

**HEIKKOJEN LUKIJOIDEN SUORIUTUMINEN LUKU- JA  
KIRJOITUSTAITOA SEKÄ NIIHIN LIITTYVIÄ TAITOJA ARVIOIVISSA  
TIETOKONETEHTÄVISSÄ NELJÄNNELLÄ LUOKALLA**

Anne Sinipuro  
Psykologian Pro gradu–tutkielma  
Psykologian laitos  
Jyväskylän yliopisto  
Toukokuu 2017

JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO

Psykologian laitos

SINIPURO, ANNE: Heikkojen lukijoiden suoriutuminen luku- ja kirjoitustaitoa sekä niihin liittyviä taitoja arvioivissa tietokonetehtävissä neljännellä luokalla

Pro gradu-tutkielma, 31s.

Ohjaaja: Jarkko Hautala

Psykologia

Toukokuu 2017

---

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää heikkojen lukijoiden suoriutumista luku- ja kirjoitustaitoa sekä niihin liittyviä taustataitoja arvioivissa tietokonetehtävissä neljännellä luokalla. Lisäksi selvitettiin mitkä tehtävät toimivat parhaiten lukutaidon arvioimisessa ja mielenkiinnon kohteena oli myös uusien tietokonepohjaisten ja perinteisten kynä-paperitehtävien vertailu. Tutkimuksen aineisto koostui 179 oppilaasta keskisuomalaisten peruskoulujen 4. luokilla. Lapset jaettiin Lukilassen sanalistan lukemistehtävässä suoriutumisen perusteella tavallisesti (N=156) ja heikosti (N=18) lukevien ryhmiin. Osallistujat tekivät 13 luku- ja kirjoitustaitoja sekä niihin liittyviä taustataitoja mittavaa tehtävää tietokonepohjaisessa Ekapeli-oppimisympäristössä. Samoja muuttujia vastaavat kynä-paperitehtävät tehtiin myös kahdenkeskisessä tutkimustilanteessa tutkijan kanssa. Analyysit tehtiin käyttämällä Pearsonin korrelaatiokerrointa ja yksisuuntaista varianssianalyysiä.

Tulosten mukaan kaikki tietokone- ja kynä-paperitehtävät korreloivat keskenään tilastollisesti merkitsevästi, mutta yhteys oli voimakas tai melko voimakas vain lukusujuvuuden, nopean nimeämisen sekä reseptiivisen sanaston tehtävissä. Kaikki tietokonetehtävät korreloivat tilastollisesti merkitsevästi myös lukutaidon kanssa, mutta yhteys oli voimakas vain lukutaidon ja lukusujuvuuden tehtävien välillä. Suurin osa tietokonetehtävistä kuitenkin erotteli heikkoja ja tavallisia lukijoita toisistaan ja lukusujuvuuden tehtävät olivat tässä tutkimuksessa paras lukutaidon arviointimenetelmä. Tulosten mukaan tietokonepohjaisilla tehtävillä voidaan erotella tavallisesti ja heikosti lukevia lapsia toisistaan.

Avainsanat: lukutaidon arviointi, tietokonepohjainen arviointi, Ekapeli, lukusujuvuus, heikko lukija

## SISÄLTÖ

1 JOHDANTO .....	3
1.1 Lukutaito ja lukumuuttujat .....	4
1.2 Lukutaidon taustamuuttujat .....	6
1.3 Tietokoneiden käyttö lukutaidon arvioinnissa .....	8
1.4 Tutkimusongelmat .....	9
2 MENETELMÄT .....	10
2.1 Tutkittavat .....	10
2.2 Tutkimuksen toteutus .....	10
2.3 Ekapeli .....	11
2.4 Tutkimusmenetelmät .....	12
2.4.1 Tietokonetehtävät .....	12
2.4.2 Kynä-paperitehtävät .....	14
2.5 Aineiston analysointi .....	17
3 TULOKSET .....	18
3.1 Kuvailevat tiedot .....	18
3.2 Tietokone- ja kynä-paperitehtävien väliset yhteydet .....	19
3.3 Tietokonetehtävien yhteydet lukutaitoon .....	21
3.4 Heikkojen ja tavallisten lukijoiden suoriutuminen tietokonetehtävissä .....	22
3.5 Heikkojen ja tavallisten lukijoiden suoriutuminen kynä-paperitehtävissä .....	23
4 POHDINTA .....	24
4.1 Tietokone- ja kynä-paperitehtävien vertailu .....	24
4.2 Tietokonetehtävien yhteys lukutaitoon sekä heikkojen ja tavallisten lukijoiden suoriutumisen vertailu .....	29
LÄHTEET .....	32

## 1 JOHDANTO

Sujuvan lukutaidon saavuttaminen on muun oppimisen perusta ja tärkeä tekijä koulussa menestymisen kannalta. Joillakin lapsilla voi ilmetä huomattavia vaikeuksia lukutaidon oppimisessa ja lukemiseen liittyvät vaikeudet saattavat jatkua läpi elämän. Perinteisesti lukutaidon kehitystä on arvioitu tutkimusavustajan ohjaamalla kynä-paperitehtävillä, esimerkiksi Lukilassen sanojen lukemisen ja kirjoittamisen –tehtävillä (Häyrinen, Serenius-Sirve & Korkman, 2013), ALLU – alasteen lukutestillä (Lindeman, 1998) sekä erilaisilla epäsanojen lukemisen tehtävillä. Teknologisen kehityksen myötä arviointimenetelmät uusiutuvat tietokoneiden ja tablettien käytön lisääntyessä, ja näiden uusien menetelmien toimivuudesta ja luotettavuudesta tarvitaan lisää tietoa.

Tämä tutkimus on osa Suomen Akatemian rahoittamaa ReadAll: Teknologia-avusteinen ympäristö kaikkien lukemaan oppijoiden tukena –tutkimushanketta, jonka tavoitteena on selvittää lukemiseen liittyvien vaikeuksien taustatekijöitä ja kehittää arviointimenetelmiä niiden löytämiseksi. ReadAll –hankkeessa tutkitaan teknologiaa hyödyntävää GraphoGame (Ekapeli)-oppimisympäristöä (kts. tarkemmin Menetelmät-osio) ja kartoitetaan siitä erityisesti lukemisen perustaitojen ja sujuvuuden kehittymisen kannalta olennaisia tekijöitä. Lisäksi hankkeessa kehitetään ja validoidaan tietokonepohjaisia, mm. puheentunnistukseen perustuvia, lukemisen osataitojen arviointimenetelmiä sekä näiden soveltuvuutta ja luotettavuutta oppimisen arviointiin. Tavoitteena on luoda entistä tehokkaampia ja yksilölliset piirteet huomioonottavia teknologiapohjaisia harjoitus- ja tukimenetelmiä oppimisessaan vaikeuksia kohdanneille lapsille ja nuorille.

Tutkimukseni tarkoituksena on selvittää heikkojen lukijoiden suoriutumista tietokone tehtävissä neljännellä luokalla sekä sitä, mitkä tehtävät toimivat parhaiten lukutaidon arvioimisessa. Lukutaidon kehitystä on tutkittu paljon erityisesti esikoulu- ja 1.-2. luokka-asteilla (mm. Leppänen, Niemi, Aunola, & Nurmi, 2006; Torppa ym., 2007b), mutta esimerkiksi suomalaisten kolmannen ja neljännen luokan oppilaiden lukutaitoon liittyvää tutkimustietoa on vaikea löytää. Kolmannella ja neljännellä luokalla lukeminen sujuu yleisesti ottaen melko virheettömästi ja lukemalla oppimisen vaatimukset lisääntyvät. Pidentyvät tekstit ja luetun ymmärtäminen voivat lisätä lukemiseen liittyviä haasteita ja vaikuttaa esimerkiksi lukumotivaatioon, minkä vuoksi heikkojen lukijoiden tunnistaminen ja tukeminen on tärkeää myös myöhemmillä vuosiluokilla.

Lisäksi mielenkiinnon kohteena on uusien tietokonepohjaisten ja perinteisten kynä-paperitehtävien vertailu, joiden yhteyksistä on vielä vähän tutkimustietoa. Tulevaisuudessa tarvitaan yksilöllisempiä tukikeinoja ja toimivia arviointimenetelmiä niiden suunnittelun tueksi. Tutkimukseni tarkoituksena on tuoda lisätietoa erityisesti siitä, millaisia kognitiivisia prosesseja tietokone tehtävien suorittaminen vaatii, jotta voidaan luoda yhä yksilöllisempiä arviointimenetelmiä lukemiseen liittyvien vaikeuksien tarkempaa selvittelyä varten.

## **1.1 Lukutaito ja lukumuuttujat**

Suomen kielen erityispiirteenä on säännönmukainen kirjain-äännevastaavuus jokaisen kirjaimen vastatessa vain yhtä foneemia eli äännettä, lukuunottamatta /ng/-äännettä. Tämän säännönmukaisuuden voi ajatella helpottavan kirjainten ja äänteiden yhdistämiseen liittyvän peruslukutaidon eli dekodauksen oppimista (Aro, 2004; Lyytinen ym., 2006). Opittuaan suomen kielen kirjain-äännevastaavuudet ja äänteiden yhdistelemisen lapsella on työkalut minkä tahansa sanan tai epäsanon lukemiseen (Lyytinen ym., 2006) ja suurin osa lapsista oppii tarkan kokoavan lukemisen perustaidot ensimmäisen luokan loppuun mennessä (Aro, Huemer, Heikkilä, & Mönkkönen, 2011; Aro ja Wimmer, 2003; Holopainen, 2002; Seymour ym., 2003).

Lukemisen perustaitojen oppimisen jälkeen painopiste siirtyy lukemisen sujuvuuteen, jossa yhdistyvät lukemisen tarkkuus, automaattinen sanantunnistus sekä ilmeikäs kielen prosodia eli esimerkiksi äänenpainojen ja äänenkorkeuden oikeanlainen hallinta (Kuhn & Stahl, 2003). Harjoittelun myötä lukemisesta tulee nopeampaa ja vaivattomampaa, jolloin huomiota voidaan kiinnittää enemmän tekstin sisältöön ja luetun ymmärtämiseen. Sujuvan lukutaidon taustalla on kaksi osataittoa eli sanantunnistus ja luetun ymmärtäminen (Vellutino, Fletcher, Snowling, & Scanlon, 2004). Sanantunnistus on leksikaalisen eli sanastollisen haun prosessi, johon liittyy kirjainryhmien näönvarainen tunnistaminen tutuksi sanaksi ja sanan nimen ja tarkoituksen mieleenpalauttaminen muistista (Vellutino ym., 2004). Luetun ymmärtämisellä puolestaan tarkoitetaan suullisen ja kirjoitetun sanan merkityksen yhdistämistä, joka helpottaa lauseiden ja laajempien asiakokonaisuuksien ymmärtämistä (Vellutino ym., 2004).

Sanantunnistamisen kaksoisreittimallin (Coltheart, Rastle, Perry, Langdon, & Ziegler, 2001) mukaan tutut sanat tunnustetaan kokonaisina ortografisen muistijäljen perusteella ja vieraat sanat luetaan dekoddaamalla kirjaimia ja tavuja hyväksikäyttäen. Dekoodaus ja näönvarainen sanantunnistaminen liittyivät läheisesti toisiinsa myös normaalisti kehittyneillä neljäsluokkalaisilla (Ouellette, 2006). Taitavat dekoddaajat olivat yleensä myös sujuvia kokonaisten sanojen lukijoita (Ouellette, 2006). Vellutinin ym. (2004) mukaan sanantunnistamisen vaikeudet ovat lukivaikeuksien merkittävä taustatekijä. Suomen ja muissakin säännönmukaisissa kielissä sanantunnistamisen vaikeudet liittyvät usein epäsuoriin fonologisiin prosesseihin, kuten esimerkiksi kielellisen muistin sekä nimien mieleenpalauttamisen ongelmiin (Vellutino ym., 2004). Nämä ongelmat vastaavasti haittaavat sujuvaa sanantunnistamista ja tekstin käsittelyä, ja sitä kautta myös luetun ymmärtämistä (Vellutino ym., 2004). Myös suomalaisten hitaasti lukevien lasten on havaittu tukeutuvan lähinnä sarjalliseen, kirjaimittain etenevään lukustrategiaan (Hautala, Hyönä, Aro, & Lyytinen, 2011).

Noin kuudella prosentilla lapsista on vaikeuksia oppia tarkan lukemisen perustaitoja ja vaikeuksien taustalla on ainakin osittain puheen prosessoinnin ongelmia, jotka aiheuttavat haasteita tarkan lukemisen ja kirjoittamisen oppimiselle sekä lukemisen sujuvuudelle (Lyytinen ym., 2006). Myös Holopaisen (2002) väitöskirjatutkimuksessa noin kuudella prosentilla oli pulmia oikeinlukemisessa ja lukemisen hitaus häiritsi selvästi noin neljää prosenttia vielä neljännellä luokalla. Lukemisen vaikeudet ilmenevät useimmiten lukemisen sujuvuudessa, jota mitataan yleensä tarkkuuden lisäksi lukemisen nopeuden avulla (Leinonen ym., 2001). Myös Aron ym. (2011) mukaan lukemisen vaikeudet näkyvät alun jälkeen yleensä lukemisen hitautena. Siten lukemisen sujuvuus on alkuvaiheen jälkeen tarkkuutta parempi mittari lukutaidolle (Leinonen ym., 2001).

