman mukaisesti (Perusopetuslaki 1998/628 § 16 a). Peruslaskutaidon ja laskusujuvuuden tukemiseen on kehitetty tutkimusperustaisia harjoitusohjelmia, kuten Ekapeli-Matikka ja SELKIS-interventiot.

Pelimäiset harjoitteet on nähty motivoivana laskemisen taitojen harjoitusmenetelmänä (Väisänen, 2017). Ekapeli-Matikan on todettu soveltuvan alkuopetukseen eriyttäväksi, tehostetun ja erityisen tuen menetelmäksi (Salminen, 2015). Laskutaitoja olisi hyvä tukea strategioita harjoittelemalla ja ymmärtämistä korostaen. Siten lapsen tarvitsee opetella vähemmän tietoa ulkoa. (Koponen, 2008.) Yhteen- ja vähennyslaskun ratkaisustrategioiden harjoitteluun on kehitetty Suomessa SELKIS-harjoitusohjelmat, joita voidaan käyttää osana alkuopetuksen matematiikan opetusta tai tuki- ja erityisopetusmateriaaleina. Ylemmillä luokilla ne sopivat tuki- ja erityisopetusmateriaaliksi oppilaille, joiden laskutaito ei ole vielä sujuvaa lukualueella 1-20. (Koponen, Mononen, Kumpulainen, & Puura, 2011, s. 7; Koponen, Mononen, & Latva, 2013, s. 8.) Materiaaleissa harjoitukset ovat pelillisiä ja niissä saadaan runsaasti toistoa lapselle mielekkäällä tavalla (Koponen ym., 2011, s. 15; Koponen, Mononen ym., 2013, s. 18). SELKIS-interventio ja siinä käytetty lähestymistapa on havaittu tutkimuksissa toimivaksi (Koponen, Aro, & Ahonen, 2009; Koponen, Sorvo ym., 2018).

Laskusujuvuuden tukeminen on tärkeää, koska heikon laskusujuvuuden on todettu ennustavan myöhempää matematiikan osaamista (Geary, 2011) ja heikko laskusujuvuus voi olla yhteydessä matemaattisiin oppimisvaikeuksiin (Geary, 2004). Sujumattomuus laskutaidossa on todettu myös melko pysyväksi piirteeksi (Koponen, 2012). Jotta tukea voitaisiin tarjota mahdollisimman varhain sitä tarvitseville oppilaille, olisi Väisänen (2017) mukaan lasten matemaattisten taitojen kehityksen seuranta hyvä aloittaa jo varhaiskasvatuksessa ennen koulun alkua. Hän myös painottaa, että kaikkien lasten oppimista tulisi seurata säännöllisesti ja systemaattisesti. Laskemisen sujuvuuden seurantaan toiselta luokalta eteenpäin ei löydy nykyhetkeen standardoitua mittaria, ja sellainen olisi hyvin tarpeellinen (Väisänen, 2017). Kun lapsen pulmat oppimisessa tunnistetaan riittävän varhain ja lapsi saa tarvitsemaansa tukea, voidaan muodostaa paremmat

edellytykset matematiikan oppimiselle ja ehkäistä pysyvien vaikeuksien muodostumista (Lusetti & Aunio, 2012). Heti tuen tarpeen ilmetessä aloitettu riittävä oppimisen ja koulunkäynnin tuki on jokaisen lapsen oikeus (Perusopetuslaki 1998/628 § 30).

LÄHTEET

- Ackerman, P. T., Dykman, R. A., & Gardner, M. Y. (1990). Counting rate, naming rate, phonological sensitivity, and memory span: Major factors in dyslexia. *Journal of Learning Disabilities, 23*(5), 325–327.
doi:10.1177/002221949002300514
- Ahonen, T., Tuovinen, S., & Leppäsaari, T. (2003). *Nopean sarjallisen nimeämisen testi*. Jyväskylä: Niilo Mäki Instituutti & Haukkarannan koulu.
- Alloway, T. P., Gathercole, S. E., & Pickering, S. J. (2006). Verbal and visuospatial short-term memory in children: Are they separable? *Child Development, 77*(6), 1698–1716. doi:10.1111/j.1467-8624.2006.00968.x
- Amtmann, D., Abbott, R. D., & Berninger, V. W. (2007). Mixture growth models of RAN and RAS row by row: Insight into the reading system at work over time. *Reading and Writing: An Interdisciplinary Journal, 20*(8), 785–813.
doi:10.1007/s11145-006-9041-y
- Antell, S. E., & Keating, D. P. (1983). Perception of numerical invariance in neonates. *Child Development, 54*(3), 695–701. doi:10.2307/1130057
- Araujo, G., Ferreira, T. F., & Ciasca, S. M. (2016). Rapid Automated Naming in 6 and 7 years old students. *Revista CEFAC, 18*(2), 392–398.
doi:10.1590/1982-0216201618210615
- Araújo, S., Reis, A., Petersson, K. M., & Faísca, L. (2015). Rapid automatized naming and reading performance: A meta-analysis. *Journal of Educational Psychology, 107*(3), 868–883. doi:10.1037/edu0000006
- Aunio, P. (2008). Matemaattiset taidot ennen koulun alkua. *NMI-Bulletin, 18*(4), 63–74.
- Aunio, P., Aubrey, C., Godfrey, R., Yuejuan, P., & 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., Hannula, M. M., & Räsänen, P. (2004). Matemaattisten taitojen varhaiskehitys. Teoksessa P. Räsänen, P. Kupari, T. Ahonen & P. Malinen

- (toim.), *Matematiikka – näkökulmia opettamiseen ja oppimiseen* (s. 198–221).
Jyväskylä: Niilo Mäki Instituutti.
- Aunio, P., Hautamäki, J., Heiskari, P., & van Luit, J. E. H. (2006). The early numeracy test in Finnish: Children's norms. *Scandinavian Journal of Psychology, 47*(5), 369–378.
- 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
- Aunio, P., & Räsänen, P. (2016) Core numerical skills for learning mathematics in children aged five to eight years – a working model for educators. *European Early Childhood Education Research Journal, 24*(5), 684–704. doi:10.1080/1350293X.2014.996424
- 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. (1992). Working memory. *Science, 255*(5044), 556–559. doi:10.1126/science.1736359
- Baddeley, A. D. (1997). *Human memory: Theory and practice*. Hove, England: Psychology 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
- Beasley, T. M., Erickson, S. W., & Allison, D. B. (2009) Rank-based inverse normal transformations are increasingly used, but are they merited? *Behavior Genetics, 39*(5), 580–595. doi:10.1007/s10519-009-9281-0
- Berch, D. B. (2008). Working memory and mathematical cognitive development: Limitations of limited-capacity resource models. *Developmental Neuropsychology, 33*(3), 427–446. doi:10.1080/87565640801982494

- Brannon, E. M. (2002). The development of ordinal numerical knowledge in infancy. *Cognition*, 83(3), 223–240. doi:10.1016/S0010-0277(02)00005-7
- Bryant, P., Christie, C., & Rendu, A. (1999). Children's understanding of the relation between addition and subtraction: Inversion, identity, and decomposition. *Journal of Experimental Child Psychology*, 74(3), 194–212. doi:10.1006/jecp.1999.2517
- Bull, R., Espy, K. A., & Wiebe, A. A. (2008). Short-term memory, working memory, and executive functioning in preschoolers: Longitudinal predictors of mathematical achievement at age 7 years. *Developmental Neuropsychology*, 33(3), 205–228. doi:10.1080/87565640801982312
- Bull, R., Johnston, R. S., & Roy, J. A. (1999). Exploring the roles of the visuo-spatial sketchpad and central executive in children's arithmetical skills: Views from cognition and developmental neuropsychology. *Developmental Neuropsychology*, 15(3), 421–442. doi:10.1080/87565649909540759
- Butterworth, B. (2005). The development of arithmetical abilities. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 46(1), 3–18. doi:10.1111/j.1469-7610.2004.00374.x
- Carpenter, T. P., & Moser, J. M. (1982). The development of addition and subtraction problem solving skills. Teoksessa T. P. Carpenter, J. M. Moser, & T. A. Romberg, (toim.), *Addition and subtraction: A cognitive perspective* (s. 9–24). Hillsdale, NJ, US: Lawrence Erlbaum Associates.
- Carr, M., & Alexeev, N. (2011). Fluency, accuracy, and gender predict developmental trajectories of arithmetic strategies. *Journal of Educational Psychology*, 103(3), 617–631. doi:10.1037/a0023864
- Carr, M., & Davis, H. (2001). Gender differences in arithmetic strategy use: A function of skill and preference. *Contemporary Educational Psychology*, 26(3), 330–347. doi:10.1006/ceps.2000.1059
- Carr, M., Steiner, H. H., Kyser, B., & Biddlecomb, B. (2008). A comparison of predictors of early emerging gender differences in mathematics competency. *Learning and Individual Differences*, 18(1), 61–75. doi:10.1016/j.lindif.2007.04.005

