

# Mitä tutkimusnäyttö kertoo digitaalisten ratkaisujen kouluympäristössä hyödyntämisellä saadusta vaikutuksesta oppimistuloksiin?

Antti Syvänen  
TRIM-tutkimuskeskus  
Tampereen yliopisto  
Digikilta-selvitys

## Johdanto

Opettajien puheessa usein vilahtavat sanat “lisäarvo” ja “vaikutus oppimistuloksiin”, kun ollaan ottamassa käyttöön uusia digitaalisille ratkaisuille pohjautuvia opetusmenetelmiä. Opettajalle kyse on ajankäytön riskistä; saadaanko opetuksen muutoksella aikaiseksi parempia oppimistuloksia silkan ajanmukaistamisen ohella. Lopulta saadut oppimistulokset ovat kuitenkin monen tekijän summa, jossa keskeisin tekijä on opettaja itse. Silti käytännön opetustyön tekijä voi esittää kysymyksen: “Millaista tukea kotimainen alan tutkimus antaa opetukselliseen muutokseen liittyvän päätöksenteon kanssa painivalle opettajalle?”

Tämä selvitys tehtiin nopealla aikataululla, rajaamalla tiedonhaku pitkään toimineiden yliopistojen tutkimusryhmien julkaisuihin. Julkaisuihin etsittiin etenkin kouluympäristössä saatuja oppimiseen liittyviä tuloksia - sekä hyviä että huonoja. Etusijalla olivat tutkimukset, joissa saatuihin vaikutuksiin liittyvät tulokset oli kokeellisesti tai kvasikokeellisesti esitetty selkeästi ja rajatusti. Täysin meta-analyttiseen vaikuttavuuden määrien estimointiin eri kokeilujen aihealueilla ei lyhyestä aikataulusta johtuen ollut mahdollisuutta. Toisaalta, meta-analyysiin soveltuvat tutkimukset rajautuivat matemaattiseen osaamiseen ja lukemaan oppimiseen liittyviin kokeiluihin. Valtaosa löydetyistä aineistosta oli kuvailevaa määrällistä tutkimusta tai laadulliselle aineistolle pohjautuvaa, joista saatuja oppimistuloksia raportoitiiin ilman arviota saadun vaikuttavuuden kokoluokasta.

Selvityksen perusteella etenkin esi- ja alkuopetuksen lukemaan oppimista pystytään tukemaan kehittyillä digitaalisilla oppimispeleillä (Ekapeli). Ekapeli on myös yleistymässä alkuopetuksen eriyttämisen välineenä. Samoin löytyi vahvaa näyttöä digitaalisten oppimispelien ja oppimateriaalien hyödyntämisestä alakoulun oppilaiden matemaattisen osaamisen edistämiseen (Number Navigation Game, Semideus, Wuzzit Trouble, VILLE). Lisäksi erilaisten yhteistoiminnallista oppimista tukevien oppimisalustoja sekä mobiileita laitteita hyödyntämällä on mahdollista saada aikaiseksi myönteisiä oppimistuloksia. Nämä tulokset ovat kuitenkin riippuvaisia opettajien ja oppilaiden toimintaa tukevista pedagogisista käytännöistä, jolloin kokonaiskuvan rakentaminen digitaalisella ratkaisulla aikaan saadusta vaikutuksesta on vaikeampaa. Tämän myötä tutkimustieto oppimistuloksiin saadusta vaikutuksen kokoluokasta on näissä tapauksissa vähäistä. Samoin digitaalisten oppimiskäytöjen on havaittu itsessään tuovan käyttöön oppilaita motivoivia toimintatapoja, joskin motivoivuus ei automaattisesti takaa myönteistä vaikutusta oppimistuloksiin.

Kotimainen digitaalisten ratkaisujen opetus- ja opiskelukäytön tutkimus on kuitenkin paljon laajempaa, kuin tässä selvityksessä on kyetty tuomaan esille. Opettajia varmasti myös ilahduttaa, että valtaosa tästä on keskittynyt erilaisten opetuskäytänteiden kehittelyyn. Tämän selvityksen rajoitteena oli, ettei siinä täysin pystytty paneutumaan laadullisissa tutkimuksissa saatuihin tuloksiin. Lisäksi on mahdollista, että tutkimusryhmien julkaisuihin keskittymällä jäi selvityksen kannalta tärkeitä tutkimusta kartoittamatta.

