

DIGITALISAATION VAIKUTUKSET OPPIMISEEN, OSAAMISEEN JA HYVINVOINTIIN

Tutkimuskatsaus suomalaiseen varhaiskasvatukseen,
esi- ja perusopetukseen sekä vapaaseen sivistystyöhön

Päivi Häkkinen
Ella Ilen
Piia Näykki
Auli Lehtinen
Amalia Lieska
Marja-Kristiina Lerkkanen



© Opetushallitus

Raportit ja selvitykset 2025:4a

ISBN 978-952-13-6980-3 (pdf)

ISSN-L 1798-8918

ISSN 1798-8926 (pdf)

Taitto: PunaMusta Oy/Sisältö- ja suunnittelupalvelut

www.oph.fi

SISÄLLYS

LUKIJALLE	5
1 JOHDANTO	6
2 TAVOITTEET JA TUTKIMUSKYSYMYKSET	7
3 SYSTEMAATTINEN KIRJALLISUUSKATSAUS TUTKIMUSMENETELMÄNÄ	8
3.1 Aineisto ja menetelmät	8
3.2 Tutkimusalueen määrällistä kuvailua	11
3.2.1 Koulutusasteet	13
3.2.2 Tutkimusmenetelmät ja aineistonkeruumenetelmät	14
3.2.3 Otannan koko ja kohderyhmä	15
4 TULOKSET	17
4.1 Tilannekuva digitaalisesta osaamisesta ja digitalisaation etenemisestä kouluissa	17
4.1.1 Oppijoiden digitaalinen osaaminen	17
4.1.2 Opettajien digitaalinen osaaminen ja täydennyskoulutus	18
4.1.3 Opetuksen digitalisaation nykytila	18
4.1.4 Etäopetuksen vaikutukset oppimiseen, osaamiseen ja hyvinvointiin COVID-19 pandemian aikana	19
4.2 Opetuksen digitalisaation vaikutukset oppijoiden oppimiseen, oppimistuloksiin ja hyvinvointiin	21
4.2.1 Tietokoneavusteiset interventiot perustaitojen oppimisessa	22
4.2.2 Yleiset taidot, yhteisöllinen oppiminen ja digitaaliset oppimisympäristöt	24
4.2.3 Oppimisen säätely, palaute ja oppimisanalytiikka	25
4.2.4 Oppijoiden hyvinvointi, motivaatio ja sitoutuminen	26
4.3 Opetuksen digitalisaation vaikutukset opettajien työhön, osaamiseen ja hyvinvointiin	29
4.3.1 Opetuksen digitalisaation vaikutukset opettajien työhön ja digipedagogiseen osaamiseen	29
4.3.2 Opetuksen digitalisaation vaikutukset opettajien hyvinvointiin	30
4.4 Digitalisaatiota hyödyntäviä pedagogisia käytänteitä	33
4.4.1 Luova ja toiminnallinen oppiminen	33
4.4.2 Yhteisöllinen ja tutkiva oppiminen	34
4.4.3 Projektilähtöinen oppiminen	34
4.5 Oppimisympäristöjen ja opetuksessa käytettävien digitaalisten palvelujen kehittäminen	36
5 JOHTOPÄÄTÖKSET	38
5.1 Tulosten yhteenveto	38
5.2 Mihin tutkimus painottui ja mihin sitä tulisi suunnata?	40
6 POHDINTA	42
LÄHTEET	45

Taulukko 1.	Tietokantoihin suoritettujen hakujen asiasanat..	9
Taulukko 2.	Aihealueiden jakautuminen aineistossa..	12
Taulukko 3.	Tutkimuskatsauksen keskeisiä tuloksia..	39
Kuvio 1.	Systemaattisen kirjallisuuskatsauksen eri vaiheet.	11
Kuvio 2.	Julkaisujen määrän vaihtelu vuosina 2010–2024..	12
Kuvio 3.	Tutkimuksissa käsiteltyjen koulutusasteiden määrä aihepiireittäin..	13
Kuvio 4.	Tutkimusmenetelmien jakautuminen aihepiireittäin..	14
Kuvio 5.	Aineistonkeruumenetelmien jakautuminen aineistossa aihepiireittäin.	15
Kuvio 6.	Otannan koko tutkimuksissa aihepiireittäin.	16
Kuvio 7.	Otannan kohderyhmän jakautuminen aineistossa aihepiireittäin..	16
Kuvio 8.	Yhteenveto digitaalisen osaamisen ja digitalisaation etenemisen tilannekuvasta kouluissa.	21
Kuvio 9.	Yhteenveto opetuksen digitalisaation vaikutuksista oppijoiden oppimiseen, oppimistuloksiin ja hyvinvointiin.	28
Kuvio 10.	Yhteenveto opetuksen digitalisaation vaikutuksista opettajien työhön, osaamiseen ja hyvinvointiin.	32
Kuvio 11.	Yhteenveto digitalisaatiota hyödyntävistä pedagogisista käytänteistä.	35
Kuvio 12.	Yhteenveto oppimisympäristöjen ja opetuksessa käytettävien digitaalisten palvelujen kehittämisestä..	37

LUKIJALLE

Tämä tutkimuskatsaus on osa vuonna 2022 käynnistettyä Varhaiskasvatuksen, esi- ja perusopetuksen sekä vapaan sivistystyön digitalisaation viitekehystyötä. Digitalisaation viitekehystyö on Opetushallituksen, opetus- ja kulttuuriministeriön ja koulutustoimialan yhteistyöhanke, jonka tavoitteena on määritellä kasvatuksen ja koulutuksen digitalisaation kehittämistyötä ohjaavat periaatteet, tavoitteita ja toimenpiteet.

Opetushallituksen tilaaman tutkimuskatsauksen tarkoituksena oli kartoittaa olemassa olevaa tutkimustietoa varhaiskasvatuksen, esi- ja perusopetuksen sekä vapaan sivistystyön digitalisaation kehittämiseksi. Tutkimuskatsaus kohdistettiin Suomessa toteutettuun tutkimukseen liittyen opetuksen digitalisaation vaikutuksiin oppijoiden oppimiseen, oppimistuloksiin ja hyvinvointiin sekä opettajien työhön, osaamiseen ja hyvinvointiin. Lisäksi tavoitteena oli arvioida kasvatuksen, opetuksen ja koulutuksen digitalisaation kehittämisen tieteellistä tietopohjaa ja tunnistaa tutkimusaukkoja liittyen digitalisaation vaikutuksiin.

Tutkimuskatsauksen tuloksia voidaan hyödyntää opetussuunnitelmien perusteita päivittäessä. Lisäksi tutkimuskatsauksen tuloksia levitetään aktiivisesti keskeisten toimijoiden tietoon. Tulokset ovat hyödyllisiä paitsi kasvatuksen, opetuksen ja koulutuksen kehittämistyössä, niin myös tieteellisen tutkimuksen suuntaamisessa sen rahoittajien ja toteuttajien toimesta.

Haluamme kiittää Jyväskylän yliopiston EDUCA-lippulaivan tutkimusryhmää kirjallisuustutkimuksen toteutuksesta ja sen pohjalta nostetuista näkemyksistä, jotka ovat arvokkaita koulutusalan digitalisaation edistämiseksi.

Tämän päivän lapset ja nuoret ovat olleet syntymästään lähtien digitaalisen teknologian ympäröimiä. Älypuhelimet ja internet ovat osa heidän päivittäistä kokemusmaailmaansa ja toimintaympäristöään (Hietajärvi ym., 2020; Häkkinen, 2019). Digitaalinen teknologia on juurtunut perusteellisesti siihen, miten elämme, olemme vuorovaikutuksessa, opimme ja teemme työtä. Tutkimustulosten mukaan teknologian avulla voidaan parhaimmillaan luoda mahdollisuuksia sekä oman ajattelun kehittämiseksi että yhteisölliselle oppimiselle (Jeong ym., 2019). Samanaikaisesti monet tutkimukset ovat nostaneet esille opetuksen digitalisaatioon liittyviä haasteita sekä eroja oppijoiden kesken ja koulujen välillä (Fagerlund ym., 2024; Oinas & Vainikainen, 2024).

Yhteiskunnan digitalisaatio haastaa opettajia sekä heidän omassa digitaalisessa osaamisessaan että digipedagogisten taitojen kehittämisessä ja hyödyntämisessä. Opettajan työn kannalta luova, kriittinen ja vastuullinen osaaminen on tärkeässä roolissa. Digipedagogisia taitoja voidaan kuvata opettajan kykyä suunnitella ja toteuttaa opetusta erilaisilla digitaalisilla palveluilla ja ympäristöillä niin, että oppijoiden tiedollinen osaaminen ja oppimis- sekä vuorovaikutustaidot paranevat (esim. Caena & Redecker, 2019). Opettajan osaaminen liittyy erityisesti siihen, miten ja millaisiin oppimistilanteisiin digitaalista teknologiaa käytetään ja milloin sitä jätetään tarkoituksella pois. Aiempi tutkimus on osoittanut, että opettajien välillä on suuria eroja siinä, missä määrin ja millaisiin tarkoituksiin he digitaalista teknologiaa omassa opetuksessaan hyödyntävät (Kaarainen & Saikkonen, 2021). Erityisen tärkeää on pohtia sitä, millaisia valmiuksia ja osaamista opettajilla on ottaa käyttöön ja hyödyntää teknologiaa pedagogisesti tarkoituksenmukaisella tavalla oppimisen ja opetuksen tukena (Dindar ym., 2021; Falloon, 2020; Fernández-Batanero ym., 2022). Opettajien osaamistarpeet korostuivat koronapandemian aikana, jolloin laadukas, oppimista ja vuorovaikutusta tukeva etäopetus olisi vaatinut opettajilta hyviä digipedagogisia taitoja (Lerikkanen, 2021).

Viimeaikaisesta, usein polarisoituneesta, julkisesta keskustelusta saa helposti sellaisen käsityksen, että kaikki digitaalisen teknologian käyttö koulussa, kotitehtävissä tai vapaa-ajalla on lapsille ja nuorille haitallista. Tutkimustulosten mukaan teknologian vaikutus oppimiseen on kuitenkin aina epäsuora ja riippuvainen siitä, miten ja mihin teknologiaa käytetään. Opetuksen ja oppimisen tulosten ja laadun parantaminen edellyttää digitaalisten laitteiden ja palvelujen pedagogisesti tarkoituksenmukaista käyttöä. Kokonaiskäsitys suomalaisten oppijoiden ja opettajien tilanteesta digitaalisen osaamisen suhteen sekä digitaalisen teknologian roolista oppimisessa ja opetuksessa on kuitenkin kattavan tutkimustiedon puutteen takia hajanainen.

2 TAVOITTEET JA TUTKIMUSKYSYMYKSET

Tämän kirjallisuuskatsauksen tavoitteena on tarkastella **digitaalisen oppimisen ja opetuksen nykytilaa ja kehittämismahdollisuuksia**. Erityisenä tavoitteena on vastata tarpeeseen koota suomalaista empiiristä tutkimustietoa nykytilanteesta varhaiskasvatuksessa, esi- ja perusopetuksessa sekä vapaassa sivistystyössä ja osoittaa mahdollisia tutkimusaukkoja. Tavoitteena on myös selvittää, **millaisia vaikutuksia opetuksen digitalisaatiolla on oppimiseen, osaamiseen ja hyvinvointiin** aiheesta julkaistun empiirisen vertaisarvioidun tutkimuskirjallisuuden perusteella. Katsauksen tavoitteena on osallistua digitalisaatiokeskusteluun ja tuoda esiin näkökulmia oppijoiden ja opettajien **digitaalisesta osaamisesta** ja osaamisen kehittämistä sekä **digitaalisen teknologian roolista oppimisen tukena**. Tarvitsemme kriittistä yhteiskunnallista keskustelua digitaalisia ympäristöjä ja palveluja hyödyntävän oppimisen ja opettamisen nykytilasta sekä konkreettisia ehdotuksia toimenpiteistä osaamisen kehittämiseen tulevaisuudessa. Vapaa-ajan digitalisaation vaikutusten tarkastelu on rajattu tämän katsauksen ulkopuolelle.

Kirjallisuuskatsaus vastaa seuraaviin tutkimuskysymyksiin: 1. Millainen on tilannekuva oppijoiden ja opettajien digitaalisesta osaamisesta, digitalisaation etenemisestä suomalaisissa kouluissa sekä COVID-19-pandemian vaikutuksista? 2. Millaisia vaikutuksia opetuksen digitalisaatiolla on ollut oppijoiden oppimiseen, oppimistuloksiin ja hyvinvointiin, ja mitkä tekijät ovat olleet yhteydessä tuloksiin? 3. Miten opetuksen digitalisaatio on vaikuttanut opettajien työhön, osaamiseen ja hyvinvointiin, ja mitkä tekijät ovat olleet syynä näihin vaikutuksiin? 4. Millaisia hyviä digitalisaatiota hyödyntäviä pedagogisia käytäntöjä on tunnustettu, ja mistä tekijöistä hyvät käytännöt koostuvat? 5. Miten oppimisympäristöjä ja opetuksessa käytettäviä digitaalisia palveluja tulisi kehittää?

Raportissa esitellään aluksi systemaattisen kirjallisuuskatsauksen aineisto ja menetelmät sekä kuvaillaan aineiston määrällistä jakautumista. Tulososiossa vastataan tutkimuskysymyksiin osa-alueittain, ja kunkin luvun lopussa tehdään lyhyt yhteenveto tuloksista. Kaikkiin kirjallisuuskatsauksen tutkimuksiin ei tekstissä viitata vaan tutkimusten kokonaislista löytyy lähdeluettelosta ja tekstissä viitataan vain valittuihin edustaviin esimerkkeihin. Lopuksi johtopäätöksissä ja pohdinnassa tiivistetään tutkimuskatsauksen tulokset ja tulevaisuuden tutkimustarpeet sekä pohditaan tulevaisuuden kehittämissuuntia.

Raportin keskeisiksi käsitteiksi valittiin **digitaalinen oppiminen, opetus, osaaminen ja hyvinvointi**. Termien ja käsitteiden käyttäminen digitalisaatiota tarkastelevalla tutkimusalueella on yleisesti varsin kirjavaa. Tästä esimerkkinä on muun muassa se, että varhaiskasvatuksen, perusopetuksen ja vapaan sivistystyön opetussuunnitelmien perusteissa käytetyt käsitteet eroavat osittain toisistaan. Esimerkiksi, varhaiskasvatuksen perusteissa käytetään käsitteitä **digitaalinen osaaminen** ja **monilukutaito**. Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteissa, osana laaja-alaisen osaamisen kokonaisuutta, käytetään puolestaan käsitteitä **monilukutaito (L4)** ja **tieto- ja viestintäteknologinen osaaminen (L5)**. Vapaa sivistystyö hyödyntää käsitteenä **digitaalista osaamista**. Havaintomme perusteella, digitaalinen oppiminen ja osaaminen ovat myös useissa muissa raporteissa ja tutkimuksissa viime aikoina käytetympi käsite kuin esimerkiksi tieto- ja viestintäteknologinen osaaminen.

Koska raporttimme käsittelee opetusta eri elämänvaiheissa ja eri koulutusasteiden piireissä, puhumme tekstissä **oppijoista**, viitaten sekä oppilaisiin että opiskelijoihin. Oppilas -sanalla viitataan tavallisimmin esi- ja perusopetuksen piirissä opiskelemaan lapseen tai nuoreen. Opiskelijalla puolestaan viitataan yleensä oppijaan, joka opiskelee muun kuin esi- tai perusopetuksen piirissä, kuten lukiossa, toisen asteen ammatillisessa koulutuksessa, korkeakoulussa tai vapaan sivistystyön piirissä.

3 SYSTEMAATTINEN KIRJALLISUUSKATSAUS TUTKIMUSMENETELMÄNÄ

3.1 Aineisto ja menetelmät

Lähestymistavaksi valittiin systemaattinen kirjallisuuskatsaus, koska tavoitteena oli luoda kokonaiskuva digitaalisesta osaamisesta ja digitalisaation oppimis- ja hyvinvointivaikutuksista varhaiskasvatuksen, esi- ja perusopetuksen ja vapaan sivistystyön konteksteissa. Kohteeksi rajattiin aihepiiriin liittyvät Suomessa toteutetut ja julkaistut empiiriset tutkimukset vuosien 2010–2024 aikana.

Systemaattisella kirjallisuushaulla haettiin:

- suomalaisia empiirisiä tutkimuksia digitaalisesta osaamisesta ja opetuksen digitalisaation vaikutuksista oppimiseen ja hyvinvointiin
- tutkimuksia, joissa on tarkasteltu digitaalista oppimista ja osaamista varhaiskasvatuksen, esi- ja perusopetuksen sekä vapaan sivistystyön konteksteissa
- vuosina 2010–2024 tehtyjä tutkimuksia

Systemaattisen kirjallisuushaun runkona käytettiin PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses) ohjeistuksen vaiheita ja tarkistuslistaa. PRISMA on kansainvälisen asiantuntijaryhmän vuonna 2009 kehittämä työkalu systemaattisten kirjallisuuskatsausten ja meta-analyysien tekoon (Moher ym., 2009). Aineistoa haettiin neljästä eri tietokannasta, joita olivat Scopus, Web of Science (WoS), ProQuest ERIC ja FINNA. Tietokannoista ProQuest ERIC on kasvatustieteellisiä tutkimuksia sisältävä tietokanta ja Scopus, Web of Science ja FINNA ovat monitieteisiä tietokantoja. Tietokannoista FINNA on ainoa suomenkielinen, kun taas muut tietokannat ovat kansainvälisiä. Kirjallisuushaku toteutettiin englanniksi ja suomeksi kaikkiin neljään tietokantaan. Kaikista tietokannoista saatiin hakutuloksia englanninkielisillä hakusanoilla, mutta vain FINNA toi hakutuloksia suomenkielisillä hakusanoilla. Tietokantoihin syötetyt asiasanat ja niistä Boolean-operaattoreiden avulla muodostuneet hakulausekkeet on esitetty taulukossa 1.

TAULUKKO 1. TIETOKANTOIHIN SUORITETTUIEN HAKUJEN ASIASANAT.

Englanninkieliset hakusanat	Suomenkieliset hakusanat
digital OR technology* OR computational* OR online OR computer* OR internet OR virtual OR "information systems" OR "social media" OR hybrid OR ICT OR "internet use" OR "use of technology"	digita* OR teknolog* OR laskennalli* OR online* OR tietokone* OR internet OR virtuaali* OR tietojärjestelm* OR "sosiaalinen media" OR hybridi* OR ICT* OR ATK* OR TVT* OR "internetin käyttö" OR "teknologian käyttö"
AND	AND
competenc* OR skill OR literac* OR teaching OR education OR learning OR experience* OR attitude* OR thinking OR media OR outcome* OR effect* OR communication OR engagement OR well*being OR "physical health" OR "mental health" OR stress OR depression OR anxiety OR burnout	pätevyys OR osaaminen OR lukutai* OR opetus OR koulutus OR oppiminen OR kokemu* OR asenne OR ajattelu OR media OR vaikutu* OR kommunik* OR sitoutuminen OR hyvinvointi* OR tervey* OR "mielentervey*" OR stressi OR masennus OR ahdistus OR uupumus
AND	AND
pre*school" OR "early childhood education" OR "basic school" OR "basic education" OR "primary school" OR "elementary school" OR "middle school" OR "junior high school" OR "adult college" OR "civic college" OR "liberal arts" OR "labor college" OR "folk college" OR "summer university" OR "study center" OR "physical education center" OR "sports college" OR "lifelong learning" OR "continuous learning" OR "basic skills for adults" OR "civic skills" OR "civic readiness	esikoulu OR esiopetus OR varhaiskasvatus OR peruskoulu OR alakoulu OR ala-aste OR yläkoulu OR yläaste OR aikuisopisto OR kansalaisopisto OR kesäyliopisto OR työväenopisto OR kansanopisto OR "liikunnan koulutuskeskus" OR urheiluoipisto OR "elinikäinen oppiminen" OR "jatkuva oppiminen" OR "aikuisten perustai*" OR kansalaistai* OR kansalaisvalmius
AND	
Finnish OR Finland	

Aineiston muodostuminen vaiheittain on esitetty kuviossa 1. Ensimmäiseksi hakukoneiden kautta löytyneistä julkaisuista poistettiin duplikaatit eli kaksoiskappaleet. Zotero-ohjelman avulla poistettiin duplikaatit niistä hakutuloksista, jotka olivat löytyneet Scopus, Web of Science (WoS) ja ProQuest ERIC -hakukoneiden kautta. FINNA-hakukoneen kautta saadut tulokset eivät olleet suoraan lisättävissä Zoteroon toisin kuin kansainvälisten hakukoneiden hakutulokset, joten näiden duplikaattien karsiminen toteutettiin MS Excel -ohjelmalla manuaalisesti artikkeleiden otsikoita ja abstrakteja vertaamalla. Duplikaattien poistamisen jälkeen aineisto seulottiin hyväksymis- ja hylkäämiskriteerien avulla. Seulontaa toteutettiin ensin julkaisujen otsikoiden ja abstraktien perusteella, minkä jälkeen aineisto seulottiin vielä tarkastelemalla kokonaisia julkaisuja.

Aineistoon hyväksyttiin sellaiset julkaisut, jotka läpäisivät seulonnan seuraavien hyväksymiskriteerien osalta:

1. Julkaisut käsittelevät digitalisuutta opetuskontekstissa oppimisen, osaamisen tai hyvinvoinnin osalta.
2. Julkaisut sijoittuivat varhaiskasvatuksen, esi- ja perusopetuksen tai vapaan sivistystyön alueelle.
3. Julkaisut oli julkaistu vuosien 2010–2024 välillä.
4. Julkaisut olivat kokonaan tai osittain Suomessa toteutettuja ja tuottivat tietoa suomalaisesta kontekstista.
5. Julkaisut olivat empiirisiä tutkimusartikkeleita tai sisälsivät muuten empiiristä tutkimusta.

Edellisten hyväksymiskriteereiden lisäksi aineistoon kohdistettuja hylkäämiskriteereitä olivat seuraavat:

1. Julkaisut eivät olleet suomen- tai englanninkielisiä.
2. Julkaisut olivat maksumuurin takana, eivätkä luettavissa yliopiston lisenssillä.

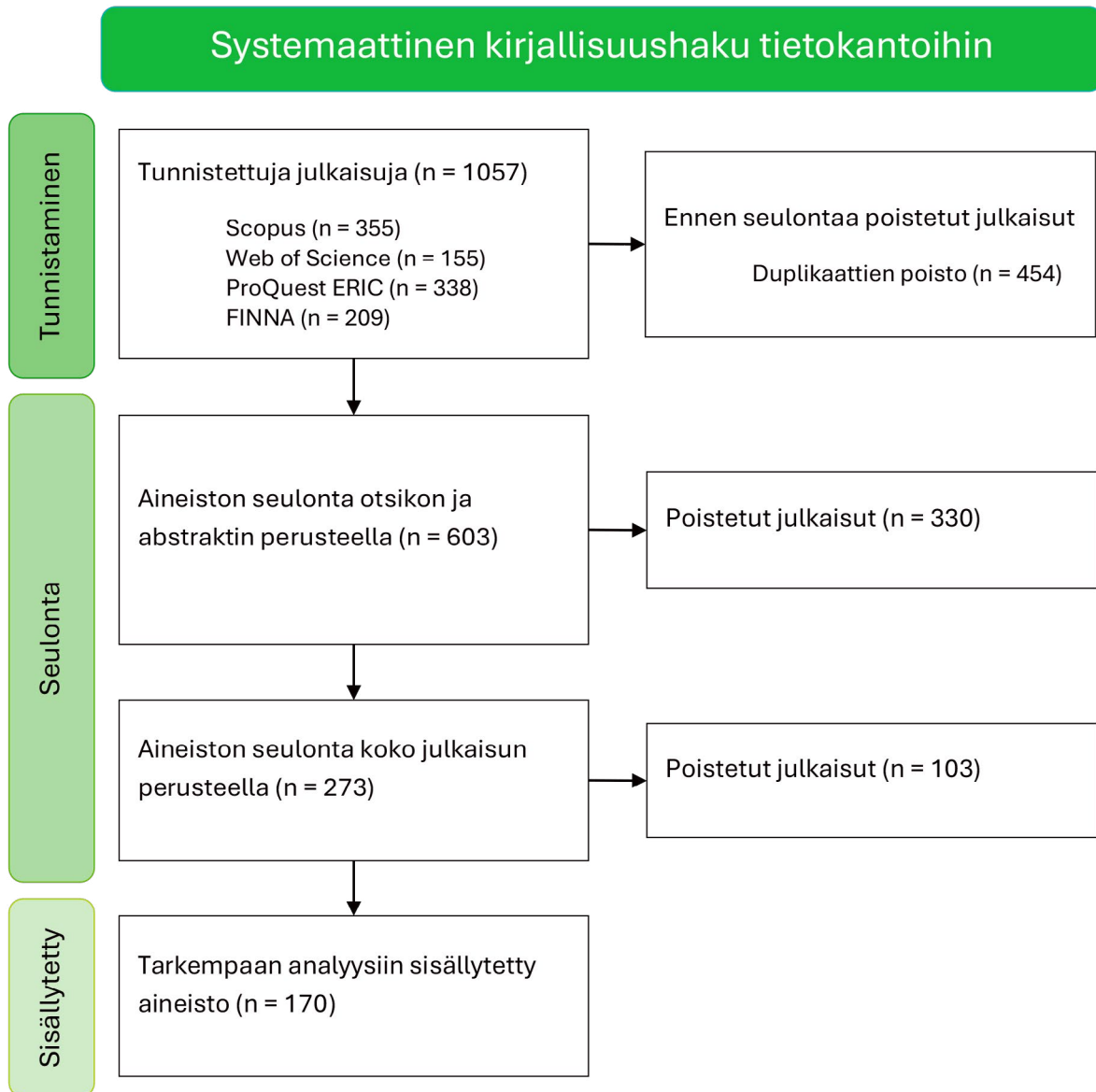
3. Julkaisu oli useita empiirisiä tutkimuksia sisältävä kokonaisuus (esimerkiksi kirja, konferenssipaperi tai vastaava), jonka yksittäisiä tutkimusartikkeleita ei päässyt lukemaan eikä niiden tuloksia ollut erikseen raportoitu.
4. Julkaisut olivat projektikuvauksia ja design-tutkimuksia, jotka eivät sisältäneet empiiristä tutkimusta, tai niiden sisältämä empiirinen tutkimus ei keskittynyt digitalisaatioon.
5. Julkaisut olivat kansainvälisiä tutkimuksia, joissa tulokset eivät esitelleet Suomessa tehtyä empiiristä tutkimusta.