- Chong, S. L., & Siegel, L. S. (2008). Stability of computational deficits in math learning disability from second through fifth grades. *Developmental Neuropsychology*, 33(3), 300–317. doi:10.1080/8756540801982387
- Conklin, H. M., Luciana, M., Hooper, C. J., & Yarger, R. S. (2007). Working memory performance in typically developing children and adolescents: Behavioral evidence of protracted frontal lobe development. *Developmental Neuropsychology*, 31(1), 103–128. doi:10.1080/87565640709336889
- 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. doi:10.1016/j.lindif.2009.01.001
- Dehaene, S., Spelke, E., Pinel, P., Stanescu, R., & Tsivkin, S. (1999). Sources of mathematical thinking: Behavioral and brain-imaging evidence. *Science*, 284(5416), 970–975. doi:10.1126/science.284.5416.970
- De Jong, P. F., & Van der Leij, A. (2003). Developmental changes in the manifestation of a phonological deficit in dyslexic children learning to read a regular orthography. *Journal of Educational Psychology*, 95(1), 22–40. doi:10.1037/0022-0663.95.1.22
- Denckla, M. B., & Rudel, R. (1974). Rapid “Automatized” naming of pictured objects, colors, letters and numbers by normal children. *Cortex*, 10(2), 186–202. doi:10.1016/S0010-9452(74)80009-2
- De Smedt, B., Holloway, I. D., & Ansari, D. (2011). Effects of problem size and arithmetic operation on brain activation during calculation in children with varying levels of arithmetical fluency. *Neuroimage*, 57(3), 771–781. doi:10.1016/j.neuroimage.2010.12.037

- De Smedt, B., Taylor, J., Archibald, L., & Ansari, D. (2010). How is phonological processing related to individual differences in children's arithmetic skills? *Developmental Science*, *13*(3), 508–520. doi:10.1111/j.1467-7687.2009.00897.x.
- 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
- Durand, M., Hulme, C., Larkin, R., & Snowling, M. (2005). The cognitive foundations of reading and arithmetic skills in 7- to 10-year-olds. *Journal of Experimental Child Psychology*, *91*(2), 113–136. doi:10.1016/j.jecp.2005.01.003
- Durbin, J., & Watson, G. (1951). Testing for serial correlation in least squares regression. II. *Biometrika*, *38*(1/2), 159–177. doi:10.2307/2332325
- Eccles, J. (2005). Influences of parents' education on their children's educational attainments: The role of parent and child perceptions. *London Review of Education*, *3*(3), 191–204. doi:10.1080/14748460500372309.
- Else-Quest, N. M., Hyde, J. S., & Linn, M. C. (2010). Cross-national patterns of gender differences in mathematics: A meta-analysis. *Psychological Bulletin*, *136*(1), 103–127. doi:10.1037/a0018053
- Engle, R. W., Tuholski, S. W., Laughlin, J. E., & Conway, A. R. A. (1999). Working memory, short-term memory and general fluid intelligence: A latent-variable approach. *Journal of Experimental Psychology: General* *128*(3), 309–331. doi:10.1037/0096-3445.128.3.309
- 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
- Fuson, K. C. (1988). *Children's counting and concepts of number*. New York: Springer Verlag. doi:10.1007/978-1-4612-3754-9
- Fuson, K. C. (1992). Relationships between counting and cardinality from age 2 to 8. Teoksessa J. Bideaud, C. Meljac, & J. P. Fisher (toim.), *Pathways to number: Children's developing numerical abilities* (s. 127–149). Hillsdale, NJ, US: Lawrence Erlbaum Associates.
- Fuson, K. C., & Kwon, Y. (1992). Learning addition and subtraction: Effects of number words and other cultural tools. Teoksessa J. Bideaud, C. Meljac, & J. P. Fisher (toim.), *Pathways to number: Children's developing numerical abilities* (s. 283–306). Hillsdale, NJ, US: Lawrence Erlbaum Associates.
- Gathercole, S. E., & Pickering, S. J. (2000). Working memory deficits in children with low achievements in the national curriculum at 7 years of age. *British Journal of Educational Psychology*, 70(2), 177–194.
doi:10.1348/000709900158047
- 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
- Geary, D. C. (2000). From infancy to adulthood: The development of numerical abilities. *European Child & Adolescent Psychiatry*, 9(Suppl. 2), 11–16.
doi:10.1007/s007870070004
- Geary D. C. (2004). Mathematics and learning disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, 37(1), 4–15. doi:10.1177/00222194040370010201
- Geary, D. C. (2011). Cognitive predictors of achievement growth in mathematics: A 5-year longitudinal study. *Developmental Psychology*, 47(6), 1539–1552. doi:10.1037/a0025510
- Geary, D. C., Hoard, M. K., Byrd-Craven, J., Nugent, L., & Numtee, C. (2007). Cognitive mechanisms underlying achievement deficits in children with

- mathematical learning disability. *Child Development*, 78(4), 1343–1359.
doi:10.1111/j.1467-8624.2007.01069.x
- Geary, D. C., Hoard, M. K., & Hamson, C. O. (1999). Numerical and arithmetical cognition: Patterns of functions and deficits in children at risk for a mathematical disability. *Journal of Experimental Child Psychology*, 74(3), 213–239. doi:10.1006/jecp.1999.2515
- Geary, D. C., Hoard, M. K., Nugent, L., & Bailey, D. H. (2012). Mathematical cognition deficits in children with learning disabilities and persistent low achievement: A five-year prospective study. *Journal of Educational Psychology*, 104(1), 206–223. doi:10.1037/a0025398
- Gelman, R. (1990). First principles organize attention to and learning about relevant data: Number and the animate–inanimate distinction as examples. *Cognitive Science*, 14(1), 79–106. doi:10.1207/s15516709cog1401_5
- Gelman, R., & Gallistel, C. R. (1978). *The child's understanding of number*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Georgiou, G. K., Parrila, R., & Liao, C. H. (2008). Rapid naming speed and reading across languages that vary in orthographic consistency. *Reading and Writing*, 21(9), 885–903. doi:10.1007/s11145-007-9096-4
- 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
- Gersten, R., Jordan, N. C., & Flojo, J. R. (2005). Early identification and interventions for students with mathematics difficulties. *Journal of Learning Disabilities*, 38(4), 293–304. doi:10.1177/00222194050380040301
- Geschwind, N. (1972). Disconnexion syndromes in animals and man. Teoksessa Geschwind, N. (1974). *Selected papers on language and the brain*, 106–236. Boston: Reidel. (Alkuperäinen artikkeli julkaistu 1965).