### **Selvityksen taustoitus**

Kansainvälisesti tietokoneavusteisen opetuksen tuloksellisuutta on arvioitu 80-luvulta lähtien. Ensimmäiset tutkimustuloksia kokoavat ja referoivat review-tutkimukset osoittivat tietokoneiden hyödyllisyyden oppimistulosten parantamisessa (Cohen, Kulik, & Kulik 1982; Kulik & Kulik 1987; Kulik & Kulik 1991). Kansainväliset review-tutkimukset on tehty meta-analyttisesti, jolloin eri tutkimuksissa raportoitujen digitaalisten ratkaisujen vaikuttavuuden tunnuslukuja on kerätty ja testattu tilastoanalyttisesti. Tällöin on voitu muodostaa yleistyksiä sen hetkisestä tutkimustiedosta; millä alueilla digitaaliset ratkaisut ovat näkyneet ja kuinka paljon parantuneina oppimistuloksina. Meta-analyysin periaatteen mukaisesti raportoidun tutkimuksen pitää olla vähintään kvasikokeellista ja sisältää raportoituja vaikuttavuusarvoja, jotta tutkimusraportti voidaan hyödyntää review-tutkimuksessa.

Meta-analyttisten review-tutkimusten mukaan tietokoneavusteisen opetuksen oli havaittu olevan laajasti hyödyllistä, joskin artikkelien julkaisemisen perinteistä johtuen tulokset saattoivat olla vääristyneitä (Kulik & Kulik 1987). Tutkijoiden taipumus julkaista vain positiivisia havaintoja, samoin kuin julkaisujen taipumus hyväksyä positiivisia tuloksia "merkittävämpinä" nähtiin mahdollisesti vääristävän tulosten raportointia. Samoin virheet tutkimusasetelmissä saattavat johtaa tutkijoita värityineiden tulosten raportointiin. Erojen nähtiin johtuvan myös mahdollisista todellisista opetuksellisista laatueroista perinteisen ja tietokoneavusteisen opetuksen välillä. Samat kriittiset huomiot koskevat myös tätä selvitystä; tutkimuksissa raportoituja positiivisia havaintoja digitaalisten ratkaisujen hyödyntämisestä oli selvästi enemmän.

Digitaalisten ratkaisujen opetus ja opiskelukäytön tutkimus on sittemmin monipuolistunut ja 2000-lukuun mennessä tuloksia eri tutkimuksen menetelmin, konteksteista ja aiheista laajasti kokoavien review-selvitysten tekeminen on hankalampaa. Vaikka opetusta ja oppimista tukevan digitaalisten ratkaisujen tutkimusta laajasti kokoavat review-tutkimukset ovat vähentyneet, niin 2012 tehty selvitys todisti oppilaiden ja opiskelijoiden hyötyvän verkkoperustaisen ja lähiopiskelun yhdistelmäopinnoista hieman pelkkää lähiopetusta sisältäviä opintoja enemmän (Means, Toyama, Murphy & Baki 2012). Selvityksessä kuitenkin havaittiin, että täysin verkkoperustaisissa opinnoissa oppilaat ja opiskelijat suoriutuivat huonommin kuin lähiopetukseen perustuvissa. Yhdistelmäopintojen onnistuminen edellytti myös lisääntynyttä ohjausresursseja ja oppilaiden väliseen vuorovaikutukseen kannustavia tekijöitä. Oppimistuloksiin saatujen vaikutusten taustalla voi siis olla monia yksittäisiä tekijöitä, jotka eivät pelkästään liity käytetyn digitaalisen ratkaisun ominaisuuksiin.

## **Tavoite**

Kotimainen digitaalisten ratkaisujen oppimis- ja opetuskäytön tutkimus on Suomessa yleistä ja tämän aihetta kartoittavan tiedonhaun perusteella on pyritty hyvään eri tutkimusalueiden ja -aiheiden kattavuuteen. Aihealueiden moninaisuutta voi eritellä esimerkiksi aiheiden vaihtelevaisuudella hyvin yksityiskohtaisista oppimistapahtumien rakentamisesta (esim. Kiili, Moeller & Ninaus 2018) opettajien tai laajemman kouluuyhteisön tv-t-asenteisiin (esim. Ilomäki 2008). Merkittävä osa tutkimuksesta tuntuisi keskittyvän etenkin opettajiin ja opettajakoulutettaviin; asenteiden ohella myös osaamisen ja tv-t-käyttötapojen kehittämiseen, kuvaamiseen ja arviointiin. Tässä selvityksessä paneuduttiin kuitenkin vain yhteen osa-alueeseen; mitä tutkimus kertoo digitaalisilla ratkaisuilla saaduista hyödyistä peruskoulun oppilaiden oppimistuloksiin.