Aineisto jaoteltiin viiteen eri kategoriaan: (1) Oppijoiden oppiminen, oppimistulokset ja hyvinvointi, (2) Opettajien työ, osaaminen ja hyvinvointi, (3) Pedagogiset käytännöt, (4) Opetuksen, oppimisympäristöjen ja digipalvelujen kehittäminen ja (5) Digivälineiden testaus ja kehitys. Neljä ensimmäistä kategoriaa vertautuivat suoraan tutkimussuunnitelmassa määriteltyihin tutkimuskysymyksiin. Viidennen kategoriaan jaettiin ne julkaisut, joiden päähuomiot liittyivät yksittäisiin digitaalisiin palveluihin ja näiden kehittämiseen. Tämä kategoria päätettiin kuitenkin sulkea myöhemmin analyysivaiheessa pois, sillä sen artikkelit eivät joko sisältäneet empiiristä tutkimusta digitaalisista palveluista oppimisen tai opetuksen kontekstissa, tai ne kuuluivat jo osaltaan johonkin neljään edelliseen kategoriaan.

Aineiston jaottelua toteutettiin kirjallisuuskatsauksien tekemiseen suunnitellulla Litmaps-verkkotyökalulla. Jaottelua toteutettiin ensin julkaisujen otsikon ja abstraktin perusteella niiden artikkeleiden osalta, joissa nämä olivat luettavissa. Loput artikkelit jaoteltiin koko julkaisutekstin perusteella. Tässä vaiheessa aineistoista poissuljettiin erityisesti ne julkaisut, jotka eivät tarkemman lukemisen perusteella liittyneet aiheeseen, eivät sisältäneet empiiristä tutkimusta tai joita ei päässyt tarkastelemaan yliopiston lisenssin kautta. Aineiston käsittelyä jatkettiin systemaattisiin kirjallisuuskatsauksiin kehitetyn DistillerSR-ohjelmiston avulla. Jaotellut artikkelit käytiin läpi tutkimusparametrien osalta, joita olivat käytetyt tutkimusmenetelmät, aineistonkeruumenetelmät sekä tutkimusotantojen kohteet ja koot. Tutkimuksista selvitettiin myös tutkimuksen kohteena olleet koulutusasteet ja niissä esitetyt pedagogiset käytännöt. Aineistoista poissuljettiin tässä vaiheessa erityisesti ne julkaisut, jotka eivät kuuluneet tutkimusalueen aihepiiriin esimerkiksi niissä käsitellyn koulutusasteen osalta.

Kirjallisuushaku tuotti yhteensä 1057 hakutulosta, joista 861 hakutulosta oli englanniksi ja 196 suomeksi. Duplikaattien karsimisen jälkeen kirjallisuuskatsauksen materiaalia oli yhteensä 603 julkaisua. Näiden lisäksi lisäsimme tuloksiin vielä muita julkaisuja, joiden olemassaolo ja sopivuus aihepiiriin tiedettiin, mutta jotka eivät olleet löytyneet systemaattisen kirjallisuushaun kautta. Myös nämä julkaisut jaoteltiin kategorioihin ja käytiin DistillerSR-ohjelmiston eri vaiheiden läpi.

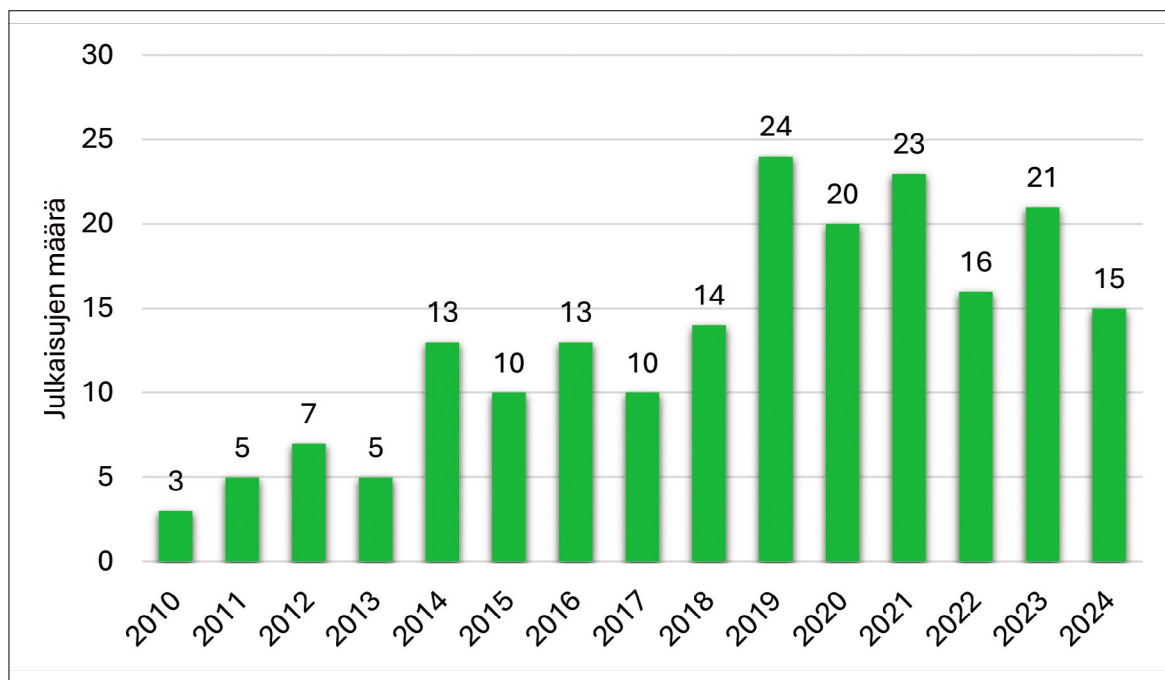
KUVIO 1. SYSTEMAATTISEN KIRJALLISUUSKATSAUKSEN ERI VAIHEET.



3.2 Tutkimusalueen määrällistä kuvailua

Aineiston tarkempaa analyysia tehtiin yhteensä 199 julkaisulle, joista 170 oli systemaattisen haun kautta löytyneitä ja 29 jälkikäteen lisättyjä. Nämä julkaisut löytyvät merkittynä lähdeluettelosta. Kuvio 2 havainnollistaa analyysiin sisällytettyjen julkaisujen määrän vaihtelua vuosien 2010 ja 2024 välillä. Aihepiirin julkaisujen määrä on ollut keskimäärin noususuhdanteista, ja löytyneistä tutkimuksista eniten oli julkaistu vuonna 2019. Vuodelta 2024 löytyi 15 aiheeseen liittyvää tutkimusartikkelia, mutta tähän määrään voi vaikuttaa kirjallisuushaun suorittamisen ajankohta. Haku tietokantoihin toteutettiin syyskuun ja lokakuun aikana, joten se ei huomioi loppuvuodesta julkaistuja artikkeleita, jotka olisivat voineet löytyä käytetyillä hakusanoilla.

KUVIO 2. JULKAISUJEN MÄÄRÄN VAIHTELU VUOSINA 2010–2024.



Kirjallisuushaun jaottelun aikana määritellyt alkuperäiset neljä kategoriaa muokattiin soveltuvammiksi tulosten analysoinnin ja raportoinnin osalta niin, että opetuksen kehittämiseen liittyneet julkaisut yhdistettiin osaksi pedagogisten käytäntöjen kategoriaa. Tämä tehtiin siksi, että pedagogiset käytännöt ja opetuksen suunnittelu ja kehitys liittyvät vahvasti toisiinsa. Julkaisujen lopulliset neljä kategoriaa olivat (1) oppijoiden oppiminen, oppimistulokset ja hyvinvointi, (2) opettajien työ, osaaminen ja hyvinvointi, (3) opetuksen ja pedagogiikan käytänteet, (4) oppimisympäristöjen ja digipalvelujen kehittäminen. Aineiston jakautumista eri aihealueiden välillä on esitetty taulukossa 2. Yksi julkaisu voi kuulua useampaan kategoriaan. Valtaosa aineistosta koostui tutkimusartikkeleista, joita oli 188 julkaisua (94 %). Muita julkaisutyyppejä olivat kirjat, joita aineistossa oli kuusi kappaletta, sekä yksi kirjan luku ja neljä konferenssipaperia.

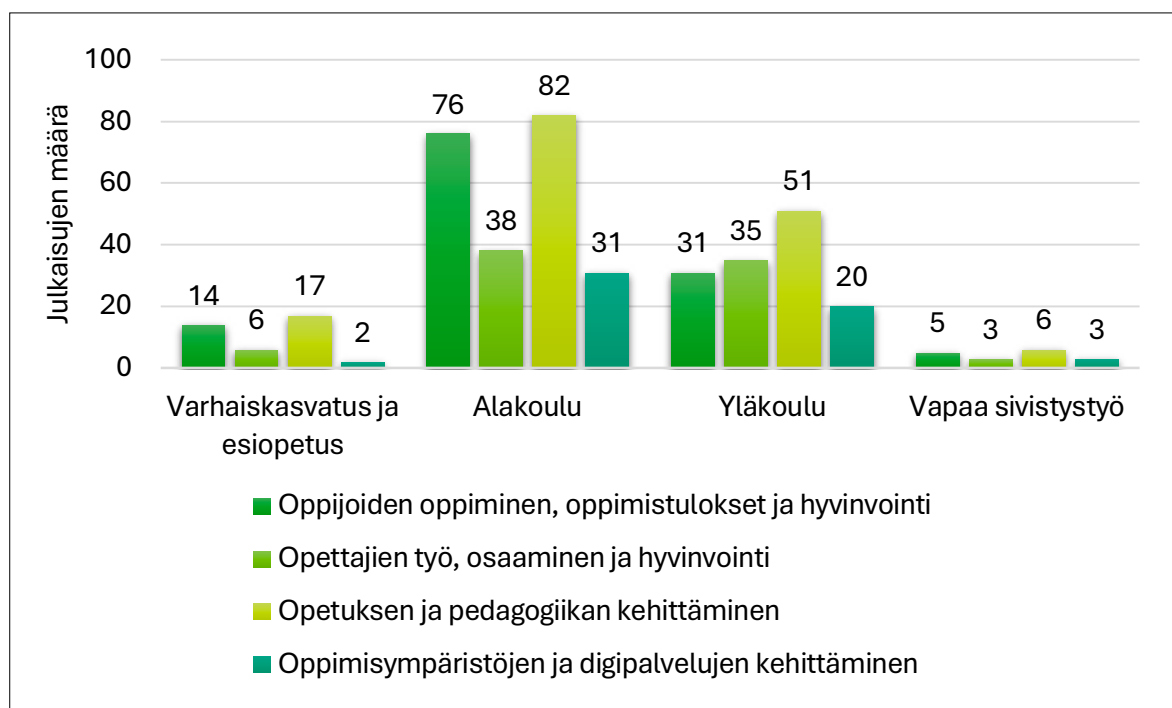
TAULUKKO 2. AIHEALUEIDEN JAKAUTUMINEN AINEISTOSSA.

Aihealue	Julkaisujen määrä
Oppijoiden oppiminen, oppimistulokset ja hyvinvointi	110
Opettajien työ, osaaminen ja hyvinvointi	47
Opetuksen ja pedagogiikan käytänteet	113
Oppimisympäristöjen ja digipalvelujen kehittäminen	41

3.2.1 Koulutusasteet

Kuviossa 3 esitellään, kuinka koulutusasteet olivat edustettuina eri aihepiireissä. Yksi julkaisu saattoi käsitellä useampaa koulutusastetta. Yli puolet tutkimusartikkeleista liittyi peruskoulutasolla tehtyyn tutkimukseen (167 julkaisua), joista 144 julkaisua liittyi alakouluun ja 86 julkaisua yläkouluun. Perusopetusta käsitelleistä tutkimuksista hieman yli kolmasosa oli toteutettu sekä ala- että yläkoulussa. Pelkästään yläkoulussa toteutettu tutkimus oli selvästi harvinaisempaa kuin pelkästään alakoulussa toteutettu tutkimus; peruskoulutasoa koskeneesta aineistosta pelkästään yläkouluun liittyneitä julkaisuja oli 25 kappaletta, kun puolestaan pelkästään alakouluun liittyneitä julkaisuja oli 81 kappaletta. Varhaiskasvatusta ja esiopetusta käsitteleviä tutkimuksia oli 29 julkaisua. Näistä kuusi julkaisua käsitteli myös peruskoulua. Vähiten tutkimuksia oli tehty vapaan sivistystyön piirissä (10 julkaisua), vaikka vapaa sivistystyö ymmärrettiin tässä katsauksessa tavallista laajemmin, sisältäen monenlaisia elinikäisen oppimisen muotoja.

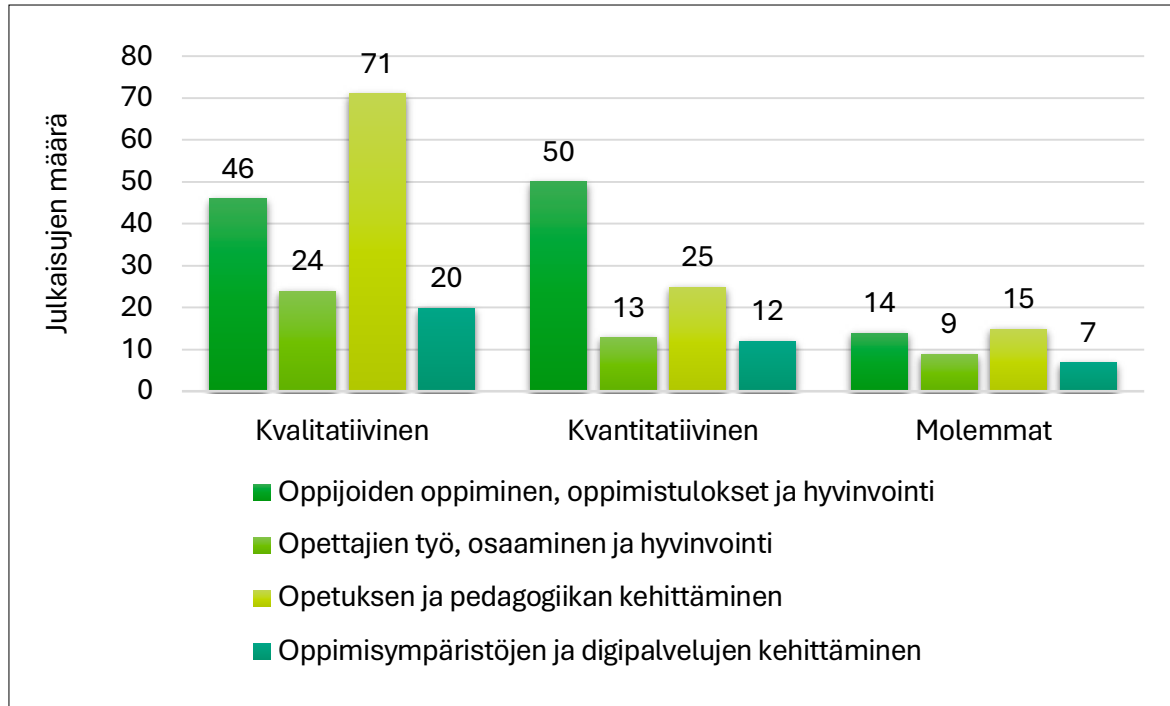
KUVIO 3. TUTKIMUKSISSA KÄSITELTYJEN KOULUTUSASTEIDEN MÄÄRÄ AIHEPIIREITTÄIN.



3.2.2 Tutkimusmenetelmät ja aineistonkeruumenetelmät

Kuvio 4 esittelee, miten tutkimusmenetelmien määrä vaihteli aineistossa aihepiireittäin. Aineistosta yli puolet (102 julkaisua) sisälsi tutkimusmenetelmältään kvalitatiivista tutkimusta. Julkaisuista 66 sisälsi kvantitatiivista tutkimusta ja 29 julkaisua sekä kvalitatiivista että kvantitatiivista tutkimusta. Kahdesta julkaisusta tutkimusmenetelmää ei pystytty selvittämään.

KUVIO 4. TUTKIMUSMENETELMIEN JAKAUTUMINEN AIHEPIIREITTÄIN.

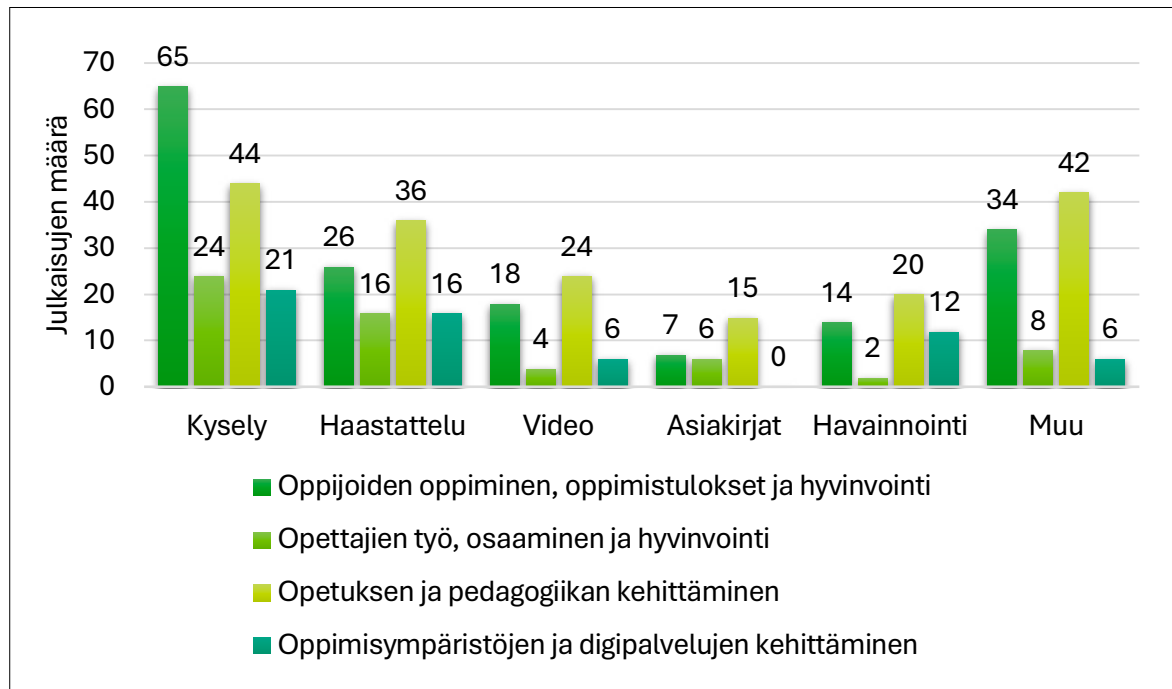


Kuvio 5 esittelee, kuinka erilaiset aineistonkeruumenetelmät olivat edustettuina aineistossa eri aihepiireissä. Yksi julkaisu pystyi sisältämään useampaa eri aineistonkeruumenetelmää. Yleisin aineistonkeruumenetelmä julkaisuissa oli kysely (96 julkaisua), joihin sisältyivät erilaiset paperi- ja verkkokyselyt, itsearviointikyselyt, lukutaito- ja kirjoitustestit sekä aikaisemmin kerätyt kyselyaineistot. 59 julkaisussa aineistonkeruumenetelmänä käytettiin haastattelua, joita toteutettiin yksilö- ja ryhmähaastatteluina, teemahaastatteluina, keskustelunomaisina haastatteluina sekä video- ja puhelinhaastatteluina. 30 julkaisussa aineistonkeruu oli tehty videomateriaalilla, johon sisältyivät videot oppimistilanteista, oppijoiden tuottamat videomateriaalit, ruudunkaappausvideot ja videoblogit. Viralliset asiakirjat, kuten opetushallinnon lausunnot, opetus- ja kehityssuunnitelmat, lakidokumentit sekä viranomaisraportit ja -asiakirjat toimivat aineistona 19 julkaisussa. Havainnointi ja siitä syntyneet kenttämuistiinpanot toimivat aineistonkeruumenetelmänä 20 julkaisussa. Yllä mainituista aineistonkeruumenetelmistä poikkeavia muita tapoja oli 57 julkaisussa. Nämä aineistonkeruumenetelmät sisälsivät oppijoiden kirjoituksia ja piirustuksia, opettajien kirjallisia ohjeistuksia, opettajien esseitä ja reflektioita, oppijoiden ja opettajien päiväkirjamerkintöjä, valokuvia, digitaalisia artefakteja, erilaisten projektien (esimerkiksi ohjelmointiprojektien) tuotoksia, chat-keskusteluita sekä tietokone-lokiteidostoja.

Kasvatustieteet, mukaan lukien teknologiakasvatus ja käsityötieteet, olivat tieteenaloista vahvimmin edustettuja. Tutkimusotteeltaan kasvatustieteelliset tutkimukset olivat yleisimmin kyselytutkimuksia, monimenetelmällisiä tapaustutkimuksia tai laadullisia haastattelu- ja videoaineistoa sisältäviä

tutkimuksia. Valtaosa tutkimuksista ei kuitenkaan edusta puhtaasti vain yhtä tieteenalaa. Monet tutkimukset nojasivat eri tieteenalojen perinteisiin, esimerkiksi psykologiaan ja kasvatustieteeseen. Psykologiaan painottuvat tutkimukset olivat tyypillisesti luonteeltaan kokeellisia tai kvasikokeellisia ja sisälsivät esimerkiksi oppimistuloksia mittaavia testejä. Vähemmistönä tieteenalojen joukossa olivat tietojenkäsittely/-informaatiotieteet ja sosiologia, mikä on ymmärrettävää tutkimuskysymysten luonteen takia.

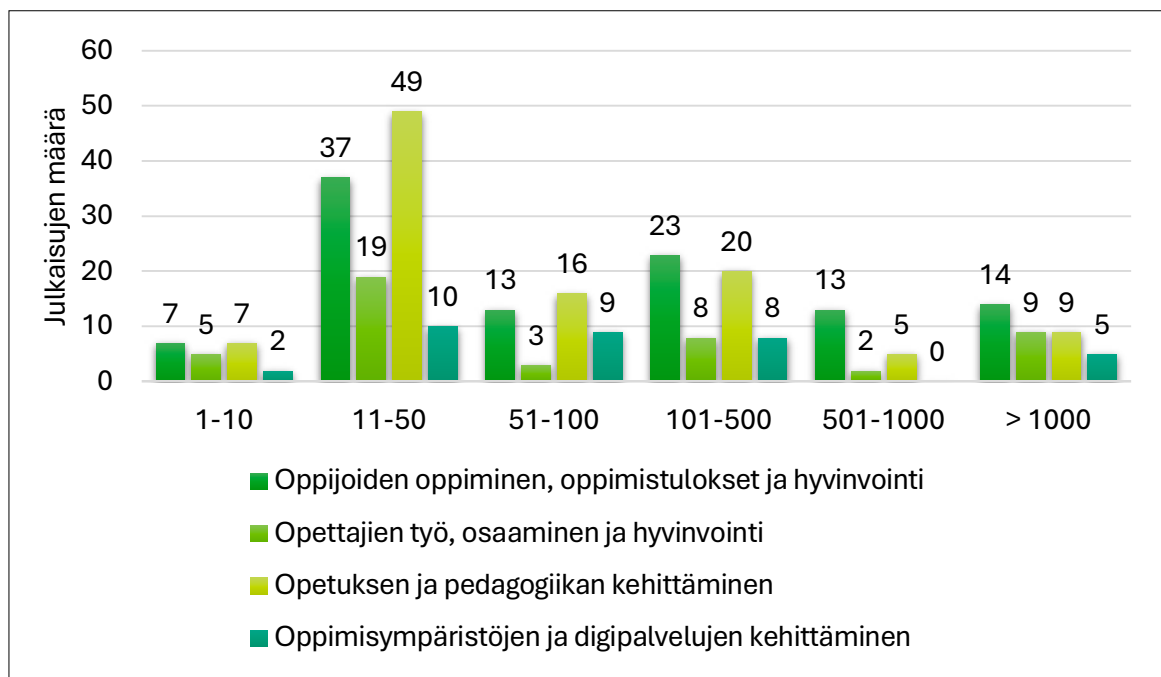
KUVIO 5. AINEISTONKERUUMENETELMIEN JAKAUTUMINEN AINEISTOSSA AIHEPIIREITTÄIN.