- Halford, G. S., Cowan, N., & Andrews, G. (2007). Separating cognitive capacity from knowledge: A new hypothesis. *Trends in Cognitive Sciences, 11*(6), 236–242. doi:10.1016/j.tics.2007.04.001
- Hannula, M. M., & Lehtinen, E. (2005). Spontaneous focusing on numerosity and mathematical skills of young children. *Learning and Instruction, 15*(3), 237–256. doi:10.1016/j.learninstruc.2005.04.005
- Hannula, M., Räsänen, P., & Lehtinen, E. (2007). Development of counting skills: Role of spontaneous focusing on numerosity and subitizing-based enumeration. *Mathematical Thinking and Learning, 9*(1), 51–57. doi:10.1207/s15327833mtl0901_4
- Hart, S. A., Petrill, S. A., & Thompson, L. A. (2010). A factorial analysis of timed and untimed measures of mathematics and reading abilities in school aged twins. *Learning and Individual Differences, 20*(2), 63–69. doi:10.1016/j.lindif.2009.10.004
- Hart, S. A., Petrill, S. A., Thompson, L. A., & Plomin, R. (2009). The ABCs of math: A genetic analysis of mathematics and its links with reading ability and general cognitive ability. *Journal of Educational Psychology, 101*(2), 388–402. doi:10.1037/a0015115
- Heikkilä, R. (2015). *Rapid automatized naming and reading fluency in children with learning difficulties* (Väitöskirja, Jyväskylän yliopisto). Jyväskylä Studies in Education, Psychology and Social Research 523.
- Heikkilä, R., Närhi, V., Aro, M., & Ahonen, T. (2009). Rapid automatized naming and learning disabilities: Does RAN have a specific connection to reading or not?. *Child Neuropsychology, 15*(4), 343–358. doi:10.1080/09297040802537653
- 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. doi:10.3389/fpsyg.2017.01746
- Howell, D. C. (2010). *Statistical methods for psychology* (7. painos). Belmont, CA: Wadsworth, Cengage Learning.

- Hyde, J. S., & Lindberg, S. M., Linn, M. C., Ellis, A., & Williams, C. (2008). Gender similarities characterize math performance. *Science*, 321(5888), 494–495. doi:10.1126/science.1160364
- Jordan, N. C., Hanich, L. B., & Kaplan, D. (2003). A longitudinal study of mathematical competencies in children with specific mathematics difficulties versus children with comorbid mathematics and reading difficulties. *Child development*, 74(3), 834–850. doi:10.1111/1467-8624.00571
- Jordan, N. C., Kaplan, D., Ramineni, C., & Locuniak, M. N. (2009). Early math matters: Kindergarten number competence and later mathematics outcomes. *Developmental Psychology*, 45(3), 850–867. doi:10.1037/a0014939
- Jyväskylän kaupunki. (2016). Jyväskylän perusopetuksen opetussuunnitelma. Haettu osoitteesta <https://peda.net/opetussuunnitelma/ksops/jyvaskyla>
- Kirby, J. R., Desrochers, A., Roth, L., & Lai, S. S. V. (2008). Longitudinal predictors of word reading development. *Canadian Psychology*, 49(2), 103–110. doi:10.1037/0708-5591.49.2.103
- Kirby, J. R., Georgiou, G. K., Martinussen, R., & Parrila, R. (2010). Naming speed and reading: From prediction to instruction. *Reading research Quarterly*, 45(3), 341–362. doi:10.1598/RRQ.45.3.4
- 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. doi:10.1037/0022-0663.95.3.453
- Kline, R. B. (2011). *Methodology in the Social Sciences. Principles and practice of structural equation modeling* (3. painos). New York, NY, US: Guilford Press.
- Koponen, T. (2008). *Calculation and language. Diagnostic and intervention studies* (Väitöskirja, Jyväskylän yliopisto). Jyväskylä Studies in Education, Psychology and Social Research 340.
- Koponen, T. (2012). Peruslaskutaito matematiikan kivijalkana. *NMI-bulletin*, 22(2), 59–62.
- Koponen, T., Aro, T., & Ahonen, T. (2009). Conceptual knowledge-based strategy training in single-digit calculation: A single case intervention

- study in a child with specific language impairment. *European Journal of Special Needs Education*, 24(3), 259–257. doi:10.1080/08856250903016813
- Koponen, T., Aro, M., Poikkeus, A.-M., Niemi, P., Lerkkanen, M.-K., Ahonen, T., & Nurmi, J.-E. (2018). Comorbid fluency difficulties in reading and math: Longitudinal stability across early grades. *Exceptional Children*, 84(3), 298–311. doi:10.1177/0014402918756269
- Koponen, T., Aro, T., Räsänen, P., & Ahonen, T. (2007). Language-based retrieval difficulties in arithmetics: A single case intervention study comparing two children with SLI. *Educational and Child Psychology* 24(2), 98–107.
- 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*, 97(3), 220–241. doi:10.1016/j.jecp.2007.03.001
- Koponen, T., Georgiou, G., 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., & Mononen, R. (2010a). (Julkaisematon). The 2-minute addition fluency test.
- Koponen, T., & Mononen, R. (2010b). (Julkaisematon). The 2-minute subtraction fluency test.
- Koponen, T., Mononen, R., Kumpulainen, T., & Puura, P. (2011). *SELKIS! – yhteenlaskua ymmärtämään*. Jyväskylä: Niilo Mäki Instituutti.
- Koponen, T., Mononen, R. & Latva, T. (2013). *SELKIS! – vähennyslaskua ymmärtämään*. Jyväskylä: Niilo Mäki Instituutti.
- Koponen, T., Mononen, R., & Räsänen, P. (2014). Matemaattiset valmiudet. Teoksessa T. Siiskonen, T. Aro, T. Ahonen & R. Ketonen (toim.), *Joko se puhuu? Kielenkehityksen vaikeudet varhaislapsuudessa* (s. 333–343). Opetus 2000. Jyväskylä: PS-Kustannus.

- Koponen, T., Salmi, P., Eklund, K., & Aro, T. (2013). Counting and RAN: Predictors of arithmetic calculation and reading fluency. *Journal of Educational Psychology, 105*(1), 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. K., Sorvo, R., Dowker, A., Räikkönen, E., Viholainen, H., Aro, M., & Aro, T. (2018). Does multi-component strategy training improve calculation fluency among poor performing elementary school children?. *Frontiers in Psychology, 9*, 1187. doi:10.3389/fpsyg.2018.01187
- Korpipää, H., Koponen, T., Aro, M., Tolvanen, A., Aunola, K., Poikkeus, A.-M., . . . Nurmi, J.-E. (2017). Covariation between reading and arithmetic skills from grade 1 to grade 7. *Contemporary Educational Psychology, 51*, 131–140. doi:10.1016/j.cedpsych.2017.06.005
- Landerl, K., Bevan, A., & Butterworth, B. (2004). Developmental dyscalculia and basic numerical capacities: A study of 8–9-year-old students. *Cognition, 93*(2), 99–125. doi:10.1016/j.cognition.2003.11.004.
- Landerl, K., Freudenthaler, H. H., Heene, M., De Jong, P. F., Desrochers, A., Manolitsis, G., . . . Georgiou, G. K. (2018). Phonological awareness and rapid automatized naming as longitudinal predictors of reading in five alphabetic orthographies with varying degrees of consistency. *Scientific Studies of Reading, 23*(3), 220–234. doi:10.1080/10888438.2018.1510936
- Landerl, K. & Moll, K. (2010). Comorbidity of learning disorders: Prevalence and familial transmission. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, 51*(3), 287–294. doi:10.1111/j.1469-7610.2009.02164.x
- Landerl, K., & Willburger, E. (2010). Temporal processing, attention, and learning disorders. *Learning and Individual Differences, 20*(5), 393–401. doi:10.1016/j.lindif.2010.03.008
- Lepola, J., Niemi, P., Kuikka, M., & Hannula, M. M. (2005). Cognitive-linguistic skills and motivation as longitudinal predictors of reading and arithmetic