## **Menetelmät**

Toisin kuin kansainvälisissä tutkimuksissa, ei tässä selvityksessä ollut mahdollisuutta meta-analyttiseen otteeseen (Glass, Smith & McGaw 1981), sillä meta-analyysin edellyttämän kaltaista aineistoa löytyi hyvin rajallisesti 2000-2018 vuosille rajatulla aineistohaulla. Sen sijaan, tutkimukset raportoidaan laadullisesti ja mukailien aiempaa oppimispelejä kartoittanutta artikkelia (Connolly, Boyle, MacArthur, Hainey & Boyle 2012) (ks. liite 1). Selvitysprosessin systemaattisuutta parannettiin hyödyntämällä Moher ym. (2015) kehittämää PRISMA-P protokollaa, jolla pyrittiin välttämään selvityksen sisäistä vääristymistä. Selvityksen sisäinen vääristyminen voisi näkyä esimerkiksi tietyn tutkimusperinteen tutkimuksen suosimisena.

Ajankäytöllisistä syistä tiedonhaku tehtiin paneutumalla etenkin aihepiiriin parissa toimineiden tutkimusryhmien ja tutkijoiden artikkeleihin. Selvitykseen otettiin yhteensä 11 tutkimusryhmää Helsingin, Itä-Suomen, Jyväskylän, Tampereen, Turun ja Oulun yliopistoista. Tiedonhaussa käytettiin tutkimusryhmien tutkijoiden omia, yliopistojen ja tutkimusryhmien koostamia julkaisulistoja, sekä tutkijoiden Google Scholar -profiilien koosteita. Selvitys on alustava koonti vuosina 2000-2018 julkaistuista ja tiukalla rajauksella löydetyistä relevanteista lähteistä.

Tarkempaa prosentuaalista arviointia löydetyn aineiston suhteesta koko digitaalisten ratkaisujen oppimiskäytössä hyödyntämisen tutkimuksen kokonaisuuteen ei kuitenkaan ole tehty. Myöskään tiukkaa vaikuttavuuteen liittyvää meta-analyysiä ei tehty. Vaikuttavuuteen perustuva meta-analyysi olisi rajannut aineistoa merkittävästi, sillä digitaalisten ratkaisujen hyödyntämisen vaikuttavuuden raportointi ei ole yleistä kotimaisessa tutkimuksessa. Tässä tehty yhteenveto on tehty laadullisesti erittelemällä löydetyn aineiston aihepiirejä ja löydöksiä.

## **Selvityksen tulokset**

Tutkimukset vaihtelivat kestoiltaan suuresti; 3-tuntisesta kokeilusta (Kiili & Lindstedt 2017) usean lukukauden kestoiseen (Viilo, Seitamaa-Hakkarainen & Hakkarainen 2018). Etenkin lyhyemmän ajanjakson tutkimuksissa tutkimusasetelmat olivat sopivia perinteisen meta-analyysin tekemiseen, joskin vaikuttavuuden arvioinnin kannalta pitkäkestoisten tutkimusten tulokset ovat luotettavampia ja helpommin yleistettäviä. Näissä tutkimusote ja

-menetelmät olivat kuitenkin ennemminkin laadullisia. Laadulliset tutkimukset olivat selvityksen ajankäytön kannalta ongelmallisia, sillä niiden merkittävät tutkimustulokset on usein raportoitu monisanaisesti ja harvemmin abstraktissa. On siis hyvin mahdollista, että raportteja abstraktipohjaisesti valikoimalla on merkittäviä tutkimuksia jäänyt tämän selvityksen ulkopuolelle.