3.2.3 Otannan koko ja kohderyhmä

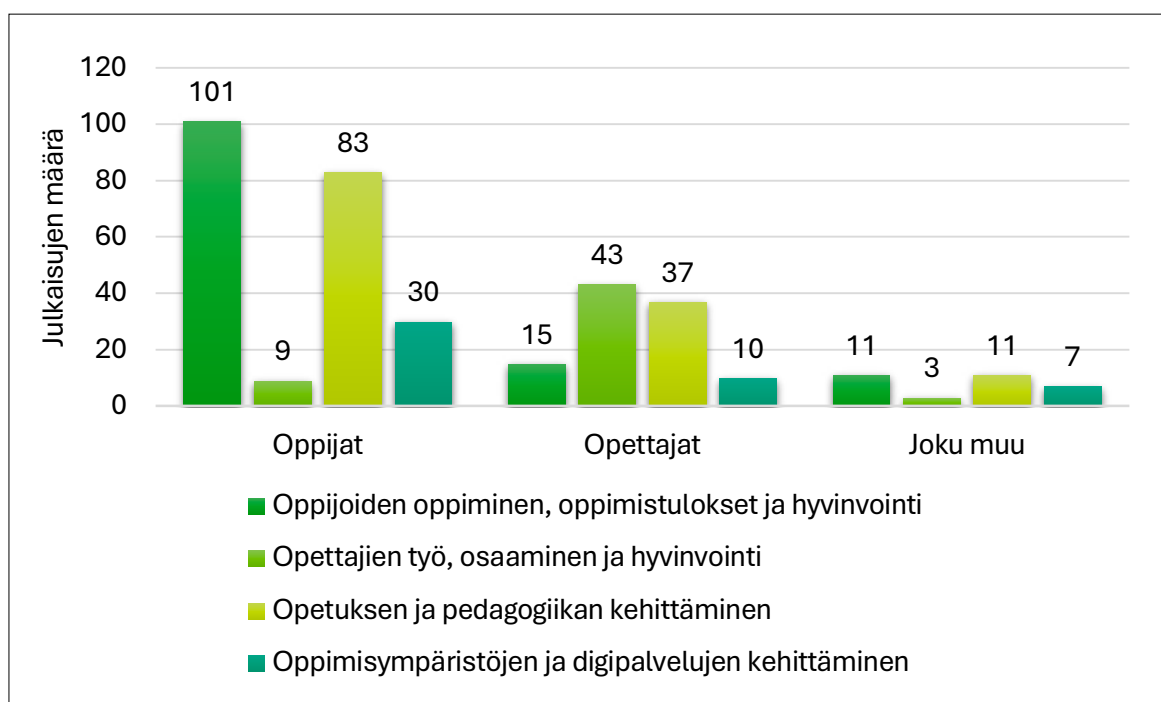
Kuvio 6 esittelee, minkä kokoisia aineistoja kirjallisuuskatsauksessa tarkastelluissa tutkimuksissa oli käytetty 187 julkaisun ja kunkin aihepiirin osalta. 12 tutkimuksessa otannan kokoa ei ollut ilmoitettu tai se ei ollut selvitetävissä. Suurimmassa osassa tutkimuksista (75 julkaisua) otannan koko sijoittui 11–50 henkilön välille. Seuraavaksi yleisin otannan koko oli 101–500 henkilöä (38 julkaisua) ja 51–100 henkilöä (22 julkaisua). 501–1000 otantakoon tutkimuksia oli kokonaisuudessaan 16 julkaisua, ja yli 1000 hengen otantakoon tutkimuksia oli 21 julkaisua. Vähiten tutkimuksissa oli käytetty 1–10 henkilön aineistoja (15 julkaisua).

KUVIO 6. OTANNAN KOKO TUTKIMUKSISSA AIHEPIIREITTÄIN.



Kuvio 7 esittelee otannan kohderyhmien jakautumisen aihepiireittäin. Yksi julkaisu sisälsi joko yhden tai useamman kohderyhmän. Koko aineiston suurin otannan kohderyhmä olivat eri-ikäiset oppijat (140 julkaisua). Opettajat ja opettajaopiskelijat olivat otannan kohderyhmänä 69 julkaisussa ja muut henkilöt 17 julkaisussa. Muita henkilöitä olivat koulujen ja oppilaitosten rehtorit ja johtajat, huoltajat, tutkijat, tieto- ja viestintäteknologian (TVT) vastuhenkilöt, työntekijät ja esihenkilöt, työelämässä olevat aikuiset sekä maahanmuuttajataustaiset suomalaiset.

KUVIO 7. OTANNAN KOHDERYHMÄN JAKAUTUMINEN AINEISTOSSA AIHEPIIREITTÄIN.



4 TULOKSET

4.1 Tilannekuva digitaalisesta osaamisesta ja digitalisaation etenemisestä kouluissa

Millainen on tilannekuva oppijoiden ja opettajien digitaalisesta osaamisesta, digitalisaation etenemisestä suomalaisissa kouluissa sekä COVID-19-pandemian aikaisen etäopetuksen vaikutuksista?

4.1.1 Oppijoiden digitaalinen osaaminen

ICILS-tutkimuksen (Fagerlund ym., 2024) mukaan 15-vuotiaat suomalaisnuoret ovat osaavia sekä digitaalisessa monilukutaidossa että ohjelmoinnillisen ajattelun taidossa. Monilukutaidolla viitataan erityisesti verkkoympäristöissä tarvittaviin tiedon hakemisen, käsittelyn ja jakamisen taitoihin. Ohjelmoinnillinen ajattelu puolestaan tarkoittaa digitaaliseen ongelmanratkaisuun liittyviä tietoja ja taitoja, esimerkiksi ongelmien esittämistä ja ratkaisujen toteuttamista tietokoneen ymmärtämässä muodossa. Tytöt suoriutuvat molemmissa osa-alueissa paremmin kuin pojat. Kehityssuunta osaamistasossa on kuitenkin huolestuttava, koska monilukutaidon osaamisen keskimääräinen tulos on laskenut 24 pistettä vuosien 2018 ja 2023 välisenä ajanjaksona. Erityisesti heikoimmin suoriutuvien oppijoiden määrä on Suomessa kasvanut. Sama kehityssuunta näkyy myös muissa lukemisen ja lukutaidon tutkimuksissa sekä myös monissa muissa maissa. Lisäksi erityisesti ohjelmoinnillisen ajattelun osaamisessa on havaittavissa yksilöiden välisten erojen kasvua sekä heikoimmin että parhaiten suoriutuvien oppijoiden osalta.

DigiV00- (Oinas & Vainikainen, 2024) ja Digiajan peruskoulu -tutkimukset (Tanhua-Piiroinen ym., 2019, 2020) osoittavat, että digitaalisen infrastruktuurin kehittymisestä ja laitteiden saatavuudesta huolimatta laajamittaista digitaalisen osaamisen muutosta ei suomalaisissa perusasteen kouluissa ole tapahtunut (Tanhua-Piiroinen ym., 2020). Lisäksi tutkimukset ovat osoittaneet, että suomalaiset oppijat näyttävät omaksuvan suurimman osan digitaalisesta osaamisestaan koulun ulkopuolella, mikä lisää oppijoiden sosioekonomisesta taustasta johtuvaa eriarvoisuutta ja luo riskejä digitaalisen teknologian sääntelemättömälle käytölle vapaa-ajalla (Fagerlund ym., 2024; Leino ym., 2019).

Nwakasi ym. (2019) vertailivat teknologiapainotteista ongelmanratkaisua aikuisväestön keskuudessa PIAAC-datan avulla. Teknologiapainotteisella ongelmanratkaisulla viitataan adaptiiviseen ongelmanratkaisuun, joka edellyttää ongelman määrittämisen, tiedon hakemisen ja ratkaisun toteuttamisen kognitiivisia ja metakognitiivisia prosesseja erilaisissa tietoympäristöissä ja asiayhteyksissä. Suomi erottuu korkeilla teknologiapainotteisen ongelmanratkaisun taidoilla, erityisesti nuoremmissa ikäryhmissä (20-49-vuotiaat). Tulosta vahvistaa myös tuorein PIAAC-tutkimus (Mannonen ym., 2024). Mahdolliseksi selittäjäksi on nostettu Suomen aikuiskoulutusjärjestelmä ja jatkuvan oppimisen painotus.

Pihlainen ym. (2021) tutkivat ikääntyneiden oppijoiden sekä tieto- ja viestintätekniikan opettajien ja vertaisopettajien kokemia hyötyjä digitaalisista koulutustilaisuuksista ikääntyneiden aikuisten järjestöissä tai aikuiskoulutuskeskuksissa. Tulosten mukaan osallistuminen digitaalisiin koulutus-tapahtumiin tuki osallistujien digitaalisen lukutaidon kehittymistä ja hyvinvointia. Myös useimmat iäkkäiden aikuisten vertaisopettajat kuvasivat hyvinvointinsa lisääntyneen. Tulokset osoittivat, että osallistuminen näihin koulutustilaisuuksiin tuki itsenäisyyden ja positiivisen keskinäisriippuvuuden kasvua uusissa oppimisyhteisöissä, minkä voidaan olettaa vahvistavan ikääntyneiden oppimista ja hyvinvointia.

4.1.2 Opettajien digitaalinen osaaminen ja täydennyskoulutus

Aiemman tutkimuksen perusteella opettajien tiedetään käyttävän digitaalista teknologiaa opetuksessaan vaihtelevalla tavalla (Karakainen & Saikkonen, 2021), mutta ajantasainen tutkimustieto opettajien digitaalisesta osaamisesta on vähäistä.

ICILS2023-tutkimuksen mukaan suomalaisista yläkoulun opettajista noin viidenneksellä oli oman arvionsa mukaan vain minimitaidot ohjelmointitaitojen opettamiseen ja useat opettajista arvelivat, etteivät edes oppisi ohjelmointiosaamista (Fagerlund ym., 2024). Yhä useampi opettaja myös kertoo näkevänsä teknologian käytössä kielteisiä vaikutuksia oppimiseen, ja erityisesti heidän painotuksensa monilukutaidon ja ohjelmoinnillisen ajattelun sisältöihin oli vähentynyt viimeisen viiden vuoden aikana (Fagerlund ym., 2024). Tämä on jossain määrin erisuuntainen trendi kuin voimassa olevien opetussuunnitelmien perusteiden painotus monilukutaitoon ja digiosaamiseen.

Opettajille on tarjolla erilaisia maksuttomia tukiresursseja ja -materiaaleja. Esimerkiksi vuonna 2022 opetus- ja kulttuuriministeriö myönsi merkittävän rahoituksen Uudet lukutaidot -kehittämishankkeen hankkeisiin. Kehittämishankkeissa luotiin digitaalisen osaamisen kuvaukset opettajien työn ja opetussuunnitelmien perusteiden toimeenpanon tueksi (ePerusteet: Digitaalisen osaamisen kuvaukset). Tavoitteena oli parantaa tieto- ja viestintäteknologista osaamista, medialukutaitoa ja ohjelmointiosaamista. Hankkeiden jälkeisen selvityksen perusteella kokemukset olivat positiivisia, ja vaikutukset näkyivät tietoisuuden kasvuna, täydennyskoulutuksen edistymisenä, yhteisten linjausten luomisena sekä hankintojen kehittämisenä (Salomaa, 2024). Opetushallituksen rahoittamat opetustoimen ja varhaiskasvatuksen henkilöstön koulutukset ovat tukeneet opettajien osaamista suhteessa opetuksen digitalisaatioon. Esimerkiksi vuosina 2018–2022 yli 7000 opetusalan ammattilaista varhaiskasvatuksesta toiselle asteelle osallistui opetushallituksen rahoittamaan ja Jyväskylän yliopiston järjestämään luku- ja kirjoitustaitojen oppimista ja opetusta koskevaan LUKILOKI-täydennyskoulutukseen, jossa digitaalinen osaaminen oli yhtenä keskeisenä osa-alueena (Kuosmanen ym., 2023).

Digiajan peruskoulu II -selvityksen (2020) mukaan opettajien digitaalinen osaaminen on kehittynyt maltillisesti, ja täydennyskoulutus ja tutortoiminta ovat parantaneet heidän luottamustaan digitaalisiin taitoihinsa. Toisaalta taas ICILS2023-tutkimuksen mukaan opettajien voi olla käytännössä vaikea osallistua koulutuksiin työn ohella (Fagerlund ym., 2024). Teknologian opetuskäytön vakiintumisen tiellä näyttääkin olevan vielä useita haasteita: valmisteluajan ja ammatillisen oppimisen resurssien puute, kannusteiden puuttuminen sekä teknisen ja pedagogisen tuen riittämättömyys. Rehtorien ja opettajien välillä näyttää olevan myös näkemyseroja, joiden mukaan rehtorit suhtautuvat opettajia positiivisemmin digipedagogiikan kehittämisen tilannekuvaan (Fagerlund ym., 2024).

4.1.3 Opetuksen digitalisaation nykytila

Digiajan peruskoulu II -selvityksen (2020) mukaan digitalisaation eteneminen kouluissa on ollut epätasaista. Koulujen mahdollisuudet hyödyntää digitaalisia opetus- ja oppimismahdollisuuksia vaihtelevat suuresti, mikä yhdessä erilaisten toimintakulttuurien ja asenteiden kanssa asettaa oppijat eri-arvoiseen asemaan digitaalisten oppimisessa ja soveltamisessa. Myös tukiresurssien osalta on edelleen vaihtelua ja puutteita: teknisen ja pedagogisen tuen järjestäminen näyttää monissa kouluissa jääneen vapaaehtoisten ja aktiivisimpien harteille ilman selkeää tehtäväjakoja tai työaikaa (Fagerlund ym., 2024). Viimeaikaiset tutkimukset (esim. Fagerlund ym., 2019; Leino ym., 2021) ovat kuitenkin osoittaneet, että koulujen mahdollisuudet tukea digitaalista osaamista ja hyödyntää teknologiaa opetuksessa ovat monilta osin parantuneet. Erityisesti tietoteknisen infrastruktuurin kuten laitteiden ja ohjelmistojen, internetyhteydellä varustettujen tietokoneiden sekä erilaisten alustojen ja sovellusten saatavuuden osalta tilanne on kohentunut.

Digitaalisten välineiden käyttö oppimistarkoituksiin on ICILS2023-tutkimuksen perusteella suomalaisnuorten keskuudessa keskimääräistä alhaisempaa, erityisesti muihin Pohjoismaihin verrattuna (Fagerlund ym., 2024). Opettajien mukaan vuosien 2018 ja 2023 välillä käyttö on hieman lisääntynyt, mutta se on keskittynyt pääasiassa perusohjelmistojen kuten tekstinkäsittelyohjelmien ja diaesitysten tekoon käytettyjen ohjelmien käyttöön sekä tiedonhakuun ja esittämiseen. Erityisohjelmistojen (esim. multimediaohjelmat, simulaatiot) käyttöön tai esimerkiksi ohjelmoinnillisen ajattelun opiskeluun on kiinnitetty suomalaiskouluissa vain vähän huomiota. Myös DigiV00-tutkimuksen mukaan teknologian käyttö yläkouluissa on melko yksipuolista ja kohdistuu tiedonhakuun, editointiin ja tallentamiseen. Oppijat ovat harvoin aktiivisia toimijoita tunneilla, joilla käytetään digitaalista teknologiaa. Oppijat, jotka saivat tehostettua tai erityistä tukea, joilla oli maahanmuuttotausta tai joilla oli heikommat oppimistulokset, kertoivat DigiV00-tutkimuksessa käyttävänsä digitaalista teknologiaa kouluissa useammin kuin muut oppijat. Digitaalisen teknologian käytön ja oppimisen välillä vaikutti olevan negatiivinen yhteys, mutta tutkijoiden mukaan sitä selittää osittain teknologian käyttäminen eriyttämiseen (Oinas & Vainikainen, 2024).

4.1.4 Etäopetuksen vaikutukset oppimiseen, osaamiseen ja hyvinvointiin COVID-19 pandemian aikana

Tämän kirjallisuuskatsauksen tarkastelujaksolle ajoittuu COVID-19-pandemiasta johtunut etäopetusjakso. Suomessa COVID-19-pandemian alkaessa keväällä 2020 koulut suljettiin kahdeksaksi viikoksi ja siirryttiin etäopetukseen. Perusopetuksessa rajoitettiin sekä opetuksen järjestämisen tapoja että oppimisen ja koulunkäynnin tuen saantia. Etäopetus jatkui erityisesti toisella asteella ja korkea-asteella vielä kaksi vuotta, ja perusopetuksen toimivuutta koeteltiin toistuvilla karanteeneilla.

Kansainväliset tutkimukset ovat osoittaneet, että koronapandemian aikaiset koulusulut ja etäopetus heikensivät oppimistuloksia, erityisesti niiden lasten ja nuorten kohdalla, jotka tarvitsivat tukea oppimiseen tai joilla on heikompi sosioekonominen tausta (esim. Betthäuser ym., 2023). Heikentyneitä oppimistuloksia havaittiin esimerkiksi Suomessa 4. luokkalaisten lukutaidossa (Leino ym., 2023; Lerkkanen ym. 2023), Norjassa 1. luokkalaisten kirjoitustaidossa (Skar ym., 2023), Saksassa 5. luokkalaisten luetun ymmärtämisessä ja matematiikassa (Schult ym., 2022), Alankomaissa 4.-7. luokkalaisten lukemisessa, oikeinkirjoituksessa ja matematiikassa (Engzell ym., 2021), Belgiassa 6. luokkalaisten lukemisessa ja matematiikassa (Maldonado & De Witte, 2021) sekä Yhdysvalloissa 4. luokkalaisten matematiikassa ja lukemisessa (Kuhfeld ym., 2020). Muutamissa tutkimuksissa on kuitenkin raportoitu myös positiivisia tuloksia ensimmäisen sulkuaallon jälkeen, erityisesti matematiikassa. Esimerkiksi saksalaisissa kouluissa, joissa käytettiin opetussuunnitelmapohjaista verkkooppimisympäristöä matematiikassa, 1.-2.-luokkalaisten suoritukset paranivat sulun aikana (Spitzer & Musslick, 2021). Meeterin (2021) tutkimuksessa Alankomaissa 2.-6.-luokkalaisten, jotka käyttivät mukautuvaa harjoitusohjelmaa matematiikassa, osoittivat nopeampaa edistymistä matematiikan oppimisessa sulun aikana verrattuna vastaaviin oppijoihin edellisenä vuonna. Myös Kiinassa (Clark ym., 2021) COVID-19-sulun aikainen korkealaatuinen etäopetus yhdeksäluokkalaisten paransi oppijoiden tuloksia lukutaidossa ja matematiikassa; erityisesti heikosti suoriutuvat hyötyivät laadukkaasta etäopetuksesta.

Opetushallituksen selvityksessä havaittiin, että koulujen ja kotien resurssit jakautuivat epätasaisesti etäopetuksessa vaadittavien internetyhteyksien ja laitteiden saatavuudessa sekä vaadittavien digitaalisten taitojen suhteen (Vuorio ym. 2021). Kansallisen koulutuksen arviointikeskuksen (Karvi) arvioinnin (3/2020–1/2021) mukaan osalla oppijoista ei ollut etäopiskelun edellyttämiä valmiuksia, eikä oppimisen tuki ollut riittävää. Monissa kouluissa etäopetus järjestettiin videoyhteyksin toteutetun yhteisen opiskelun sekä itsenäisen työskentelyn yhdistelmänä (Goman ym. 2021), mikä aiheutti myös muutoksia esimerkiksi oppijoiden päivärytmiin ja heidän saamaansa oppimisen tukeen (Pöysä ym., 2023a,

2023b). Oppijoilla oli haasteita muun muassa opiskeluun motivoitumisessa, itseohjautuvuudessa ja avun pyytämisessä (Goman ym. 2021). Etäopetuksen takia perusopetuksen oppijoiden opiskeluun käyttämä aika viikossa romahti, oppimistulosten kehitys hidastui (Lerikkanen ym., 2023; Pöysä ym., 2023a, 2023b) ja pahoinvointi lisääntyi (Salmela-Aro ym., 2021). Oppijat kokivat yksinäisyyttä ja kaipasivat koulukavereitaan (Pöysä ym., 2023b). Motivaatiolla havaittiin olevan tärkeä merkitys oppimisvajeen ehkäisyssä (Lerikkanen & Pakarinen, arvioitavana).

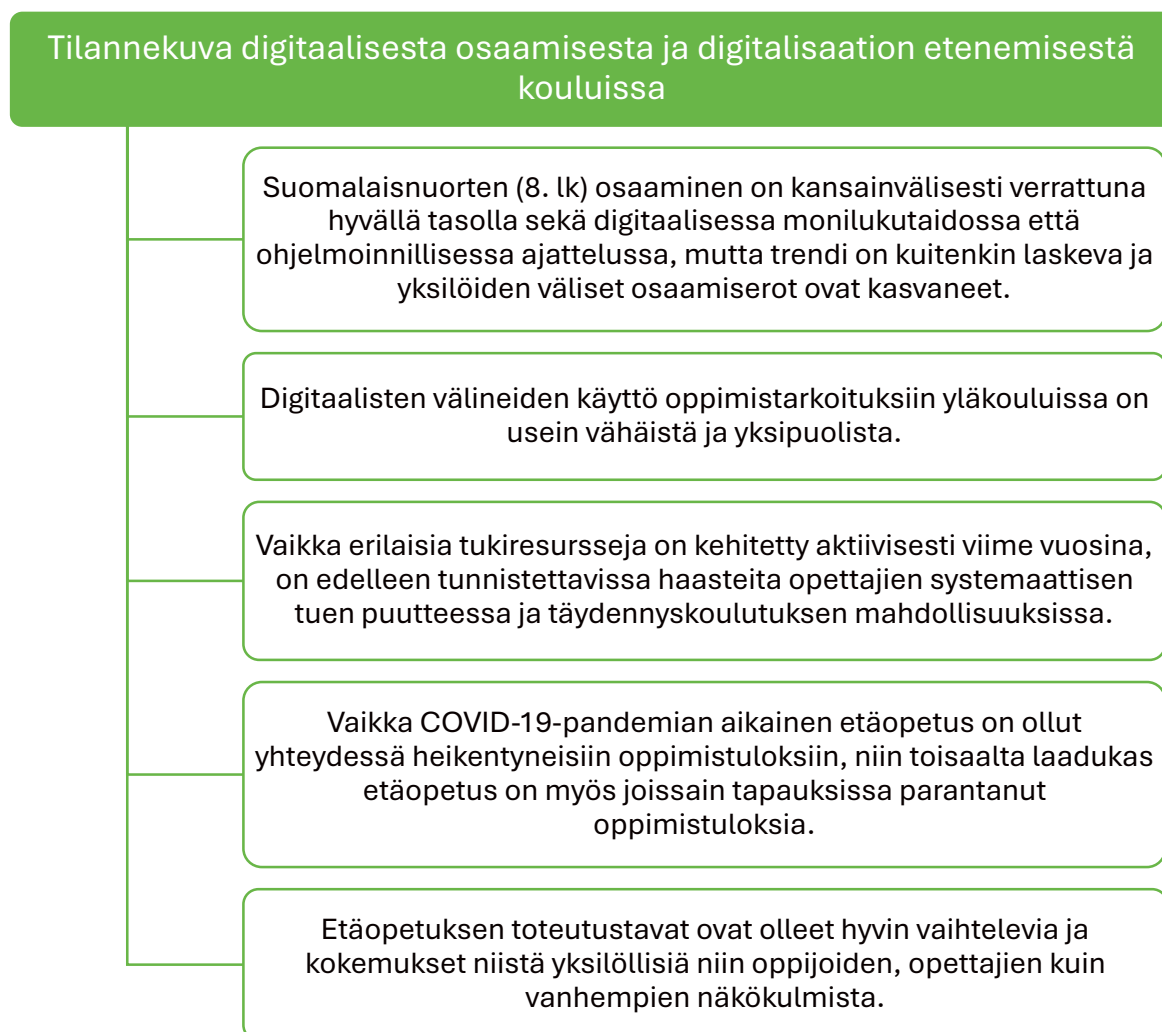
Etäopetus toteutettiin kouluissa hyvin vaihtelevasti ja vastuu lasten oppimisesta jäi pitkälti vanhemmille (Pöysä ym., 2023b). Systemaattista tutkimusta etäopetuksessa käytetyistä digitaalisista ja pedagogisista ratkaisuista ei ole kuitenkaan saatavilla. Osa huoltajista koki lapsensa jäävän etäyhteyksiä hyödyntävässä oppimisessaan ilman opettajan riittävää tukea, mikä tarkoitti kasvanutta kuormaa huoltajille (Pöysä ym. 2023b). Kun myös moniammatillinen tuki puuttui, aiheutui tilanne, jossa huoltajille valui viranomaisille kuuluvia vastuita (Pakarinen ym. 2023). Vanhempien resurssit ja taidot ohjata etäopiskelua kotona vaihtelivat suuresti (Sorkkila & Aunola, 2021). Osalla oli kotona puutteelliset tilat ja välineet etäopetukseen. Lapsiperheellisten hyvinvointia haastoivat etäopetus ja lasten ruokahuolto aikuisten päivätyön, joka myös oli usein etätyötä, ohella (Sorkkila ym., 2023).