- achievement: A follow-up study from kindergarten to grade 2. *International Journal of Educational Research*, 43(4–5), 250–271.
doi:10.1016/j.ijer.2006.06.005
- Light, J. G., & DeFries, J. C. (1995). Comorbidity of reading and mathematics disabilities: Genetic and environmental etiologies. *Journal of Learning Disabilities*, 28(2), 96–106. doi:10.1177/002221949502800204
- Lipton, J. S., & Spelke, E. S. (2003). Origins of number sense: Large-number discrimination in human infants. *Psychological Science*, 14(5), 396–401.
doi:10.1111/1467-9280.01453
- Lusetti, E., & Aunio, P. (2012). Esikoululaisten matemaattisten taitojen kehityksen tukeminen Minäkin lasken! -harjoitusohjelmalla. *NMI-bulletin*, 22(3), 14–27.
- Mabbott, D. J., & Bisanz, J. (2008). Computational skills, working memory, and conceptual knowledge in older children with mathematics learning disabilities. *Journal of Learning Disabilities*, 41(1), 15–28.
doi:10.1177/0022219407311003
- Martin, R. B., Cirino, P. T., Barnes, M. A., Ewing-Cobbs, L., Fuchs, L. S., Stuebing, K. K., & Fletcher, J. M. (2012). Prediction and stability of mathematics skill and difficulty. *Journal of Learning Disabilities*, 46(5), 428–443. doi:10.1177/0022219411436214
- Mazzocco, M. M. M., Devlin, K. T., & McKenney, S. J. (2008). Is it a fact? Timed arithmetic performance of children with mathematical learning disabilities (MLD) varies as a function of how MLD is defined. *Developmental Neuropsychology*, 33(3), 318–344. doi:10.1080/87565640801982403
- McLean, J. F., & Hitch, G. J. (1999). Working memory impairments in children with specific arithmetic learning difficulties. *Journal of Experimental Child Psychology*, 74(3), 240–260. doi:10.1006/jecp.1999.2516
- Metsämuuronen, J. (2008). *Monimuuttujamenetelmien perusteet*. Helsinki: International Methelp.
- Meyer, M. L., Salimpoor, V. N., Wu, S. S., Geary, D. C., & Menon, V. (2010). Differential contribution of specific working memory components to

- mathematics achievement in 2nd and 3rd graders. *Learning and Individual Differences*, 20(2), 101–109. doi:10.1016/j.lindif.2009.08.004
- Mononen, R., Aunio, P., Hotulainen, R., & Ketonen, R. (2013). Matematiikan osaaminen ensimmäisen luokan alussa. *NMI-Bulletin*, 23(4), 12–25.
- Morgan, P. L., Farkas, G., & Wu, Q. (2009). Five-year growth trajectories of kindergarten children with learning difficulties in mathematics. *Journal of Learning Disabilities*, 42(4), 306–321. doi:10.1177/0022219408331037
- Murata, A. (2004). Paths to learning ten-structured understandings of teen sums: Addition solution methods of Japanese grade 1 students. *Cognition and Instruction*, 22(2), 185–218. doi:10.1207/s1532690xci2202_2
- 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
- Norton, E. S., & Wolf, M. (2012). Rapid automatized naming (RAN) and reading fluency: Implications for understanding and treatment of reading disabilities. *Annual Review of Psychology*, 63(1), 427–452. doi:10.1146/annurev-psych-120710-100431
- 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
- Opetushallitus. (2014). Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014. Helsinki: Opetushallitus.
- Passolunghi, M. C., & Cornoldi, C. (2008). Working memory failures in children with arithmetical difficulties. *Child Neuropsychology*, 14(5), 387–400. doi:10.1080/09297040701566662
- Passolunghi, M. C., & Siegel, L. S. (2001). Short-term memory, working memory, and inhibitory control in children with difficulties in arithmetic problem solving. *Journal of Experimental Child Psychology*, 80(1), 44–57. doi:10.1006/jecp.2000.2626

- Passolunghi, M. C., & Siegel, L. S. (2004). Working memory and access to numerical information in children with disability in mathematics. *Journal of Experimental Child Psychology*, 88(4), 348–367.
doi:10.1016/j.jecp.2004.04.002
- Paukkeri, V., Pakarinen, E., Lerkkanen, M.-K., & Poikkeus, A.-M. (2015). Alaryhmätarkastelu matemaattisten taitojen kehityksestä esiopetuksesta neljännelle luokalle. *Psykologia*, 50(4), 277–291.
- Pauly, H., Linkersdörfer, J., Lindberg, S., Woerner, W., Hasselhorn, M., & Lonnemann, J. (2011). Domain-specific rapid automatized naming deficits in children at risk for learning disabilities. *Journal of Neurolinguistics*, 24(5), 602–610. doi:10.1016/j.jneuroling.2011.02.002
- Peltomaa, K. (2014). *“Opinkohan mä lukemaan?”: lukivoikeuksien tunnistaminen ja kuntouttaminen alkuopetusvaiheessa* (Väitöskirja, Jyväskylän yliopisto).
Haettu osoitteesta <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-39-5586-1>
- Perusopetuslaki 1998/628. Annettu Helsingissä 21.8.1998
- Petrill, S., Logan, J., & Hart, S., Vincent, P., Thompson, L., Kovas, J., & Plomin, R. (2012). Math fluency is etiologically distinct from untimed math performance, decoding fluency, and untimed reading performance: Evidence from a twin study. *Journal of Learning Disabilities*, 45(4), 371–381.
doi: 10.1177/0022219411407926
- Piaget, J. (1952). *The Child's Conception of Number*. London: Routledge & Kegan Paul.
- Pickering, S. (2006). Assessment of working memory in children. Teoksessa Pickering, S. (toim.), *Working memory and education* (s. 241- 271). Amsterdam: Elsevier. doi:10.1016/B978-012554465-8/50011-9
- Potter, M. C., & Levy, E. I. (1968). Spatial enumeration without counting. *Child Development*, 39(1), 265–272.
- Puolakanaho, A., Ahonen, T., Aro, M., Eklund, K., Leppänen, P. H. T., Poikkeus, A.-M., . . . Lyytinen, H. (2007). Very early phonological and language skills: Estimating individual risk of reading disability. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 48(9), 923–931.

doi:10.1111/j.1469-7610.2007.01763.x

- 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. doi:10.1016/j.lindif.2009.10.005
- Rasmussen, C., & Bisanz, J. (2005). Representation and working memory in early arithmetic. *Journal of Experimental Child Psychology, 91*(2), 137–157. doi:10.1016/j.jecp.2005.01.004
- Razali, N. M., & Wah, Y. P. (2011). Power comparisons of Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors and Anderson-Darling tests. *Journal of Statistical Modeling and Analytics, 2*(1), 21–33.
- Robinson, C. S., Menchetti, B. M., & Torgesen, J. K. (2002). Toward a two-factor theory of one type of mathematics disabilities. *Learning Disabilities Research & Practice, 17*(2), 81–89. doi:10.1111/1540-5826.00035
- 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
- Royer, J. M., Tronsky, L. N., Chan, Y., Jackson, S. J., & Marchant, H. (1999). Math-fact retrieval as the cognitive mechanism underlying gender differences in math test performance. *Contemporary Educational Psychology, 24*(3), 181–266. doi:10.1006/ceps.1999.1004
- Rusanen, E., & Räsänen, P. (2012). Matematiikassa heikosti suoriutuvien lasten laskustrategioiden kehitys. *NMI-Bulletin, 22*(3), 28–41.
- Ryan, M., Jacobson, L. A., Hague, C., Bellows, A., Denckla, M. B., & Mahone, E. M. (2016). Rapid automatized naming (RAN) in children with ADHD: An ex-Gaussian analysis. *Child Neuropsychology, 23*(5), 571–587. doi:10.1080/09297049.2016.1172560
- Räsänen, P. (2012). Laskemiskyvyn häiriö eli dyskalkulia. *Duodecim, 128*(11), 1168–1177.
- Räsänen, P., & Närhi, V. (2014). Heikkojen oppijoiden koulupolku. Teoksessa Metsämuuronen, J. (toim). *Perusopetuksen matematiikan oppimistulosten*