Artikkeleita lukiessa rakentui yleiskuva 2000-luvun alun tutkimuksista, joissa etenkin erilaisia oppimisalustoja kehitellessä ja kokeillessa (esimerkiksi CSILE/Knowledge Forum, FLE) tutkimuksissa yhä lisääntyvässä määrin havaittiin menestyksellisen käytön olevan riippuvaista välineen sopivuudesta opettajan pedagogisiin käytäntöihin ja koulukulttuuriin (esim. Hakkarainen & Palonen 2003; Lakkala, M., Ilomäki, L., & Palonen, T. 2007; Viilo, Seitamaa-Hakkarainen & Hakkarainen 2011). Vastaavalla tavalla pedagogista potentiaalia on nähty mobiililaitteilla, niiden tarjotessa joustavuutta ja vaihtoehtoja perinteiseen luokkahuoneopetukseen (Rikala, Vesisenaho & Mylläri 2013; Rikala 2014; Rikala 2015). Tutkimus on siirtynyt teknologian hyödyntämiseen nojautuvaa pedagogisia käytäntöjä kehittävää ja opettajien osaamista ja asennoitumista selvittävään tutkimukseen. Pedagogisten käytäntöjen taustalle on myös kehittynyt useita erilaisia opetustapoihin ja oppimistoimintaan liittyviä teoreettisia näkökulmia; progressiivinen tutkiva oppiminen, dialoginen tiedonrakentaminen, kollektiivinen älykkyys, tietokoneavusteinen yhteistoiminnallinen oppiminen, oppiminen tiedon luomisena. Valtaosa tutkimuksesta on sitoutunut näihin lähtökohtiin, ei niinkään digitaalisten välineiden tuella oppimiseen saadun vaikuttavuuden selvittämiseen. Tutkijat ovat myöskin liikkuneet joustavasti eri tutkimuskohteiden välillä; peruskoulusta aina korkeakoulussa tapahtuvaan oppimiseen ja opiskeluun; digitaalisten välineiden opetus- ja opiskelukäytön tutkimus on hyvin monipuolista.

Tutkimusten aihealueet olivat usein tarkasti rajattu. Etenkin tutkimuksissa, jotka raportoivat digitaalisten välineiden hyödyntämistä matemaattiseen osaamiseen ja lukemaan oppimisessa. Tästä syystä voidaan todeta oppimispelien tukevan hyvin mm. joustavan laskuopin, esi-joukko-opin, jakolasku-osaamiseen liittyvää matemaattista kehitystä (Kiili, Moeller & Ninaus 2018; Brezovszky, McMullen, Veermans, Hannula-Sormunen, Rodríguez-Aflecht, Pongsakdi, Laakkonen & Lehtinen 2019). Näyttää on myös 1. ja 3. vuoden matematiikan opetuksessa digitaalisen oppimateriaalin tarjoaman välittömän palautteen hyödyntä matemaattisen osaamisen kehitykselle (Kurvinen, Lindén, Lokkila & Laakso 2015; Kurvinen, Dagiené & Laakso 2018). Samanaikaisesti tutkimusten rajauksesta johtuen ei voida tehdä yleistystä muuhun matemaattisen kehityksen tukemiseen sekä tulokset eivät välttämättä ole toistettavissa muilla kuin käytetyillä välineillä. Poikkeuksena em. rajaukseen oli yläkoululaisilla tehty tutkimus mobiililaitteiden hyödyntämisestä koululuokan ulkopuolella oppilaiden huomion matemaattisiin suhteisiin spontaanisti kiinnittämiseen (McMullen, Hannula-Sormunen, Kainulainen, Kiili & Lehtinen 2017).

Oppimispelillä on osoitettu olevan sekä lukemisen vaikeuksia ehkäisevä että esi-lukutaitojen ja lukemaan oppimista edistävä vaikutus esi- ja alkuopetuksen Ekapeli/GraphoGame -sovelluksen eri kehitysversioilla (Hintikka, Aro & Lyytinen 2005; Lyytinen, Ronimus, Alanko, Poikkeus & Taanila 2007; Saine, Lerkkanen, Ahonen, Tolvanen & Lyytinen 2010; Pennala, Richardson, Ylinen, Lyytinen & Martin 2011; Saine, Lerkkanen,

Ahonen, Tolvanen & Lyytinen 2011; Saine, Lerkkänen, Ahonen, Tolvanen & Lyytinen 2013; Ronimus, Kujala, Tolvanen & Lyytinen 2014; Pennala, Richardson, Ylinen, Lyytinen & Martin 2014). Vaikka useat Ekapeliin liittyneistä tutkimuksista eivät tapahtuneet kouluaikana tai -ympäristössä, niin tulosten ei tässä selvityksessä tulkittu olevan riippuvaisia testipaikasta tai -ajasta. Tulosten voi odottaa paikoin jopa parantuvan kouluympäristössä, käytön tapahtuessa osana yleisempää opetussuunnitelmaa. Ekapelin käyttö onkin ajan myötä alkanut yleistyä kouluilla; etenkin opetuksen eriyttämisessä.