Lukemisen vaikeuksilla viitataan yleensä dysleksiaan eli erityiseen kielelliseen vaikeuteen, jolloin lukusuoritus tai kirjoitustaito on olennaisesti heikompi kuin mitä voisi odottaa yksilön iän, älykkyyden ja koulutuksen perusteella (American Psychiatric Association, 1994). Dysleksia ilmenee suvuttain eli jos vanhemmalla on todettu dysleksia, niin myös lapsella on suurempi riski kohdata lukemisen vaikeuksia (Lyytinen ym., 2004; Snowling, Gallagher, & Frith, 2003). Dysleksia voidaan ymmärtää monitasoisena vaikeutena, jossa lapsilla ilmenee kielellisissä prosesseissa eriasteisia vaikeuksia (Snowling ym., 2003). Seurauksena on lukutaitoon liittyviä ongelmia, joista vain osalla lapsista varsinainen dysleksia-kriteeri täyttyy. Lukemisessa voi siten ilmetä eriasteisia vaikeuksia ilman varsinaisen dysleksian toteamista ja tässä tutkimuksessa kiinnostuksen kohteena

on heikkojen lukijoiden suoriutumisen selvittäminen. Näistä vaikeuksista käytetään tässä tutkimuksessa lukivaikeus-termiä, jolla jatkossa viitataan myös dysleksiaa.

Lukemisen vaikeuksia voidaan ennustaa jo ennen kouluikää (mm. Lyytinen ym., 2004; Puolakanaho ym., 2007) ja esimerkiksi esiopetuksessa todetun lukivaikeusriskin on havaittu ennustavan heikompaa lukusujuvuutta neljännellä luokalla (Kiuru ym., 2013). Muita merkittäviä lukutaidon ja siihen liittyvien vaikeuksien ennustajia ovat muun muassa fonologinen tietoisuus ja nopea nimeäminen, joita käsitellään tarkemmin seuraavassa lukutaidon taustamuuttajat-osiossa. Lukivaikeusriski-ryhmään kuuluvilla lapsilla on todettu merkittäviä vaikeuksia kirjoittamisessa ja epäsanojen lukemisessa sekä luetun ymmärtämisessä (Snowling ym., 2003). Huomion arvoista on, että nämä vaikeudet olivat ikätovereihin verrattuna merkittäviä myös niillä lukivaikeusriski-lapsilla, jotka kouluikäisinä lukivat normaalisti. Dyslektikoilla on todettu pysyviä vaikeuksia erityisesti lukunopeudessa sekä vähemmissä määrin myös lukemisen ja kirjoittamisen tarkkuudessa (Eklund, Torppa, Aro, Leppänen, & Lyytinen, 2015). Lukusujuvuuden, sanan ja epäsanatunnistamisen sekä kirjoittamisen tehtävät ovat siten tärkeitä lukutaidon ja -vaikeuksien arvioinnin menetelmiä ja niitä käytetään myös tässä tutkimuksessa lukutaitoa mittaavina lukumuuttujina.

## **1.2 Lukutaidon taustamuuttajat**

Taustamuuttujilla tarkoitetaan lukutaidon taustalla olevia taitoja, jotka muodostavat perustan luku- ja kirjoitustaitojen hankkimiselle. Tässä tutkimuksessa taustataitoja ovat nopea nimeäminen, fonologinen tietoisuus, lyhytkestoinen ja fonologinen muisti, sanavarasto sekä assosiativinen oppiminen. Nopea sarjallinen nimeäminen on merkittävä lukemisen sujuvuuden ennustaja erityisesti suomenkielen kaltaisissa säännönmukaisissa kielissä (Puolakanaho ym., 2008) ja varhaisen nimeämisnopeuden on havaittu ennustavan hyvin myös myöhempiä lukemisvaikeuksia (Holopainen, Ahonen, & Lyytinen, 2001; Puolakanaho ym., 2007). Lyytisen ym. (2004) mukaan nopea nimeäminen on voimakkaasti yhteydessä sekä varhaiseen lukemisen tarkkuuteen että sujuvuuteen. Nopean nimeämisen on todettu ennustavan voimakkaasti lukusujuvuutta myös muissa kielissä (esim. Babayiğit & Stainthorp, 2011).

Fonologinen tietoisuus puolestaan ennustaa hyvin lukemisen tarkkuutta (mm. Leppänen ym., 2006; Puolakanaho ym., 2008). Holopaisen (2002) väitöskirjatutkimuksessa ensimmäisen luokan lopulla mitatut fonologisen tietoisuuden, nopean nimeämisen sekä epäsanojen toistamisen taidot ennustivat parhaiten lukutarkkuutta neljännellä luokalla. Lisäksi ensimmäisen luokan fonologisen tietoisuuden taidot ja esikouluvuoden lopulla mitatut nopean nimeämisen taidot ennustivat parhaiten neljännen luokan lukunopeutta (Holopainen, 2002). Puolakanahon ym. (2008) tutkimuksessa varhaisten fonologisten ja kielellisten taitojen yhteys lukemisen sujuvuuteen jäi kuitenkin vähäiseksi. Fonologinen tietoisuus ja fonologiset taidot ovat tärkeitä ennen kouluikää ja lukemaan opetteluun alkuvaiheessa, mutta niiden merkitys näyttää vähenevän lukutaidon perusteiden oppimisen jälkeen (Leppänen ym., 2006; Vellutino ym., 2004).

Lyhytkestoinen muisti on tärkeä tiedon prosessoinnissa ja oppimisessa, joten luonnollisesti se on yhteydessä myös lukutaitoon. Laajan meta-analyysin perusteella lukivaikeuksia omaavilla lapsilla on havaittu lyhytkestoisen ja työmuistin vaikeuksia, jotka ovat luonteeltaan pysyviä (Swanson, Zheng, & Jerman, 2009). Lukemisen vaikeuksia omaavien lasten on havaittu suoriutuvan yleisesti ottaen heikommin tavallisesti lukeviin ikätovereihin verrattuna niin äänteiden ja numerosarjojen muistamista vaativissa lyhytkestoisen muistin tehtävissä kuin myös samanaikaista tiedon prosessointia ja mielessä pitämistä edellyttävissä työmuistin tehtävissä (Swanson ym., 2009). Lisäksi lukivaikeusriski-taustaisilla, mutta kouluikäisenä normaalisti lukevilla lapsilla on havaittu lieviä, mutta merkityksellisiä vaikeuksia lyhytkestoisessa muistissa (Snowling ym., 2003). Myös abstraktien sanojen mieleen palauttamisen on havaittu olevan vaikeaa lapsille, joilla on luetun ymmärtämisen vaikeuksia (Nation, Adams, Bowyer-Crane, & Snowling, 1999).

Lyhytkestoisen muistin lisäksi myös fonologinen eli kielellinen lyhytkestoinen muisti on yhteydessä lukutaitoon. Sen on muun muassa havaittu ennustavan lukutaitoa ensimmäisellä luokalla (Perez, Majerus, & Poncelet, 2012). Myös Laasosen ym. (2012) suomenkielisellä aineistolla tehdyssä tutkimuksessa fonologinen lyhytkestoinen muisti oli aikuisilla tutkimushenkilöillä yhteydessä lukutaitoon ja fonologisen muistin vaikeudet olivat yhteydessä dysleksiaan. Pysyvät fonologisen muistin vaikeudet eivät kuitenkaan välttämättä rajoita merkittävästi kielitaidon oppimista ainakaan koulunkäynnin alkuvaiheessa (Gathercole, Tiffany, Briscoe, & Thorn, 2005).

Sanavarasto on yhteydessä niin varhaisiin lukuvalmiuksiin (Wise, Sevcik, Morris, Lovett, & Wolf, 2007) kuin myöhemmin myös lukutaitoon (Ouellette, 2006). Ouelletten (2006) tutkimuksessa neljäsluokkalaisilla lapsilla reseptiivisen eli vastaanottavan sanavaraston laajuus ennusti



dekoodaustaitoa (Ouellette, 2006). Tuottavan sanavaraston laajuus puolestaan ennusti näönvaraista sanantunnistusta ja sanastollisen tiedon laajuus ennusti luetun ymmärtämistä ollen myös tärkeä näönvaraisessa sanantunnistamisessa (Ouellette, 2006). Myös visuaalis-fonologisten assosiaatioiden eli yhdistelmien oppimiskyky ennustaa sanojen lukemista ja dyslektikoilla on havaittu heikentynyt kyky oppia näitä assosiaatioita (Jones, Branigan, Parra, & Logie, 2013).

### **1.3 Tietokoneiden käyttö lukutaidon arvioinnissa**

Tietokoneavusteinen testaus ja arviointi on yleistynyt ja todennäköisesti lisääntyy tulevaisuudessa. Tietokoneita on aiemmin hyödynnetty erityisesti mm. lukivaikeuksien kuntoutuksessa, mutta esimerkiksi lukutaitoon liittyvien arviointien tekeminen on ollut ainakin Suomessa vielä harvinaisempaa. Nykyään on kuitenkin paljon verkkovälitteisiä sovelluksia sekä täysin verkossa käytettäviä nettitestejä, joilla koko testausprosessin voi hoitaa sähköisesti.

Tietokoneavusteisilla testeillä on paljon etuja perinteisiin kynä-paperi–testeihin verrattuna, esimerkiksi tarkka pisteiden laskeminen sekä reaktioaikojen mittaaminen. Lukutaitoa arvioivien tietokone- ja perinteisten kynä-paperi–testien tulosten välillä ei ollut merkittäviä eroja 36 tutkimuksen meta-analyysissä (Wang, Jiao, Young, Brooks, & Olson, 2008). Myös Suomessa tietokonetehtävien on havaittu olevan melkein yhtä tehokkaita kuin perinteisten kynä-paperitehtävien esimerkiksi lukemaan oppimisen ennustamisessa (Puolakanaho & Latvala, painossa).

Tietokoneavusteiset tehtävät eroavat perinteisistä, yleensä avustajan ohjauksella tehtävistä kynä-paperi–versioista muun muassa vastaustavoissa. Esimerkiksi tämän tutkimuksen tietokonetehtävissä valitaan oikea vaihtoehto annettujen vaihtoehtojen joukosta eli tunnistetaan oikea vaihtoehto. Perinteisissä kynä-paperitehtävissä vastaus yleensä tuotetaan itse sanomalla se ääneen tai kirjoittamalla. Yksittäisten tunnistamis- ja niitä vastaavat tuottamistehtävien on havaittu mittaavan melko hyvin samaa ilmiötä (Heinola, Latvala, Heikkilä, & Lyytinen, 2010), mutta uusien tietokonetehtävien ja perinteisten tuottamistehtävien yhteyksistä on kuitenkin vielä vähän tutkimustietoa.

## 1.4 Tutkimusongelmat

Tässä tutkimuksessa tarkasteltiin heikkojen lukijoiden suoriutumista tietokonetehtävissä neljännellä luokalla. Tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää mitkä tietokonetehtävistä erottelevat parhaiten tavallisia ja heikkoja lukijoita. Lisäksi mielenkiinnon kohteena oli perinteisten kynä-paperitehtävien ja tietokonetehtävien vertailu. Tutkimuskysymykset ovat:

1. Ensimmäisenä tutkimuskysymyksenä oli tarkoitus selvittää mittaavatko tietokonetehtävät ja kynä-paperitehtävät samaa asiaa neljäsluokkalaisilla lapsilla? Asiaa selvitettiin tarkastelemalla tehtävien välisten korrelaatiokertoimien suuruutta ja merkitsevyyttä.
2. Toisena tutkimuskysymyksenä oli tarkoitus selvittää ovatko tietokonetehtävät yhteydessä lukutaitoon neljännellä luokalla? Vastataksemme tähän kysymykseen tarkastelimme kunkin tehtävän korrelaatiokertoimen suuruutta ja merkitsevyyttä standardoituun lukusujuvuuden tehtävään.
3. Kolmantena tutkimuskysymyksenä selvitettiin eroavatko heikot (Lukilasse  $z$ -arvo  $\leq -1.67$ ) ja tavalliset lukijat toisistaan jokaisessa tietokonetehtävässä. Asian selvittämiseksi heikkojen lukijoiden suoriutumista verrattiin tavallisten lukijoiden suoriutumiseen yksisuuntaisen varianssianalyysin avulla. Tulosten tarkistamiseksi heikkojen ja tavallisten lukijoiden suoriutumista verrattiin yksisuuntaisella varianssianalyysillä myös kynä-paperitehtävissä.