Malessan (2023) tutkimus kohdistui digitaalisten palvelujen rooliin aikuisten maahanmuuttajien kieli- ja lukutaitokoulutuksessa Suomessa COVID-19-pandemiaa ennen ja sen aikana. Suomalaisille kielten ja lukutaidon opettajille suunnatun survey- ja haastattelututkimuksen perusteella ongelmankohdiksi nousivat laitteiden käyttö opetustarkoituksiin, käyttökokemuksen puute, sopivien laitteiden ja kursien riittämätön tarjonta sekä riittämätön tuki oppijoille ja opettajille. Opettajat pyrkivät eri tavoin varmistamaan ja mahdollistamaan laitteiden käyttö- ja oppimismahdollisuudet, mikä johti erityisesti pandemia-aikana suureen työmäärään. Myös muiden tutkimusten mukaan koronapandemian aikana rehtoreiden ja opettajien työhön liittyvä kuormitus kasvoi, työuupumus kaksinkertaistui ja työnto laski (Pöysä ym., 2022; Salmela-Aro ym., 2022; Toyama ym., 2022). Lisäksi rehtorit toivat esille hallinnon taholta tulleet epäselvät ja nopeasti muuttuvat ohjeistukset, jotka lisäsivät työmäärää ja koko kouluyhteisön kuormitusta (Elomaa ym., 2023).

Kokemukset ovat olleet kuitenkin hyvin yksilöllisiä. Koronapandemia on selkeästi osoittanut polarisaation yksilöiden oppimisessa, hyvinvoinnissa ja työkuormituksen kokemuksessa. Pienelle joukolle oppijoita etäopetus sopi, mikä heijastui opiskeluun ja hyvinvointiin. Osalla oppijoista kouluinto jopa lisääntyi: alakoulussa 26 % ja yläkoulussa 16 % oppijoista raportoi suurempaa kouluintoa etäopetuksen aikana (Salmela-Aro ym., 2021). Oli myös opettajia, jotka raportoivat löytäneensä työinnon uudelleen etäopetuksen kuormituksesta huolimatta (Pöysä ym. 2022). Samoin osa rehtoreista muokkasi työtään heti pandemian alkaessa, ja heillä työn imu tuolloin jopa lisääntyi (Toyama ym., 2022).

COVID-19-pandemia-ajan etäopetukseen liittyi myös yksittäisiä digitaalisia ja pedagogisia ratkaisuja. Muun muassa Loukomiehen ja Juutin (2021) tutkimuksessa tarkasteltiin alakoululaisten kokemuksia etäopetuksesta pandemia-aikana. Instant Video Blogging (IVB) -menetelmän avulla oppijat pystyivät välittämään yksilöllisiä kokemuksiaan ja tunteitaan opettajalle. Etäopetuksessa IVB toimi vuorovaikutusvälineenä opettajan ja oppijoiden välillä. IVB toimi paitsi tutkimusmenetelmänä oppijoiden kokemusten keräämisessä, myös tukena opettajan ja oppijoiden välisessä viestinnässä. Kouhian ym. (2021) käsityön etäopetukseen kohdistuvassa tutkimuksessa tunnistettiin paitsi mahdollisuuksia myös haasteita digitaalisen teknologian hyödyntämisessä. Mahdollisuuksina nähtiin erityisesti yksilöllinen oppijan ohjaus ja palautteen antaminen sekä perheiden ottaminen mukaan käsityönopeutukseen. Opettajat kokivat kuitenkin haastavana täyttää kaikkia käsityön opetussuunnitelman vaatimuksia etäopetuksen aikana. Myös luovien ja yhteisöllisten materiaalikäytäntöjen kautta tapahtuvan oppimisen koettiin vähenevän etäopetuksessa.

KUVIO 8. YHTEENVETO DIGITAALISEN OSAAMISEN JA DIGITALISAATION ETENEMISEN TILANNEKUVASTA KOULUISSA.



Yhteenveto

Kuvio 8 esittelee yhteenvedon digitaalisen osaamisen ja digitalisaation etenemisen tilannekuvasta kouluissa.

4.2 Opetuksen digitalisaation vaikutukset oppijoiden oppimiseen, oppimistuloksiin ja hyvinvointiin

Millaisia vaikutuksia opetuksen digitalisaatiolla on ollut oppijoiden oppimiseen, oppimistuloksiin ja hyvinvointiin? Mitkä tekijät ovat olleet syynä näihin vaikutuksiin?

Oppijoiden oppimiseen, oppimistuloksiin ja hyvinvointiin keskittyviä julkaisuja oli aineistossa 110 kappaletta. Valtaosa julkaisuista liittyi oppimiseen tai oppimistuloksiin ja vain noin viidesosa hyvinvointiin. Tutkimusten painopiste oli perusopetuksessa, ja näistä perusopetusta koskevista tutkimuksista yli puolet oli toteutettu alakoulun kontekstissa (ks. kuvio 3). Vapaan sivistystyön koulutusasteen

kohdalla kaikki oppijoihin liittyneet tutkimukset koskivat oppimista, eikä hyvinvointiin liittyviä tutkimuksia löytynyt kirjallisuushaussa. Tutkimusmenetelmällisestä näkökulmasta kvantitatiivista tutkimusta oli hieman enemmän kuin kvalitatiivista (ks. kuvio 4). Kvalitatiivinen tutkimusmenetelmä oli yleisin oppijoiden oppimisen tutkimuksessa, kun taas kvantitatiivinen tutkimus oli yleisin oppimistuloksiin ja hyvinvointiin keskittyvissä julkaisuissa.

4.2.1 Tietokoneavusteiset interventiot perustaitojen oppimisessa

Matematiikan oppimiseen liittyvissä tutkimuksissa on havaittu osittain ristiriitaisia tuloksia. Hellstrandin ym. (2020) kvasikokeellisessa tutkimuksessa tietokoneavusteinen interventio (The Number Race) ei tuottanut tilastollisesti merkitsevää vaikutusta ensimmäisen luokan oppijoiden matemaattiseen suoriutumiseen. Erot tutkimusryhmän aiempiin tuloksiin selittyivät kohderyhmän ominaisuuksilla, sillä aiemmat tutkimukset kohdistuivat esiopetusikäisiin. Esiopetusikäiset edustivat heterogeenisempää joukkoa, jossa oppimisvaikeuksien riski oli suurempi, ja interventio tuki erityisesti heikommin suoriutuvia lapsia.

Konkreettisilla, toiminnallisilla välineillä tehdyt harjoitukset puolestaan ovat osoittautuneet tehokkaammiksi kuin tietokoneella tai virtuaaliympäristössä tehdyt harjoitukset murtolukujen opetuksessa (Vessonen ym., 2021). Konkreettisia välineitä käyttänyt alakoululaisten ryhmä suoriutui paremmin murtolukutaidoissa intervention aikana. Toisaalta virtuaalisten harjoitusten parissa työskennellyt ryhmä osoittautui ajankäytön kannalta tehokkaammaksi kuin konkreettisten välineiden parissa työskennellyt ryhmä.

Merkittävä osa matematiikan oppimiseen kohdistuvista tutkimuksista on keskittynyt **oppimispeleihin ja pelipohjaisiin oppimisympäristöihin**. Rationaalilukukäsitteen oppimista pelillisen NanoRoboMath-oppimisympäristön avulla tarkasteltiin satunnaistetussa kokeilussa alakoulun viides- ja kuudesluokkalaisten osalta (Kärki ym., 2022) ja kvasikokeellisessa tutkimuksessa seitsemännen luokan oppijoiden osalta (Kärki ym., 2021, 2023). Molemmissa tutkimuksissa peliympäristön havaittiin tuottavan niin sanottua perinteistä kouluopetusta parempaa osaamista suurimmalla osalla mitatuista rationaalilukujen osa-alueista. Pelaamisen laadulla ja määrällä oli yhteys joustavan rationaalilukukäsitteen, päässä laskutaitojen ja operaatioiden ymmärryksen kehittymiseen. Brezovszkyn ym. (2019) tutkimuksessa puolestaan suunniteltiin pelipohjainen interventio (Number Navigation Game) ja satunnaistettu kokeilu liittyen alakouluikäisten oppijoiden adaptiiviseen lukutietoon, aritmeettiseen sujuvuuteen ja esialgebralliseen tietoon. Tulosten mukaan pelipohjaisen ympäristön avulla voidaan edistää aritmeettisiä tietoja ja taitoja. Pelipohjainen oppimisympäristö voi parhaimmillaan toimia sellaisten asioiden opettamisessa, joita on vaikea opettaa tavanomaisessa luokkatyöskentelyssä.

Aunion ja Monosen (2017) interventiotutkimuksessa tarkasteltiin oppimispelien mahdollisuuksia heikosti suoriutuvien esikoululaisten varhaisten numerotaitojen kehittämisessä. Interventioyöryhmässä havaittiin kehitystä numerotaidoissa ryhmän sisällä, mutta ryhmien väliset erot eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Syynä tähän saattoi olla se, että heikosti suoriutuvat lapset tarvitsevat runsaasti harjoitusta perustaitojen oppimisessa. Aunion ja Monosen (2017) tutkimuksen mukaan heikosti suoriutuvat oppijat voivat hyötyä oppimispeleistä, mikäli ne ovat riittävän strukturoituja (Seo & Bryant, 2009). Koskinen ym. (2022) puolestaan tutkivat erilaisten tukimuotojen vaikutusta matematiikan oppimiseen ja motivaatioon pelipohjaisessa ympäristössä alakoulun kontekstissa. Heidän tutkimuksessaan verrattiin kahta tukimuotoa: emotionaalisesti neutraalia visuaalista tukea ja animoidun hahmon (esim. animoitu koirahahmo) tarjoamaa matemaattista tukea. Vaikka näiden erilaisten tukimuotojen välillä ei ollut tilastollisesti merkitsevää eroa oppimistuloksissa, todettiin peliympäristön lisänsä tilannekohtaista kiinnostusta ja minäpystyvyyttä murtolukujen käsitteellisen ymmärryksen osalta.

McMullenin ym. (2019) tutkimuksessa toteutettiin kuudesluokkalaisille suunnattu interventio-ohjelma, jonka tavoitteena oli edistää rationaalilukujen käsitteellistä kehittymistä tukemalla spontaania huomion kiinnittymistä lukumäärän käsitteeseen. Intervention osana käytettiin kaupallisesti saatavilla olevaa ActionTrack-mobiilisovellusta, jolla voidaan luoda "aartenmetsästyksen" kaltaisia toimintoja osallistujien suoritettavaksi. Tavoitteena oli tutkia, tunnistaa ja analysoida lukumäärään liittyviä suhteita arkipäivän tilanteissa esimerkiksi valokuvia ja videoita ottamalla sekä vastauksia kirjoittamalla. Kvasikokeellisen tutkimuksen tulosten mukaan kyseisen intervention ja mobiiliteknologian avulla voitiin lisätä oppijoiden spontaania huomion kiinnittymistä lukumäärän käsitteeseen. Erosen ja Kärnän (2017) yläkoulun matematiikan oppimisen kontekstiin sijoittuvassa laadullisessa tutkimuksessa tarkasteltiin erityisesti itseohjautuvaa, minimaalisesti ohjattua ja teknologiaa hyödyntävää matematiikan oppimista. Oppijakeskeistä oppimista esiintyi erityisesti silloin, kun opettajan rooli oli minimoitu ja oppijat saivat itse ohjata oppimistaan työskentelemällä joko itsenäisesti tai ryhmissä, hyödyntäen erilaisia materiaaleja ja helppokäyttöistä laskinteknologiaa erityisesti geometrian opiskelussa.

Lukemisen tutkimus, joka sisältää paitsi lukemisen perustaidot, myös lukivaikeudet ja monilukutaitoon liittyvän tutkimuksen, on varsin laajalti edustettuna opetuksen digitalisaation tutkimuksessa. Yksi tunnetuimmista tutkimusevidenssiin nojaavista digitaalisista oppimispeleistä on lukutaidon perusteiden harjoittamiseen tarkoitettu Ekapeli, kansainvälisessä kontekstissa GraphoLearn (Lyytinen ym., 2009; Richardson & Lyytinen, 2014). Tietokoneella tai mobiililaitteella pelattavan Ekapelin vaikutuksista on tehty lukuisia kokeellisia tutkimuksia erityisesti alakoulu- ja esikouluikäisten keskuudessa sekä Suomessa että kansainvälisesti (esim. Saine ym., 2011). Niiden mukaan Ekapeli tukee lukemaan oppimista harjoittamalla kirjain-äännevastaavuutta. GraphoLearn-oppimispelialustaa on hyödynnetty myös varhaisen lukutaidon arvioinnissa ja ennustamisessa esikouluikäisillä oppijoilla. Tulosten mukaan tietokonepohjaiset tehtävät olivat yhtä tehokkaita kuin perinteiset menetelmät lukemisen tulosten ennustamisessa, erityisesti kirjain-äännevastaavuuden tarkassa arvioinnissa (Puolakanaho & Latvala, 2017).

Heikkilän ym. (2013) interventiotutkimuksessa tarkasteltiin tietokonepohjaisen tavujen tunnistamisen harjoittelun vaikutusta lukunopeuteen heikoilla lukijoilla toisella ja kolmannella luokalla. Tulokset osoittivat selviä parannuksia lukunopeudessa kaikilla harjoitelluilla tavuilla, mutta siirtovaikutus sanatasolle oli havaittavissa vain pitkien harvinaisten tavujen kohdalla. Nopean nimeämisen taidot olivat yhteydessä alkuperäiseen lukunopeuteen, mutta eivät harjoittelun vaikutukseen. Tietokoneavusteinen Reading-through-Writing Method (RtW) -menetelmä puolestaan rikastutti 1–2-luokkalaisten kokemusta lukemaan ja kirjoittamaan oppimisesta, vaikka sillä ei todettu olevan merkittävää vaikutusta tekniseen lukutaitoon tai lukumotivaatioon kvasikokeellisessa kaksivuotisessa seuranta-tutkimuksessa (Turunen ym., 2019).

Erilaisia tietotekstejä, viihteellisiä tekstejä, uutisia ja sosiaalisen median sisältöjä luetaan päivittäin digitaalisesti, ja myös digitaaliset oppimateriaalit ovat osa koulujen arkea. Perinteisen lukemisen tutkimukseen verrattuna **digitaalisen lukemisen tutkimus** on kuitenkin vielä varsin nuorta. Kanniainen ym. (2019) lukemisen taitoihin ja luetun ymmärtämiseen kohdistuva tutkimus osoitti, että heikosti lukevat kuudesluokkalaisten todennäköisesti kohtaavat vaikeuksia verkkolukemisessa. Kiili ym. (2024) tutkivat niin ikään kuudesluokkalaisten luetun ymmärtämisen taitojen ja aiemman tiedon roolia resursseina moninaisten verkkotekstien luotettavuuden arvioinnissa. Tutkimuksen mukaan internet luo haasteita luotettavuuden arvioinnille, koska lähteet vaihtelevat laadultaan ja voivat sisältää väärää tietoa. Aiemman internetin käyttökokemuksen on puolestaan havaittu ennustavan kuudesluokkalaisten internetlukemiseen liittyviä pystyvyysuskomuksia ja asenteita (Sormunen ym., 2021). Hämäläisen (2023) **nettilukemisen** interventiossa (21 x 45 min) kuudesluokkalaisille opetettiin tutkivan nettilukemisen taitoja (tiedonhaku, luotettavuuden arviointi ja synteessin laatiminen), minkä

jälkeen taitoja harjoiteltiin kahdessa projektissa. Tulokset osoittivat, että nettitekstien luotettavuuden perustelemisen oli vaikeaa suurimmalle osalle kuudesluokkalaisista, mutta interventio lisäsi heidän taitojaan huomioida lähteiden piirteitä (esim. kirjoittaja ja julkaisupaikka) perusteluissaan.

Vaikka **vieraiden kielten opiskeluun** tarkoitetut tietokone- ja mobiilisovellukset ovat kasvattaneet suosiotaan, niiden vaikutuksiin kohdistuva tutkimus on kuitenkin vähäistä. Björnin ja Leppäsen (2013) kokeellinen tutkimus kohdistui viidesluokkalaisiin, joilla oli oppimisen vaikeuksia opiskeltaessa englantia vieraana kielenä. Tietokonepohjaisen harjoittelun avulla voitiin kehittää erityisesti lukemisen perustaitoja (esim. äänteiden ja tavujen yhdistäminen) vieraan kielen oppimisen kontekstissa.

4.2.2 Yleiset taidot, yhteisöllinen oppiminen ja digitaaliset oppimisympäristöt

Erityisesti **luonnontieteiden alueella** on tutkittu myös oppijoiden osallistumista tieteellisiin käytäntöihin ja **digitaalisten tuotosten luomiseen**. Lavosen ym. (2023) kolmasluokkalaisiin kohdistuneen tutkimuksen mukaan projektipohjaiset oppimismoduulit, jotka perustuvat tuttuihin arkipäivän konteksteihin, voivat tukea alakoululaisia oppimaan tieteellisiä käytäntöjä ja käyttämään monipuolisia tietotyyppejä. Oppijat käyttivät älypuhelimia projektioppimiseen liittyvien digitaalisten tuotosten luomisen apuna esimerkiksi keräämällä havaintoja, valokuvaamalla ja suunnittelemalla ratkaisuja ongelmiin. Vartiaisen ym. (2019) etnografisessa tutkimuksessa puolestaan havaittiin, että päiväkohtyhteisön digitaaliset välineet ja palvelut, kuten iPadit ja kamerat, edistivät oppijoiden **tutkivaa oppimista** ja sosiaalista pääomaa. Lapset löysivät metsäretkillä mielekkäitä tutkimuskohteita ja digitaalisia kuvia yhteyksien luomiseen vanhempiin, isovanhempiin ja asiantuntijoihin. He myös aktiivisesti tuottivat, jäsensivät ja sovelsivat uutta tietoa sekä jakoivat omia oivalluksiaan.

Kangas ym. (2013) tutkivat alakoululaisten design-ajattelua **yhteisöllisessä** lampun **suunnitteluprosessissa**. Osallistuminen erilaisiin konkreettisiin ja materiaalisiin sekä tiedollisiin ja käsitteellisiin toimintoihin tarjosi oppijoille mahdollisuuksia oppia perustavanlaatuisia suunnittelutaitoja. Teknologian rooli yhteisöllisessä design-prosessissa oli toimia erityisesti luonnostelun, mittaamisen, mallintamisen, tiedon esittämisen ja jakamisen välineenä. Lisäksi monipuolinen suunnitteluprosessi integroi taitoja, joita tarvitaan myös muilla aloilla, kuten tieteessä, teknologiassa, insinööritieteissä ja matematiikassa.

Sormunen ym. (2019) tutkivat **älypuhelimien käyttöä** ja oppimisvaikeuksiin liittyvien haasteiden yllättämistä inklusiivisessa alakoulun luonnontiedeluokassa. Tutkimus osoitti, että älypuhelimet voivat parantaa oppijoiden tarkkaavaisuutta, motorisia taitoja ja kielellisiä valmiuksia. Kahden vuoden seurannan aikana älypuhelimien käyttö kehittyi yksilöllisistä käytännöistä yhteistoiminnalliseksi, mikä edisti tiedon rakentumista, tutkivaa oppimista ja viestintää. Älypuhelimien onnistunut integrointi opetukseen riippui opettajien ja oppijoiden sitoutumisesta teknologian merkitykselliseen käyttöön. Tutkimus korostaa inklusiivisten pedagogisten käytäntöjen merkitystä sekä ajan ja tuen tarvetta uusien teknologioiden käyttöönotossa luokahuoneessa.

Loukomiehen ym. (2019) tutkimuksessa tarkasteltiin ensimmäisen luokan oppijoiden luonnontieteisiin liittyvien pätevyysuskomusten muutosta digitaalisesti intensiivisten luonnontiedetyöpajojen aikana. Vaikka työpajojen avulla on mahdollista edistää oppijoiden luonnontieteisiin ja teknologiaan liittyviä pätevyysuskomuksia, ei muutosta kuitenkaan ole helppoa siirtää työpaja-aiheiden ulkopuolelle vaan luonnontieteet ja teknologia ymmärretään kapeasti tietynä luonnontieteisiin liittyvänä tehtävänä (esim. robotin ohjelmointi). Jaakkola ja Veermans (2015) puolestaan tutkivat abstraktien ja konkreettisten **simulaatioelementtien** vaikutusta luonnontieteiden oppimiseen viides- ja kuudesluokkalaisten osalta. Oppijat ymmärsivät virtapiirejä paremmin, kun he oppivat jatkuvasti

konkreettisilla simulaatioelementeillä verrattuna siihen, että he vaihtoivat konkreettisista abstrakteihin elementteihin oppimisen aikana.

Penttilä ym. (2016) tutkivat alakouluun suunnattua pedagogista interventiota, joka yhdisti **digitaalisen tarinankerronnan** ja strukturoidun, tutkivan tiedonhankinnan. Tulosten mukaan tällainen yhdistelmä voi parantaa oppimista integroimalla teknologiaa tieteellisten kokeiden tekemiseen tarinamuodossa. Tämä lähestymistapa sopii aloitteleville luonnontieteiden oppijoille, jotka vasta opettelevat tarinankerronnan taitoja, koska oppimisprosessin dokumentointi perustuu suljettuihin ongelmiin. Digitaalinen tarinankerronta on ollut osa myös muita opetuksen digitalisaatioon liittyviä tutkimuksia. Niemi ym. (2018) tutkivat digitaalisen tarinankerronnan menetelmän vaikutuksia oppijoiden aktiiviseen **yhteisölliseen oppimiseen** alakoulussa. Oppijat oppivat työskentelemään ryhmissä uusien ideoiden tuottamiseksi ja ymmärsivät matematiikan yhteyden jokapäiväiseen elämään. Tulokset osoittivat, että digitaalinen tarinankerronta voi kannustaa oppijoita soveltamaan uutta teknologiaa oppimisessaan ja tukea heidän kehitystään matematiikan lukutaidossa. Kumpulaisen ym. (2023) niin ikään alakouluun kohdistunut tutkimus havainnollistaa **lisätyn todellisuuden** ja digitaalisen tarinankerronnan potentiaalia muuttaa käsityksiä luonnosta sekä sitä, miten lasten, luonnon ja teknologioiden kohtaamiset voivat tarjota mahdollisuuksia ympäristökasvatukseen. Tutkimuksen mukaan uudet digitaaliset teknologiat voivat tarjota mahdollisuuksia edistää lasten ekologista mielikuvitusta.

Laakso ym. (2021) tutkivat, kuinka **yhteisöllinen pelisuunnittelu** voi kehittää oppijoiden digitaalisia taitoja peruskoulussa. Oppijat kokivat pelisuunnittelun inspiroivana ja haastavana toimintana. Osallistuminen paransi myös oppijoiden itsearvioituja teknisiä ja taiteellisia digitaalisia taitoja. Mertalan ja Meriläisen (2019) mukaan lapset eivät ole pelkästään passiivisia digitaalisten pelien kuluttajia, vaan aktiivisia merkityksenantajia, jotka kykenevät kriittisesti arvioimaan digitaalisia pelejä, kun heille tarjotaan turvallinen tila ja sopiva väline. He korostavat, että lasten pelikulttuureissa, pelisisältöjen käsityksissä ja varhaisessa pelilukutaidossa on paljon tutkimattomia ulottuvuuksia. Vepsäläinen ym. (2022) tarkastelivat **videopelipohjaisen** Mole's Veggie Adventures -sovelluksen tehokkuutta hedelmien ja vihannesten hyväksynnässä ja kulutuksessa esiopetusikäisillä. Tulosten mukaan sovellus lisäsi merkittävästi hedelmien ja vihannesten hyväksyntää sekä tuki itsesäätelyn ja sosiaalisten taitojen kehittymistä varhaisessa ruokakasvatuksessa.

Esikouluikäisiin oppijoihin kohdistuva tutkimus on nostanut esille myös **älylelujen ja leikillisen oppimisen** mahdollisuudet (Heljakka & Isomäki, 2018). ”Lelujen Internet” on osa muihin leluihin, digitaalisiin välineisiin ja verkkoyhteisöihin kytkeytyvää leikkiä. Heljakan ja Isomäen (2018) tutkimuksen mukaan esikouluikäiset oppijat innostuivat lelujen opetuksellisista ja teknologisista ominaisuuksista, mutta eivät tukeutuneet pelkästään niihin leikeissään. Hahmolelujen todettiin parhaimmillaan voivan ”opettaa” leikkijöilleen esimerkiksi monilukutaitoa, englannin kieltä sekä erilaisten äänten ja musiikin tuottamista.