### Loppuyhteenveto ja suosituksia

Tämä selvitys on luonteeltaan alustava ja sen aineisto vaatii vielä tarkentamista. Voit tukea tätä pyrkimystä vinkkaamalla oheisella lomakkeella selvityksen kannalta merkityksellisistä tutkimuksista: <https://tinyurl.com/yajttwtw>

Useat laadullisin menetelmin tuotetut tutkimustulokset vaativat tarkempaa läpikäyntiä, jotta ne voidaan selvityksessä raportoida. Valikoituihin tutkijaryhmiin keskittyneellä tiedonhaulla on myöskin saattanut jäädä löytämättä paljonkin keskeistä tutkimusta. Yleisemminkin on tärkeää, että digitaalisten välineiden hyödyntämisen ja oppimistulosten välisestä yhteydestä kertyvää tutkimustietoa syvennetään. Kansallista ja kansainvälistä aihepiiriin tutkimusta digitaalisiin välinein saaduista oppimistuloksista kokoamalla ja esittelemällä voidaan tukea ja ohjata käytännön opetustyöhön liittyviä valintoja. Oheisessa taulukossa on koonti tutkimuksista, jotka raportoivat digitaalisilla ratkaisuilla kouluympäristössä saaduista oppimistuloksista.

**Taulukko 1.** Koonti digitaalisten ratkaisujen oppimistuloksiin vaikuttavuutta raportoivista tutkimuksista.

Artikkeli	Teema / Aihe	Löydös
Hintikka, Aro & Lyytinen 2005; Lyytinen, Ronimus, Alanko, Poikkeus & Taanila 2007; Saine, Lerkkänen, Ahonen, Tolvanen & Lyytinen 2010; Pennala, Richardson, Ylinen, Lyytinen & Martin 2011; Saine, Lerkkänen, Ahonen, Tolvanen & Lyytinen 2011; Saine, Lerkkänen, Ahonen, Tolvanen & Lyytinen 2013; Ronimus, Kujala, Tolvanen & Lyytinen 2014; Pennala, Richardson, Ylinen, Lyytinen & Martin 2014	Lukemaan oppiminen	Ekapelillä saatiin esi- ja alkuopetuksen kokeiluissa parannettua lukemiseen liittyviä tuloksia koe- vrt. kontrolliryhmien välillä, tapaustutkimuksen esi- ja alkutesteillä.
Kurvinen, Lindén, Lökkila & Laakso 2015; Kurvinen, Dagiené & Laakso	Matemaattinen osaaminen	Tietokoneavusteinen Ville-oppimateriaalin hyödyntäminen paransi koe- vrt. kontrolliryhmän matemaattisen osaamisen testin tulosta.