## **2 MENETELMÄT**

### **2.1 Tutkittavat**

Tämä pro gradu –tutkimus on osa Suomen Akatemian rahoittamaa ReadAll –Teknologia-avusteinen ympäristö kaikkien lukemaan oppijoiden tukena –tutkimushanketta (2014-2017), jossa tutkitaan teknologiaa hyödyntävää Ekapeli (GraphoGame) -oppimisympäristöä (esittely alapuolella) ja kartoitetaan siitä erityisesti lukemisen perustaitojen ja sujuvuuden kehittymiseen kannalta olennaisia tekijöitä. Lisäksi hankkeessa kehitetään ja validoidaan tietokonepohjaisia lukemisen osataitojen arviointimenetelmiä niiden soveltuvuudesta ja luotettavuudesta oppimisen arviointiin. Tämän tutkimuksen aineisto koostui 179 oppilaasta keskisuomalaisten peruskoulujen 4. luokilla. Osallistujista 93 oli tyttöjä ja 81 poikia, viideltä osallistujalta puuttui tieto sukupuolesta.

### **2.2 Tutkimuksen toteutus**

Lapsilta ja heidän vanhemmilta pyydettiin kirjallinen suostumus lapsen testitulosten tutkimuskäyttöä varten. Testit toteutettiin kahdessa osassa, joista ensimmäisessä lapset pelasivat Ekapelin uudistettua versiota omalla tabletilla luokkahuonetilanteessa. Tabletti- eli tietokone tehtäviä oli yhteensä 13 ja niiden suorittamisessa oli kaksi eri esitysjärjestystä (A ja B). Toisessa osassa lapset tekivät vastaavat perinteiset kynä-paperitehtävät kahdenkeskisessä tutkimustilanteessa tutkijan kanssa. Kaikkien testien tekemiseen meni lapsilta keskimäärin 120-150 minuuttia.

### 2.3 Ekapeli

Ekapeli (englanniksi GraphoGame) on tietokoneella ja mobiililaitteilla pelattava, verkossa toimiva oppimispeli, joka harjoittaa lukutaidon perusteita, kuten äännetietoisuutta ja kirjaintuntemusta (Richardson & Lyytinen, 2014). Pelit on kehitetty neuropsykologian professori Heikki Lyytisen sekä Jyväskylän yliopiston ja Niilo Mäki Instituutin työryhmän toimesta. Ekapelin taustalla on Jyväskylän yliopiston Lapsen kielen kehitys –pitkittäistutkimuksessa tehdyt havainnot ja tutkimustulokset. Ekapelistä on laadittu useita versioita ja se on ilmestynyt monissa maissa (Richardson & Lyytinen, 2014). Esi- ja alkuopetuksen versioissa harjoitellaan kirjain-äännevastaavuutta sekä tavujen ja sanojen tunnistavaa lukemista. Myös mm. lukemisen sujuvuuden ja matematiikan harjoitteluun sekä maahanmuuttajien suomen kielen lukemaan oppimisen tueksi on laadittu omat versiot.

Ekapelin tarkoitus on harjoittaa kuullun ääniärsyksen yhdistämistä kirjoitettuun vastineeseen ja harjoittelu etenee pienistä yksiköistä isompiin, esimerkiksi äänteistä tavuihin ja sanoihin (Latvala & Lyytinen, 2011). Osa pelien tehtävistä on aikarajallisia (Richardson & Lyytinen, 2014). Lapsi saa välittömästi palautetta suorituksestaan, ja jos lapsi vastaa väärin, niin oikea vaihtoehto näytetään ruudulla (Richardson & Lyytinen, 2014). Pelin kiinnostavuuteen on kiinnitetty erityistä huomiota ja lapsi saa suoriutumisestaan myös palkintoja, kuten virtuaalitarroja, ja pystyy vaikuttamaan mm. pelihahmon ulkoasuun (Richardson & Lyytinen, 2014). Ekapeli mukautuu lapsen osaamiseen ja pyrkii harjoittamaan heikosti osattuja sisältöjä (Latvala & Lyytinen, 2011). Motivaation ylläpitämiseksi ja onnistumisen kokemuksen saamiseksi noin 75-80 prosenttia tehtävistä valitaan tasolta, jolla lapsen tiedetään todennäköisesti onnistuvan (Latvala & Lyytinen, 2011). Lapselle esitettävän sisällön määrittelemiseksi hyödynnetään adaptaatiologiikkaa, joka seuraa pelaajan etenemistä ja oppimista pelissä (Latvala & Lyytinen, 2011).

Ekapeli on myös erittäin hyödyllinen kuntoutusohjelma lapsille, joilla on vaikeuksia lukemiseen liittyvissä taidoissa (Lovio, Halttunen, Lyytinen, Näätänen, & Kujala, 2012). Tässä tutkimuksessa käytetty Ekapelin uudistettu versio sisälsi 13 erilaista tehtävää, jotka mittaavat yleisiä lukuvalmiuksia ja lukemiseen liittyviä osaitaitoja. Se on vuorovaikutuksellinen ja pelinomainen oppimisympäristö. Perinteiseen Ekapeliin verrattuna kyseinen versio ei mukaudu lapsen osaamistasoon, koska tarkoituksena on kehittää ja validoida uusia arviointimenetelmiä. Tietokonetehtävien suorittamisessa oli kaksi eri esitysjärjestystä (A ja B), jolla pyrittiin välttämään

systemaattista virhettä tuloksissa. Puolet osallistujista pelasi esitysjärjestyksen A mukaisesti ja toinen puoli B esitysjärjestyksen mukaisesti. Ohjelma nauhoittaa tarkasti jokaisen osallistujan tulokset, tehtäväkohtaiset peliajat ja muut tärkeät tekijät.

## 2.4 Tutkimusmenetelmät

### 2.4.1 Tietokonetehtävät

*Sanojen tunnistaminen.* Sanojen tunnistustehtävässä tutkittava kuuli kuulokkeista sanan (esim. mutta), joka hänen tuli valita tabletilla näytetyistä neljästä vaihtoehdosta (matto, muuta, mutta, muta). Tehtävän edetessä sanat pitenivät asteittain kaksitavuisista kuuden tavun ja enintään 16 kirjaimen mittaisiksi. Sanat ja neljä vastausvaihtoehtoa esitettiin kaikille samassa järjestyksessä. Tehtävässä oli 40 osiota, mutta katkaisurajana käytettiin neljää peräkkäistä väärää vastausta eli tehtävä loppui, jos tutkittava vastasi neljään peräkkäiseen osioon väärin. Mittana käytettiin oikeiden vastausten lukumäärää.

*Lyhytkestoinen muisti.* Lyhytkestoisen muistin tehtävässä tabletin näytöllä oli kuusi väriä (punainen, keltainen, sininen, vihreä, musta ja valkoinen). Tutkittava kuuli kuulokkeista värien nimiä ja häntä ohjeistettiin valitsemaan värit kuulemassaan järjestyksessä. Värien määrä piteni asteittain kahdesta kuuteen väriin, mutta tehtävä keskeytyi kolmen peräkkäisen väärän vastauksen jälkeen. Tehtävässä oli 10 osiota ja mittana käytettiin oikeiden vastausten lukumäärää.

*Fonologinen tietoisuus.* Fonologisen tietoisuuden tehtävässä tarkasteltiin sanojen alkujen eroavaisuuksia. Tutkittava kuuli kuulokkeista kolme erilaista sanaa (esim. hela, heti, sekä) ja tutkittavaa pyydettiin tunnistamaan missä sanoista on erilainen alku verrattuna kahteen muuhun sanaan. Tutkittava valitsi poikkeavan sanan painamalla yhtä kolmesta näytöllä olevasta nappulasta. Tehtävässä oli 20 osiota ja mittana käytettiin oikeiden vastausten lukumäärää.

*Kirjoittaminen.* Kirjoitustehtäviä oli kaksi, joista ensimmäisessä oli tavallisia sanoja (Kirjoitustehtävä 1). Tabletilla näkyi rivissä kirjaimia (esim. b, u, n, u, p) ja/tai tavuja. Tutkittavaa

pyydettiin kokoamaan paloista kuulokkeista kuulemansa sana (esim. puu) valitsemalla tabletilta oikeat kirjaimet tai tavut oikeassa järjestyksessä. Tutkittavaa ohjeistettiin valitsemaan ensin se kirjain tai tavu, joka tulee ensimmäisenä ja valitsemaan sitten järjestyksessä se kirjain tai tavu, joka tulee seuraavana. Tutkittava pystyi korjaamaan vastaustaan, jos huomasi tehneensä virheen. Sanojen ja tavujen pituus vaihteli ja vastausvaihtoehdoissa oli myös ylimääräisiä kirjaimia ja/tai tavuja. Toinen kirjoitustehtävä oli muuten samanlainen, mutta sisälsi epäsanojen kirjoittamista (Kirjoitustehtävä 2). Ensimmäisessä tehtävässä oli 20 osiota ja toisessa 24 osiota, mutta katkaisurajana oli neljä peräkkäistä väärää vastausta. Mittana käytettiin oikeiden vastausten lukumäärää.

*Lukusujuvuus.* Tutkimuksessa käytettiin Luksu lauseiden lukemistehtävää, joka oli mukautettu versio Woodcock-Johnson lukusujuvuuden tehtävästä (Woodcock, McGrew, & Mather, 2001). Lukusujuvuuden tehtäviä oli kaksi: 1) lauseiden lukemistehtävä tavallisella kirjainvälillä ja 2) lauseiden lukemistehtävä harvennetulla kirjainvälillä. Tehtävissä mitattiin kykyä lukea äänettömästi lauseita. Molemmissa tehtävissä tabletilla näkyi väittämiä (esim. ”Mansikat ovat sinisiä”) ja vastausvaihtoehdot O (oikein) ja V (väärin). Tutkittavaa pyydettiin lukemaan lauseita mahdollisimman nopeasti ja vastaamaan, oliko lause hänen mielestään totta vai ei. Tehtävä eteni lause kerrallaan ja vastaus valittiin painamalla tabletilla näkyvää vaihtoehtoa. Tehtävässä oli kahden minuutin aikaraja ja mittana käytettiin oikeiden vastausten lukumäärää. Molemmissa tehtävissä enimmäispistemäärä oli 70.

*Reseptiivinen sanasto.* Reseptiivisen sanaston tehtävä muistutti Dunnin (1959) Peabody Picture Vocabulary -testiä, mutta tässä tutkimuksessa käytettiin eri ärsykeitä. Tutkittavalle näytettiin tabletilla neljä kuvaa ja hän kuuli kuulokkeista sanan (esim. tuoli). Tutkittavaa pyydettiin valitsemaan se kuva, joka vastasi parhaiten kuultua sanaa. Tehtävässä oli 30 osiota ja mittana käytettiin oikeiden vastausten lukumäärää.

*Fonologinen muisti.* Fonologista lyhytkestoista muistia mitattiin tehtävällä, jossa tutkittava kuuli kuulokkeista kolme epäsanaa tai epäsanaketjua. Tutkittavaa pyydettiin valitsemaan se, joka oli erilainen kuin kaksi muuta (esim. laappari, kiippari, kiippari). Yksi ärsykesanoista oli erilainen, mutta se vastasi pituudeltaan ja tavorakenteeltaan kahta muuta. Valinta tapahtui painamalla sanaa vastaavaa nappulaa tabletin näytöltä. Epäsanat pitenevät asteittain kolmen tavun epäsanoina 14-tavuisiksi yhdistelmiksi. Tehtävässä oli 18 osiota ja mittana käytettiin oikeiden vastausten lukumäärää.

*Epäsanojen tunnistaminen.* Tehtävässä tutkittavaa pyydettiin valitsemaan kuulokkeista kuulemansa epäsanana (esim. nimo) neljästä tabletilla olevasta vaihtoehdosta (mino, nimmo, nimo, niimo). Epäsanat pitenivät asteittain yksitavuisista viiden tavun ja enintään 15 kirjaimen mittaisiksi. Epäsanat ja vastausvaihtoehdot esitettiin kaikille samassa järjestyksessä. Tehtävässä oli 40 osiota, mutta katkaisurajana käytettiin neljää peräkkäistä väärää vastausta. Mittana käytettiin oikeiden vastausten lukumäärää.

*Assosiaatiotehtävä.* Tehtävässä tutkittava näki tabletilla erikoisia kuvia, joista jokaisella oli oma hassu ääni (esim. ”ma” tai ”ha”). Kuvia ja ääniä oli viisi ja tutkittavaa pyydettiin opettelemaan mikä kuva kuuluu mihinkin ääneen. Varsinaisessa tehtävässä tutkittava kuuli kuulokkeista yhden äänen kerrallaan ja valitsi siihen kuuluvan kuvan viidestä vaihtoehdosta. Tehtävässä oli 25 osiota ja mittana käytettiin oikeiden vastausten lukumäärää.