4.2.3 Oppimisen säätely, palaute ja oppimisanalytiikka

Kehittyvä teknologia mahdollistaa myös itsenäisen oppimisen ja ryhmätyöskentelyn vaiheiden näkyväksi tekemisen ja oppimisprosessien seuraamisen. Esimerkiksi oppimisanalytiikan tuottamaa tietoa voidaan hyödyntää myös palautteenannossa ja arvioinnissa.

Oppijoiden **oppimisen itsesäätelyn ja sosiaalisesti jaetun säätelyn** tutkimukset korostavat digitaalisten oppimisympäristöjen ja **tekoälyavusteisen analytiikan** merkitystä oppimisprosessien ymmärtämisessä ja tukemisessa. Lämsä ym. (2025) havaitsivat 13-vuotiaiden oppijoiden kirjoitustehtävässä tekoälyn ja digitaalisten lokitietojen potentiaalinen yksilöllisen tuen tarjoamisessa. Aksela ym. (2024) puolestaan havaitsivat tehtävässä paremmin suoriutuvien oppijoiden käyttävän enemmän aikaa

itsesääteilyprosesseihin ja ilmentävän monipuolisempia sääteilystrategioita kuin tehtävässä heikommin suoriutuneet oppijat. Malmberg ym. (2010; 2013; 2014) on tutkinut, miten alakouluikäiset oppijat hyödyntävät oppimisen itsesääteilyn strategioita erilaisissa oppimistilanteissa käyttäen gStudy-oppimisympäristöä. gStudy-ohjelmisto kerää jälkiä oppijoiden strategioista heidän käyttäessään ympäristössä olevia sisältöjä (esim. tekstiä, grafiikkaa, videoita) ja tehtäviä (esim. muistiinpanoja, käsitekarttoja) opiskelussaan. Malmberg ym. (2013) vertailivat heikommin ja paremmin tehtävässä suoriutuvien oppijoiden strategioita haastavissa ja suotuisissa oppimistilanteissa. Suotuisissa tilanteissa molemmat ryhmät käyttivät samankaltaisia strategioita, mutta haastavissa tilanteissa paremmin suoriutuvat oppijat hyödynsivät syvällisiä strategioita, kun taas heikommin suoriutuvat oppijat keskittyivät pintatason strategioihin. Järvelä ym. (2012) tutkivat motivaation merkitystä oppimisen itsesääteilyssä gStudy-ympäristössä. Tulokset osoittivat, että oppijat, joilla oli korkeampi motivaatio, käyttivät aktiivisempia ja laadullisesti erilaisia strategioita oppimisen aikana, ja motivaatio oli vahvasti yhteydessä oppijoiden kykyyn aktivoida kognitiivista itsesääteilyä. Tutkimukset osoittavat, että oppimisstrategioiden tehokkuus riippuu tilanteen vaatimuksista, tehtävän tyypistä ja oppijoiden motivaatiosta. Ne korostavat strategioiden laadun ja kontekstin merkitystä oppimistulosten parantamisessa.

Dang ym. (2024) puolestaan tarkastelivat sosiaalisesti jaettua sääteilyä ryhmätyötilanteissa ja löysivät vuorovaikutusprosesseja, jotka liittyivät ryhmän kykyyn reagoida vuorovaikutuksen ja oppimisen sääteilytarpeisiin. Zabolotna (2023) osoitti, että yhteinen tiedon rakentaminen ja ryhmätason sääteily tapahtuivat usein vuorovaikutuksessa ja tukevat toisiaan yhteisöllisessä teknologia-avusteisessa oppimisessä. Järvenoja ym. (2018) täydentävät kokonaiskuvaa osoittamalla, että oppijoiden motivaatio vaihtelee ryhmäprojektien aikana ja korkea motivaatio ja siihen liittyvät sääteilystrategiat ennustavat parempia oppimistuloksia. Nämä tutkimukset antavat tietoa siitä, miten oppimisen sääteilystrategioita voidaan arvioida ja tukea digitaalisten oppimisympäristöjen avulla sekä yksilö- että ryhmätasolla, tarjoten suuntaviivoja myös oppimisteknologian ja opettajankoulutuksen kehittämiseen.

Perusopetuksen kontekstissa on tutkittu myös **teknologiapohjaisen palautteen** vaikutuksia (Oinas ym., 2018; 2020). Tulokset viittaavat siihen, että nykyiset teknologiapohjaiset palautekäytännöt eivät täysin vastaa pedagogista tietämystä tehokkaasta palautteesta eikä se nykyisessä muodossaan ole välttämättä tasapuolisesti rohkaisevaa kaikille oppijoille. Oinas ym. (2018; 2020) tutkimusten mukaan positiivinen palaute liittyi yleensä korkeimpiin oppimistuloksiin ja hyvinvointiin. Tulosten mukaan rohkaisevaa palautetta saivat enimmäkseen oppijat, joilla oli vähän poissaoloja ja harvoin erityisen tuen tarpeita. Pojat saivat eniten negatiivista palautetta käyttäytymisongelmista, ja suurin osa oppijoista sai vain heikkoa kannustusta.

Automaattista arviointia ja matemaattisten käsitteiden visualisointia hyödyntävän ViLLE-järjestelmän käyttöön liittyvissä tutkimuksissa havaittiin selkeä positiivinen vaikutus oppijoiden oppimistuloksiin ensimmäisen luokan oppijoiden kokeiluryhmässä (Kurvinen et al., 2012; 2014). Hautala ym. (2020) puolestaan tutkivat digitaalisen pelipohjaisen arviointiteknologian käyttöä lukivaikkeuksien tunnistamisessa alakouluikäisillä oppijoilla. Tulokset osoittivat, että pelipohjaisen arvioinnin avulla voidaan luotettavasti tunnistaa lukivaikkeudet, erityisesti lukusujuvuuden osalta. Kehitetty teknologia soveltuu erityisesti opetuspeleihin, jotka tukevat eritasoisten oppijoiden lukutaidon kehittymistä (esim. Ekapeli).

4.2.4 Oppijoiden hyvinvointi, motivaatio ja sitoutuminen

Opetuksen digitalisaatio on monimuotoinen ilmiö, jonka yhteydessä on tärkeää tarkastella myös hyvinvointiin, motivaatioon ja sitoutumiseen kohdistuvia tutkimuksia. Ronimus ym. (2022)

havaitsevat, että lukemisen ilo ja itseluottamus edistävät alakouluikäisten oppijoiden sitoutumista ja lukemisen ymmärtämistä tietokonepohjaisissa lukutehtävissä ja niiden arvioinnissa. Oppijat, jotka nauttivat lukemisesta, ovat todennäköisemmin valmiita panostamaan enemmän yhtenäisen mielikuvan saavuttamiseen tekstistä, mikä puolestaan parantaa heidän luetun ymmärtämistään. Hautala ym. (2018) puolestaan tutkivat luonnontieteiden oppimista virtuaalisen tutorin avulla. Peruskoulun 1. luokan oppijat osoittivat sitoutuneisuutta ja motivaatiota opiskella ohjelman avulla. He olivat myös tehtävään keskittyneitä, ja heidän luonnontieteen käsitteiden ymmärryksensä parani. Suurin osa oppijoista raportoi nauttineensa kurssista ja olevansa innostuneempia luonnontieteistä sen jälkeen.

Ollonen ja Kangas (2024) tutkivat opettajan motivoivia tukistrategioita esikoululaisten monilukutaidon ja digitaalisten taitojen leikillisessä oppimisessä. Opettajan rooli osoittautui tärkeäksi erityisesti tarpeiden kuuntelemisessa, itsenäisen työn mahdollistamisessa ja avun tarjoamisessa tarvittaessa. Nämä strategiat puolestaan tukivat oppijoiden motivaatiota ja sitoutumista. Strategioihin kuului yhteyden luominen esikoululaisten aiempiin kokemuksiin ja kiinnostuksen kohteisiin, tutkimustaitojen edistäminen, esikoululaisten eri kehitystasojen tukeminen ja heidän kannustamisensa osallistumaan leikilliseen oppimiseen.

Digitaalisen sitoutumisen ja koulusitoutumisen pitkittäissuhteita tarkastelevassa tutkimuksessa digitaalisen oppimisen mieltymysten havaittiin ennustavan korkeampaa koulusitoutumista yläkouluikäisillä oppijoilla (Hietajärvi ym., 2020). Oppijat, jotka ratkoivat ongelmia digitaalisilla teknologioilla koulun ulkopuolella, kokivat epäjatkuvuutta koulun ulkopuolisen ja koulussa tapahtuvan oppimisen välillä ja raportoivat myöhemmästä heikommasta koulusitoutumisestaan. Epäjatkuvuuden ilmeneminen riippuu useista sekä yksilöllisistä (digitaalisen ja koulusitoutumisen taso) että kontekstuaalisista (koulujen vallitsevat digipedagogiset käytännöt) tekijöistä.

Digitalisaation vaikutus hyvinvointiin voi ilmetä myös empatian kautta. Kumpulainen ym. (2021) tutkivat empatiaa osana alakoululaisten laajennettua tarinankerrontaa, mikä mahdollisti lasten empaattiset ja mielikuvitukselliset tutkimukset itseensä, muihin ihmisiin, materiaaleihin, teknologiaan ja luonnon maailmaan. Tutkimus osoitti, kuinka empatia syntyi improvisatorisissa suhteissa lasten, teknologioiden, eläinten, kasvien ja muiden elollisten ja elottomien järjestelmien ja asioiden välillä, mikä korostaa empatian tutkimisen ja ymmärtämisen tärkeyttä ilmiönä, joka ei rajoitu yksilöön. Nuoret lapset pystyvät osallistumaan rikkaisiin empatian muotoihin ihmisten ja ei-ihmisten maailmoissa, kun heille tarjotaan sopivia mahdollisuuksia, toimintaympäristöjä ja tukea.

Yhteenveto

Kuvio 9 esittelee yhteenvedon opetuksen digitalisaation vaikutuksista oppijoiden oppimiseen, oppimistuloksiin ja hyvinvointiin.

KUVIO 9. YHTEENVETO OPETUKSEN DIGITALISAATION VAIKUTUKSISTA OPPIJOIDEN OPPIMISEEN, OPPIMISTULOKSIIN JA HYVINVOINTIIN.



4.3 Opetuksen digitalisaation vaikutukset opettajien työhön, osaamiseen ja hyvinvointiin

Miten opetuksen digitalisaatio on vaikuttanut opettajien työhön, osaamiseen ja hyvinvointiin? Mitkä tekijät ovat olleet syynä näihin vaikutuksiin?

Aineistosta 47 julkaisua liittyi opettajien työhön, osaamiseen ja hyvinvointiin. Näistä 33 julkaisua liittyi opettajien työhön, 22 julkaisua opettajien osaamiseen ja yksi julkaisu opettajien hyvinvointiin. Suurin osa julkaisuista sijoittui perusasteelle (ks. kuvio 3). Varhaiskasvatuksen ja esiopetuksen sekä vapaan sivistystyön koulutusasteille ei löytynyt kirjallisuushaussa opettajien hyvinvointia käsitteleviä julkaisuja. Tutkimusmenetelmällisesti kvalitatiivinen tutkimus oli yleisin tutkimusmenetelmä niin opettajien työhön kuin digipedagogiseen osaamiseen liittyneessä tutkimuksessa (ks. kuvio 4).

4.3.1 Opetuksen digitalisaation vaikutukset opettajien työhön ja digipedagogiseen osaamiseen

Tanhua-Piironen kollegoineen (2020) on tarkastellut koulujen digitalisaation edistymistä koulun kehittämisen ja arjen toimintojen eri osa-alueilla. Heidän tutkimuksensa osoitti, että koulujen digitaalisen infrastruktuurin kehittymisestä huolimatta opettajien digipedagogisen osaamisen kehitys on ollut maltillista. Tutortoiminta ja täydennyskoulutus ovat kuitenkin osoittautuneet merkityksellisiksi tekijöiksi, joiden avulla opettajien luottamus omiin digipedagogisiin taitoihin on vahvistunut. Aiemmassa tutkimuksessaan Tanhua-Piironen ym. (2019) havaitsivat, että koulujen strategiatyössä on tapahtunut positiivista mutta hidasta kehitystä, mikä on edistänyt digitalisaation tavoitteellisempaa ja kokonaisvaltaisempaa lähestymistä sekä opettajien henkilökohtaisten kehitystavoitteiden huomiointia. Matala minäpystyvyys lisää teknologisen tuen tarvetta, kun taas korkealla minäpystyvyydellä varustetut opettajat tarvitsevat vähemmän ulkopuolista tukea digitaalisten palvelujen käyttöönotossa ja hyödyntämisessä opetustyössään.

Opettajien digipedagogiset taidot ja niiden vaikutus opetukseen, erityisesti pandemia-aikana, ovat olleet keskeisiä tutkimuskohteita kirjallisuuskatsauksen perusteella (Korhonen ym., 2021; Mankki, 2021). Tutkimuksissa on muun muassa havaittu, että opettajien ammatillinen toimijuus ja työpaikan sosiaaliset ja kulttuuriset olosuhteet vaikuttavat opettajien digipedagogisen osaamisen kehittymiseen (Piispa-Hakala ym., 2023). Tutkimustiedon perusteella opettajien omat uskomukset, kokemukset, pedagoginen orientaatio ja ympäristön vaikutteet ovat merkittävässä roolissa digitaalisten palvelujen opetuskäytössä. Kokonaisuudessaan yhteiskunnan digitaalisen kehityksen on havaittu haastavan opettajia kolmella tasolla: oman digitaalisen ja digipedagogisen osaamisensa kehittäjinä sekä oppijoiden digitaalisen osaamisen tukijoina. Luova, kriittinen ja vastuullinen digitaalinen osaaminen on keskeistä opettajien työnkuvisa ja tehtävissä.

Pesosen ja Valkosen (2023) tutkimuksessa tarkasteltiin varhaiskasvatuksen henkilöstön perusteluja kaupallisten ja ei-kaupallisten digitaalisten sovellusten, lisensoitujen ohjelmien ja valmiiden oppimateriaalien valinnalle. Tulosten mukaan varhaiskasvatuksen opettajat pitävät digitaalista tietämystä ja teknisiä taitoja nykyaikaisen opettajan tunnusmerkkinä. Varhaiskasvatuksen henkilöstön "modernin" ja "vanhanaikaisen" diskurssit vaikuttavat heidän käsitykseen ammatillisuudestaan.

Tässä tutkimuskatsauksessa nostamme esiin myös osaamisalueen, joka käsittelee opettajien käsitteitä ja valmiuksia opettaa ohjelmoinnillista ajattelua. Ohjelmoinnillisen ajattelun opettaminen ja sen integrointi opetussuunnitelmaan, erityisesti matemaattisen sisällön yhteydessä, on katsauksen perusteella kasvanut tutkimusalue. Korhosen ym. (2022) tutkimus osoitti, että opettajien

suhtautumisessa ohjelmoinnin sisällyttämiseen opetussuunnitelmaan on suurta vaihtelua: osa suhtautuu siihen jyrkän kielteisesti, kun taas osa näkee siinä myönteisiä tekijöitä. ICILS2023-tutkimus (Fagerlund ym., 2024) toi esiin, että vain harva opettaja koki omaavansa riittäviä taitoja oppijoiden ohjelmoinnillisen ajattelun tukemiseen. Partanen ym. (2017) tarkastelivat opettajien halukkuutta oppia ohjelmoinnillista ajattelua ja havaitsivat, että opettajat arvostavat täydennyskoulutuksessa erityisesti ohjelmoinnin pedagogisia näkökulmia.

Pörn ym. (2021) havaitsivat, että alakoulun opettajat tarvitsevat tukea ja koulutusta, jotta matemaattisen sisällön ja ohjelmoinnin välinen yhteys tulisi selkeämmäksi. Lisäksi Fagerlund ym. (2022; 2024) totesivat, että ohjelmoinnillisen ajattelun integroiminen eri kouluaineisiin on ollut varsin vähäistä. Ohjelmoinnillisen ajattelun opetuksen aktiivisuus vaihtelee opettajien välillä: opettajat, joilla on aiempaa kokemusta ohjelmoinnin opettamisesta tai jotka opettavat matemaattisia aineita, ovat muita opettajia todennäköisemmin aktiivisia ohjelmoinnillisen ajattelun opettamisessa. Lisäksi aktiivisuus on erityisen yleistä miesopettajien keskuudessa.

Fagerlund ym. (2022) tutkivat myös suomalaisten opettajien ja oppijoiden ohjelmointimotivaatiota sekä sen roolia ohjelmoinnillisen ajattelun opetuksessa ja oppimisessa. Tulosten mukaan ohjelmoinnillisen ajattelun integrointi osaksi ongelmanratkaisua eri oppiaineissa ei ole jalkautunut systemaattisesti suomalaisiin peruskouluihin. Myös viimeisimmän ICILS-tutkimuksen mukaan oppijoiden väliset erot ohjelmoinnillisen ajattelun osaamisessa ovat kasvaneet vuoden 2018 ja 2023 välillä (Fagerlund ym., 2024). Opettajien ohjelmointimotivaatiolla on puolestaan todettu olevan lievä positiivinen yhteys heidän ohjelmoinnillisen ajattelun opetuksen painotukseensa ja oppijoiden osaamiseen, mikä on tärkeää huomioida opettajankoulutuksessa ja pedagogisessa suunnittelussa. Myös Kruskopf ym. (2023) korostavat, että oppijoiden tukeminen ohjelmoinnillisen ajattelun oppimisessa edellyttää opettajilta henkilökohtaista osaamista ja minäpystyvyyttä algoritmisen ymmärryksen osalta. Eri koulutusasteille suunnatun tutkimuksen tulosten perusteella opettajat tarvitsevat enemmän tukea paitsi arkisen digitaalisen vuorovaikutuksen myös algoritmisen ymmärryksen kehittämiseen. Tämä osaaminen on edelleen harvinaista ja sukupuolittunutta suomalaisten opettajien keskuudessa.

4.3.2 Opetuksen digitalisaation vaikutukset opettajien hyvinvointiin

Yhteiskunnan digitalisoituminen on vauhdittanut digitaalisen teknologian käyttöönottoa opetuksessa. Digitaalisen teknologian käytön lisääminen opetuksessa voi aiheuttaa haasteita tai tarjota tukea opettajien hyvinvoinnille. Syväsen ym. (2016) tutkimuksessa tarkasteltiin opettajien kokemaa teknostressiä. Aineisto kerättiin OPEKA-itsearviointikyselyllä (n = 2741 opettajaa). Tulokset osoittivat, että aineenopettajat kokivat vähemmän teknostressiä kuin luokanopettajat, naisopettajat olivat stressaantuneempia kuin miesopettajat, ja opettajat, joilla oli 16–30 vuoden työkokemus, raportoivat enemmän stressiä kuin ne, joilla oli alle 16 vuoden kokemus. Tärkeimmät vähäisempää teknostressiä ennustavat tekijät olivat opettajien digitaalinen osaaminen, opetustyylin ja teknologian opetus-käytön välinen yhdenmukaisuus, koulun tarjoama tuki sekä asenteet teknologian opetuskäyttöä kohtaan.

DigiVoo-hankkeeseen perustuva Oinaan ja Hotulaisen (2018) tutkimus on tarkastellut teknologiapohjaisen palautteenannon ja opettajien kokeman hyvinvoinnin välistä yhteyttä. Opettajien kokemukset teknologiapohjaisesta palautteesta tuovat esiin sekä haasteita että mahdollisuuksia. Palautteen jatkuva antaminen ja ongelmien dokumentointi voivat olla opettajille stressaavaa ja vaikuttaa heidän emotionaaliseen hyvinvointiinsa. Erityisesti inklusiivisessa opetuksessa opettajat kokevat, että yksityiskohtaisen palautteen ja pedagogisten toimien dokumentointi lisää työmäärää. Lisäksi opettajat tarvitsevat enemmän koulutusta ja tukea teknologiapohjaisen palautteen tehokkaaseen käyttöön sekä erityistä tukea vaativien oppijoiden tarpeiden huomioimiseen. Tutkimus myös osoittaa, että

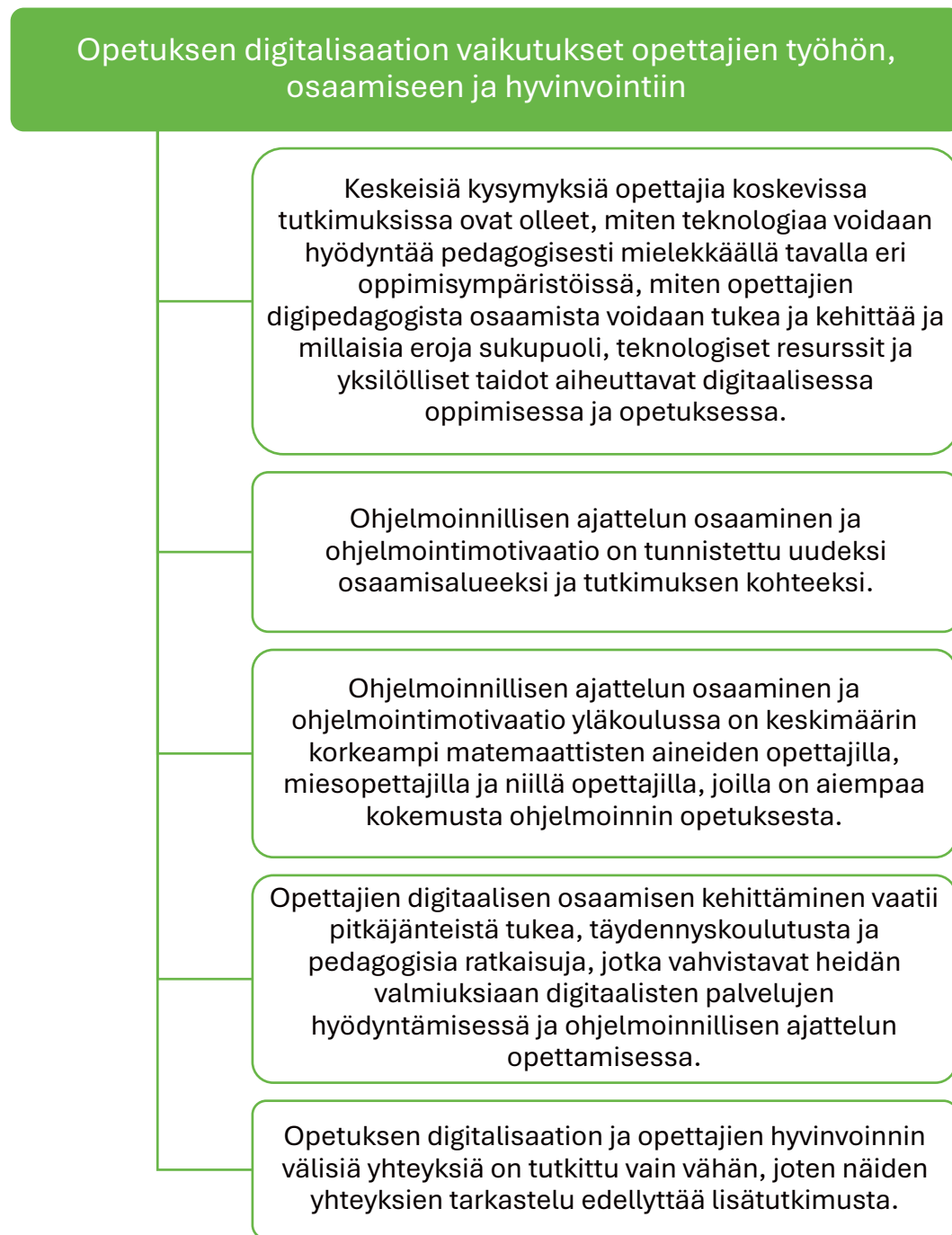
palautteen antotapa voi vaikuttaa merkittävästi opettajan ja oppijan väliseen suhteeseen positiivisesti tai negatiivisesti riippuen siitä, miten oppijat kokevat saadun palautteen. Kokonaisuudessaan tutkimus painottaa tarvetta kehittää opettajien tukijärjestelmiä ja koulutusta, jotta teknologiapohjainen palaute voidaan integroida sujuvasti ja tehokkaasti osaksi opetuskäytäntöjä.

Opetuksen digitalisaation ja opettajien hyvinvoinnin välisiä yhteyksiä on tutkittu toistaiseksi vähän myös kansainvälisesti. Esimerkiksi Fernández-Batanero ym. (2021) systemaattinen kirjallisuuskatsoaus tunnisti ainoastaan 16 aiheeseen liittyvää tutkimusta. Tärkeimmät havainnot osoittavat, että opettajat kokevat paljon ahdistusta tai stressiä käyttäessään digitaalisia palveluja opetuksessaan. Johtopäätöksissä korostuu tarve tutkia erilaisia strategioita, joilla voidaan ehkäistä näiden ahdistus- ja stressioireiden syntymistä opettajissa. Tutkimuksessa havaittiin myös useita rajoitteita, kuten alan vähäinen kirjallisuus sekä teknologian käytön ja siihen liittyvien haasteiden muuttuva luonne. Lisäksi opettajien digitaalisen osaamisen taso ja resurssien saatavuus vaihtelevat merkittävästi maantieteellisesti ja koulutuksen eri asteilla, mikä vaikeuttaa vertailun tekemistä. Fernández-Batanero ym. (2021) tutkimuksessa korostettiin, että opettajien stressi ja ahdistus teknologian käytöstä ovat kasvaneet ajan myötä, ja myös huolenaiheet muuttuvat jatkuvasti.