2018		
Kiili, Devlin, Perttula, Tuomi & Lindstedt 2015; Kiili, Moeller & Ninaus 2018	Matemaattinen osaaminen	Oppimispelejä voitiin hyödyntää matemaattisen osaamisen arviointiin, johon lyhyetkin pelitapahtumat olivat riittäviä. Peli-perustainen arviointi täydentää ymmärrystä oppilaiden matemaattisesta tiedosta.  Peli-perustainen harjoittelu paransi koe- vrt. kontrolliryhmän matemaattisen osaamisen testin tulosta. Lisäksi pelin pisteytys antoi pätevää arviointitietoa, sillä pelissä pärjääminen ja korkein saavutettu taso antoi paikkansa pitävää informaatiota oppilaan osaamisesta.
Brezovszky, Rodríguez-Aflecht, McMullen, Veermans, Pongsakdi, Hannula-Sormunen & Lehtinen 2015; Brezovszky, McMullen, Veermans, Hannula-Sormunen, Rodríguez-Aflecht, Pongsakdi, Laakkonen & Lehtinen 2019	Matemaattinen osaaminen	Oppilaiden pelissä pärjääminen selitti oppilaiden lopputestillä mitatattua matemaattista osaamista.  Koeryhmä pärjasi kontrollia paremmin matemaattista osaamista mittaavassaa lopputestissä. Erot olivat suuria luokka-asteiden välillä, joskin 5. luokalla oppilaiden osaaminen parani selvästi eniten. Oppilaiden pelissä pärjääminen selitti oppilaiden lopputestillä mitatattua matemaattista osaamista yli luokka-asteiden. Oppimispeli voi toimia myös opettajien joustavana käytännön työkaluna oman luokahuoneopetuksensa vaikuttavuuden arviointiin.
Rodríguez-Aflecht, Brezovszky, Pongsakdi, Jaakkola, Hannula-Sormunen, McMullen & Lehtinen 2015; Rodríguez-Aflecht, Hannula-Sormunen, McMullen, Jaakkola & Lehtinen 2017; Rodríguez-Aflecht, Jaakkola, Pongsakdi, Hannula-Sormunen, Brezovszky & Lehtinen 2018	Matemaattinen osaaminen	Oppimispelien tuottama lisämotivaatio ei näkynyt koe- vrt. kontrolliryhmän parantuneina oppimistuloksina. Peliperustaisen oppimisen ei tule perustua motivoivuudelle vaan pelit tulee valikoida opetukseen niiden tuottamien todennettujen oppimistulosten mukaan.
McMullen, Hannula-Sormunen, Kainulainen, Kiili & Lehtinen 2017	Matemaattinen osaaminen	Mobiililaitteilla saatiin koululuokan ulkopuolella parannus yläkoulun oppilaista koostuneen koe- vrt. kontrolliryhmän huomion matemaattisiin suhteisiin spontaanisti kiinnittämiseen.
Rikala, Vesisenaho & Mylläri 2013; Rikala 2014; Rikala 2015	Mobiililaitteet / Pedagoginen potentiaali	Tableteilla oli positiivinen vaikutus opettamiseen ja oppimiseen. Opettajien mukaan etenkin eriyttämiseen ja tehostamiseen: oppilaiden motivaation ja itsenäisen oppimisen tukemiseen ja kiinnostavina opetustapoina. QR-koodien hyödyntäminen yhdistelmäopetuksessa rikasti ja motivoi perinteisiä opetusmenetelmiä ja luokahuoneoppimista.
Lakkala, Ilomäki, Lallimo & Hakkarainen 2002	Yhteistoiminnallisuus	Virtuaalista oppimisympäristöä hyödynnettiin ennemminkin viestintäalustana, kuin yhteistoiminnalliseen tiedonrakentamisen työkaluna. Perinteisen koulukulttuurin ja uusien työtapojen välinen jännite vaikutti oppilaiden osallistumiseen ja toimintaan kurssin aikana.
Ilomäki & Rantanen 2007	TVT-taidot	TVT:n intensiivinen käyttö sekä prosessi-orientoitunut oppimisympäristö tukivat oppilaiden tvt-osaamisen kehittymistä.

Hakkarainen 2003; Viilo, Seitamaa-Hakkarainen & Hakkarainen 2018	Yhteistoiminnallisuus	<p>Oppilaiden selittävän tieteellisen tiedontaso syveni vertailtaessa kokeilun 1. ja 3. vuoden tuloksia. Yhdellä luokalla oppilaiden tiedonhaku keskittyi yhä enemmän omien intuitiivisten selitysten rakentamiseen, samoin kuin selittävän tieteellisen informaation. Progressiivisen tutkivan oppimisen kulttuuria ilmeni ainoastaan opettajan jatkuvien oppilaiden progressiivisen tiedonhaun toimintatapojen kehittämissyrkimysten kautta.</p> <p>Kuusi eri tyyppistä tapaa toteuttaa tehokkaasti pitivät yllä prosessia koko luokan yhteisissä sessioissa. Nämä sessiot tukivat tiedon kehittymistä, tiedonhaun reflektointia sekä pragmaattista tiedonhaun organisointia verkko-oppimisympäristön tukemana.</p>
--	-----------------------	---