*Nopea sarjallinen nimeäminen.* Tutkimuksessa käytettiin mukautettua versiota nopean sarjallisen nimeämisen testistä (Ahonen, Tuovinen, & Leppäsaari, 1999), jossa oli kaksi osatehtävää eli kirjaimet ja esineet. Kirjaimet-tehtävän ärsykkeet olivat U, I, K, S, T ja esineet tehtävän ärsykkeet olivat tähti, aita, käsi, mato sekä nappi. Tutkittavalle esitettiin tabletin näytöllä 10 ärsykkeestä koostuvia rivejä, joissa jokainen ärsyke toistui satunnaisesti neljä tai kahdeksan kertaa. Tutkittavaa ohjeistettiin nimeämään jokainen kirjain tai esine rivi riviltä niin nopeasti ja tarkasti kuin mahdollista. Suoritus nauhoitettiin avoimen lähdekoodin puheen tunnistusohjelmalla (Bolaños, 2012). Mittana käytettiin molempien tehtävien kokonaisaikoja, jotka mitattiin napin painalluksista.

## **2.4.2 Kynä-paperitehtävät**

*Sanojen lukeminen.* Tutkimuksessa käytettiin Lukilassen sanalistan lukemistehtävää 3.-4. luokille (Häyrinen ym., 2013). Sanalista sisälsi 105 sanaa, jotka pitenivät tehtävän edetessä. Tutkittavaa pyydettiin lukemaan sanat ääneen mahdollisimman tarkasti ja nopeasti. Tehtävässä oli kahden minuutin aikaraja ja mittana käytettiin oikein luettujen sanojen lukumäärää. Tehtävää käytettiin lukutaitoa kuvaavana mittarina 4. luokalla.

*Lyhytkestoinen muisti.* Tutkimuksessa käytettiin WISC-IV -testin (Wechsler, 2003) Numerosarjat eteenpäin-tehtävää, jossa tutkittavaa pyydettiin toistamaan 2-9 numeroa kuulemassaan järjestyksessä. Tehtävässä oli kahdeksan numerosarja-paria, jotka pitenivät asteittain. Enimmäispistemäärä oli 16, mutta tehtävän teko keskeytettiin, jos tutkittava vastasi numerosarjaparin molempiin osiin väärin. Mittana käytettiin oikeiden vastausten lukumäärää.

*Fonologinen tietoisuus.* Fonologisen tietoisuuden arvioinnissa käytettiin äänteiden prosessointi-tehtävää, joka kuuluu NEPSY-II testiin (Korkman, Kirk & Kemp, 2007). Tehtävässä tutkittavaa pyydettiin toistamaan sana ja muodostamaan siitä uusi sana joko jättämällä pois tietty äänne tai tavu sanasta (esim. "takka, mutta älä sano /t/" on akka), tai korvaamalla jokin sanan äänne toisella äänneellä (esim. "vesi, mutta älä sano /s/ vaan /l/" on veli). Tutkittavat aloittivat ikätasonsa mukaisesti 31. osiosta ja saivat automaattisesti vähintään 30 pistettä. Tehtävässä oli 53 osiota, mutta katkaisurajana käytettiin kuutta peräkkäistä väärää vastausta. Mittana käytettiin oikeiden vastausten lukumäärää.

*Sanojen kirjoittaminen.* Tutkimuksessa käytettiin Lukilasse-testin (Häyrinen ym., 2013) 3.-4. luokan sanojen kirjoitustehtävää, jossa tutkittavaa pyydettiin kirjoittamaan paperille nauhalta kuulemansa sanat ja lauseet. Tehtävässä oli 12 sanaa (esim. sammakko) ja kolme lyhyttä lausetta (esim. "Hiihtäminen nostaa kuntoa."), joista jokainen toistettiin kaksi kertaa. Jokaisesta oikein kirjoitetusta sanasta annettiin 2 pistettä ja enimmäispistemäärä oli 42. Väärästä tai puuttuvasta kirjaimesta annettiin 0 pistettä ja oikeasta, mutta poikkeavasta kirjoitusmuodosta sai 1 pisteen. Mittana käytettiin oikeiden vastausten lukumäärää.

*Lukusujuvuus.* Tutkimuksessa käytettiin Luksu lauseiden lukemistehtävää, joka oli mukautettu versio Woodcock-Johnson lukusujuvuuden tehtävästä (Woodcock ym., 2001). Lukusujuvuuden tehtäviä oli kaksi: 1) lauseiden lukemistehtävä tavallisella kirjainvälillä ja 2) lauseiden lukemistehtävä harvennetulla kirjainvälillä. Molemmissa tehtävissä tutkittavaa pyydettiin lukemaan lauseita mahdollisimman nopeasti ja vastaamaan, oliko lause (esim. "Lumi on kylmää") totta vai ei rastittamalla oikea vaihtoehto. Tehtävissä oli kahden minuutin aikaraja. Enimmäispistemäärä oli molemmissa tehtävissä 70 ja mittana käytettiin oikeiden vastausten lukumäärää.

*Reseptiivinen sanasto.* Tutkimuksessa käytettiin Dunnin (1959) Peabody Picture Vocabulary -testiä. Tehtävässä tutkittavalle näytettiin neljä kuvaa ja pyydettiin valitsemaan kuva, joka vastasi parhaiten



tutkittavalle sanottua sanaa (esim. nukke). Tehtävässä oli 30 osiota, mutta katkaisurajana käytettiin neljää peräkkäistä väärää vastausta. Mittana käytettiin oikeiden vastausten lukumäärää.

*Fonologinen muisti.* Fonologista muistia mitattiin NEPSY II-testin merkityksettömien sanojen toistaminen-tehtävällä. Tehtävässä tutkittava kuuli kuulokkeiden kautta nauhalta epäsanoja (esim. esse) ja häntä pyydettiin sanomaan kuulemansa epäsana samalla tavalla. Epäsanat pitenivät ja vaikeutuivat tehtävän edetessä. Tehtävässä oli 16 osiota, mutta katkaisurajana käytettiin neljää peräkkäistä väärää vastausta. Mittana käytettiin oikeiden vastausten lukumäärää.

*Epäsanojen lukeminen.* Epäsanojen lukemistehtävä kehitettiin tutkimushanketta varten Lukimat lukemisen arviointi 2. luokalla –materiaalien pohjalta (Salmi, Eklund, Järvisalo, & Aro, 2011). Tehtävän 30 ärsykesanaa valittiin seuraavien kriteerien perusteella: 1) kaikki yksitavuiset epäsanat jätettiin pois, 2) valitut epäsanat olivat suomen kielen äännejärjestelmän mukaisia, ja 3) tavorakenne oli samanlainen kuin tietokonetehtävän ärsykesanoissa ja niiden piti sisältää samanlaisia äänneitä. Tehtävässä tutkittavaa pyydettiin lukemaan epäsanoja (esim. toida) paperilta mahdollisimman nopeasti ja tarkasti. Epäsanat pitenivät tehtävän edetessä ja lukemiseen kulunut aika mitattiin sekuntikellolla. Tehtävässä oli 30 osiota ja mittana käytettiin oikeiden vastausten lukumäärää.

*Epäsanojen kirjoittaminen.* Tehtävä kehitettiin ReadAll –tutkimusta varten ja sen ärsykesanat vastasivat tavorakenteelta ja hieman myös fonologiselta rakenteelta tietokonetehtävän ärsykesanoja (esim. lius vs. siul). Jokainen epäsana toistettiin kaksi kertaa ja tutkittavaa pyydettiin kirjoittamaan sanat paperille. Tehtävässä oli 10 osiota ja enimmäispistemäärä oli 10. Mittana käytettiin oikeiden vastausten lukumäärää.

*Assosiaatiotehtävä.* Tutkimuksessa käytettiin NEPSY II-testin (Korkman ym., 2007) nimien oppiminen-tehtävää, jossa näytettiin kuvia lapsista ja kerrottiin samalla näiden nimi. Tutkittavaa pyydettiin muistamaan mikä nimi kuuluu mihinkin kuvaan, ja toistamaan jokainen nimi aina ääneen. Tämän jälkeen tutkittavalle esitettiin kuvat kolme kertaa satunnaisessa järjestyksessä, ja kysyttiin, kuka kuvassa oli. Jos tutkittava vastasi väärin tai ei vastannut ollenkaan, niin kuvan lapsen nimi kerrottiin hänelle uudestaan ja pyydettiin toistamaan ääneen. Tehtävässä oli 8 kuvaa ja enimmäispistemäärä oli 24. Mittana käytettiin oikeiden vastausten lukumäärää.

*Nopea sarjallinen nimeäminen.* Tutkimuksessa käytettiin Nopean sarjallisen nimeämisen testin (Ahonen, Tuovinen, & Leppäsaari, 1999) kirjaimet ja esineet osatehtäviä. Tehtävissä tutkittavalle

esitettiin viidestä rivistä koostuva kuvataulu, joka sisälsi 50 ärsykettä. Molemmissa tehtävissä oli viisi ärsykettä, jotka toistuivat riveillä satunnaisessa järjestyksessä. Kirjaimet-tehtävän ärsykkeet olivat O, A, S, T, P ja esineet tehtävän ärsykkeet olivat auto, talo, kala, kynä, pallo. Tutkittava ohjeistettiin nimeämään järjestyksessä jokainen kirjain tai esine mahdollisimman nopeasti ja tarkasti. Molemmissa tehtävissä käytettiin mittana nimeämiseen kulunutta kokonaisaikaa, joka mitattiin sekuntikellolla.

## 2.5 Aineiston analysointi

Aineiston tilastolliset analyysit tehtiin SPSS-ohjelmalla. Ensimmäisenä tutkimuskysymyksenä oli tarkoitus selvittää mittaavatko tietokone tehtävät ja kynä-paperitehtävät samaa asiaa neljäsluokkalaisilla lapsilla? Asiaa selvitettiin tarkastelemalla tehtävien välisten korrelaatiokertoimien suuruutta ja merkitsevyyttä Pearsonin korrelaatiokertoimen avulla.

Toisena tutkimuskysymyksenä oli tarkoitus selvittää ovatko tietokone tehtävät yhteydessä lukutaitoon neljännellä luokalla? Vastataksemme tähän kysymykseen tarkastelimme kunkin tehtävän korrelaatiokertoimen suuruutta ja merkitsevyyttä standardoituun lukusujuvuuden tehtävään Pearsonin korrelaatiokertoimen avulla.

Kolmantena tutkimuskysymyksenä selvitettiin eroavatko heikot ja tavalliset lukijat toisistaan jokaisessa tietokone tehtävässä. Asian selvittämiseksi oppilaat jaettiin Lukilassen Luettavat sanat-tehtävässä suoriutumisen perusteella heikosti (Lukilasse z-arvo  $\leq -1.67$ ) ja tavallisesti lukevien ryhmiin. Määrittelyssä käytettiin 10. persentiilin rajaa. 18 lasta sijoittui heikosti lukevien ryhmään ja 156 lasta tavallisesti lukevien ryhmään. Tämän jälkeen ryhmien keskiarvoja verrattiin yksisuuntaisella varianssianalyysillä. Tietokone tehtävien tulosten tarkistamiseksi heikkojen ja tavallisten lukijoiden suoritumista verrattiin yksisuuntaisella varianssianalyysillä myös kynä-paperitehtävissä.

## 3 TULOKSET

### 3.1 Kuvailevat tiedot

Alkutarkasteluissa käytiin läpi puuttuvat tiedot ja muuttujien jakaumat. Aineistossa oli viisi puuttuvaa tietoa. Kirjain-äännetehtävissä ilmeni kattoefekti eli suurimmalla osalla tutkittavista oli kaikki vastaukset oikein, minkä vuoksi ne jätettiin tarkemman analyysin ulkopuolelle. Myös kynä-paperitehtävissä lyhytkestoisen muistin digit span taaksepäin –tehtävä jätettiin pois tarkemmista analyyseista, koska se edellyttää ärsykkeiden muistamisen lisäksi niiden manipulointia ja sen yhteys lyhytkestoisen muistin tietokonetehtävään oli heikko. Muuten jakaumat olivat riittävän normaalisia eikä muuttujamuunnoksia tarvinnut tehdä. Aineistossa oli jonkin verran poikkeavia havaintoja, joista ainakin osa liittyi heikkoon tai hitaaseen suoriutumisprofiiliin. Muidenkaan poikkeavien havaintojen poistamiselle ei löytynyt selviä perusteita, joten ne otettiin mukaan tarkempiin analyyseihin.

Taulukkoon 1 on koottu muuttujien tärkeimmät tunnusluvut. Sanojen kirjoitustehtävän, lyhytkestoisen muistin ja fonologisen tietoisuuden tietokonetehtävissä ryhmäkeskiarvot olivat melko lähellä maksimipisteitä. Kynä-paperitehtävien sanojen kirjoittaminen, epäsanojen lukeminen ja kirjoittaminen, fonologinen muisti ja tietoisuus keskiarvot olivat lähellä maksimipistemäärää.