Yhteenveto

Kuvio 10 esittelee yhteenvedon opetuksen digitalisaation vaikutuksista opettajien työhön, osaamiseen ja hyvinvointiin.

KUVIO 10. YHTEENVETO OPETUKSEN DIGITALISAATION VAIKUTUKSISTA OPETTAJIEN TYÖHÖN, OSAAMISEEN JA HYVINVOINTIIN.



4.4 Digitalisaatiota hyödyntäviä pedagogisia käytänteitä

Millaisia hyviä digitalisaatiota hyödyntäviä pedagogisia käytäntöjä on tunnistettu? Mistä tekijöistä hyvät käytännöt koostuvat?

Julkaisuista 113 käsitteli digitalisaatiota hyödyntäviä pedagogisia käytäntöjä. Yleisimmin käytetty tutkimusmenetelmä oli kvalitatiivinen tutkimus (ks. kuvio 4). Yleisin aineistonkeruumenetelmä oli kysely, mutta toisin kuin oppijoihin ja opettajiin liittyneissä tutkimusjulkaisuissa, opetusta ja pedagogisia käytäntöjä käsittelevissä tutkimuksissa muutkin aineistonkeruumenetelmät olivat erittäin käytettyjä (ks. kuvio 5). Aineistosta tunnistetut pedagogiset käytänteet jaettiin kolmeen kategoriaan: (1) luova ja toiminnallinen oppiminen, (2) yhteisöllinen ja tutkiva oppiminen ja (3) projektilähtöinen oppiminen.

4.4.1 Luova ja toiminnallinen oppiminen

Työpaja- ja makerspace-ympäristöt tarjoavat mahdollisuuksia luovaan ja toiminnalliseen oppimiseen. Makerspace-ympäristöt ovat avoimia yhteiskehittelyn tiloja, joiden tarkoitus on mahdollistaa luomisen ja keksimisen pedagogiikka erilaisia digitaalisia palveluja ja laitteita (esim. 3D-tulostimet, robotiikka) ja materiaaleja (tekstiilit, askartelumateriaalit) hyödyntäen. Makerspace-ympäristöjä on hyödynnetty muun muassa oppijoiden 2000-luvun taitojen, kuten ohjelmoinnillisen ajattelun, luovuuden ja yhteistyötaitojen kehittämiseen. Makerspace-ympäristöissä oppiminen tapahtuu usein monikanavaisesti ja sosiomateriaalisesti, kuten Riikonen ym. (2020) Making-Process-Rug-analyysin avulla osoittavat. Iwata ym. (2020) korostavat digitaalisen valmistuksen ja tukimuotojen tärkeyttä oppimisen tukemisessa huomioiden myös oppimisprosessin moniulotteiset vaatimukset ja opettajien välisen yhteistyön merkityksen. Tämä tukee Riikosen ym. (2020) havaintoja pedagogisten toimintaympäristöjen merkityksestä seitsemäsluokkalaisten yhteisöllisissä projekteissa. Sormunen ym. (2020) tuovat esiin reflektiokeskustelujen ja vertaistutoroinnin hyödyllisyyden oppijoiden yhteistyötaitojen ja osallistumisen tukemisessa. Tutkimukset korostavat myös materiaalien ja iteratiivisen prosessoinnin merkitystä monimutkaisissa suunnittelutehtävissä sekä teknisten ja ryhmätöytäitojen vahvistumista, kuten Vuopala ym. (2020) havaitsivat alakoulujen maker-projekteissa.

Innovatiivisten taitojen kehittäminen on keskeistä makerspace-toiminnassa, ja onnistunut innovointi edellyttää aktiivista osallistumista, johtajuutta ja tehokasta työnjakoa. Sinervo ym. (2021) ja Leskinen ym. (2023) osoittavat, että luovien ideoiden kehittäminen ja kriittinen arviointi ovat ratkaisevia parempien ratkaisujen löytämisessä. Kangas ym. (2013) sekä Jaatinen ja Lindfors (2019) korostavat opettajien ja fasilitaattoreiden yhteistyön merkitystä pedagogisen ja teknisen tuen tarjoamisessa, jotta oppijat voivat kohdata monimutkaisia oppimishaasteita. Makerspace-ympäristöt voivat edistää innovatiivista oppimista silloin kun niitä tukevat tarkoituksenmukaiset tilat, välineet ja käytännöt. Näiden tutkimusten perusteella reflektiokeskustelujen, vertaistutoroinnin ja opettajien yhteistyön kehittäminen ovat lupaavia pedagogisia käytänteitä, jotka voivat vahvistaa makerspace-ympäristöjen potentiaalia edistää oppimista, yhteistyötä ja innovaatioita.

Kankaan ym. (2022) tutkimuksen mukaan STEAM-opetus (Science, Technology, Engineering, Art & Mathematics), keksintöpedagogiikka ja luova erilaisten teknologioiden käyttö voisi hyötyä fokuusoituneesta, mutta ei liian rajoitetusta näkökulmasta, jossa keskiössä ovat monitieteiset ja -alaiset opintokokonaisuudet. Heidän tutkimuksensa kohdistui esikoulu- ja alakouluikäisiin oppijoihin, jotka käyttivät teknologiaa askartelun, luonnostelun, suunnittelun, dokumentoinnin, jakamisen ja ohjelmoinnin tukena. Verkostoanalyysin tulokset paljastivat kolme erilaista tapaa toteuttaa STEAM-opetusta: maker-orientaatio, osaamisorientaatio ja digitaalinen orientaatio. Maker-orientaatiossa painopiste on monitieteisissä projekteissa ja oppimiskokonaisuuksissa, joissa korostuvat erilaiset ilmaisun muodot sekä käsillä tekemisen ja digitaalisen tuottamisen väliset yhteydet. Osaamisorientaatio puolestaan

painottaa laaja-alaista osaamista, suunnitteluelementtien havainnointia ja tuotosten jakamista aikuisille. Digitaalisen orientaation ominaispiirteenä on digitaalisen osaamisen painotus, joka on kuitenkin melko kapea-alaisesti suuntautunut esimerkkitutkimuksissa yksinkertaisten robottien ohjelmointiin ja ohjelmoinnilliseen ajatteluun.

Digitaalisen tarinankerronnan menetelmät (Byman ym., 2022; Niemi & Multisilta, 2016; Niemi ym., 2018; Penttilä ym., 2016) ovat osoittautuneet tehokkaiksi oppijoiden luovan ja toiminnallisen oppimisen tukemisessa sekä 2000-luvun taitojen, kuten sosioemotionaalisten taitojen, kehittämisessä. Digitaalinen tarinankerronta auttaa myös liittämään oppimista arkipäivän kokemuksiin ja käsittelemään globaalien kysymysten, kuten ilmastonmuutoksen, monimutkaisia kysymyksiä. Niemen ym. (2018) tutkimus osoitti, että menetelmä ohjasi oppijoita aktiiviseen yhteisölliseen oppimiseen. Oppijat oppivat työskentelemään ryhmissä uusien ideoiden tuottamiseksi ja esimerkiksi kehittivät matematiikan taitojensa lisäksi ymmärrystä siitä, kuinka matematiikka kytkeytyy jokapäiväiseen elämään. Tulokset osoittavat, että digitaalinen tarinankerronta myös rohkaisi oppijoita soveltamaan uutta teknologiaa oppimisessa.

Pelillistetty oppiminen ja pelisuunnittelu. Osallistuminen pelien suunnitteluun voi mahdollistaa oppijoiden omaehtoisen, kiinnostuksen kohteista lähtevän oppimisen. Lapset nähdään pelillisessä oppimisessa aktiivisina toimijoina, jotka voivat arvioida kriittisesti digitaalista sisältöä, mikä osaltaan tukee myös pelilukutaidon kehittämistä. Laakson ym. (2021) tulokset osoittivat, että pelisuunnittelu voi sitouttaa oppijaryhmät jatkuviin yhteisiin ponnisteluihin yhteisten digitaalisten tuotosten luomiseksi. Heidän ponnisteluihinsa liittyi paljon keskinäistä tukea ja tiedon jakamista. Pelisuunnitteluprojekti edisti epävirallista, kiinnostuksen kautta tapahtuvaa, sosio-digitaalista osallistumista, innosti oppimiseen sitoutumista ja paransi siten koulutyön käytäntöjä.

4.4.2 Yhteisöllinen ja tutkiva oppiminen

Yhteisöllinen ja tutkiva oppiminen tarjoaa mahdollisuuksia monipuoliseen yhteistyöhön ja argumentaatiotaitojen kehittämiseen. Larun ym. (2012) tutkimuksessa mobiililaitteen käyttö edisti vuorovaikutuksen muotoja yhteisöllisen tutkivan oppimisen aikana. Onnistuneen yhteisöllisen ja tutkivan oppimisen aikaansaaminen edellyttää kuitenkin teknistä ja pedagogista tukea.

Vertaistukiverkostot. Niskala ym. (2023) tarkastelivat tutkimuksissaan viidesluokkalaisten akateemisia vertaistukiverkostoja. Tutkimus osoitti, että aktiivisilla auttajilla oli laajemmat sosiaaliset verkostot ja he olivat enemmän mukana digitaalisessa oppimisessa ja sosiaalisessa verkostoitumisessa. Aktiiviset auttajat raportoivat korkeammasta digitaalisesta sitoutumisesta ja vahvemmassa halusta tehdä digitaalista koulutyötä verrattuna passiivisiin auttajiin. Oikarinen ym. (2022) tutkivat videoaineiston avulla oppijoiden yhteistyötä teknologiatuetussa vastavuoroisessa vertaisohjauksessa matematiikan oppimisessa. Vastavuoroisessa vertaisohjauksessa olevat oppijat osoittivat aktiivista matemaattista ja digitaalista viestintää. Vastavuoroinen vertaisohjaus tuki oppijoiden reflektiota, matemaattisista ideoista keskustelua ja yhteistä ongelmanratkaisua.

4.4.3 Projektilähtöinen oppiminen

Projektilähtöinen työskentely pohjautuu usein arjen konteksteihin ja ilmiöihin, hyödyntää monialaisia ja teknologisia näkökulmia sekä kehittää akateemisia taitoja ja monipuolista tiedon käyttöä. Ilmiöpohjainen ja projektimuotoinen oppiminen voivat lisätä myös kouluviihtyvyyttä. Yksi viime vuosien ajankohtaisimmista tutkimusaiheista digitaaliseen oppimiseen liittyen on ollut **ohjelmoinnillisen tai algoritmisen ajattelun tutkimus**. Fagerlund ym. (2020) arvioivat neljäsluokkalaisten ohjelmoinnillista ajattelua Scratch-ohjelmointiprojektien kautta. Projektit ilmensivät ohjelmoinnillista ajattelua monipuolisesti ja oppijat kohtasivat projekteissaan erilaisia ohjelmoinnillisen ajattelun osa-alueita. Pedagogisena käytänteenä ohjelmoinnillisen ajattelun oppimisen tukemiseksi tarvitaan monipuolisia ohjelmointitehtäviä sekä laaja-alaista integrointia eri oppiaineisiin.

AI-projektit oppijoiden kanssa. Vartiainen ym. (2023) ovat tuoneet esille tekoälyn ja koneoppimisen opetuskäytön potentiaalin oppijoiden teknologisten taitojen ja datatoimijuuden kehittämisessä. He ovat havainneet, että tekoälyprojektit, kuten esikouluikäisten oppijoiden itse suunnittelemat tekoälysovellukset, parantavat käsitteellistä ymmärrystä tekoälystä ja edistävät kriittistä ajattelua erityisesti tekoälyteknologioiden eettisistä näkökulmista (Vartiainen ym., 2020). Lisäksi tutkimukset ovat osoittaneet, että yhteissuunnitteluun perustuvat työpajat opettajien ja oppijoiden kanssa tukevat tekoälyn integrointia opetukseen siten, että oppijat oppivat ymmärtämään datan ja algoritmien merkitystä päätöksenteossa (Vartiainen ym., 2021). Oppituntien aikana toteutetut tekoälyprojektit ovat osoittaneet, että oppijat kykenevät omaksumaan monimutkaisia käsitteitä, kun heille tarjotaan aktiivinen rooli oppimisessa ja annetaan mahdollisuus kokeilla teknologioita itse (Vartiainen ym., 2023). Nämä havainnot korostavat pedagogisten ratkaisujen merkitystä tekoälyn hyödyntämisessä oppijoiden taitojen ja kriittisen ajattelun kehittämiseksi.

Yhteenveto

Kuvio 11 esittelee yhteenvedon digitalisaatiota hyödyntävistä pedagogisista käytänteistä.

KUVIO 11. YHTEENVETO DIGITALISAATIOTA HYÖDYNTÄVISTÄ PEDAGOGISISTA KÄYTÄNTEISTÄ.



4.5 Oppimisympäristöjen ja opetuksessa käytettävien digitaalisten palvelujen kehittäminen

Miten oppimisympäristöjä ja opetuksessa käytettäviä digitaalisia palveluja tulisi kehittää?

Yhteensä 41 julkaisua käsitteli oppimisympäristöjen ja digitaalisten palvelujen kehittämistä, mutta osio kietoutuu vahvasti ja on päällekkäinen raportin muiden osa-alueiden kanssa. Oppimisympäristöjen ja opetuksessa käytettävien digitaalisten palvelujen kehittäminen edellyttää teknologian ja pedagogisten käytäntöjen tiivistä yhteensovittamista ja yhteiskehittämistä. Hilli (2020) korostaa, että virtuaaliset oppimisympäristöt voivat tukea oppijoiden välistä yhteistyötä ja formatiivista arviointia, mutta niiden tehokas hyödyntäminen vaatii digitaalisia taitoja, infrastruktuuria ja johtamisen tukea. Laine ja Nygren (2016) esittelevät aktiivisen ja passiivisen teknologian integroinnin käsitteet, jotka auttavat teknologian roolin selkeyttämisessä oppimisprosessissa. Aktiivinen integrointi tuo teknologian osaksi oppimisprosessia, kun taas passiivinen integrointi tarjoaa huomaamatonta tukea oppimiselle. Nämä käsitteet voivat ohjata oppimisympäristön suunnittelua, käyttöönottoa ja arviointia, jotta ne vastaisivat paremmin oppijoiden tarpeita.

Opettajien ja oppijoiden digitaalisten taitojen kehittäminen on keskeistä oppimisympäristöjen tehokkaassa käytössä ja myös niiden kehittämisessä. Lehtinen ym. (2016) toteavat, että opettajankoulutuksessa tulisi vahvistaa teknologista osaamista erityisesti simulaatioiden ja muiden innovatiivisten toimintaympäristöjen käytön mahdollistamiseksi. Samoin Saastamoinen ym. (2022) nostavat esiin, että hyvinvointia tukevat oppimisympäristöt, kuten EEG-biosensorit, voivat parantaa oppijoiden motivaatiota ja oppimiskokemusta, kun oppijat saavat palautetta omasta oppimisestaan.

Hofslundsengen ym. (2020) tutkimus varhaiskasvatuksen oppimisympäristöistä osoittaa, että vaikka fyysiset ympäristöt painottavat perinteistä kirjallisuutta, ne eivät juurikaan tue digitaalista ja monikielistä lukutaitoa. Tämä viittaa tarpeeseen kehittää oppimisympäristöjä, jotka tukevat monipuolisemmin lasten hyvinvointia ja erilaisia oppimistarpeita, kuten digitaalisen lukutaidon ja monikielisyyden osaamista. Tällaiset ympäristöt voivat parantaa oppimisen laatua ja tarjota joustavampia tapoja tukea lasten yksilöllisiä oppimistarpeita.

Marttila ym. (2023) puolestaan integroivat VERP-ohjelman (Video Enhanced Reflective Practice) varhaiskasvatuksen opettajaopiskelijoiden verkko-opintomoduuliin. Tutkimuksen mukaan tämä näyttöön perustuvia luentoja, multimediamaateriaalia ja harjoituksia lasten kielen kehityksestä ja opettajan ja lapsen vuorovaikutuksesta sisältävä digitaalinen palvelu paransi suomalaisten varhaiskasvatuksen opettajaopiskelijoiden vuorovaikutus- ja suhdetoimintakompetenssia.

Yhteenveto

Kuvio 12 esittelee yhteenvedon oppimisympäristöjen ja opetuksessa käytettävien digitaalisten palvelujen kehittämisestä.

KUVIO 12. YHTEENVETO OPPIMISYMPÄRISTÖJEN JA OPETUKSESSA KÄYTETTÄVIEN DIGITAALISTEN PALVELUJEN KEHITTÄMISESTÄ.

Oppimisympäristöjen ja opetuksessa käytettävien digitaalisten palvelujen kehittäminen

Oppimisympäristöjen ja opetuksessa käytettävien digitaalisten palvelujen kehittäminen edellyttää teknologian ja pedagogiikan tiivistä yhteiskehittämistä.

Digitaalisen teknologian aktiivinen ja passiivinen integroiminen osaksi oppimisprosessia voi ohjata oppimisympäristöjen ja digitaalisten palvelujen suunnittelua ja käyttöönottoa.

Opettajien ja oppijoiden digitaalisten taitojen kehittäminen on keskeistä oppimisympäristöjen hyödyntämisessä ja kehittämisessä.

Hyvinvointia tukevat oppimisympäristöt voivat edistää oppijoiden motivaatiota ja oppimiskokemusta.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

5.1 Tulosten yhteenveto

Tämän katsauksen ja aiempien tutkimustulosten perusteella voidaan päätellä, että koulutuspoliittisista linjauksista, digitaalisen infrastruktuurin kehittymisestä ja digitaalisten laitteiden saatavuudesta huolimatta digitaalisten palvelujen opetuskäyttöön liittyy yhä monia haasteita (Fagerlund ym., 2024; Näykki & Häkkinen, 2023; Tanhua-Piiroinen ym., 2020). Kirjallisuuskatsaus esitteli laajasti erilaisia digitaalisen oppimisen ja opetuksen kokeiluja, joiden keskeisiä tuloksia on tiivistetty taulukkoon 3. Keskeisenä huolena voidaan kuitenkin pitää sitä, että hyvien käytäntöjen yleistyminen laajamittaiseen käyttöön vaikuttaa edelleen olevan haasteellista. Tutkimus on myös nostanut huolen siitä, että suomalaisnuoret omaksuvat suurimman osan digitaalisesta osaamisestaan koulun ulkopuolella (Fagerlund ym., 2024), mikä lisää sosioekonomisesta taustasta johtuvaa eriarvoisuutta ja luo riskejä digitaalisen teknologian sääntelemättömälle käytölle vapaa-ajalla (Leino ym., 2019).

Keskeisiä periaatteita digitaalisten palvelujen opetuskäytössä tulisi olla perustaitojen, ymmärtävän oppimisen ja merkityksellisen vuorovaikutuksen tukeminen (Järvelä ym., 2023). ICILS2023-tutkimuksen mukaan suomalaisten yläkoulujen digitaalisen opetuksen käyttötavat olivat kuitenkin varsin yksipuolisia ja esimerkiksi älykkäiden välineiden käyttö monimutkaisten ilmiöiden ja yhteyksien mallintamiseen sekä tutkimiseen vaikkapa simulaatioiden kautta oli vähäistä (Fagerlund ym., 2024). Tulevaisuuden työtehtävät edellyttävät myös sosiaalisesti jaettua osaamista ja ongelmanratkaisua. Tutkimusten mukaan sosiaalinen vuorovaikutus ja yhteisöllinen teknologia voi parhaimmillaan tukea ongelmanratkaisua ja tiedon rakennusprosessia (Häkkinen ym., 2017). Suomalaiskouluissa teknologiaa hyödynnetään kuitenkin varsin vähän ajattelua aktivoivilla, tutkivilla ja yhteisöllistä oppimista edistävillä tavoilla (Leino ym., 2019; Vainikainen ym., 2022).

TAULUKKO 3. TUTKIMUSKATSAUKSEN KESKEISIÄ TULOKSIA.

Tutkimuksen osa-alue	Keskeiset tulokset
Tilannekuva	
Oppijoiden osaaminen	<ul style="list-style-type: none"> Suomalaisnuorten (8. lk) osaaminen on kansainvälisesti verrattuna hyvällä tasolla sekä digitaalisessa monilukutaidossa että ohjelmoinnillisessa ajattelussa, mutta trendi on laskeva ja yksilöiden väliset osaamiserot ovat kasvussa.
Opettajien osaaminen	<ul style="list-style-type: none"> Opettajien painotukset yllä mainittuihin sisältöihin ovat vähentyneet. Vaikka erilaisia tukiresursseja on kehitetty, on edelleen haasteita opettajien systemaattisen tuen puutteessa ja täydennyskoulutuksen mahdollisuuksissa.
Opetuksen digitalisaation nykytila	<ul style="list-style-type: none"> Eryityisesti yläkoulussa digitaalisten välineiden käyttö oppimistarkoituksiin on vähäistä ja yksipuolista, ja integrointi osaksi aktivoivaa pedagogiikkaa on vähäistä. COVID-19 pandemian aikainen etäopetus oli yhteydessä heikentyneisiin oppimistuloksiin. Toisaalta laadukkaasti ja systemaattisesti toteutettu etäopetus saattoi myös parantaa oppimistuloksia. Etäopetuksen toteutustavat olivat vaihtelevia ja kokemukset yksilöllisiä.
Vaikutukset	
Oppijoiden oppimiseen	<ul style="list-style-type: none"> Perustaitojen (esim. matematiikka, lukeminen) harjoittamiseen kohdistuvilla digitaalisilla palveluilla oli positiivisia vaikutuksia erityisesti heikommin suoriutuvien oppijoiden oppimiseen. Eryityisesti alakouluun kohdistui paljon yksittäisiä tutkimuksia tiedon rakentamisesta esimerkiksi mobiilitekniologiaa, simulaatioita, pelejä tai digitaalista tarinankerrontaa hyödyntäen. Oppimisanalytiikka voi auttaa oppimisprosessin tukemisessa, palautteenannossa ja arvioinnissa. Onnistumisen edellytyksenä on tarkoituksenmukaisten pedagogisten ratkaisujen suunnittelu ja oppimisen taitojen kehittäminen. Vaikka yksittäisten tutkimusten painopiste on alakouluissa, puuttuu alakoulujen tilanteesta kokonaiskuva.
Oppijoiden hyvinvointiin	<ul style="list-style-type: none"> Digitaalisilla palveluilla on positiivisia vaikutuksia erityisesti heikommin suoriutuvien oppijoiden kiinnostuksen lisäämisessä ja kokemuksen rikastuttamisessa. Oppijoiden sitoutuminen on yhteydessä heidän digitaalisen oppimisen mieltymyksiinsä. Opettajalla on tärkeä rooli motivaation ja sitoutumisen tukemisessa digitaalisissa ympäristöissä. COVID-19 pandemian aikainen etäopetus oli yhteydessä oppijoiden pahoinvointiin ja yksinäisyyteen. Toisaalta pienen joukon kouluinto lisääntyi. Motivaatiolla on tärkeä merkitys oppimisvajeen ehkäisyssä.
Opettajien työhön	<ul style="list-style-type: none"> Opettajien välillä on eroja digitaalisen opetuksen toteuttamisessa. Eroja on selitetty muun muassa sukupuolella, teknologisilla resursseilla ja yksilöllisillä taidoilla. Ohjelmoinnillinen ajattelu ja ohjelmointimotivaatio ovat nousevia osaamisalueita ja tutkimuksen kohteita. Opettajilla, joilla on aiempaa kokemusta ohjelmoinnin opetuksesta, matemaattisten aineiden opettajilla ja miesopettajilla, on keskimäärin korkeampi osaaminen ohjelmoinnillisen ajattelun alueella. Opettajien digipedagogisen osaamisen kehittäminen edellyttää pitkäjänteistä tukea ja täydennyskoulutusta.
Opettajien hyvinvointiin	<ul style="list-style-type: none"> Opetuksen digitalisaation ja opettajien hyvinvoinnin välistä yhteyttä on tutkittu vain vähän sekä kansallisella että kansainvälisellä tasolla. Opettajien työhön liittyvä kuormitus kasvoi, työuupumus lisääntyi ja työinto laski COVID-19 pandemian aikana. Toisaalta joidenkin opettajien työntunto kasvoi.
Pedagogiset käytänteet	<ul style="list-style-type: none"> Luova ja toiminnallinen oppiminen, yhteisöllinen ja tutkiva oppiminen sekä projektilähtöinen oppiminen korostavat: <ul style="list-style-type: none"> Oppijoiden aktiivista osallistumista Oppijaryhmien välistä yhteistyötä Reflektion merkitystä Makerspace-ympäristöt, digitaalinen tarinankerronta ja pelillistetty oppiminen ovat esimerkkejä innovatiivista pedagogisista ratkaisuista.
Digitaaliset ympäristöt ja palvelut	<ul style="list-style-type: none"> Digitaalisten oppimisympäristöjen ja palvelujen mahdollisuudet tarjoavat keinoja oppimisen tukemiseen. Onnistunut käyttö vaatii huolellista suunnittelua, tukea ja resursseja. Teknologian tulee olla helppokäyttöistä ja joustavaa, jotta se tukee oppimista saumattomasti. Teknologisten, pedagogisten ja inhimillisten tekijöiden tasapainottaminen on tärkeää. Yhteistyö ja verkostoituminen eri tasoilla voivat parantaa digitaalisten ympäristöjen ja palvelujen suunnittelua ja toteutusta.