## Lähteet

- Brezovszky, B., McMullen, J., Veermans, K., Hannula-Sormunen, M. M., Rodríguez-Aflecht, G., Pongsakdi, N., Laakkonen, E. & Lehtinen, E. (2019). Effects of a mathematics game-based learning environment on primary school students' adaptive number knowledge. *Computers & Education*, 128, s. 63-74.
- Brezovszky, B., Rodríguez-Aflecht, G., McMullen, J., Veermans, K., Pongsakdi, N., Hannula-Sormunen, M. M., & Lehtinen, E. (2015). Developing adaptive number knowledge with the Number Navigation game-based learning environment. Teoksessa Torbeyns, J., Lehtinen, E., & Elen, J. (toim.) *Describing and studying domain-specific serious games*, s. 155-170. Cham: Springer International Publishing.
- Connolly, T. M., Boyle, E. A., MacArthur, E., Hainey, T., & Boyle, J. M. (2012). A systematic literature review of empirical evidence on computer games and serious games. *Computers & Education*, 59(2), s. 661-686.
- Cohen, P. A., Kulik, J. A., & Kulik, C. L. C. (1982). Educational outcomes of tutoring: A meta-analysis of findings. *American educational research journal*, 19(2), s. 237-248.
- Glass, G. V., Smith, M. L., & McGaw, B. (1981). *Meta-analysis in social research*. Beverly Hills, CA: Sage.
- Hakkarainen, K. A. I. (2003). Emergence of progressive-inquiry culture in computer-supported collaborative learning. *Learning Environments Research*, 6(2), s. 199-220.
- Hakkarainen, K., & Palonen, T. (2003). Patterns of female and male students' participation in peer interaction in computer-supported learning. *Computers & Education*, 40(4), s. 327-342.
- Hintikka, S., Aro, M., & Lyytinen, H. (2005). Computerized training of the correspondences between phonological and orthographic units. *Written Language & Literacy*, 8(2), s. 79-102.
- Illomäki, L. 2008. The effects of ICT on school: teachers' and students' perspectives. *Annales universitatis turkuensis SER. B. 314*. Department of Teacher Education, University of Turku.
- Illomäki, L., & Rantanen, P. (2007). Intensive use of ICT in school: Developing differences in students' ICT expertise. *Computers & Education*, 48(1), s. 119-136.
- Kiili, K., Devlin, K., Perttula, A., Tuomi, P., & Lindstedt, A. (2015). Using video games to combine

learning and assessment in mathematics education. *International Journal of Serious Games*, 2(4), s. 37-55.

Kiili, K. & Lindstedt, A. (2017). Towards Game-Based Formative Assessment. Teoksessa Johnston, J. P. (toim.), *Proceedings of EdMedia 2017: World Conference on Educational Media and Technology*, s. 1104-1109. Washington, DC: Association for the Advancement of Computing in Education (AACE).

Kiili, K., Moeller, K., & Ninaus, M. (2018). Evaluating the effectiveness of a game-based rational number training-In-game metrics as learning indicators. *Computers & Education*, 120, s. 13-28.

Kulik, J. A., & Kulik, C. L. C. (1987). Review of recent research literature on computer-based instruction. *Contemporary educational psychology*, 12(3), s. 222-230.

Kulik, C. L. C., & Kulik, J. A. (1991). Effectiveness of computer-based instruction: An updated analysis. *Computers in Human Behavior* 7, s. 75-94.

Kulik, J. A. (1994). Meta-analytic studies of findings on computer-based instruction. Teoksessa Baker, E. L. & O'Neill Jr., H. F. (toim.), *Technology assessment in education and training*, s. 9-33. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum.

Kurvinen, E., Lindén, R., Lokkila, E., & Laakso, M. J. (2015). Computer-Assisted Learning: Using Automatic Assessment and Immediate Feedback in First Grade Mathematics. Teoksessa Chova, L. G., Martínez, A. L., & Torres, I. C. (toim.), *Proceedings of EDULEARN15 - 7th International Conference on Education and New Learning Technologies*, s. 2303-2312.

Kurvinen, E., Dagienė, V. & Laakso, M-J. (2018). The Impact and Effectiveness of Technology Enhanced Mathematics Learning. Teoksessa Dagienė, V. & Jasutė, E. (toim.), *Proceedings of the Constructionism 2018 Conference in August 25-27.2018 in Vilnius, Lithuania*.  
[http://www.constructionism2018.fsf.vu.lt/file/repository/Proceeding\\_2018\\_Constructionism.pdf](http://www.constructionism2018.fsf.vu.lt/file/repository/Proceeding_2018_Constructionism.pdf)

Lakkala, M., Ilomäki, L., Lallimo, J., & Hakkarainen, K. (2002). Virtual communication in middle school students' and teachers' inquiry. Teoksessa Stahl, G. (toim.), *Proceedings of Computer Supported Collaborative Learning 2002 Conference: Proceedings of CSCL 2002*, s. 443-452. Lawrence Erlbaum Associates (LEA): Hillsdale, NY.

Lakkala, M., Ilomäki, L., & Palonen, T. (2007). Implementing virtual collaborative inquiry practises in a middle-school context. *Behaviour & Information Technology*, 26(1), s. 37-53.

Lyytinen, H., Ronimus, M., Alanko, A., Poikkeus, A. M., & Taanila, M. (2007). Early identification of dyslexia and the use of computer game-based practice to support reading acquisition. *Nordic Psychology*, 59(2), s. 109-126.