Taulukko 1. Tietokone- ja kynä-paperitehtävien muuttujien tunnuslukuja.

<b>Tietokonetehtävä</b>	<b>N</b>	<b>Minimi</b>	<b>Maksimi</b>	<b>Ka</b>	<b>Sd</b>
Sanojen tunnistus	178	2	40	30.47	6.83
Epäsanojen tunnistus	177	9	40	30.58	7.23
Luksu	178	22	70	46.37	10.21
Luksu harvennettu	177	17	67	42.10	8.56
Sanojen kirjoittaminen	178	0	20	16.66	2.47
Epäsanojen kirjoittaminen	177	6	24	18.46	3.40
Reseptiivinen sanasto	178	14	29	22.88	3.04
Fonologinen muisti	178	4	18	13.80	2.53
Lyhytkestoinen muisti	178	0	10	7.65	1.62
Fonologinen tietoisuus	178	4	20	17.26	3.36
Assosiaatiotehtävä	176	2	25	11.99	5.19
Nopea nimeäminen, kirjaimet (s)	176	13.21	39.80	22.51	5.12
Nopea nimeäminen, esineet (s)	176	22.26	64.10	37.52	7.31
<b>Kynä-paperitehtävä</b>	<b>N</b>	<b>Minimi</b>	<b>Maksimi</b>	<b>Ka</b>	<b>Sd</b>
Sanojen lukeminen	174	39	105	89.41	14.60
Epäsanojen lukeminen	174	12	30	26.51	3.15
Luksu	174	13	70	40.71	9.60
Luksu harvennettu	174	9	68	38.96	9.59
Sanojen kirjoittaminen	174	25	42	38.83	2.62
Epäsanojen kirjoittaminen	174	5	10	9.28	1.00
Reseptiivinen sanasto	174	0	27	17.59	5.77
Fonologinen muisti	174	1	14	10.20	2.18
Lyhytkestoinen muisti	174	3	12	6.75	1.36
Fonologinen tietoisuus	174	39	53	47.07	3.27
Assosiaatiotehtävä	174	3	23	14.45	4.20
Nopea nimeäminen, kirjaimet (s)	173	16	51	25.87	5.55
Nopea nimeäminen, esineet (s)	174	28	109	47.99	11.56

s= sekuntia

### 3.2 Tietokone- ja kynä-paperitehtävien väliset yhteydet

Ensimmäisenä tutkimusongelmana oli selvittää mittaavatko tietokone- ja kynä-paperitehtävät samaa asiaa neljäsluokkalaisilla lapsilla. Asiaa tutkittiin Pearsonin korrelaatiokertoimen avulla. Kaikki tietokone- ja kynä-paperitehtävät korreloivat keskenään tilastollisesti merkitsevästi korrelaatioiden ollessa positiivisia (taulukko 2). Tietokonetehtävissä paljon pisteitä saaneet suoriutuivat hyvin myös vastaavissa kynä-paperitehtävissä ja vähän pisteitä saaneet heikommin. Toisiaan vastaavien tehtävien korrelaatioiden voimakkuudet kuitenkin vaihtelivat heikosta voimakkaaseen (0.20–0.70).

Yhteys oli voimakas ( $>0.6$ ) lukusujuvuuden tehtävissä. Sanojen ja epäsanojen tunnistus- ja lukemistehtävien kohdalla yhteydet olivat kohtalaisia (0.39-0.40). Taustatehtävistä nopean nimeämisen esineet-tehtävän kohdalla tietokone- ja kynä-paperitehtävien välillä oli voimakas ( $>0.6$ ) yhteys. Nopean nimeämisen kirjaimet-tehtävän sekä reseptiivisen sanaston tietokone- ja kynä-paperiversioiden välillä oli melko voimakas ( $>0.5$ ) yhteys. Lyhytkestoisen muistin ja assosiaatiotehtävien kohdalla yhteydet olivat lähellä kohtalaista (0.38). Muiden tietokone- ja kynä-paperitehtävien yhteydet jäivät heikoiksi ( $\leq 0.3$ ) tilastollisesti merkitsevästä korrelaatioista huolimatta.

Taulukko 2. Luku- ja taustatehtävien korrelaatiot tietokone- ja kynä-paperitehtävien välillä.

Tietokonetehtävä	Kynä-paperitehtävä	r	n
<b>Lukutehtävät</b>			
Sanojen tunnistus	Sanojen lukeminen	0.40**	174
Epäsanojen tunnistus	Epäsanojen lukeminen	0.39**	173
Luksu	Luksu	0.70**	174
Luksu harvennettu	Luksu harvennettu	0.69**	173
Sanojen kirjoittaminen	Sanojen kirjoittaminen	0.30**	174
Epäsanojen kirjoittaminen	Epäsanojen kirjoittaminen	0.23**	173
<b>Taustatehtävät</b>			
Reseptiivinen sanasto	Reseptiivinen sanasto	0.54**	174
Fonologinen muisti	Fonologinen muisti	0.20**	174
Lyhytkestoinen muisti	Lyhytkestoinen muisti	0.38**	174
Fonologinen tietoisuus	Fonologinen tietoisuus	0.26**	174
Assosiaatiotehtävä	Assosiaatiotehtävä	0.38**	173
Nopea nimeäminen, kirjaimet	Nopea nimeäminen, kirjaimet	0.59**	173
Nopea nimeäminen, esineet	Nopea nimeäminen, esineet	0.69**	174

\*  $p < .05$  \*\*  $p < .01$

### 3.3 Tietokonetehtävien yhteydet lukutaitoon

Toisena tutkimusongelmana oli selvittää ovatko tietokonetehtävät yhteydessä lukutaitoon neljännellä luokalla eli korreloivatko ne lukutaitoa kuvaavan Lukilassen sanojen lukemistehtävän kanssa. Asiaa tutkittiin Pearsonin korrelaatiokertoimen avulla ja tulokset on esitetty taulukossa 3. Lukutaito korreloi tilastollisesti merkitsevästi kaikkien tietokonetehtävien kanssa. Tietokonetehtävien ja lukutaidon väliset yhteydet olivat nopeaa nimeämistä lukuunottamatta positiivisia eli Lukilassen perusteella hyvin lukevat suoriutuivat yleisesti ottaen hyvin myös tietokonetehtävissä. Nopean nimeämisen tehtävät korreloivat Lukilassen kanssa negatiivisesti eli mitä hitaammin suoriutui nimeämistehtävissä, niin sitä heikommin myös lukeminen sujui. Vain lukutaidon ja lukusujuvuuden tehtävien välillä oli voimakas (>0.6) yhteys. Lukutaidon ja sanojen tunnistamisen yhteys oli kohtalainen (0.4) ja taustatehtävistä nopean nimeämisen esineet –tehtävän kanssa yhteys oli lähellä kohtalaista (-0.38). Muiden tehtävien osalta yhteydet jäivät vaatimattomiksi (0.15-0.33).

Taulukko 3. Tietokonetehtävien ja lukutaidon (Lukilasse) väliset korrelaatiot.

<b>Tietokonetehtävä</b>	<b>r</b>	<b>n</b>
<b>Lukutehtävät</b>		
Sanojen tunnistus	0.40**	174
Epäsanojen tunnistus	0.33**	173
Luksu	0.70**	174
Luksu harvennettu	0.62**	173
Sanojen kirjoittaminen	0.25**	174
Epäsanojen kirjoittaminen	0.31**	173
<b>Taustatehtävät</b>		
Reseptiivinen sanasto	0.27**	174
Fonologinen muisti	0.19**	174
Lyhytkestoinen muisti	0.15*	174
Fonologinen tietoisuus	0.22**	174
Assosiaatiotehtävä	0.19*	173
Nopea nimeäminen, kirjaimet	-0.22**	174
Nopea nimeäminen, esineet	-0.38**	174

\* p < .05 \*\* p < .01

### 3.4 Heikkojen ja tavallisten lukijoiden suoriutuminen tietokonetehtävissä

Kolmantena tutkimusongelmana oli selvittää eroavatko heikot ja tavalliset lukijat toisistaan jokaisessa tietokonetehtävässä. Oppilaat jaettiin Lukilassen Luettavat sanat-tehtävässä suoriutumisen perusteella heikosti (z-arvo  $\leq -1.67$ ) ja tavallisesti lukevien ryhmiin. 18 lasta sijoittui heikosti lukevien ryhmään ja 156 lasta tavallisesti lukevien ryhmään. Tämän jälkeen ryhmien keskiarvoja verrattiin yksisuuntaisella varianssianalyysillä.

Ryhmien varianssit olivat yhtä suuret (Levenen testi  $p > .05$ ) muissa tehtävissä, paitsi sanojen tunnistamisen, lukusujuvuuden sekä nopean nimeämisen esineet –tehtävissä. Heikkojen ja tavallisten lukijoiden välillä oli merkitseviä ryhmätason eroja sanojen ja epäsanon tunnistuksessa, lukusujuvuuden ja lukusujuvuuden harvennetussa tehtävissä, sanojen kirjoittamisessa, reseptiivisen sanaston, lyhytkestoisen muistin ja assosiaation tehtävissä sekä nopean nimeämisen kirjaimet ja esineet-tehtävissä (taulukko 4).

Taulukko 4. Heikkojen ja tavallisten lukijoiden ryhmätason keskiarvot (ka), keskihajonnat (kh), ryhmien väliset erot ja merkitsevyystasot tietokonetehtävissä.

	Heikot n=18		Tavalliset n=156/ n''=155		F-arvo Sig. */**	Sig.
	ka	kh	ka	kh		
<b>Lukutehtävät</b>						
Sanojen tunnistus	24.61	9.19	31.34	5.86	18.58**	.000
Epäsanon tunnistus (n'')	26.44	8.17	31.27	6.80	7.78**	.006
Luksu	32.61	5.53	47.84	9.50	44.33**	.000
Luksu harvennettu (n'')	30.28	6.33	43.48	7.73	48.56**	.000
Sanojen kirjoittaminen	15.22	3.21	16.86	2.34	7.26**	.008
Epäsanon kirjoittaminen (n'')	17.33	4.46	18.65	3.25	2.41	.122
<b>Taustatehtävät</b>						
Reseptiivinen sanasto	21.50	3.03	23.03	3.04	4.06*	.045
Fonologinen muisti	12.83	3.20	13.94	2.42	3.12	.079
Lyhytkestoinen muisti	6.94	1.51	7.76	1.62	4.16*	.043
Fonologinen tietoisuus	16.17	3.62	17.40	3.32	2.21	.139
Assosiaatiotehtävä (n'')	9.39	5.67	12.33	5.07	5.29*	.023
Nopea nimeäminen, kirjaimet (s)	25.06	4.71	22.17	5.02	5.41*	.021
Nopea nimeäminen, esineet (s)	44.31	10.08	36.75	6.57	18.87**	.000

\*  $p < .05$  \*\*  $p < .01$  s=sekuntia

### 3.5 Heikkojen ja tavallisten lukijoiden suoriutuminen kynä-paperitehtävissä

Tietokonetehtävien tulosten tarkistamiseksi heikkojen ja tavallisten lukijoiden suoritumista verrattiin yksisuuntaisella varianssianalyysillä myös kynä-paperitehtävissä. Ryhmien varianssit olivat yhtä suuret (Levenen testi  $p > .05$ ) muissa kynä-paperitehtävissä paitsi epäsanojen lukemisen ja kirjoittamisen tehtävissä sekä nopean nimeämisen esineet-tehtävässä. Heikkojen ja tavallisten lukijoiden välillä oli merkitseviä ryhmätason eroja kaikissa lukutehtävissä ja nopean nimeämisen molemmissa osatehtävissä sekä lyhytkestoisen muistin, fonologisen tietoisuuden ja assosiaation tehtävissä (taulukko 5).

Merkittävin ero tietokonetehtäviin oli fonologisen tietoisuuden tehtävä, jonka kynä-paperiversio erotteli erittäin merkitsevästi heikkoja ja tavallisia lukijoita, mutta tietokoneversio ei ollut merkittävä erottelija. Myös epäsanojen kirjoitustehtävän kynä-paperiversio erotteli merkitsevästi heikkoja ja tavallisia lukijoita, vaikka tietokoneversio ei ollut merkittävä erottelija. Sen sijaan reseptiivisen sanaston kynä-paperitehtävä ei erotellut heikkoja ja tavallisia lukijoita toisistaan, vaikka tietokonetehtävä oli merkittävä erottelija. Lisäksi lyhytkestoisen muistin, assosiaatiotehtävän ja nopean nimeämisen kirjaimet-tehtävän osalta kynä-paperiversiot erottelivat heikkoja ja tavallisia lukijoita hieman vastaavia tietokonetehtäviä paremmin.



Taulukko 5. Heikkojen ja tavallisten lukijoiden ryhmätason keskiarvot (ka), keskihajonnat (kh), ryhmien väliset erot ja merkitsevyytasot kynä-paperitehtävissä.