- pitkittäisarviointi vuosina 2005–2012. Koulutuksen seurantaraportit 2013:4* (s. 173–230). Helsinki: Opetushallitus.
- Rönkkö, M., & Aguirre-Urreta, M. (2018). Cautionary note on the two-step transformation to normality. *Journal of Information Systems*. doi:10.2308/isys-52255.
- Salminen, J. (2015). *Response to computer-assisted intervention in children most at risk for mathematics difficulties* (Väitöskirja, Jyväskylän yliopisto). Jyväskylä Studies in Education, Psychology and Social Research 543.
- Semrud-Clikeman, M., Guy, K., Griffin, J. D., & Hynd, G. W. (2000). Rapid naming deficits in children and adolescents with reading disabilities and attention deficit hyperactivity disorder. *Brain and Language*, 74(1), 70–83. doi:10.1006/brln.2000.2337
- Shapiro, S. S., Wilk, M. B., & Chen, H. J. (1968). A comparative study of various tests for normality. *Journal of the American Statistical Association*, 63(324), 1343–1372. doi:10.2307/2285889
- 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
- Siegler, R. S. (2009). Improving the numerical understanding of children from low-income families. *Child Development Perspectives*, 3(2), 118–124. doi:10.1111/j.1750-8606.2009.00090.
- Simmons, F. R., Willis, C., & Adams, A.-M. (2012). Different components of working memory have different relationships with different mathematical skills. *Journal of Experimental Child Psychology*, 111(2), 139–155. doi:10.1016/j.jecp.2011.08.011
- Starkey, P., & Gelman, R. (1982). The development of addition and subtraction abilities prior to formal schooling in arithmetic. Teoksessa T. P. Carpenter, J. M. Moser & T. A. Romberg (toim.), *Addition and subtraction: A cognitive perspective* (s. 99–116). Hillsdale, NJ, US: Lawrence Erlbaum Associates.
- Starkey, P., Klein, A., & Wakeley, A. (2004). Enhancing young children's mathematical knowledge through a pre-kindergarten mathematics

- intervention. *Early Childhood Research Quarterly*, 19(1), 99–120.
doi:10.1016/j.ecresq.2004.01.002
- Stevens, J. P. (2009). *Applied multivariate statistics for the social sciences* (5. painos).
New York: Routledge.
- Tabachnick, B. G., & Fidell, L. S. (2013). *Using Multivariate Statistics* (6. painos).
Boston: Pearson Education.
- Tannock, R., Martinussen, R., & Frijters, J. (2000). Naming speed performance
and stimulant effects indicate effortful, semantic processing deficits in
attention-deficit/hyperactivity disorder. *Journal of Abnormal Child
Psychology*, 28(3), 237–252. doi:10.1023/A:1005192220001
- Temple, C. M., & Sherwood, S. (2002). Representation and retrieval of
arithmetical facts: Developmental difficulties. *The Quarterly Journal of
Experimental Psychology Section A*, 55(3), 733–752.
doi:10.1080/02724980143000550
- Templeton, G. (2011). A two-step approach for transforming continuous
variables to normal: Implications and recommendations for IS
research. *Communications of the Association for Information Systems*, 28(1),
41–58. doi:10.17705/1CAIS.02804
- Tuohilampi, L., & Hannula, M. S. (2013). Matematiikkaan liittyvien asenteiden
kehitys sekä asenteiden ja osaamisen välinen vuorovaikutus 3., 6. ja 9.
luokalla. Teoksessa J. Metsämuuronen (toim.), *Perusopetuksen matematiikan
oppimistulosten pitkittäisarviointi vuosina 2005–2012*. Koulutuksen
seurantatiedot 2013:4 (s. 65–172). Helsinki: Opetushallitus.
- van der Sluis, S., de Jong, P. F., & van der Leij, A. (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
- van der Sluis, S., de Jong, P. F., & van der Leij, A. (2007). Executive functioning
in children, and its relations with reasoning, reading, and arithmetic.
Intelligence, 35(5), 427–449. doi:10.1016/j.intell.2006.09.001

- van der Sluis, S., van der Leij, A., & de Jong, P. F. (2005). Working memory in Dutch children with reading- and arithmetic-related LD. *Journal of Learning Disabilities*, 38(3), 207–221. doi:10.1177/00222194050380030301
- Vander Stappen, C., & Reybroeck, M. V. (2018). Phonological awareness and rapid automatized naming are independent phonological competencies with specific impacts on word reading and spelling: An intervention study. *Frontiers in Psychology*, 9, 320, 1–16. doi:10.3389/fpsyg.2018.00320
- Vettenranta, J., Hiltunen, J., Nissinen, K., Puhakka, E., & Rautopuro, J. (2016). *Lapsuudesta eväät oppimiseen: neljännen luokan oppilaiden matematiikan ja luonnontieteiden osaaminen*. Kansainvälinen TIMMS-tutkimus Suomessa. Jyväskylän yliopisto: koulutuksen tutkimuslaitos. Haettu osoitteesta <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-39-6874-8>
- Vettenranta, J., Välijärvi, J., Ahonen, A., Hautamäki, J., Hiltunen, J., Leino, K., . . . Vainikainen, M.-P. (2016). *PISA 15 Ensituloksia. Huipulla pudotuksesta huolimatta*. Opetus- ja kulttuuriministeriön julkaisuja 2016:41. Haettu osoitteesta <http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/79052/okm41.pdf>
- 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(1), 25–38. doi:10.1111/j.1540-5826.2009.00298.x
- Väisänen, E. (2017). *Laskemisen sujuvuus osana matemaattisia taitoja: Sujuvuuden seuranta ja matemaattisten taitojen tukeminen alakoulussa* (Väitöskirja, Helsingin yliopisto). Haettu osoitteesta <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-51-3814-9>
- Väisänen, E., & Aunio, P. (2014) Matematiikkainterventio heikkojen ensiluokkalaisten oppimisen tukena. *Varhaiskasvatuksen Tiedelehti - Journal of Early Childhood Education Research*, 3(2), 48–75.
- Väisänen, E., & Aunio, P. (2016). Laskemisen sujuvuus toiselta neljännelle luokalle sekä yhteys lukemisen sujuvuuden ja nimeämisnopeuden kanssa. *Psykologia*, 51(4), 244–261.

- Waber, D. P., Wolff, P. H., Forbes, P. W., & Weiler, M. D. (2000). Rapid automatized naming in children referred for evaluation of heterogeneous learning problems: How specific are naming speed deficits to reading disability? *Child Neuropsychology*, *6*(4), 251–261.
doi:10.1076/chin.6.4.251.3137
- 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. doi:10.1016/j.lindif.2008.01.003
- Willcutt, E. G., Pennington, B. F., Duncan, L., Smith, S. D., Keenan, J. M., Wadsworth, S., . . . Olson, R. K. (2010). Understanding the complex etiologies of developmental disorders: Behavioral and molecular genetic approaches. *Journal of Developmental and Behavioral Pediatrics*, *31*(7), 533–544. doi:10.1097/DBP.0b013e3181ef42a1.
- Willcutt, E. G., Petrill, S. A., Wu, S., Boada, R., DeFries, J. C., Olson, R. K., & Pennington, B. F. (2013). Comorbidity between reading disability and math disability: Concurrent psychopathology, functional impairment and neuropsychological functioning. *Journal of Learning Disabilities*, *46*(6), 500–516. doi:10.1177/0022219413477476
- Wolf, M. (1986). Rapid alternating stimulus naming in the developmental dyslexias. *Brain and Language*, *27*(2), 360–379.
doi:10.1016/0093-934X(86)90025-8
- Wolf, M. (1991). Naming speed and reading: The contribution of the cognitive neurosciences. *Reading Research Quarterly*, *26*(2), 123–141.
doi:10.2307/747978
- Wolf, M., Bowers, P. G., & Biddle, K. (2000). Naming-speed processes, timing, and reading: A conceptual review. *Journal of Learning Disabilities*, *33*(4), 387–407. doi:10.1177/002221940003300409
- Wynn, K. (1990). Children's understanding of counting. *Cognition*, *36*(2), 155–193. doi:10.1016/0010-0277(90)90003-3

- Wynn, K. (1992). Addition and subtraction by human infants. *Nature*, 358(6389), 749–750. doi:10.1038/358749a0
- Xu, F., & Spelke, E. S. (2000). Large number discrimination in 6-month-old infants. *Cognition*, 74(1), B1-B11. doi:10.1016/S0010-0277(99)00066-9
- Yamane, T. (1973). *Statistics: An introductory analysis* (3. painos). New York: Harper & Row.