McMullen, J., Hannula-Sormunen, M. M., Kainulainen, M., Kiili, K., & Lehtinen, E. (2017). Moving mathematics out of the classroom: Using mobile technology to enhance spontaneous focusing on quantitative relations. *British Journal of Educational Technology*, 51(6), 356-365.

Means, B., Toyama, Y., Murphy, R., & Baki, M. (2013). The effectiveness of online and blended learning: A meta-analysis of the empirical literature. *Teachers College Record*, 115(3), s. 1-47.



Moher, D., Shamseer, L., Clarke, M., Ghersi, D., Liberati, A., Petticrew, M., Shekelle, P. & Stewart, L. A. (2015). Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015 statement. *Systematic reviews*, 4(1).

Pennala, R., Richardson, U., Ylinen, S., Lyytinen, H., & Martin, M. (2011). Tietokoneavusteinen suomen kielen kvantiteetin harjoittelu: venäjänkielisen suomea opettelevan lapsen ja suomenkielisen luku- ja kirjoitushäiriöisen lapsen vertailu. *Puhe ja kieli*, 31, s. 3-24.

Pennala, R., Richardson, U., Ylinen, S., Lyytinen, H., & Martin, M. (2014). Computer game as a tool for training the identification of phonemic length. *Logopedics Phoniatrics Vocology*, 39(4), s. 149-158.

Rikala, J., Vesisenaho, M. & Mylläri, J. (2013). Actual and Potential Pedagogical Use of Tablets in Schools. *Human Technology*, 9(2), s. 113-131

Rikala, J. (2014). Evaluating QR Code Case Studies Using a Mobile Learning Framework. Teoksessa Sánchez, I. A. & P. Isafas, P. (toim.), *Proceedings of 10th International Conference on Mobile Learning*, s. 199-206.

Rikala, J. (2015). Enhancing Children's Outdoor Learning Experiences with a Mobile Application. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 24(2), s. 139-159.

Rodríguez-Aflecht, G., Brezovszky, B., Pongsakdi, N., Jaakkola, T., Hannula-Sormunen, M. M., McMullen, J., & Lehtinen, E. (2015). Number Navigation Game (NNG): Experience and Motivational Effects. Teoksessa Torbeyns, J., Lehtinen, E. & Elen, J. (toim.), *Describing and studying domain-specific serious games*, s. 171-189. Cham: Springer International Publishing.

Rodríguez-Aflecht, G., Hannula-Sormunen, M., McMullen, J., Jaakkola, T., & Lehtinen, E. (2017). Voluntary vs compulsory playing contexts: Motivational, cognitive, and game experience effects. *Simulation & Gaming*, 48(1), s. 36-55.

Rodríguez-Aflecht, G., Jaakkola, T., Pongsakdi, N., Hannula-Sormunen, M., Brezovszky, B., & Lehtinen, E. (2018). The development of situational interest during a digital mathematics game. *Journal of Computer Assisted Learning*, 34(3), s. 259-268.

Ronimus, M., Kujala, J., Tolvanen, A., & Lyytinen, H. (2014). Children's engagement during digital game-based learning of reading: The effects of time, rewards, and challenge. *Computers & Education*, 71, s. 237-246.

Saine, N. L., Lerkkanen, M. K., Ahonen, T., Tolvanen, A., & Lyytinen, H. (2010). Predicting word-level reading fluency outcomes in three contrastive groups: Remedial and computer-assisted remedial reading intervention, and mainstream instruction. *Learning and Individual differences*, 20(5), s. 402-414.

Saine, N. L., Lerkkanen, M. K., Ahonen, T., Tolvanen, A., & Lyytinen, H. (2011). Computer-assisted remedial reading intervention for school beginners at risk for reading disability. *Child Development*, 82(3), s. 1013-1028.

Saine, N. L., Lerkkanen, M. K., Ahonen, T., Tolvanen, A., & Lyytinen, H. (2013). Long-term intervention effects of spelling development for children with compromised preliteracy skills. *Reading & Writing Quarterly*, 29(4), s. 333-357.

Viilo, M., Seitamaa-Hakkarainen, P., & Hakkarainen, K. (2011). Supporting the technology-enhanced collaborative inquiry and design project: a teacher's reflections on practices. *Teachers and Teaching: theory and practice*, 17(1), s. 51-72.

Viilo, M., Seitamaa-Hakkarainen, P., & Hakkarainen, K. (2018). Long-Term Teacher Orchestration of Technology-mediated Collaborative Inquiry. *Scandinavian Journal of Educational Research*, 62(3), s. 407-432.