	Heikot n=18		Tavalliset n=156/ n'=155		F-arvo (Sig.*/**)	Sig.
	ka	kh	ka	kh		
<b>Lukutehtävät</b>						
Sanojen lukeminen	59.17	8.70	92.90	10.54	170.68**	.000
Epäsanojen lukeminen	22.28	4.34	27.00	2.58	45.73**	.000
Luku	26.83	6.24	42.31	8.58	55.06**	.000
Luku harvennettu	25.17	5.64	40.55	8.63	54.35**	.000
Sanojen kirjoittaminen	36.89	3.63	39.06	2.40	11.72**	.001
Epäsanojen kirjoittaminen	8.72	1.45	9.34	0.92	6.35*	.013
<b>Taustatehtävät</b>						
Reseptiivinen sanasto	16.28	5.61	17.74	5.79	1.03	.311
Fonologinen muisti	10.22	1.96	10.19	2.21	0.004	.956
Lyhytkestoinen muisti	5.89	1.18	6.85	1.34	8.36**	.004
Fonologinen tietoisuus	44.28	2.67	47.39	3.18	15.89**	.000
Assosiaatiotehtävä	11.94	4.40	14.74	4.10	7.39**	.007
Nopea nimeäminen, kirjaimet (s), n'	30.50	5.35	25.34	5.33	15.11**	.000
Nopea nimeäminen, esineet (s)	60.28	21.92	46.58	8.77	25.95**	.000

\* p < .05    \*\* p < .01    s=sekuntia

## 4 POHDINTA

### 4.1 Tietokone- ja kynä-paperitehtävien vertailu

Tämän pro gradu –tutkimuksen tarkoituksena oli tutkia heikkojen lukijoiden suoriutumista luku- ja kirjoitustaitoa arvioivissa tietokonetehtävissä neljännellä luokalla ja selvittää mitkä tehtävät toimivat parhaiten lukutaidon arvioimisessa. Ensimmäisenä tutkimusongelmana selvitettiin mittaavatko toisiaan vastaavat tietokone- ja kynä-paperitehtävät samaa asiaa neljäsluokkalaisilla lapsilla. Kaikkien tehtävien tietokone- ja kynä-paperiversiot korreloivat keskenään tilastollisesti merkitsevästi, mutta korrelaatioiden voimakkuudet vaihtelivat heikosta voimakkaaseen. Yhteys oli voimakas lukujuvuuden ja nopean nimeämisen tehtävissä, mikä kertoo näiden tietokone- ja kynä-paperitehtävien mittaavan melko hyvin samaa ilmiötä. Myös reseptiivisen sanaston tehtävissä

yhteys oli melko voimakas. Kyseiset tietokone- ja kynä-paperitehtävät olivat keskenään hyvin samankaltaisia, mikä todennäköisesti selittää niiden yhteyksien voimakkuutta. Tulokset ovat erityisesti lukusujuvuuden tehtävien osalta samansuuntaisia kuin Koikkalaisen (2015) pro gradu – tutkimuksessa.

Lukusujuvuutta mitattiin sekä tietokone- että kynä-paperiversioissa Luksu –lauseiden lukemistehtävillä, joita oli molemmissa versioissa kaksi eli tavallisella ja harvennetulla kirjainvälillä. Tehtävissä luettiin väittämiä mahdollisimman nopeasti ja valittiin olivatko ne totta vai ei. Molemmat tehtäväversiot mittasivat siten lukemisen sujuvuutta ja niissä oli 70 osiota sekä sama kahden minuutin aikaraja. Tehtäväversioissa oli eri lauseet, jotka olivat kuitenkin hyvin samankaltaisia (esim. ”Mansikat ovat sinisiä.” vs. ”Banaanit ovat sinisiä.”). Tehtäväversioiden vastaustavat sen sijaan erosivat toisistaan hieman enemmän. Tietokoneversioissa vastattiin painamalla tabletilla näkyvää oikeaa vaihtoehtoa, kun kynä-paperiversioissa tutkittava rastitti itse kynällä oikean vaihtoehdon paperilta. Tietokonetehtävissä huolellisuuden merkitys korostuu, koska tutkittava saattaa vahingossa painaa väärää vaihtoehtoa tabletilla eikä voi korjata vastaustaan toisin kuin perinteisissä kynä-paperiversioissa.

Lukusujuvuuden tehtävien tapaan myös nopean nimeämisen ja reseptiivisen sanaston toisiaan vastaavat tehtäväversiot olivat hyvin samankaltaisia, vaikka niissä oli eri ärsykkeet. Nopean nimeämisen tietokonetehtävä oli mukautettu versio kynä-paperitehtävästä ja molemmissa tehtäväversioissa nimettiin kirjaimia tai esineitä mahdollisimman nopeasti ja tarkasti. Molemmissa versioissa oli kirjaimet- ja esineet–osatehtävät ja niissä kaikissa oli viisi ärsykettä (U, I, K, S,T vs. O, A, S, T, P; ”tähti, aita, käsi, mato, nappi” vs. ”auto, talo, kala, kynä, pallo”). Reseptiivisen sanaston tehtäväversioissa näytettiin neljä kuvaa ja pyydettiin valitsemaan tai näyttämään se kuva, joka vastasi parhaiten tutkittavan kuulemaa sanaa. Molemmissa tehtävissä oli 30 osiota, mutta eri ärsykkeet (esim. tuoli vs. nukke). Lisäksi vastaustavat olivat hieman erilaiset, koska tietokoneversiossa tutkittava valitsi kuvan painamalla tabletilla näkyvää oikeaa vaihtoehtoa ja kynä-paperiversiossa näytti sormella valitsemansa kuvan kuvataululta. Tässäkin tietokonetehtävässä huolellisuus oli tärkeää, koska tutkittava ei voinut korjata vastaustaan, jos painoi vahingossa väärää vaihtoehtoa.

Muissa tehtävissä tietokone- ja kynä-paperiversioiden väliset yhteydet jäivät kohtalaisiksi tai sitä heikommiksi. Nämä toisiaan vastaavat tietokone- ja kynä-paperitehtävät olivat keskenään erilaisia, mikä voi ainakin osittain selittää heikkoja yhteyksiä. Esimerkiksi sanojen ja epäsanojen

tunnistamisen tietokoneversiot mittasivat tunnistaako tutkittava kuulemansa sanan tai epäsanan oikean kirjoitusasun, kun perinteisissä kynä-paperiversioissa luettiin ääneen sana- ja epäsanalistat. Tunnistamistyyppiset tietokone tehtävät kuormittavat ääneen lukemiseen verrattuna eritavalla lyhytkestoista muistia, kun ärsykesana täytyy pitää mielessä ja verrata sitä eri vastausvaihtoehtoihin. Varsinkin epäsanaja prosessoidessa täytyy käsitellä mielessä erikoisia ärsykeitä. Tällaisten tehtävien voi ajatella mittaavan lukemisen ohella myös lyhytkestoisen muistin toimintaa.

Myös sanojen ja epäsanojen kirjoittamisen tietokoneversio oli tunnistamistyyppinen eli siinä valittiin kuullun ärsykesanan kirjaimet tai tavut annetuista vaihtoehdoista, kun vastaavissa kynä-paperiversiossa ärsykesanat ja -lauseet kirjoitettiin itse paperille. Tietokone tehtävissä tutkittava kuuli ärsykesanat vain kerran, kun kynä-paperitehtävissä ärsykesanat ja -lauseet sanottiin tutkittavalle kaksi kertaa, joten muistin ja keskittymisen merkitys korostuu tietokone tehtävissä. Lisäksi epäsanojen kirjoittamisen kynä-paperitehtävissä keskiarvo oli hyvin lähellä maksimipistemäärää eivätkä tulokset silloin jakaudu tasaisesti, mikä saattaa myös osaltaan selittää heikkoa korrelaatiota tietokone tehtävän kanssa.

Lyhytkestoisen muistin tietokone- ja kynä-paperiversioissa mitattiin molemmissa muistikapasiteettia, mutta tehtävät erosivat toisistaan ja niiden välinen yhteys jäi kohtalaisen ja heikon rajalle. Kynä-paperitehtävä oli perinteinen digit span –tehtävä, jossa toistettiin numerosarjoja eli toistettiin kuullut numeroärsykkeet samassa järjestyksessä. Sen sijaan tietokone tehtävissä tabletilla näkyi kuusi väriä ja tutkittava kuuli kuulokkeista värien nimiä, jotka valitsi sitten kuulemassaan järjestyksessä tabletilta. Tutkittavan tarvitsi muistaa sekä värit että oikea järjestys ja vielä valita ne tabletilta. Siten tutkittavan tarvitsi prosessoida tietoa enemmän kuin perinteisessä kynä-paperiversiossa, minkä vuoksi tietokone tehtävä vaikutti monimutkaisemmalta. Näin ollen vaikka molemmat versiot mittaavat muistia, tietokone tehtävä saattaa mitata sen lisäksi myös monimutkaisempaa tiedonkäsittelyä.

Assosiativisen oppimisen tietokone- ja kynä-paperiversioissa mitattiin molemmissa näkö- ja kuuloärsykkeiden yhdistelykykyä ja muistamista, mutta tehtävät olivat kuitenkin keskenään erilaisia. Tietokone tehtävissä tutkittavalle näytettiin erikoisia kuvioita, joista jokaisella oli oma ääni (esim. ”ma”). Tehtävä mittasi siten erikoisten kuvioiden ja lyhyiden tavujen assosiativista oppimista. Kuvioita ja ääniä oli viisi ja tutkittavaa pyydettiin opettelemaan mikä kuva kuuluu mihinkin ääneen. Varsinaisessa tehtävissä tutkittava valitsi kuulemaansa ääneen kuuluvan kuvan

viidestä vaihtoehdosta. Sen sijaan kynä-paperiversiossa mitattiin lasten kasvokuvien ja nimien assosiativista oppimista. Siinä näytettiin 8 kuvaa lapsista ja kerrottiin samalla näiden nimi (esim. Jenni). Tutkittavaa pyydettiin muistamaan mikä nimi kuuluu mihinkin kuvaan, ja toistamaan jokainen nimi aina ääneen. Tämän jälkeen tutkittavalle esitettiin kuvat kolme kertaa satunnaisessa järjestyksessä, ja kysyttiin, kuka kuvassa oli. Jos tutkittava vastasi väärin tai ei vastannut ollenkaan, niin kuvan lapsen nimi kerrottiin hänelle uudestaan ja pyydettiin toistamaan ääneen. Sekä tietokone- että kynä-paperitehtävä edellyttää lyhytkestoista muistia ja mieleenpainamisen sekä mielestä palauttamisen taitoa. Yksi merkittävä ero kuitenkin on, että tietokoneversiossa muistettavat kuuloärsykkeet ovat hyvin samankaltaisia (ma, ta, ha, sa ja ra) verrattuna kynä-paperiversioon (esim. Jenni, Kare, Ossi). Lisäksi kasvokuvien ja nimien voi ajatella olevan tutumpia ärsykeitä erityisesti lapsille, millä saattaa olla vaikutusta niiden oppimiseen. Tietokone- ja kynä-paperiversiot siis erosivat toisistaan ja niiden välinen yhteys jäi lyhytkestoisen muistin tapaan kohtalaisen ja heikon rajalle. Tulosten mukaan tehtävät saattavat siten edellyttää hieman erilaista tiedon prosessointia.

Fonologisen muistin ja tietoisuuden tietokone- ja kynä-paperiversiot erosivat toisistaan selvemmin kuin esimerkiksi lyhytkestoisen muistin tai assosiativisen oppimisen tehtävät. Fonologisen muistin tietokonetehtävä oli tunnistamistyyppinen eli siinä tunnistettiin mikä kolmesta epäsanasta tai epäsanaketjusta oli erilainen kuin kaksi muuta (esim. laappari, kiipari, kiipari). Kynä-paperiversiossa sen sijaan toistettiin nauhalta kuultuja epäsanajoja (esim. esse) ääneen. Tehtävät edellyttivät siten hieman erilaista ärsykkeiden prosessointia. Kynä-paperitehtävä mittaa yksittäisen ärsykesanan muistamista ja tuottamista, kun tietokonetehtävässä täytyy samanaikaisesti muistaa ja käsitellä mielessä useampia ärsykesanoja. Tietokone- ja kynä-paperiversioiden välinen yhteys jäi heikoksi, minkä vuoksi tehtävät saattavat osin mitata hieman eri asioita. Kynä-paperitehtävän voi ajatella mittaavan selvemmin kielellisten ärsykkeiden muistamista, kun tietokonetehtävä edellyttää sen lisäksi myös kielellisten ärsykkeiden käsittelyä mielessä.