LIITTEET

Liite 1.

Oletusten tarkastelu

Koko aineiston tarkastelu

Tutkimuskysymyksinä tarkasteltiin, missä määrin ensimmäisellä luokalla mitattu nopea sarjallinen nimeäminen ennustaa kolmannen luokan yhteen- ja vähennyslaskusujuvuutta, kun lapsen sukupuoli, vanhemman koulutustaso sekä työmuisti on huomioitu. Seuraavaksi kuvataan monimuuttujaiseen lineaariseen regressioanalyysiin liittyviä rajoituksia sekä oletuksia.

Ensimmäisenä rajoituksena huomioitiin otoskoko. Greenin (1991) mukaan riittävä otoskoko, kun selvitetään multippelikorrelaatiota, voidaan laskea seuraavalla kaavalla: $N \geq 50 + 8m$, jossa m on riippumattomien muuttujien määrä. Jos testataan riippuvia muuttujia, vastaava kaava on: $N \geq 104 + m$. (Tabachnickin & Fidellin, 2013, s. 123 mukaan.) Näistä valitaan se, joka antaa suuremman tuloksen (Metsämuuronen, 2008, s. 89). Tällä perusteella, kun riippumattomia muuttujia on 4, suositeltava otoskoko tälle tutkielmalle on 108 tapausta. Aineistossa on 180 tapausta, joten otoskoko ei ole rajoite.

Regressioanalyysin oletusten tarkastelut tehtiin sekä alkuperäisten että muunneltujen muuttujien osalta. Regressioanalyysissä oletetaan, että residuaalit ovat normaalisti jakautuneet, lineaariset sekä homoskedastiset (Tabachnick & Fidell, 2013, s. 125). Lineaarisuutta ja homoskedastisuutta tarkasteltiin residuaalien hajontakuvioiden avulla (ks. Tabachnick & Fidell, 2013, s. 126–127). Sekä yhteen- että vähennyslaskun osalta muunnetuilla muuttujilla tehdyn regressiomallin residuaalit olivat homoskedastiset ja lineaariset. Alkuperäisillä muuttujilla tehdyn regressiomallin muuttujissa voitiin nähdä heteroskedastisuutta ja nonlineari-

suutta. Residuaalien jakaumaa arvioitiin myös tilastollisesti Kolmogorov-Smirnovin ja Shapiro-Wilkin testeillä. Nämä testit vertaavat jakauman muotoa teoreettiseen normaalijakauman muotoon (Metsämuuronen, 2008, s. 21). Testeistä tulkittiin Shapiro-Wilkiä, sillä se on todettu vahvemaksi (Razali & Wah, 2011; Shapiro, Wilk, & Chen, 1968). Shapiro-Wilkin testi osoitti, että alkuperäisillä muuttujilla toteutetun regressiomallin residuaalit yhteensä vähennyslaskun osalta eivät olleet normaalisti jakautuneet. Sen sijaan muunnettujen muuttujien osalta testi antoi p-arvon, joka ei ollut tilastollisesti merkitsevä, mikä viittaa normaalisti jakautuneisiin residuaaleihin. Muunnettujen muuttujien normaalimpi residuaalien jakauma todettiin myös vinouden ja huipukkuuden arvoista, jotka olivat lähempänä arvoa 0, kuin alkuperäisten muuttujien residuaaleilla. Kun jakauma on normaali, vinouden ja huipukkuuden arvo on 0 (Tabachnick & Fidell, 2013, s. 79).

Regressioanalyysissä oletetaan myös, että residuaalit ovat riippumattomia toisistaan. Tätä oletusta voidaan testata Durbin-Watson testin avulla. (Tabachnick & Fidell, 2013, s. 128.) Testisuure voi saada arvoja väliltä 0–4. Jos residuaalit ovat toisistaan riippumattomia, testisuureen arvo on lähellä kahta. Jos niiden välillä on positiivista korrelaatiota, testisuureen arvo on pienempi kuin 2 ja jos korrelaatio on negatiivinen, arvo on suurempi kuin 2. (Yamane, 1973, s. 1002.) Durbin ja Watson (1951, s. 173) ovat taulukoineet raja-arvot residuaalien riippumattomuudelle 5 %:n merkitsevyystasolla. Sekä alkuperäisillä että muunnetuilla muuttujilla toteutetuissa regressioanalyysissä Durbin-Watson testin arvot olivat lähellä arvoa kaksi ja raja-arvojen sisällä. Tässä aineistossa residuaalien voidaan siis todeta olevan riippumattomia.

Regressioanalyysissä on oletuksena, että riippumattomat muuttujat korreloivat kohtuullisesti riippuvan muuttujan kanssa, mutta eivät liian voimakkaasti toistensa kanssa. Liian suuret riippumattomien muuttujien väliset korrelaatiot aiheuttavat multikollinearisuutta. (Metsämuuronen, 2008, s. 89.) Multikollinearisuutta tarkasteltiin seuraavasti: selittävien muuttujien väliset korrelaatiot eivät saisi olla liian suuria ($r > \pm 0.90$) (Tabachnick & Fidell, 2013, s. 90), kuntoisuusindeksissä ei tulisi olla arvoa, joka on yli 30, eikä varianssiosuus saisi ylittää arvoa

.50 kahdella eri muuttujalla (Belsley, Kuh, & Welsch, 1980, Tabachnickin & Fidellin, 2013, s. 91 mukaan). Mikäli usean muuttujan suhteen suuri varianssisuus on yhteydessä korkeaan kuntoisuusindeksiin, multikollineaarisuus on ongelma (Metsämuuronen, 2008, s. 110). Multikollineaarisuustarkastelut voidaan tehdä myös VIF (Variance Inflation Factor) arvon osalta, joka ei saisi olla suurempi kuin 10 (Myers, 1990, Stevensin, 2009, s. 75 mukaan). Nämä tarkasteltiin sekä alkupe-
räisillä että normalisoiduilla muuttujilla toteutettujen regressiomallien suhteen ja oletukset täyttyivät: aineistossa ei ollut raja-arvoja ylittävää multikollineaari-
suutta.