5.2 Mihin tutkimus painottui ja mihin sitä tulisi suunnata?

Kirjallisuuskatsaus osoittaa, että suomalaisessa kontekstissa on toteutettu vähän varsinaisia vaikuttavuustutkimuksia ja ne ovat suuntautuneet yksittäisiin oppiaineisiin (esim. matematiikka, lukeminen). Näiden tutkimusten tulokset ovat myös osin ristiriitaisia. Ristiriitaiset tulokset selittyvät ainakin osittain sillä, että tutkimusta on toteutettu eri ikäryhmillä, erilaisia digitaalisia palveluja ja oppimistehtäviä hyödyntäen. Toisin sanoen, tutkimusten määrä ja yhteneväisyys ei ole vielä siinä määrin riittävä, että olisi mahdollista tehdä kattavaa vertailua tutkimustuloksista.

Erityisenä tutkimusaukkona voidaan nostaa esille digitalisaation vaikutusten tarkastelu niin oppijoiden kuin opettajienkin hyvinvointiin. Erityisesti opettajien hyvinvoinnin osalta tutkimus rajautui lähinnä COVID-19 pandemian aikaisen etäopetuksen haasteisiin. Moniulotteinen digitalisaation ja hyvinvoinnin välisiä suhteita tarkasteleva lisätutkimus on siis tarpeen. Tällaisissa tutkimuksissa olisi tärkeää tarkastella sekä digitalisaatiosta mahdollisesti seuraavia hyvinvoinnin haasteita että tekijöitä, jotka potentiaalisesti voivat tukea sekä opettajien että oppijoiden hyvinvointia. Lähi-aikojen todennäköisesti kasvava tutkimusalue tulee olemaan tekoälyn opetuskäytön tutkimus, mukaan lukien datatoimijuuden ja algoritmitietoisuuden tutkimus. Oppimis- ja tekoälytutkimuksen lisäksi myös mediakasvatuksen tutkimuksella olisi annettavaa tälle alueelle.

Kirjallisuuskatsauksen empiiristen tutkimusten painopiste oli **alakouluun** kohdistuneissa tutkimuksissa, mutta toisaalta kokonaiskuvaa opetuksen digitalisaatiosta luoneet tutkimukset (ICILS2023, DigiV00) kohdistuivat **yläkouluun**. Tästä syystä suoraviivaisten johtopäätösten tekeminen tutkimusten vaikuttavuudesta on haasteellista. Alakoulun kontekstissa on toteutettu erityisesti perustaitojen harjoittamiseen sekä yhteisölliseen tiedon rakentamiseen ja oppimisen taitoihin kohdistuvaa tutkimusta, mutta tieto tutkimustiedon jalkautumisesta koulujen käyttöön laajemmin ja hyvien käytäntöjen yleistymisestä on edelleen hajanaista. Yläkoulujen osalta digitaalisten palvelujen hyödyntäminen oppimistarkoituksissa, aktivoivan pedagogiikan välineenä, on suomalaiskouluissa harvinaisia (Fagerlund ym., 2024; Oinas & Vainikainen, 2024). Alakoulujen ja varhaiskasvatuksen tilanteesta tarvittaisiin samankaltaisen tilannekuvan muodostamista kuin yläkouluista.

Varhaiskasvatuksen alueen tutkimus kohdistui pääosin **esiopetukseen**, esimerkiksi oppimisasiin perustaitojen harjoittamisen näkökulmasta (Aunio & Mononen, 2017; Richardson & Lyytinen, 2014; Puolakanaho & Latvala, 2017), tutkivaan oppimiseen digitaalisia palveluja hyödyntäen (Vartiainen ym., 2019), tekoälyn lukutaitoon ja kriittiseen ajatteluun tekoälyprojekteissa (Vartiainen ym., 2020), älylelujen ja leikkilisen oppimisen mahdollisuuksiin (Heljakka & Isomäki, 2018), ravintokoulutukseen videopelien avulla (Vepsäläinen ym., 2022), oppijoiden digitaalisten välineiden käyttötaitoihin (Nurmilaakso, 2015), opettajien käsityksiin, asenteisiin ja tunteisiin ohjelmoinnin opetuksesta (Korhonen ym., 2022), varhaiskasvatuksen henkilöstön digitaaliseen osaamiseen (Pesonen & Valkonen, 2023) ja varhaiskasvatuksen opettajaopiskelijoiden verkko-opiskeluun (Marttila ym., 2023).

Vapaan sivistystyön alueelta löytyi erityisen vähän tutkimusta siitä huolimatta, että tässä tutkimuskatsauksessa tulkitsimme vapaan sivistystyön tavallista laajemmin elinikäiseen oppimiseen ja aktiiviseen kansalaisuuteen kytkeytyvänä koulutuksena. Alueen tutkimukset kohdistuivat muun muassa ikääntyneiden oppijoiden kokemuksiin hyötyihin digitaalisista koulutustilaisuuksista (Pihlainen ym., 2021), digitaalisten palvelujen rooliin aikuisten maahanmuuttajien kieli- ja lukutaitokoulutuksessa COVID-19-pandemian aikana (Malessa, 2023) ja aikuisoppijoiden digitaaliseen osaamiseen ongelmanratkaisutilanteissa (Mannonen ym., 2024; Nwakasi ym., 2019).

Digitaalisen oppimisen ja opetuksen koko todellisuus ja innovaatiot eivät luonnollisesti välity yksinomaan näiden kirjallisuuskatsauksessa tarkasteltujen artikkelien kautta. Monet esimerkit jäävät

pimentoon, koska niistä ei ole empiiristä tutkimusnäyttöä. Aineistosta nousee esiin tarve monipuolisille tutkimusmenetelmille ja mahdollisuuksille tarkastella aitoja opetus- ja oppimistilanteita. Näin saataisiin lisää tietoa digitaalisten palvelujen tarjoamista opetuskäytänteistä. On tärkeää tutkia, millaista pedagogista toimintaa opettajat soveltavat näissä tilanteissa sekä miten oppijat toimivat niissä yksin, yhdessä ja teknologian tukemana. Lisäksi tulisi tarkastella, miten erilaiset oppijat – heidän digitaalinen osaamisensa ja teknologian käyttäjäprofiilinsa huomioiden – hyödyntävät digitaalisen oppimisen mahdollisuuksia. Samalla on tärkeää tunnistaa haasteita, joita heidän toimintaansa voi liittyä, ja selvittää, miten oppimista voitaisiin näissä tilanteissa paremmin tukea. Erityisen ajankohtainen aihepiiri on myös lasten ja nuorten digilaitteiden vapaa-ajan käytön yhteydet koulun digitalisaatioon sekä nämä yhdessä oppimiseen ja hyvinvointiin.

Suurin osa tämän katsauksen tutkimuksista edusti tieteenaloista kasvatustiedettä ja psykologiaa sisältäen kyselytutkimuksia, monimenetelmällisiä tapaustutkimuksia, laadullista haastattelu- ja videoaineistoa ja kvasikokeellista tutkimusta. Tietopohjaisen päätöksenteon tueksi tarvittaisiin lisää satunnaistettuja kokeiluja ja seurantatutkimusta digitaalisen oppimisen ja opetuksen mahdollisuuksista ja haasteista.

6 POHDINTA

Opetuksen digitalisaatio on moniulotteinen tutkimuskohde. Opetuksen digitalisaation vaikutusten tarkastelussa olennaista on se, miten ja mihin digitaalisia ympäristöjä ja välineitä käytetään. Teknologia ei itsessään ratkaise oppimisen ongelmia, kuten ei myöskään saa aikaan haittavaikutuksia, vaan sen vaikutus on aina epäsuora ja suhteessa pedagogisiin käytänteisiin. Yksittäisen laitteen tai sovelluksen sijasta tärkeintä on oppimisen pedagoginen tuki, joka on useiden eri välineiden, ohjelmistojen ja henkilöiden muodostama kokonaisuus. Monet opetusteknologian käyttöönoton tavat – kuten kirjojen korvaaminen digitaalisella oppimateriaalilla – ja taustalla olevat ajatukset sen vaikutuksista ovat kuitenkin yksinkertaistavia (esim. Mertala, 2020). Digitaalinen teknologia voidaan valjastaa niin perinteiseen opettajajohtoisen opetuksen kuin aktivoivan pedagogiikan tueksi. Digitalisaation merkitys tulevaisuuden koulutukselle riippuukin siitä, kuinka se kyetään valjastamaan pedagogisesti mielekkääseen käyttöön. Koska useimpia digitaalisia palveluja ei ole tietoisesti suunniteltu pedagogisista lähtökohdista ja oppimista tukemaan, edellyttää laadukkaan oppimisen tavoittelemisen huolellista suunnittelua ja työskentelyn nivomista osaksi laajempaa sosiaalisen ympäristön kokonaisuutta.

Oppimisteoreettiseen tietämykseen pohjautuvat pedagogiset periaatteet korostavat ihmisen aktiivista mieltä oppimisen perustana, oppimisen strategisia taitoja, autenttisten ja mielekkäiden oppimistilanteiden luomista sekä yhteisöllistä, teknologiatuettua tiedon rakentamista. Oppimisympäristöt, joissa oppija voi asettaa omia tavoitteitaan sekä valita työskentelymenetelmiään ja -välineitään, voivat parhaimmillaan kehittää myös kriittistä ajattelua, luovuutta, ongelmanratkaisua ja teknologian käyttötaitoja. Teknologia puolestaan voi auttaa etsimään, luomaan ja analysoimaan tietoa sekä jakamaan työskentelyprosessin vaiheita toisten oppijoiden ja opettajan kanssa. Tarjolla on myös yhä edistyneempiä välineitä tiedon esittämiseen ja mallintamiseen sekä monimutkaisten ilmiöiden ja yhteyksien tutkimiseen ja havainnollistamiseen, kuten simulaatiot ja pelinomaiset ratkaisut. Oppijoiden itsesääteilyyn ja motivaatioon liittyvät erot kuitenkin korostuvat tämänkaltaisissa oppimisympäristöissä, jotka edellyttävät korkeatasoisia tiedonkäsittelyn taitoja (esim. ongelman määrittelyä ja käsitteiden välisten suhteiden jäsentämistä) eivätkä vain alemman tasoisia tiedonkäsittelytoimintoja (esim. tiedon kopiointia). Ilman riittäviä itsesääteilyn taitoja ja sopivaa ohjausta teknologian opetus-käytössä saattaa korostua oppimistehtävään liittymätön viihteellinen aines tai keskittymisen lyhytjännitteisyys. Digitaaliset oppimisympäristöt voivat kuitenkin parhaimmillaan antaa oppijalle mahdollisuuksia harjoittaa ja kehittää omien ajatteluprosessien tunnistamista ja oppimisen itsesääteilyä sekä opettajalle välineitä näiden prosessien arviointiin ja tukemiseen.

Yhteenvetona voidaan todeta, että haasteena ei ole digitaalisten palvelujen saatavuus tai käyttö, vaan kyky hyödyntää niitä merkityksellisiin tiedollisiin ja sosiaalisiin käytänteisiin sekä mahdollisuus osallistua digitaalisten palvelujen suunnitteluun ja kehittämiseen. On tärkeää, että lapset ja nuoret suhtautuvat digitaalisiin palveluihin kriittisesti ja ennakoivasti pohtien teknologian luonnetta ja mahdollisuuksia. Jotta näin tapahtuisi, lasten ja nuorten on hankittava taitoja suunnitella ja rakentaa tietoa digitaalisia palveluja hyväksi käyttäen. Tärkeitä eivät ole vain ohjelmointitaidot, vaan myös suunnitteluun ja ongelmanratkaisuun liittyvä osaaminen, mukaan lukien luovat ja yhteisöllisen työskentelyn taidot (Häkkinen ym., 2017). Nämä taidot edesauttavat yhteiskunnallisen osallisuuden lisääntymistä, ja niiden vahvistamisessa kouluilla, opettajilla ja kasvattajilla on keskeinen rooli.

Digitalisaation vaikutuksiin on pyritty vastaamaan koulutuspoliittisin keinoin. Näitä koulutuspoliittisia tavoitteita ja toimenpiteitä Suomessa edustavat muun muassa Kasvatuksen ja koulutuksen digitalisaation linjaukset 2027 (Opetus- ja kulttuuriministeriö, 2023), Laaja-alainen osaaminen 2030-luvulle -raportti (Opetushallitus, 2023), Koulutus tulevaisuudessa -raportti (Opetushallitus,

2022), opettajankoulutuksen kehittämiseen kohdistuneet opetus- ja kulttuuriministeriön rahoittamat kärkihankkeet (Lavonen ym., 2020; Lavonen ym., 2021a) sekä Uudet lukutaidot -kehittämishjelma (Opetus- ja kulttuuriministeriö, ei pvm.). Uudet lukutaidot -ohjelma painotti oppijan oikeutta digitaaliseen osaamiseen, joka mahdollistaa muun muassa itseilmaisuuden ja osallisuuden, aktiivisen ja vastuullisen toimijuuden sekä monipuolisten kriittisen ajattelun taitojen kehittämisen.

Erityistä huolta tämän päivän yhteiskunnassa aiheuttaa digitaalisten laitteiden liiallinen tai hyvinvointia heikentävä käyttö. Niinpä oppijoille tulisi tarjota oppimista ja hyvinvointia tukevia käyttökokemuksia, joissa harjoitellaan laitteiden käyttöä myös sosiaalisen vuorovaikutuksen ja digitaalisten turvataitojen vahvistamiseksi. Tämä edellyttää huomion kiinnittämistä opettajien pedagogisiin valintoihin ja toimintaan. Oppijat tarvitsevat opettajan pedagogista suunnittelua sekä esimerkkejä ja kokemuksia digitaalisten palvelujen käytöstä oppimisessa (Häkkinen ym., 2017).

Opetuksen digitalisaatio ja oppijoiden digitaalisen osaamisen kehittäminen vaativat toimenpiteitä sekä opettajien digitaalisen ja digipedagogisen osaamisen vahvistamista (Falloon, 2020; Fernández-Batanero ym., 2022). Opettajien ammatillinen kehittäminen on keskeinen haaste digitaalisten palvelujen käytön vakiinnuttamisessa opetuksessa, mikä johtuu muun muassa riittämättömästä teknisestä ja pedagogisesta tuesta, valmisteluajan puutteesta sekä asenteista ja vähäisistä onnistumisen kokemuksista (Ertmer & Ottenbreit-Leftwich, 2010; Fagerlund ym., 2024). Ajankohtainen haaste on myös ohjelmoinnillisen ajattelun opettaminen, joka on yhä melko vähän tunnettu osa-alue perusopetuksen opetussuunnitelmassa. Rehtoreilla on keskeinen rooli olla mahdollistamassa keskustelua ja tukea opettajien osaamisen kehittämiseksi (Leino ym., 2019). Digitaalisen osaamisen kehittäminen on koko yhteisön tehtävä, ja se vaatii myös osaamisen kehittämisen johtamista (Ilomäki & Lakkala, 2018). Myös opettajankoulutuksella on olennainen merkitys digitaalisen osaamisen kehittämisessä (Aagaard ym., 2022; Brevik ym., 2019; Pongsakdi ym., 2021; Reisoglu & Cebi, 2020). Opettajankoulutuksen tulisi tarjota monipuolisia oppimiskokemuksia pedagogisesti perusteltujen digitaalisten palvelujen hyödyntämisestä sekä tukea tulevien opettajien omien taitojen kehittämiseen (Häkkinen ym., 2017).

Digitaalisen oppimisen ja opetuksen tutkimusta on usein kritisoitu siitä, ettei se ole kyennyt tuottamaan riittävän hyvin perusteltuja ja uskottavia ratkaisuja ajankohtaisiin ongelmiin ja kehittämishaasteisiin. Tutkimuksen on toisin sanoen väitetty etäänntyneen liian kauas esimerkiksi luokkahuonekäytäntöjen kehittämisestä. On tarpeen löytää ja kehittää sellaisia tutkimusstrategioita, jotka integroivat oppimista ja opetusta koskevan teoreettisen ja empiirisen tutkimuksen sekä pedagogisten käytäntöjen kehittämisen toisiinsa.

Tutkimusta on leimannut myös hajanaisuus. Hieman kärjistäen voidaan todeta, että yksittäiset tutkijat ovat kehittäneet ja kokeilleet omia mallejaan samaan aikaan kun aktiiviset oppilaitokset tai alan yritykset ovat toimineet itsenäisesti. Suomalaisen tilanteen ja kansainvälisten kokemusten perusteella voidaan olettaa, että digitaalisten palvelujen laajamittaisempi hyväksikäyttö opetuksen ja oppimisen tukena edellyttäisi nykyistä systemaattisempaa yhteistyötä eri toimijoiden välillä. Tarvitaan erilaisen asiantuntijuuden yhdistämistä jatkuvaan pedagogisten käytänteiden ja digitaalisten palvelujen kehittämiseen. Tiedeyhteisön jäsenille tämä tarkoittaa avoimuutta uudentalaiselle tutkimus- ja kehittämisyhteistyölle. Erityisesti on hyvä muistaa, että yhteistyöhön tarvitaan tutkijoiden ja kehittäjien lisäksi tarkoituksenmukaisten pedagogisten käytäntöjen kehittämisestä innostuneita opettajia.

Nykyhetkessä ja tulevaisuutta ajatellen on tärkeää ymmärtää teknologian ja digiajan periaatteita sekä kyetä tarkastelemaan kriittisesti aikakauden ilmiöitä – tarvittaessa kyseenalaistaen, mutta samalla uteliaisuutta vaalien. Eri kriisit ovat osoittaneet, kuinka merkityksellistä digitaalinen osaaminen on: se mahdollistaa toimintakyvyn ylläpitämisen ja osaamisen kehittämisen myös haastavissa

olosuhteissa ja kriisien keskellä. Opettajien digitaalisen ja digipedagogisen osaamisen kehittäminen kaikilla koulutusasteilla asettaa haasteita opettajankoulutukselle ja täydennyskoulutukselle, jotka joutuvat etsimään uusia keinoja digitaalisen osaamisen edistämiseksi, jakamiseksi ja johtamiseksi. Digitaalisen osaamisen eriarvoistumisen ehkäisemiseksi on tärkeää pohtia, miten digitaalisia palveluja voidaan hyödyntää oppijoiden oppimisen tukena ja miten opettajien perus- ja täydennyskoulutus voi edistää heidän valmiuksiaan käyttää näitä palveluja oppijalähtöisesti ja pedagogisesti perustellulla tavalla.

LÄHTEET

* Systemaattisen kirjallisuushaun analyysissä mukana olleet julkaisut

- Aagaard, T., Bueie, A., & Hjukse, H. (2022). Teacher educator in a digital age: A study of transformative agency. *Nordic Journal of Digital Literacy*, 17(1), 31–45. <https://doi.org/10.18261/njdl.17.1.3>
- Aivelo, T., & Uitto, A. (2016). Digital gaming for evolutionary biology learning: The case study of parasite race, an augmented reality location-based game. *LUMAT International Journal on Math Science and Technology Education*, 4(1), 1–26. <https://doi.org/10.31129/lumat.4.1.3>.*
- Aksela, O., Lämsä, J. & Järvelä, S. (2024). Secondary School Students' Enacted Self-Regulated Learning Strategies in a Computer-Based Writing Task-Insights from Digital Trace Data and Interviews. *Technology, Knowledge and Learning*. <https://doi.org/10.1007/s10758-024-09789-4>.*
- Alisaari, J., Heikkola, L. M., & Harju-Autti, R. (2023). Finnish pre-service teachers' understandings of the role of language(s) in learning mathematics. *Language Culture and Curriculum*, 37(1), 75–91. <https://doi.org/10.1080/07908318.2023.2258156>.*
- Aunio, P., & Mononen, R. (2017). The effects of educational computer game on low-performing children's early numeracy skills – an intervention study in a preschool setting. *European Journal of Special Needs Education*, 33(5), 677–691. <https://doi.org/10.1080/08856257.2017.1412640>.*
- Autio, O., & Soobik, M. (2017). Technological knowledge and reasoning in Finnish and Estonian technology education. *International Journal of Research in Education and Science*, 3(1), 193–202. <https://doi.org/10.21890/ijres.63892>*
- Autio, O., Jamsek, J., Soobik, M., & Olafsson, B. (2019). Technology education in Finland, Slovenia, Estonia and Iceland: The structure of students' attitudes towards technology. *International Journal of Technology in Education and Science (IJTES)*, 3(2), 95–106. <https://www.ijtes.net/index.php/ijtes/article/view/19>. *
- Autio, O., Olafsson, B., & Thorsteinsson, G. (2016). Examining technological knowledge and reasoning in Icelandic and Finnish comprehensive schools. *Design and Technology Education: An International Journal*, 21(2), 59–68. <https://openjournals.ljmu.ac.uk/DesignTechnologyEducation/article/view/1586>. *
- Beilmann, M., Opermann, S., Kalmus, B., Vissenberg, J., & Pedaste, M. (2023). The role of school-home communication in supporting the development of children's and adolescents' digital skills, and the changes brought by COVID-19. *Journal of Media Literacy Education*, 15(1), 1–13. <https://doi.org/10.23860/jmle-2023-15-1-1>.*
- Bethhäuser, B. A., Bach-Mortensen, A. M., & Engzell, P. (2023). A systematic review and meta-analysis of the evidence on learning during the COVID-19 pandemic. *Nature Human Behavior*, 7, 375–385. <https://doi.org/10.1038/s41562-022-01506-4>
- Björn, P. M., & Leppänen, P. H. T. (2013). Accelerating decoding-related skills in poor readers learning a foreign language: a computer-based intervention. *Educational Psychology*, 33(6), 671–689. <https://doi.org/10.1080/01443410.2013.797336>.*
- Bradley, L., & Thouésny, S. (toim.) (2012). CALL: Using, learning, knowing. Proceedings of the 2012 EUROCALL Conference (Gothenburg, Sweden, August 22-25, 2012). *Raportti kansainvälisestä EUROCALL (European Association for Computer-Assisted Language Learning) -konferenssista, Göteborg, Ruotsi*. Research-publishing.net. Digitaalinen julkaisukirjasto ERIC: <https://eric.ed.gov/?id=ED574893>.*
- Brevik, L. M., Gudmundsdottir, G. B., Lund, A., & Strømme, T. A. (2019). Transformative agency in teacher education: Fostering professional digital competence. *Teaching and Teacher Education*, 86, 102875. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2019.07.005>
- 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, 63–74. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.09.011>.*
- Brinck, J., Leinonen, T., Lipponen, L., & Kallio-Tavin, M. (2023). Open design pedagogy: Revealing openness in early childhood education with digital technology. *International Journal of Education Through Art*, 19(2), 223–240. https://doi.org/10.1386/eta_00128_1.*
- Byman, J., Kumpulainen, K., Wong, C. C., & Renlund, J. (2022). Children's emotional experiences in and about nature across temporal-spatial entanglements during digital storying. *Literacy*, 56(1), 18–28. <https://doi.org/10.1111/lit.12265>.*
- Christopoulos, A., Kajasilta, H., Salakoski, T., & Laakso, M.-J. (2020). Limits and virtues of educational technology in elementary school mathematics. *Journal of Educational Technology Systems*, 49(1), 59–81. <https://doi.org/10.1177/0047239520908838>.*