Fonologisen tietoisuuden tietokone- ja kynä-paperiversiot olivat selkeästi erilaisia. Fonologista tietoisuutta mitattiin kynä-paperiversiossa äänneiden prosessointi-tehtävällä, jossa annetuista sanoista muodostettiin uusia sanoja joko jättämällä jokin äänne tai tavu pois sanasta, tai korvaamalla jokin sanan äänne toisella äänneellä. Kynä-paperitehtävä edellytti siten monentasoista kognitiivista prosessointia ja saattoi olla monimutkaisempi kuin vastaava tietokonetehtävä, jossa mitattiin sanan alkuäänten eroavaisuuksien tunnistamista. Tietokonetehtävä oli fonologisen muistin tietokonetehtävän tapaan tunnistamistyyppinen eli siinä tunnistettiin missä kolmesta sanasta

on erilainen alku kahteen muuhun sanaan verrattuna (esim. hela, heti, sekä). Tietokonetehtävässä myös ryhmäkeskiarvo oli melko lähellä maksimipistemäärää, eivätkä tulokset silloin välttämättä jakaudu tasaisesti. Se voi osin selittää heikkoa korrelaatiota tietokone- ja kynä-paperiversioiden välillä. Todennäköisesti suurempi tekijä heikon yhteyden taustalla on kuitenkin se, että tietokoneversio oli tunnistamis- ja kynä-paperiversio sen sijaan tuottamistehtävä.

Edellä mainittujen tulosten mukaan tehtävien tietokone- ja kynä-paperiversioiden erilaisuuden aste näyttäisi osin selittävän havaittujen korrelaatioiden voimakkuuden astetta. Voimakkaimmat korrelaatiot havaittiin keskenään hyvin samankaltaisten tehtäväversioiden välillä (esim. lukusujuvuus) ja vastaavasti heikoimmat korrelaatiot toisistaan eniten eroavien tehtävien kohdalla (fonologinen muisti). Lisäksi uudenlaisten tietokonepohjaisten tunnistamistehtävien ja perinteisten tuottamistehtävien väliset yhteydet jäävät kohtalaisiksi tai sitä heikommiksi. Tällaisia uudenlaisia tietokonepohjaisia tehtäviä olivat tässä tutkimuksessa sanojen ja epäsanon tunnistaminen ja kirjoittaminen sekä fonologisen muistin ja tietoisuuden tehtävät. Yksittäisten tunnistamis- ja niitä vastaavien tuottamistehtävien on kuitenkin aiemmin havaittu mittaavan melko hyvin samaa ilmiötä (esim. Heinola ym., 2010). Tässä tutkimuksessa esimerkiksi sanojen ja epäsanon tunnistamisen sekä fonologisen muistin tietokonetehtävät edellyttivät ärsykkeiden lukemisen lisäksi niiden mielessä pitämistä ja prosessointia. Siten ne saattavat mitata vastaaviin kynä-paperitehtäviin verrattuna myös monimutkaisempaa tiedonkäsittelyä.

Tietokone- ja kynä-paperiversioiden erilaisuuden lisäksi myös suuri otoskoko voi nostaa tulosten merkitsevyyttä ja osin selittää heikkoja yhteyksiä tilastollisesti merkitsevistä korrelaatioista huolimatta. Yleisemmällä tasolla tietokone- ja kynäpaperitehtävät erosivat toisistaan myös tutkimuksen toteutustavoissa. Kynä-paperitehtävät tehtiin kahdenkeskisessä tutkimustilanteessa, jossa tutkija ohjasi tehtävien tekemiseen ja varmisti ohjeiden ymmärtämisen. Tietokonetehtävät toteutettiin luokkahuone-tilanteessa, jossa tutkittavat tekivät tehtäviä omilla tabletilla. Tämä on voinut vaikuttaa esimerkiksi keskittymiseen tai tilanteen mieltämiseen tutkimustilanteeksi. Lisäksi huolellisuus on tärkeä tekijä joissakin tietokonetehtävissä, koska tutkittava saattaa vahingossa painaa väärää vaihtoehtoa eikä voi korjata vastaustaan toisin kuin joissakin kynä-paperitehtävissä.

## **4.2 Tietokonetehtävien yhteys lukutaitoon sekä heikkojen ja tavallisten lukijoiden suoriutumisen vertailu**

Toisena tutkimusongelmana selvitettiin ovatko tietokonetehtävät yhteydessä lukutaitoon neljännellä luokalla. Lukutaito korreloi merkitsevästi kaikkien tietokonetehtävien kanssa, mutta vain lukusujuvuuden kanssa yhteys oli voimakas. Lukutaitoa kuvaavana mittarina käytettiin Lukilassen sanojen lukemisen tehtävää, joka on standardoitu lukusujuvuuden mittari. Siten lukutaidon ja lukusujuvuuden tehtävät mittaavat lukemisen sujuvuutta, mikä luonnollisesti selittää niiden voimakasta yhteyttä.

Kolmantena tutkimusongelmana oli selvittää eroavatko heikot ja tavalliset lukijat toisistaan jokaisessa tietokonetehtävässä neljännellä luokalla. Suurin osa tietokonetehtävistä erotteli heikkoja ja tavallisia lukijoita toisistaan. Heikoilla lukijoilla oli tavallisiin lukijoihin verrattuna vaikeuksia sanojen ja epäsanoiden tunnistamisessa, lukusujuvuudessa, sanojen kirjoittamisessa, reseptiivisessä sanastossa, lyhytkestoisessa muistissa ja assosiativisessa oppimisessa sekä nopeassa nimeämisessä. Tulokset tarkistettiin vertaamalla heikkojen ja tavallisten lukijoiden suoriutumista myös kynäpaperitehtävissä, jotka olivat aika hyvin linjassa tietokonetehtävien tulosten kanssa. Kynäpaperitehtävissä heikoilla lukijoilla oli vaikeuksia kaikissa lukutehtävissä ja nopeassa nimeämisessä sekä lyhytkestoisessa muistissa, fonologisessa tietoisuudessa ja assosiativisessa oppimisessa.

Lukumuuttujien osalta ainoa ero tietokone- ja kynäpaperitehtävien välillä oli epäsanoiden kirjoittamisessa, jonka kynäpaperitehtävä erotteli heikkoja ja tavallisia lukijoita, mutta tietokonetehtävä ei. Molemmissa tehtäväversioissa heikkojen ja tavallisten lukijoiden keskiarvot olivat niin lähellä toisiaan, että yksittäiset epäsanat saattoivat vaikuttaa suoritukseen. Samalla tavalla sanojen kirjoittamisen tietokonetehtävässä heikkojen ja tavallisten lukijoiden keskiarvot olivat hyvin lähellä toisiaan. Lukeminen sujuu neljännellä luokalla yleisesti ottaen melko virheettömästi ja se näkyy myös kirjoittamisessa, minkä vuoksi heikkojen ja tavallisten lukijoiden välillä ei välttämättä ole kovin suuria eroja kirjoittamisen tarkkuudessa.

Heikoilla lukijoilla oli selviä vaikeuksia lukusujuvuudessa, sanojen ja epäsanoiden tunnistamisessa sekä sanojen kirjoittamisessa. Lukusujuvuus oli tässä tutkimuksessa paras tietokonepohjainen lukutaidon arviointimenetelmä. Lukusujuvuuden tehtävät olivat tämän tutkimuksen tietokonetehtävistä myös ainoita lukemisen sujuvuutta mittaavia mittareita, mikä selittää voimakasta

yhteyttä lukutaitoon. Myös aiemmissa tutkimuksissa (esim. Leinonen ym., 2001) lukusujuvuuden on havaittu olevan alkuvaiheen jälkeen tarkkuutta parempi mittari lukutaidolle. Lisäksi on mielenkiintoista, että lukusujuvuuden harvennetun kirjainvälin tehtävässä sekä heikkojen että tavallisten lukijoiden keskiarvo oli hieman matalampi kuin tavallisessa tehtävässä eli harvennetun kirjainvälin tehtävä vaikuttaa olleen tutkittaville vaikeampi. Sanojen ja epäsanojen tunnistamisen ja kirjoittamisen tietokonetehtävät olivat uudenlaisia tunnistustyyppisiä tehtäviä, ja tulosten perusteella niiden avulla voidaan erotella heikkoja ja tavallisia lukijoita toisistaan. Edellä mainittujen tehtävien tarkemmilla ärsykekohtaisilla analyyseilla voidaan mahdollisesti saada lisätietoa myös siitä, millaisia kielellisiä vaikeuksia lapsella on lukemisessa, esimerkiksi ovatko kaksoiskonsonantit, -vokaalit tai diftongit vaikeita.

Lukutaidon taustamuuttujien suhteen heikoilla lukijoilla oli selviä vaikeuksia esineiden nopeassa nimeämisessä. Esineiden nopean nimeämisen tietokonetehtävä oli selvästi kirjainten nimeämistä parempi heikkojen ja tavallisten lukijoiden erottelija ja siten tärkeä mittari lukutaidon arvioinnissa. Tulos on samansuuntainen aiempien tutkimusten kanssa (mm. Lyytinen ym., 2004; Puolakanaho ym., 2007), joissa nimeämisnopeuden on havaittu ennustavan lukutaitoa ja myöhempiä lukemisen vaikeuksia.

Merkittävin ero tietokone- ja kynä-paperitehtävien välillä oli fonologisen tietoisuuden tehtävässä, jonka kynä-paperitehtävä erotteli erittäin merkitsevästi heikkoja ja tavallisia lukijoita, mutta tietokoneversio ei ollut merkittävä erottelija. Tehtäväversioiden vertailun perusteella kynä-paperitehtävä edellytti äänneiden prosessointia ja mahdollisesti monimutkaisempaa tiedon käsittelyä kuin vastaava tietokonetehtävä, jossa mitattiin sanojen alkuäänteen eroavaisuuksien tunnistamista. Muissa tutkimuksissa (mm. Holopainen ym., 2001; Leppänen ym., 2006) fonologisen tietoisuuden merkitys on vähentynyt lukutaidon perusteiden oppimisen jälkeen. Tämän tutkimuksen tulosten perusteella heikoilla lukijoilla näyttäisi kuitenkin olevan vielä neljännelläkin luokalla jonkinlaisia vaikeuksia äänneiden prosessoinnissa, mutta tietokonetehtävä ei niitä tavoittanut.

Heikoilla lukijoilla oli vaikeuksia myös tietokonetehtävän reseptiivisessä sanastossa. Sen sijaan reseptiivisen sanaston kynä-paperitehtävä ei erotellut heikkoja ja tavallisia lukijoita, vaikka toisiaan vastaavat tehtävät olivat hyvin samankaltaisia. Aiemmat tutkimukset tukevat tietokonetehtävän tuloksia, koska sanavaraston on havaittu olevan yhteydessä niin varhaisiin lukuvalmiuksiin (Wise ym., 2007) kuin myös lukutaitoon (Ouellette, 2006). Esimerkiksi Ouelletten (2006) tutkimuksessa reseptiivisen sanavaraston laajuus ennusti dekodeaustaitoa ja sanastollisen tiedon laajuus oli

yhteydessä luetun ymmärtämiseen ja näönvaraiseen sanantunnistamiseen vielä neljäsluokkalaisilla lapsilla. Sanantunnistus ja luetun ymmärtäminen ovat puolestaan sujuvan lukutaidon taustataitoja (Vellutino ym., 2004), joten sanavaraston pulmat voivat esimerkiksi sitä kautta heijastua lukemiseen.

Heikoilla lukijoilla oli vaikeuksia lyhytkestoisen muistin tietokonetehtävässä. Tulos sopii hyvin yhteen aiempien tutkimusten kanssa, joissa lukemisen vaikeuksia omaavilla lapsilla on havaittu myös lyhytkestoisen muistin vaikeuksia (Snowling ym., 2003; Swanson ym., 2009). Lyhytkestoisen muistin merkitys korostuu monissa muissakin tietokonetehtävissä, jotka vaativat epätavallisten ärsykkeiden mielessä pitämistä ja prosessointia. Tällaisia tehtäviä ovat esimerkiksi aiemmin mainitut sanojen ja epäsanojen tunnistaminen ja kirjoittaminen sekä lisäksi assosiatiivinen oppiminen, jotka kaikki myös erottelevat heikkoja lukijoita. Myös sanantunnistamisen vaikeudet liitetään epäsuorasti kielellisen muistin sekä nimien mieleenpalauttamisen vaikeuksiin (Vellutino ym., 2004), joten lyhytkestoinen muisti on tärkeä useissa kognitiivisissa prosesseissa. Sen sijaan fonologisen muistin tietokonetehtävä ei erotellut heikkoja ja tavallisia lukijoita toisistaan, vaikka toisissa tutkimuksissa (esim. Laasonen ym., 2012) fonologinen muisti on ollut yhteydessä lukutaitoon ja lukemisen vaikeuksiin.