Aineisto tutkittiin yksimuuttujaisten ja monimuuttujaisten poikkeavien ha-
vaintojen varalta. Yksimuuttujainen poikkeava havainto on yhden muuttujan
suhteen poikkeava, ja monimuuttujainen poikkeava havainto on poikkeava kom-
binaatio useamman muuttujan välillä (Tabachnick & Fidell, 2013, s. 72). Yksi-
muuttujaisiksi poikkeaviksi havainnoiksi potentiaalisia ovat tapaukset, joiden
standardoidut residuaalit ylittävät arvon ± 3.29 ($p < .001$) (Tabachnick & Fidell,
2013, s. 73). Monimuuttujaisia poikkeavia havaintoja tarkasteltiin Mahalanobik-
sen etäisyydellä, joka Metsämuurosen (2008, s. 19; s. 99) mukaan osoittaa sen,
kuinka kaukana havainto on muista havainnoista ja poikkeako havainto muista
usean muuttujan suhteen. Poikkeavan havainnon kriteerinä pidettiin Mahalano-
biksen etäisyyden osalta khiin neliön raja-arvoa 0.001 todennäköisyydellä (Ta-
bachnick & Fidell, 2013, s. 952). Poikkeava havainto tulkittiin merkitykselliseksi
vasta, jos sen Cookin etäisyys oli suurempi kuin yksi. Cookin etäisyys mittaa ha-
vainnon vaikutusta mallissa, ja se arvioi, kuinka paljon mallin standardoitujen
regressiokertoimien arvot muuttuvat, mikäli jokin yksittäinen havainto eliminoi-
daan. Mitä suurempi havainnon Cookin etäisyys on, sitä suurempi sen vaikutus
on regressiokertoimiin. (Metsämuuronen, 2008, s. 99.) Stevensin (2009, s. 111)
mukaan havaintoa ei ole tarpeellista poistaa, mikäli sen Cookin etäisyys on alle
yhden, sillä tällöin sillä ei ole suurta vaikutusta regressioanalyysiin. Tämän tut-
kielman tarkasteluissa alkuperäisten muuttujien regressiomalleja arvioitaessa
löydettiin potentiaalisia poikkeavia havaintoja sekä yksi- että monimuuttujaisten

poikkeavien havaintojen osalta. Normalisoiduilla muuttujilla toteutetun regressiomallin tarkasteluissa löydettiin ainoastaan potentiaalisia yksimuuttujaisia poikkeavia havaintoja. Yhtään havaintoa ei päädytty poistamaan, koska Cookin etäisyydet eivät ylittäneet arvoa yksi.

Sukupuolittainen tarkastelu

Tutkielmassa tarkasteltiin myös sukupuolittain, missä määrin ensimmäisellä luokalla mitattu RAN ennustaa kolmannen luokan laskusujuvuutta, kun vanhemman koulutustaso sekä lapsen työmuisti on huomioitu. Pojille ja tytöille muodostettiin omat regressiomallit.

Samat regressioanalyysin oletukset, jotka kuvattiin ensimmäisen tutkimuskysymyksen osalta, tarkasteltiin myös poikien ja tyttöjen mallien osalta. Ensimmäisenä tarkasteltiin otoskokoja. Greenin (1991) kaavojen mukaan tässä tutkielmassa sekä tyttöjen että poikien otoskoko olisi hyvä olla 74 tai riippuvia muuttujia tarkastellessa jopa 107, kun riippumattomia muuttujia on 3 (Tabachnickin & Fidellin, 2013, s. 123 mukaan). Poikia on aineistossa 85 ja tyttöjä 91, joka on riittävästi multippelikorrelaatioiden tarkasteluun, mutta voi riippuvia muuttujia tarkastellessa olla rajoite. Khamis ja Kepler (2010) ovat kuitenkin suositelleet ehdottoman vähimmäisotoskoon kaavaksi seuraavaa: $N \geq 20 + 5m$, jossa m on riippumattomien muuttujien määrä (Tabachnickin & Fidellin, 2013, s. 123 mukaan). Tämän perusteella vähimmäisotoskoko tyttöjen ja poikien aineistolle olisi 35 tapusta, ja tämä täyttyy selkeästi.

Residuaalien normaalisuutta, lineaarisuutta ja homoskedastisuutta arvioitiin hajontakuviosta (ks. Tabachnick & Fidell, 2013, s. 126–127). Pojilla sekä yhteen- että vähennyslaskun mallissa, muunnetuilla muuttujilla tehtynä, regressioanalyysin residuaalit olivat homoskedastiset ja lineaariset. Sen sijaan alkuperäisillä muuttujilla heteroskedastiset ja nonlineaariset. Residuaalien jakaumaa arvioitiin myös tilastollisesti Shapiro-Wilkin testillä. Testi osoitti, että pojilla sekä yhteen- että vähennyslaskun malleissa, alkuperäisillä ja muunnetuilla muuttujilla, residuaalit olivat normaalisti jakautuneita. Tytöillä residuaalien hajontakuviosta

todettiin sama ilmiö kuin pojilla: muunnetuilla muuttujilla regressioanalyysin residuaalit olivat homoskedastiset ja lineaariset ja alkuperäisillä muuttujilla heteroskedastiset ja nonlineaariset. Tilastollinen testi osoitti, että alkuperäisillä muuttujilla toteutetun regressiomallin residuaalit eivät olleet jakautuneet normaalisti. Muunnetuilla muuttujilla toteutetun regressiomallin jäännökset sen sijaan ovat normaalisti jakautuneet. Sama todettiin myös vinouden ja huipukkuuden arvoista, jotka olivat muunnetuilla muuttujilla lähempänä arvoa 0, kuin alkuperäisillä muuttujilla.

Residuaalien osalta tarkasteltiin myös niiden riippumattomuus. Tämä tehtiin Durbin-Watsonin testin avulla samalla tavalla, kuten aiemmin kuvattiin ensimmäisen tutkimuskysymyksen osalta. Pojilla ja tytöillä sekä alkuperäisillä että muunnetuilla muuttujilla toteutettujen regressiomallien Durbin-Watson testin arvot olivat Durbinin ja Watsonin (1951, s. 173) esittämien raja-arvojen sisällä. Residuaalit todettiin siis riippumattomiksi.

Poikien ja tyttöjen regressiomalleille toteutettiin multikollineaarisuustarkastelut samalla tavalla kuin koko aineistolle. Kaikissa sekä poikien että tyttöjen regressiomalleissa oletukset täyttyivät, eikä aineistossa todettu raja-arvoja ylittävää multikollineaarisuutta. Myös yksi- ja monimuuttujaiset poikkeavat havainnot tarkasteltiin samalla tavalla, kuten yllä on kuvattu. Alkuperäisillä muuttujilla toteutetun regressioanalyysin tarkastelussa poikien aineistossa havaittiin potentiaalisia yksi- ja monimuuttujaisia poikkeavia havaintoja ja tyttöjen aineistossa yksi potentiaalinen monimuuttujainen poikkeava havainto. Kun regressiomalli toteutettiin muunnetuilla muuttujilla, ei poikkeavia havaintoja havaittu kummankaan sukupuolen malleissa. Löydettyjä potentiaalisia poikkeavia havaintoja ei pidetty merkityksellisinä, koska Cookin etäisyyden arvo ei ollut näissä yli yhden.

Tulokset päätettiin raportoida muunnetuilla muuttujilla toteutetuista regressioanalyyseista, koska regressioanalyysin oletukset toteutuvat malleissa paremmin. Alkuperäisillä muuttujilla toteutetut korrelaatiomatriisit sekä monimuuttujaisen lineaaristen regressioanalyysien tulokset on esitetty liitteissä 2-6.

Liite 2.

TAULUKKO 6. Alkuperäisten muuttujien keskinäiset korrelaatiot sekä muuttujakohtaisten havaintojen keskiarvot (*Ka*), keskihajonnat (*Kh*), mediaanit (*Md*), vinous ja huipukkuus.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.
1. Sukupuoli	-					
2. Vanhemman koulutustaso	-.02	-				
3. Työmuisti 1. lk.	.09	.04	-			
4. RAN 1. lk.	-.17*	.07	-.37***	-		
5. Yhteenlaskusujuvuus 3. lk.	-.09	.06	.33***	-.39***	-	
6. Vähennyslaskusujuvuus 3. lk.	-.15*	.09	.31***	-.36***	.87***	-
<i>Ka</i>	0.51	0.43	3.96	46.50	18.45	14.70
<i>Kh</i>	0.50	0.50	0.90	10.91	7.78	7.01
<i>Md</i>	-	-	4.00	46.50	18.00	14.00
<i>Vinous</i>	-	-	0.86	2.00	0.72	0.77
<i>Huipukkuus</i>	-	-	0.75	7.09	0.67	0.32

Huom. * $p < .05$, ** $p < .01$ ja *** $p < .001$. $N = 183$. Alkuperäiset muuttujat. Sukupuoli: 0 = poika, 1 = tyttö. Sosioekonominen asema: 0 = alempi koulutustaso, 1 = ylempi koulutustaso.