Yhteenvedona voidaan todeta, että suurin osa tietokonetehtävistä erotteli heikkoja ja tavallisia lukijoita toisistaan, vaikka toisiaan vastaavissa tietokone- ja kynä-paperitehtävissä oli eroavaisuuksia. Epäsanojen kirjoittamisen sekä fonologisen muistin ja tietoisuuden tietokonetehtävät eivät erotelleet heikkoja ja tavallisia lukijoita, ja niiden tehtäväversioiden väliset yhteydet olivat myös tämän tutkimuksen heikoimmat. Kuten aiemmin mainittiin, tietokone- ja kynä-paperiversioiden erilaisuuden aste näyttäisi osin selittävän tehtäväversioiden välisen yhteyden voimakkuuden astetta. Tietokone- ja kynä-paperitehtävien tulokset olivat aika hyvin linjassa keskenään, joten tietokonetehtävien avulla voidaan siten saada melko hyvin tietoa siitä, missä taidoissa heikoilla lukijoilla on vaikeuksia. Lukusujuvuus oli tässä tutkimuksessa paras tietokonepohjainen lukutaidon arviointimenetelmä. Heikoilla lukijoilla oli vaikeuksia myös muissa lukutaidon tietokonetehtävissä epäsanojen kirjoittamista lukuunottamatta. Tietokonetehtävien taustamuuttujista heikoilla lukijoilla oli selviä vaikeuksia esineiden nimeämisessä ja mahdollisesti työmuistin vaikeuksia, mutta muiden taustataitojen osalta erot jäivät vähäisemmiksi. Tietokonetehtävät toimivat helposti toteutettavina ja kustannustehokkaina menetelminä lukutaidon arvioinnissa sekä heikkojen ja tavallisten lukijoiden erottamisessa toisistaan neljännellä luokalla.



## LÄHTEET

Ahonen, T., Tuovinen, S., & Leppäsaari, T. (1999). *Nopea sarjallisen nimeämisen testi*. Jyväskylä: Haukkarannan koulu.

American Psychiatric Association (1994). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders (4. painos)*. Washington, DC: Author.

Aro, M. (2004). *Learning to read: The effect of orthography*. Jyväskylän yliopisto.

Aro, M., Huemer, S., Heikkilä, R., & Mönkkönen, V. (2011). Sujuva lukutaito suomalaislapsen haasteena. *Psykologia*, 46, 2-3.

Aro, M., & Wimmer, H. (2003). Learning to read: English in comparison to six more regular orthographies. *Applied Psycholinguistics*, 24(04), 621-635.

Babayigit, S., & Stainthorp, R. (2011). Modeling the relationships between cognitive–linguistic skills and literacy skills: New insights from a transparent orthography. *Journal of Educational Psychology*, 103(1), 169.

Bolanos, D. (2012). The bavioca open-source speech recognition toolkit. In *Spoken Language Technology Workshop (SLT), 2012 IEEE* (pp. 354-359). IEEE.

Dunn, L. M. (1959). *Peabody Picture Vocabulary Test*. Minneapolis: American Guidance Service. Inc., 1959.

Coltheart, M., Rastle, K., Perry, C., Langdon, R., & Ziegler, J. (2001). DRC: a dual route cascaded model of visual word recognition and reading aloud. *Psychological review*, 108(1), 204-256.

Eklund, K., Torppa, M., Aro, M., Leppänen, P. H. T., & Lyytinen, H. (2015). Literacy skill development of children with familial risk for dyslexia through grades 2, 3, and 8. *Journal of Educational Psychology*, 107(1), 126-140.

Gathercole, S. E., Tiffany, C., Briscoe, J., & Thorn, A. (2005). Developmental consequences of poor phonological short-term memory function in childhood: a longitudinal study. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 46(6), 598-611.

Hautala, J., Hyönä, J., Aro, M., & Lyytinen, H. (2011). Sublexical effects on eye movements during repeated reading of words and pseudowords in Finnish. *Psychology of Language and Communication*, 15(2), 129-149.

Heikkilä, R., Aro, M., Närhi, V., Westerholm, J., & Ahonen, T. (2013). Does training in syllable recognition improve reading speed? A computer-based trial with poor readers from second and third grade. *Scientific studies of reading*, 17(6), 398-414.

Heinola, K., Latvala, J-M., Heikkilä, R., & Lyytinen, H. (2010). Lukutaidon ennustaminen esikouluikässä: lapsen tuen tarpeen tunnistaminen lukemaan oppimisessa ensimmäisellä ja toisella luokalla. *NMI-bulletin*, 20(4), 35-49.

Holopainen, L., Ahonen, T., & Lyytinen, H. (2001). Predicting delay in reading achievement in a highly transparent language. *Journal of Learning Disabilities*, 34(5), 401-413.

Holopainen, L. (2002). Development in reading and reading related skills: A follow-up study from pre-school to the fourth grade. *Jyväskylä studies in education, psychology and social research 200*. Jyväskylä: Jyväskylän yliopisto.

Häyrinen, T., Serenius-Sirve S., & Korkman, M. (2013). Lukilasse 2. Lukemisen, kirjoittamisen ja laskemisen seulontatesti 1.–6. vuosiluokille. Helsinki: Hogrefe Psykologien Kustannus Oy.

Jones, M. W., Branigan, H. P., Parra, M. A., & Logie, R. H. (2013). Cross-modal binding in developmental dyslexia. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 39(6), 1807.

Kiuru, N., Lerkkanen, M. K., Niemi, P., Poskiparta, E., Ahonen, T., Poikkeus, A. M., & Nurmi, J. E. (2013). The role of reading disability risk and environmental protective factors in students' reading fluency in grade 4. *Reading Research Quarterly*, 48(4), 349-368.

Koikkalainen, M. (2015). Computerized reading fluency assessment: task validity and the strongest discriminators of fluency skills among second-graders. *Psykologian pro gradu –työ*. Jyväskylän yliopisto.

Korkman, M., Kirk, U., & Kemp, S. L. (2008). NEPSY-II. Lasten neuropsykologinen tutkimus. Helsinki: Psykologien Kustannus Oy.

Kuhn, M. R., & Stahl, S. A. (2003). Fluency: A review of developmental and remedial practices. *Journal of educational psychology*, 95(1), 3.

Latvala, J-M., & Lyytinen, H. (2011). LukiMat ja Ekapeli – ennaltaehkäisevää tukea suomalaisille lukiriskilapsille. *Psykologia*, 46, 147-152.

Laasonen, M., Virsu, V., Oinonen, S., Sandbacka, M., & Salakari, A. (2012). Phonological and sensory short-term memory are correlates and both affected in developmental dyslexia. *Reading and Writing*, 25(9), 2247-2273.

Leinonen, S., Müller, K., Leppänen, P. H., Aro, M., Ahonen, T., & Lyytinen, H. (2001). Heterogeneity in adult dyslexic readers: Relating processing skills to the speed and accuracy of oral text reading. *Reading and Writing*, 14(3-4), 265-296.

Leppänen, U., Niemi, P., Aunola, K., & Nurmi, J. E. (2006). Development of reading and spelling Finnish from preschool to grade 1 and grade 2. *Scientific Studies of Reading*, 10(1), 3-30.

Lindeman, J. (1998). Ala-asteen lukutesti ALLU. Turku: Turun yliopisto, Oppimistutkimuksen keskus.

Litt, R. A., & Nation, K. (2014). The nature and specificity of paired associate learning deficits in children with dyslexia. *Journal of Memory and Language*, 71(1), 71-88.

Lovio, R., Halttunen, A., Lyytinen, H., Näätänen, R., & Kujala, T. (2012). Reading skill and neural processing accuracy improvement after a 3-hour intervention in preschoolers with difficulties in reading-related skills. *Brain research*, 1448, 42-55.

Lyytinen, H., Aro, M., Eklund, K., Erskine, J., Guttorm, T., Laakso, M-L., Leppänen, P. H. T., Lyytinen, P., Poikkeus, A-M., Richardson, U., & Torppa, M. (2004). The development of children at familial risk for dyslexia: birth to early school age. *Annals of dyslexia*, 54(2), 184-220.

Lyytinen, H., Aro, M., Holopainen, L., Leiwo, M., Lyytinen, P., & Tolvanen, A. (2006). Children's language development and reading acquisition in a highly transparent orthography. *Handbook of orthography and literacy*, 47-62.

Nation, K., Adams, J. W., Bowyer-Crane, C. A., & Snowling, M. J. (1999). Working memory deficits in poor comprehenders reflect underlying language impairments. *Journal of experimental child psychology*, 73(2), 139-158.

Ouellette, G. P. (2006). What's meaning got to do with it: The role of vocabulary in word reading and reading comprehension. *Journal of educational psychology*, 98(3), 554.

Perez, T. M., Majerus, S., & Poncelet, M. (2012). The contribution of short-term memory for serial order to early reading acquisition: Evidence from a longitudinal study. *Journal of Experimental Child Psychology*, 111(4), 708-723.

Puolakanaho, A. (2007). Early prediction of reading: Phonological awareness and related language and cognitive skills in children with a familial risk for dyslexia. Psykologian väitöskirja. Jyväskylän yliopisto.

Puolakanaho, A., Ahonen, T., Aro, M., Eklund, K., Leppänen, P. H., Poikkeus, A. M., Tolvanen, A., Torppa, 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.

Puolakanaho, A., Ahonen, T., Aro, M., Eklund, K., Leppänen, P. H., Poikkeus, A. M., Tolvanen, A., Torppa M., & Lyytinen, H. (2008). Developmental links of very early phonological and language skills to second grade reading outcomes: Strong to accuracy but only minor to fluency. *Journal of Learning Disabilities*.

Puolakanaho, A., & Latvala, J-M. (painossa). Preschool assessment method embedded into digital learning game can be used to predict early reading skills. *Reading and Writing: An Interdisciplinary Journal*.

Richardson, U., & Lyytinen, H. (2014). The GraphoGame method: The theoretical and methodological background of the technology-enhanced learning environment for learning to read. *Human Technology: An Interdisciplinary Journal on Humans in ICT Environments*, 10(1), 39-60.

Salmi, P., Eklund, K., Järvisalo, E. & Aro, M. (2011). LukiMat - Oppimisen arviointi: Lukemisen ja kirjoittamisen tuen tarpeen tunnistamisen välineet 2. luokalle. Käyttäjän opas. [viitattu 1.5.2017]. Saatavissa: <http://www.lukimat.fi/lukimat-oppimisen-arviointi/materiaalit/tuen-tarpeen-tunnistaminen/2lk/lukeminen/kayttajan-opas>

Seymour, P. H., Aro, M., & Erskine, J. M. (2003). Foundation literacy acquisition in European orthographies. *British Journal of psychology*, 94(2), 143-174.

Snowling, M. J., Gallagher, A., & Frith, U. (2003). Family risk of dyslexia is continuous: Individual differences in the precursors of reading skill. *Child development*, 74(2), 358-373.

Snowling, M. J., Muter, V., & Carroll, J. (2007). Children at family risk of dyslexia: a follow-up in early adolescence. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 48(6), 609-618.

Swanson, H. L., Zheng, X., & Jerman, O. (2009). Working memory, short-term memory, and reading disabilities: A selective meta-analysis of the literature. *Journal of Learning Disabilities*, 42(3), 260-287.

Torppa, M., Poikkeus, A-M., Laakso, M. L., Tolvanen, A., Leskinen, E., Leppänen, P. H. T., Puolakanaho, A., & Lyytinen, H. (2007a). Modeling the early paths of phonological awareness and factors supporting its development in children with and without familial risk of dyslexia. *Scientific Studies of Reading*, 11(2), 73-103.

Torppa, M., Tolvanen, A., Poikkeus, A. M., Eklund, K., Lerkkanen, M. K., Leskinen, E., & Lyytinen, H. (2007b). Reading development subtypes and their early characteristics. *Annals of Dyslexia*, 57(1), 3-32.

Vellutino, F. R., Fletcher, J. M., Snowling, M. J., & Scanlon, D. M. (2004). Specific reading disability (dyslexia): what have we learned in the past four decades?. *Journal of child psychology and psychiatry*, 45(1), 2-40.

Wang, S., Jiao, H., Young, M. J., Brooks, T., & Olson, J. (2008). Comparability of Computer-Based and Paper-and-Pencil Testing in K–12 Reading Assessments A Meta-Analysis of Testing Mode Effects. *Educational and Psychological Measurement*, 68(1), 5-24.

Wechsler, D. (2010). WISC-IV. Wechsler Intelligence Scale for Children -IV. Helsinki: Psykologien Kustannus Oy.

Wise, J. C., Sevcik, R. A., Morris, R. D., Lovett, M. W., & Wolf, M. (2007). The relationship among receptive and expressive vocabulary, listening comprehension, pre-reading skills, word identification skills, and reading comprehension by children with reading disabilities. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 50(4), 1093-1109.

Wolf, M., & Katzir-Cohen, T. (2001). Reading fluency and its intervention. *Scientific studies of reading*, 5(3), 211-239.

Woodcock, R. W., McGrew, K. S., & Mather, N. (2001). Woodcock-Johnson III.