Liite 3.

TAULUKKO 7. Alkuperäisten muuttujien keskinäiset korrelaatiot sekä muuttujakohtaisten havaintojen keskiarvot (*Ka*), keskihajonnat (*Kh*), mediaanit (*Md*), vinous ja huipukkuus sukupuolittain esitettynä.

	1.	2.	3.	4.	5.	<i>Ka</i>	<i>Kh</i>	<i>Md</i>	<i>Vinous</i>	<i>Huipukkuus</i>
1. Vanhemman koulutustaso	-	.07	-.02	.04	.04	0.41	0.50	-	-	-
2. Työmuisti 1. lk.	.02	-	-.28**	.33**	.33**	4.04	0.91	4.00	0.93	1.38
3. RAN 1. lk.	.13	-.44***	-	-.39***	-.26*	44.74	9.08	44.50	2.13	10.47
4. Yhteenlaskusujuvuus 3. lk.	.08	.35**	-.42***	-	.85***	17.77	6.89	16.50	0.64	-0.40
5. Vähennyslaskusujuvuus 3. lk.	.13	.34**	-.47***	.89***	-	13.65	5.91	13.00	0.82	0.56
<i>Ka</i>	0.44	3.88	48.35	19.18	15.80					
<i>Kh</i>	0.50	0.89	12.34	8.61	7.90					
<i>Md</i>	-	3.50	45.67	18.50	15.00					
<i>Vinous</i>	-	0.81	1.78	0.68	0.58					
<i>Huipukkuus</i>	-	0.11	5.14	0.69	-0.16					

Huom. * $p < .05$, ** $p < .01$ ja *** $p < .001$. Taulukossa poikien ($n = 89$) kertoimet ovat vasemmalla ja kuvailutiedot alhaalla. Tyttöjen ($n = 94$) kertoimet ovat ylhäällä ja kuvailutiedot oikealla. Alkuperäiset muuttujat. Sosioekonominen asema: 0 = alempi koulutustaso, 1 = ylempi koulutustaso.

Liite 4.

TAULUKKO 8. Hierarkkisesti toteutetun monimuuttujaisen lineaarisen regressioanalyysin tulokset ensimmäisellä luokalla mitatun nopean sarjallisen nimeämisen yhteydestä kolmannella luokalla mitattuun yhteen- ja vähennyslaskusujuvuuteen. Lapsen sukupuoli, vanhemman koulutustaso ja lapsen ensimmäisellä luokalla mitattu työmuisti on kontrolloitu.

Selittävät muuttujat	Yhteenlasku 3. lk.					Vähennyslasku 3. lk.				
	R^2	Korj. R^2	ΔR^2	β	sr	R^2	Korj. R^2	ΔR^2	β	sr
1. Askelma	.01	.00	.00			.02	.02	.02		
Sukupuoli				-.09	-.09				-.15*	-.15*
2. Askelma	.01	.00	.00			.03	.02	.01		
Sukupuoli				-.09	-.09				-.15*	-.15*
Vanhemman koulutustaso				.06	.06				.09	.09
3. Askelma	.13	.11	.11			.13	.12	.10		
Sukupuoli				-.12	-.12				-.18*	-.18*
Vanhemman koulutustaso				.05	.05				.07	.07
Työmuisti 1. lk.				.34***	.34***				.32***	.32***
4. Askelma	.22	.20	.10			.22	.21	.09		
Sukupuoli				-.16*	-.16*				-.22**	-.22**
Vanhemman koulutustaso				.07	.07				.10	.10
Työmuisti 1. lk.				.22**	.20**				.20**	.19**
RAN 1. lk.				-.34***	-.31***				-.33***	-.30***

Huom. * $p < .05$, ** $p < .01$ ja *** $p < .001$. $N = 183$. β = standardoitu regressiokerroin, R^2 = mallin selitysaste, Korj. R^2 = korjattu selitysaste, ΔR^2 = selitystasteen (R^2) muutos, kun kaikki askeleen muuttujat ovat mukana, sr = osakorrelaatiokerroin. Alkuperäiset muuttujat. Sukupuoli: 0 = poika, 1 = tyttö. Koulutustaso: 0 = alempi koulutustaso, 1 = ylempi koulutustaso.

Liite 5.

TAULUKKO 9. Poikien ($n = 89$) hierarkkisesti toteutetun monimuuttujaisen lineaarisen regressioanalyysin tulokset ensimmäisellä luokalla mitatun nopean sarjallisen nimeämisen yhteydestä kolmannella luokalla mitattuun yhteen- ja vähennyslaskuun. Lapsen vanhemman koulutustaso ja lapsen ensimmäisellä luokalla mitattu työmuisti on kontrolloitu.

Selittävät muuttujat	Yhteenlasku 3. lk.					Vähennyslasku 3. lk.				
	R^2	Korj. R^2	ΔR^2	β	sr	R^2	Korj. R^2	ΔR^2	β	sr
1. Askelma	.01	-.01	.01			.02	.00	.02		
Vanhemman koulutustaso				.08	.08				.13	.13
2. Askelma	.13	.11	.12			.13	.11	.11		
Vanhemman koulutustaso				.07	.07				.12	.12
Työmuisti 1. lk.				.35**	.35**				.33**	.33**
3. Askelma	.23	.20	.10			.28	.25	.15		
Vanhemman koulutustaso				.12	.12				.18	.18
Työmuisti 1. lk.				.20	.18				.14	.13
RAN 1. lk.				-.35**	-.31**				-.43***	-.39***

Huom. * $p < .05$, ** $p < .01$ ja *** $p < .001$. β = standardoitu regressiokerroin, R^2 = mallin selitysaste, Korj. R^2 = korjattu selitysaste, ΔR^2 = selitysasteen (R^2) muutos, kun kaikki askeleen muuttujat ovat mukana, sr = osakorrelaatiokerroin. Alkuperäiset muuttujat. Koulutustaso: 0 = alempi koulutustaso, 1 = ylempi koulutustaso.

Liite 6.

TAULUKKO 10. Tyttöjen ($n = 94$) hierarkkisesti toteutetun monimuuttujaisen lineaarisen regressioanalyysin tulokset ensimmäisellä luokalla mitatun nopean sarjallisen nimeämisen yhteydestä kolmannella luokalla mitattuun yhteen- ja vähennyslaskuun. Lapsen vanhemman koulutustaso ja lapsen ensimmäisellä luokalla mitattu työmuisti on kontrolloitu.

Selittävät muuttujat	Yhteenlasku 3lk					Vähennyslasku 3lk				
	R^2	<i>Korj.</i> R^2	ΔR^2	β	<i>sr</i>	R^2	<i>Korj.</i> R^2	ΔR^2	β	<i>sr</i>
1. Askelma	.00	-.01	.00			.00	-.01	.00		
Vanhemman koulutustaso				.04	.04				.04	.04
2. Askelma	.13	.11	.13			.11	.09	.11		
Vanhemman koulutustaso				.01	.01				.02	.02
Työmuisti				.36***	.36***				.33**	.33**
3. Askelma	.26	.24	.13			.14	.11	.03		
Vanhemman koulutustaso				.01	.01				.02	.02
Työmuisti				.25*	.24*				.28*	.27*
RAN				-.38***	-.36***				-.18	-.17

Huom. $*p < .05$, $**p < .01$ ja $***p < .001$. β = standardoitu regressiokerroin, R^2 = mallin selitysaste, *Korj.* R^2 = korjattu selitysaste, ΔR^2 = selitysas-teen (R^2) muutos, kun kaikki askeleen muuttujat ovat mukana, *sr* = osakorrelaatiokerroin. Alkuperäiset muuttujat. Koulutustaso: 0 = alempi koulutustaso, 1 = ylempi koulutustaso.