- Clark, A. E., Nong, H., Zhu, H., & Zhu, R. (2020). Compensating for academic loss: Online learning and student performance during the COVID-19 pandemic. *China Economic Review*, 68, 101629. <https://doi.org/10.1016/j.chieco.2021.101629>
- Dang, B., Nguyen, A., & Järvelä, S. (2024). Deliberative Interactions for Socially Shared Regulation in Collaborative Learning: An AI-Driven Learning Analytics Study. *Journal of Learning Analytics*, 11(3), 192-209. <https://doi.org/10.18608/jla.2024.8393>.*
- Davies, S., Hakkarainen, K., Seitamaa-Hakkarainen, P., Korhonen, T. & Kokko, S. (2020). The development of pedagogical infrastructures in three cycles of maker-centered learning projects. *Design and Technology Education: An International Journal*, 25(2), 29–49. HELDA-julkaisukirjasto: <http://hdl.handle.net/10138/319688>.*
- Dindar, M., Ren, L. Lei Ren & Järvenoja, H. (2020.) An experimental study on the effects of gamified cooperation and competition on English vocabulary learning. *British Journal of Educational Technology*, 52(1), 142-159. <https://doi.org/10.1111/bjet.12977>
- Dindar, M., Suorsa, A., Hermes, J., Karppinen, P., & Näykki, P. (2021). Comparing technology acceptance of K-12 teachers with and without prior experience of learning management systems: A Covid-19 pandemic study. *Journal of Computer Assisted Learning*, 37(6), 1553-1565. <https://doi.org/10.1111/jcal.12552>.*
- Domingo-Coscollola, M, Arrazola-Carballo, J., & Sancho-Gil, J. M. (2016). Do it yourself in education: Leadership for learning across physical and virtual borders. *International Journal of Educational Leadership and Management*, 4(1), 5–29. <https://doi.org/10.17583/ijelm.2016.1842>.*
- Drake, M. (2019). Embedding virtual reality into competence recognition. *Conference: International Conference Cognition and Exploratory Learning in Digital Age 2019*, 465-467. https://doi.org/10.33965/celda2019_201911R064.*
- Dukuzumuremyi, S., & Siklander, P. (2018). Interactions between pupils and their teacher in collaborative and technology-enhanced learning settings in the inclusive classroom. *Teaching and Teacher Education*, 76, 165-174. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2018.08.010>.*
- Elomaa, M., Pakarinen, E., Eskelä-Haapanen, S., & Lerkkanen, M.-K. (2023). Principals' perceptions of their work during the COVID-19 pandemic. Teoksessa R. Ahtiainen, E. Hanhimäki, J. Leinonen, M. Risku, & A.-S. Smeds-Nylund (toim.), *Leadership in Educational Contexts in Finland: Theoretical and Empirical Perspectives* (pp. 281-299). Springer. *Educational Governance Research*, 23. https://doi.org/10.1007/978-3-031-37604-7_14
- Engzell, P., Frey, A., & Verhagen, M. D. (2021). Learning loss due to school closures during the COVID-19 pandemic. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118, e2022376118. <https://doi.org/10.1073/pnas.2022376118>
- Eronen, L., & Kärnä, E. (2017). Students acquiring expertise through student-centered learning in mathematics lessons. *Scandinavian Journal of Educational Research*, 62(5), 682–700. <https://doi.org/10.1080/00313831.2017.1306797>.*
- Ertmer, P. A., & Ottenbreit-Leftwich, A. T. (2010). Teacher technology change: How knowledge, confidence, beliefs, and culture intersect. *Journal of research on Technology in Education*, 42(3), 255-284.
- Espino, D. P., Lee, S. B., Van Tress, L., Baker, T. T., & Hamilton, E. (2020). Analysis of U.S., Kenyan, and Finnish discourse patterns in a cross-cultural digital makerspace learning community through the IBE-UNESCO global competences framework. *Research in Social Sciences and Technology*, 5(1), 86–100. <https://doi.org/10.46303/ressat.05.01.5>.*
- Fagerlund, J. (2022). Tietokonevallankumous ja ohjelmoinnillinen ajattelu peruskoulussa: havaintoja mikro- ja makrotasoilta. *Kasvatus ja aika*, 16(1), 121–127. <https://doi.org/10.33350/ka.111888>.*
- Fagerlund, J., Häkkinen, P., Vesisenaho, M., & Viiri, J. (2020). Assessing 4th grade students' computational thinking through Scratch programming projects. *Informatics in Education*, 19(4), 611–640. <https://doi.org/10.15388/infedu.2020.27>.*
- Fagerlund, J., Leino, K., Kiuru, N., & Niilo-Rämä, M. (2022). Finnish teachers' and students' programming motivation and their role in teaching and learning computational thinking. *Frontiers in Education*, 7. <https://doi.org/10.3389/educ.2022.948783>.*
- Fagerlund, J., Leino, K., Niilo-Rämä, M., Puhakka, E. & Markkanen, I. (2024). Kohti digiosaamisen strategista kehittämistä: Kansainvälinen monilukutaidon ja ohjelmoinnillisen ajattelun tutkimus (ICILS 2023). *Koulutuksen tutkimuslaitos, Tutkimuksia* 40. Jyväskylän yliopisto. <https://doi.org/10.17011/ktl-t/40>.*
- Falloon, G. (2020). From digital literacy to digital competence: The teacher digital competency (TDC) framework. *Educational Technology Research and Development*, 68(5), 2449–2472. <https://doi.org/10.1007/s11423-020-09767-4>
- Fernández-Batanero, J. M., Montenegro-Rueda, M., Fernández-Cerero, J., & García-Martínez, I. (2022). Digital competences for teacher professional development. Systematic review. *European Journal of Teacher Education*, 45(4), 513–531. <https://doi.org/10.1080/02619768.2020.1827389>
- Fernández-Batanero, J. M., Román-Graván, P., Reyes-Rebollo, M. M., & Montenegro-Rueda, M. (2021). Impact of educational technology on teacher stress and anxiety: A literature review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(2), 548. <https://doi.org/10.3390/ijerph18020548>

- Gallagher, M., & Ihanainen, P. (2015). Aesthetic literacy: Observable phenomena and pedagogical applications for mobile lifelong learning (MLLL). *European Journal of Open Distance and E-Learning*, 18(1), 15–33. <https://doi.org/10.1515/eurodl-2015-0002>.*
- Godhe, A-L. (2019). Digital literacies or digital competence: Conceptualizations in Nordic curricula. *Media and Communication*, 7(2), 25–35. <https://doi.org/10.17645/mac.v7i2.1888>.*
- Goman, J., Huusko, M., Isoaho, K., Lehikko, A., Metsämuuronen, J., Rumpu, N., Seppälä, H., Venäläinen, S., & Åkerlund, C. (2021). Poikkeuksellisten opetusjärjestelyjen vaikutukset tasa-arvon ja yhdenvertaisuuden toteutumiseen eri koulutusasteilla. Osa III: Kansallisen arvioinnin yhteenveto ja suositukset. Kansallinen koulutuksen arviointikeskus. *Julkaisut 8:2021*.
- Halme, M., & Somervuori, O. (2012). Copyrighted Internet material in education—teacher needs and use arrangements. *Education and Information Technologies*, 17. <https://doi.org/10.1007/s10639-011-9161-0>.*
- Halonen, N., Hietajärvi, L., Lonka, K., & Salmela-Aro, K. (2016). Sixth graders' use of technologies in learning, technology attitudes and school well-being. *The European Journal of Social & Behavioural Sciences*, 18(1), 51–68. <https://doi.org/10.15405/ejsbs.205>.*
- Hankala, M., Kankaanranta, M., Rousi, R., Mehtälä, S., & Merjovaara, O. (2023). Exploring pre-service teachers' and comprehensive school pupils' understandings of literacies in digital environments. *Nordic Journal of Digital Literacy*, 18(3), 158–172. <https://doi.org/10.18261/njdl.18.3.3>.*
- Hautala, J., Baker, D.L., Keurulainen, A., Ronimus, M., Richardson, U., & Cole, R. (2018). Early science learning with a virtual tutor through multimedia explanations and feedback on spoken questions. *Education Tech Research and Development*, 66(2), 403–428. <https://doi.org/10.1007/s11423-017-9558-6>.*
- Hautala, J., Heikkilä, R., Nieminen, L., Rantanen, V., Latvala, J.-M., & Richardson, U. (2020). Identification of reading difficulties by a digital game-based assessment technology. *Journal of Educational Computing Research*, 58(5), 1003–1028. <https://doi.org/10.1177/0735633120905309>.*
- Havu-Nuutinen, S., Kärkkäinen, S., & Keinonen, T. (2011). Primary school pupils' perceptions of water in the context of STS study approach. *International Journal of Environmental and Science Education*, 6(4), 321–339. Digitaalinen julkaisukirjasto ERIC: <https://eric.ed.gov/?id=EJ959422>. *
- 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. <https://doi.org/10.1080/10888438.2012.753452>.*
- Hellstrand, H., Korhonen, J., Linnanmäki, K., & Aunio, P. (2020). The Number Race – computer-assisted intervention for mathematically low-performing first graders. *European Journal of Special Needs Education*, 35(1), 85–99. <https://doi.org/10.1080/13488678.2019.1615792>.*
- Hietajärvi, L., Lonka, K., Hakkarainen, K., Alho, K., & Salmela-Aro, K. (2020). Are schools alienating digitally engaged students? Longitudinal relations between digital engagement and school engagement. *Frontline Learning Research*, 8(1), 33–55. <https://doi.org/10.14786/flr.v8i1.437>.*
- Hietajärvi, L., Maksniemi, E., Lonka, K., Hakkarainen, K., Alho, K., & Salmela-Aro, K. (2022). Digital engagement, school burnout and academic performance: Longitudinal within-student relations. *Open Science Framework Preprints*. <https://doi.org/10.31219/osf.io/a2bk7>
- Hietajärvi, L., Nuorteva, M., Tuominen, H., Hakkarainen, K., Salmela-Aro, K., & Lonka, K. (2014). Kuudesluokkalaisten nuorten sosiodigitaalinen osallistuminen, kiinnostuksen kohteet ja kouluhyvinvointi. *Kasvatus*, 45, 429–443.*
- Hietajärvi, L., Salmela-Aro, K., Tuominen, H., Hakkarainen, K., & Lonka, K. (2019). Beyond screen time: Multidimensionality of socio-digital participation and relations to academic well-being in three educational phases. *Computers in Human Behavior*, 93, 13–24. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2018.11.049>.*
- Hilli, C. (2018). Distance teaching in small rural primary schools: a participatory action research project. *Educational Action Research*, 28(1), 38–52. <https://doi.org/10.1080/09650792.2018.1526695>.*
- Hilli, C. (2019). Extending classrooms through teacher collaboration in Virtual Learning Environments. *Educational Action Research*, 28(1), 700–715. <https://doi.org/10.1080/09650792.2019.1654901>.*
- Hofslundsengen, H., Magnusson, M., Svensson, A. K., Jusslin, S., Mellgren, E., Hagtvet, B. E., & Heilä-Ylikallio, R. (2018). The literacy environment of preschool classrooms in three Nordic countries: challenges in a multilingual and digital society. *Early Child Development and Care*, 190(3), 414–427. <https://doi.org/10.1080/03004430.2018.1477773>.*
- Huovinen, E., & Rautanen, H. (2019). Interaction affordances in traditional instruments and tablet computers: A study of children's musical group creativity. *Research Studies in Music Education*, 42(1), 94–112. <https://doi.org/10.1177/1321103X18809510>.*

- Häkkinen, P., Järvelä, S., Mäkitalo-Siegl, K., Ahonen, A., Näykki, P., & Valtonen, T. (2017). Preparing teacher-students for twenty-first-century learning practices (PREP 21): A framework for enhancing collaborative problem-solving and strategic learning skills. *Teachers and Teaching*, 23(1), 25–41. <https://doi.org/10.1080/13540602.2016.1203772>
- Hämäläinen, E. (2023). *Examining and Enhancing Adolescents' Critical Online Reading Skills* [väitöskirja, Jyväskylän yliopisto]. JYX-julkaisukirjasto: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-39-9654-3>.
- Ihamäki, P., & Heljakka, K. (2018). Verkottunut esineleikki osana esiopetusta: Lelujen Internet leikillisen oppimisen välineenä, *Lähikuva*, 31(2), 29–49. <https://doi.org/10.23994/lk.75048>.*
- Iiskala, T., Volet, S., Lehtinen, E., & Vauras, M. (2015). Socially shared metacognitive regulation in asynchronous CSCL in science: Functions, evolution and participation. *Frontline Learning Research*, 3(1), 78–111. <https://doi.org/10.14786/flr.v3i1.159>.*
- Iilomäki, L., & Lakkala, M. (2018). Digital technology and practices for school improvement: innovative digital school model. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 13(25), 1–32. <https://doi.org/10.1186/s41039-018-0094-8>
- Iwata, M., Pitkänen, K., Laru, J., & Mäkitalo, K. (2020). Exploring potentials and challenges to develop twenty-first century skills and computational thinking in K-12 maker education. *Frontiers in Education*, 5, artikkeli 87. <https://doi.org/10.3389/educ.2020.00087>
- Jaakkola, T., & Veermans, K. (2015). Effects of abstract and concrete simulation elements on science learning. *Journal of Computer Assisted Learning*, 31(4), 300–313. <https://doi.org/10.1080/13803611.2011.641269>.*
- Jaatinen, J., & Lindfors, E. (2019). Makerspaces for pedagogical innovation processes: How Finnish comprehensive schools create space for makers. *Design and Technology Education: An International Journal*, 24(2), 42–66. <https://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2021042821491>.*
- Järvelä, S., Järvenoja, H., & Malmberg, J. (2012). How elementary school students' motivation is connected to self-regulation. *Educational Research and Evaluation*, 18(1), 65–84. <https://doi.org/10.1080/13803611.2011.641269>.*
- Järvenoja, H., Malmberg, J., Järvelä, S., Näykki, P., & Kontturi, H. (2018). Investigating students' situation-specific emotional state and motivational goals during a learning project within one primary school classroom. *Learning: Research and Practice*, 5(1), 4–23. <https://doi.org/10.1080/23735082.2018.1554821>.*
- Järvinen, Esa-Matti & Rasinen, Aki. (2014). Implementing technology education in Finnish general education schools: studying the cross-curricular theme 'Human being and technology'. *International Journal of Technology and Design Education*, 25(1), 67–84. <https://doi.org/10.1007/s10798-014-9270-3>.*
- Juutinen, J., Ólafsdóttir, S. M., & Einarsdóttir, J. (2023). Children's belonging constructed through material relations in multicultural early education settings. *Scandinavian Journal of Educational Research*, 68(5), 878–889. <https://doi.org/10.1080/00313831.2023.2196540>.*
- Kaarakainen, M., & Saikkonen, L. (2021). Multilevel analysis of the educational use of technology: Quantity and versatility of digital technology usage in Finnish basic education schools. *Journal of Computer Assisted Learning*, 37(4), 953–965. <https://doi.org/10.1111/jcal.12534>.*
- Kahila, J., Vartiainen, H., Tedre, M., Arkko, E., Lin, A., Pope, N., Jormanainen, I., & Valtonen, T. (2024). Pedagogical framework for cultivating children's data agency and creative abilities in the age of AI. *Informatics in Education*, 23(2), 323–360. <https://doi.org/10.15388/infedu.2024.15>.*
- Kajamaa, A., Kumpulainen, K., & Olkinuora, H. (2020). Teacher interventions in students' collaborative work in a technology-rich educational makerspace. *British Journal of Educational Technology*, 51(2), 371–386. <https://doi.org/10.1111/bjet.12837>.*
- Kangas, K., Seitamaa-Hakkarainen, P., & Hakkarainen, K. (2013). Design thinking in elementary students' collaborative lamp designing process. *Design and Technology Education: An International Journal*, 18(1), 30–43.*
- Kangas, K., Sormunen, K., & Korhonen, T. (2022). Creative learning with technologies in young students' STEAM education. Teoksessa Papadakis, S., & Kalogiannakis, M. (toim.) (2022). *STEM, robotics, mobile apps in early childhood and primary education*. Springer, 157–179. https://doi.org/10.1007/978-981-19-0568-1_9.*
- Kankaanranta, M. (toim.) (2011). *Opetusteknologia koulun arjessa*. Jyväskylän yliopisto.*
- Kanniainen, L., Kiili, C., Tolvanen, A., Aro, M., & Leppänen, P. H. T. (2019). Literacy skills and online research and comprehension: struggling readers face difficulties online. *Reading and Writing*, 32(9), 2201–2222. <https://doi.org/10.1007/s11145-019-09944-9>.*
- Kesanto-Jokipolvi, H., Seppänen, P., Koivuhovi, S., Siipola, M., Autio, R., & Rimpelä, A. (2024). Selective classes and early health inequalities in comprehensive schools in Finland. *The Journal of School Health*, 94(9), 820–829. <https://doi.org/10.1111/josh.13488>.*

- Kiili, C., Strømsø, H. I., Bråten, I., Ruotsalainen, J., & Rääkkönen, E. (2024). Reading comprehension skills and prior topic knowledge serve as resources when adolescents justify the credibility of multiple online texts. *Reading Psychology, 45*(7), 662–689. <https://doi.org/10.1080/02702711.2024.2351485>.*
- Kiili, K., Ketamo, H., Koivisto, A., & Finn, Enda. (2014). Studying the user experience of a tablet based math game. *International Journal of Game-Based Learning, 4*(1), 60–77. <https://doi.org/10.4018/IJGBL.2014010104>.*
- Kontkanen, S., Pöntinen, S., Kewalramani, S., Veresov, N., & Havu-Nuutinen, S. (2023). Children's digital competence in early childhood education: A comparative analysis of curricula. *Eurasia Journal of Mathematics Science and Technology Education, 19*(1), em2215. <https://doi.org/10.29333/ejmste/12798>.*
- Korhonen, T., Juurola, L., Salo, L., & Airaksinen, J. (2021). Digitisation or digitalisation: Diverse practices of the distance education period in Finland. *Center for Educational Policy Studies Journal, 11*(Erikoinumero), 165-193. <https://doi.org/10.26529/cepsj.1125>.*
- Korhonen, T., Salo, L., Laakso, N., Seitamaa, A., Sormunen, K., Kukkonen, M., & Forsström, H. (2022). Finnish teachers as adopters of educational innovation: perceptions of programming as a new part of the curriculum. *Computer Science Education, 33*(1), 94–116. <https://doi.org/10.1080/08993408.2022.2095595>.*
- Korhonen, V., & Rätty, H., & Kärnä, E. (2018). High support need and minimally verbal children with autism playing a preference based computer game: A pilot eye-tracking study of four individual's attendance to eyes. *International Journal of Special Education, 32*(1), 212–228.*
- Koskinen, A., McMullen, J., Ninaus, M., & Kiili, K. (2022). Does the emotional design of scaffolds enhance learning and motivational outcomes in game-based learning? *Journal of Computer Assisted Learning, 39*(1), 77–93. <https://doi.org/10.1111/jcal.12728>.*
- Kostenius, C., Bergmark, U., & Hertting, K. (2017). Health literacy in an age of technology – schoolchildren's experiences and ideas. *International Journal of Health Promotion and Education, 55*(5–6), 234–242. <https://doi.org/10.1080/14635240.2017.1369891>.*
- Kouhia, A., Kangas, K., & Kokko, S. (2021). The effects of remote pandemic education on crafts pedagogy: Opportunities, challenges, and interaction. *Center for Educational Policy Studies Journal, 11*, 309–333. <https://doi.org/10.26529/cepsj.1126>.*
- Kruskopf, M., Abdulhamed, R., Ranta, M., Lammassaari, H., & Lonka, K. (2024). Future teachers' self-efficacy in teaching practical and algorithmic ICT competencies – Does background matter? *Teaching and Teacher Education, 144*, 104574. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2024.104574>.*
- Kuhfeld, M., Soland, J., Tarasawa, B., Johnson, A., Ruzek, E., & Liu, J. (2020). Projecting the potential impacts of COVID-19 school closures on academic achievement. *Educational Researcher, 49*, 549–565. <https://doi.org/10.3102/0013189X20965918>
- Kuisma, M. (2017). Narratives of inquiry learning in middle-school geographic inquiry class. *International Research in Geographical and Environmental Education, 27*(1), 85–98. <https://doi.org/10.1080/10382046.2017.1285137>.*
- Kulju, P., & Mäkinen, M. (2021). Phonological strategies and peer scaffolding in digital literacy game-playing sessions in a Finnish pre-primary class. *Journal of Early Childhood Literacy, 21*(3), 338–360. <https://doi.org/10.1177/1468798419838576>.*
- Kumpulainen, K., & Kajamaa, A. (2020). Sociomaterial movements of students' engagement in a school's makerspace. *British Journal of Educational Technology, 51*(4), 1292–1307. <https://doi.org/10.1111/bjet.12932>.*
- Kumpulainen, K., Mikkola, A., & Jaatinen, A. M. (2013). The chronotopes of technology-mediated creative learning practices in an elementary school community. *Learning, Media and Technology, 39*(1), 53–74. <https://doi.org/10.1080/17439884.2012.752383>.*
- Kumpulainen, K., Renlund, J., Byman, J., & Wong, C. C. (2021). Empathetic encounters of children's augmented storytelling across the human and more-than-human worlds. *International Studies in Sociology of Education, 31*(1–2), 208–230. <https://doi.org/10.1080/09620214.2021.1916400>.*
- Kumpulainen, K., Sairanen, H., & Nordström, A. (2020). Young children's digital literacy practices in the sociocultural contexts of their homes. *Journal of Early Childhood Literacy, 20*(3), 472–499. <https://doi.org/10.1177/1468798420925116>.*
- Kumpulainen, K., Wong, C. C., Byman, J., Renlund, J., & Vadeboncoeur, J. A. (2023). Fostering children's ecological imagination with augmented storytelling. *The Journal of Environmental Education, 54*(1), 33–45. <https://doi.org/10.1080/00958964.2022.2152407>.*
- Kuosmanen, M., Lehtinen, A., Luokomaa, S., Mäkinen, E., Siiskonen, T., & Lerkkanen, M.-K. (2023). Oivalluksia luku- ja kirjoitustaitojen kehittämiseen muuttuvissa lukuympäristöissä. *Oppimisen ja oppimisvaikeuksien erityislehti NMI-Bulletin, 33*(1), 73-86. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:juu-202304262732>

- Kurvinen, E., Kaila, E., Laakso, M., & Salakoski, T. (2020). Long term effects on technology enhanced learning: The use of weekly digital lessons in mathematics. *Informatics in Education*, 19(1), 51–75. <https://doi.org/10.15388/infedu.2020.04>.*
- Kurvinen, E., Lindén, R., Rajala, T., Kaila, E., Laakso, M.-J., & Salakoski, T. (2012). Computer-assisted learning in primary school mathematics using VILLE education tool. *Koli Calling '12: Proceedings of the 12th Koli Calling International Conference on Computing Education Research*, 39–46. <https://doi.org/10.1145/2401796.2401801>.*
- Kurvinen, E., Lindén, R., Rajala, T., Kaila, E., Laakso, M.-J., & Salakoski, T. (2014). Automatic assessment and immediate feedback in first grade mathematics. *Koli Calling '14: Proceedings of the 14th Koli Calling International Conference on Computing Education Research*, 15–23. <https://doi.org/10.1145/2674683.2674685>.*
- Kärki, T., McMullen, J., & Lehtinen, E. (2022). Improving rational number knowledge using the NanoRoboMath digital game. *Educational Studies in Mathematics*, 110(1), 101–123. <https://doi.org/10.1007/s10649-021-10120-6>.*
- Kärki, T., McMullen, J., Halme, H., Määttä, S., Lehtinen, E., & Hannula-Sormunen, M. (2021). Pelaamalla kohti joustavaa rationaalilukukäsitettä. *Psykologia*, 56(6), 567–583. <https://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2022021619535>.*
- Laakso, N., Korhonen, T., & Hakkarainen, K. (2021). Developing students' digital competences through collaborative game design. *Computers & Education*, 174. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2021.104308>.*
- Laato, S., Laine, T. H., & Sutinen, E. (2019). Affordances of music composing software for learning mathematics at primary schools. *Research in Learning Technology*, 27(0). <https://doi.org/10.25304/rlt.v27.2259>.*
- Laherto, A., & Laherto, J. (2018). Video-mediated physics instruction from preservice teachers to elementary students: Experiences and reflections. *Journal of Digital Learning in Teacher Education*, 34(2), 103–114. <https://doi.org/10.1080/21532974.2017.1416712>.*
- Laine, J., Korhonen, T., & Hakkarainen, K. (2023). Primary school students' experiences of immersive virtual reality use in the classroom. *Cogent Education*, 10(1). <https://doi.org/10.1080/2331186x.2023.2196896>.*
- Laine, T. H., & Nygren, E. (2014). Active and passive technology integration: a novel approach for managing technology's influence on learning experiences in context-aware learning spaces. *Technology Pedagogy and Education*, 25(1), 19–37. <https://doi.org/10.1080/1475939x.2014.945475>.*
- Laiti, O. (2016). The ethnoprogramming model. *Koli Calling '16: Proceedings of the 16th Koli Calling International Conference on Computing Education Research*, 150–154. <https://doi.org/10.1145/2999541.2999545>.*
- Lakanen, A.-J., & Kärkkäinen, T. (2019). Identifying pathways to computer science: The long-term impact of short-term game programming outreach interventions. *ACM Transactions on Computing Education*, 19(3), 1–30. <https://doi.org/10.1145/3283070>.*
- Laru, J., Järvelä, S., & Clariana, R. B. (2010). Supporting collaborative inquiry during a biology field trip with mobile peer-to-peer tools for learning: a case study with K-12 learners. *Interactive Learning Environments*, 20(2), 103–117. <https://doi.org/10.1080/10494821003771350>.*
- Lavonen, J., Mahlamäki -Kultanen, S., Vahtivuori -Hänninen, S., & Mikkola, A. (2020). A collaborative design for a Finnish teacher education development programme. *Journal of Teacher Education and Educators*, 9(2), 241–262.
- Lavonen, J., Mahlamäki -Kultanen, S., Vahtivuori -Hänninen, S., & Mikkola, A. (2021a). Implementation of a national teacher education strategy in Finland through pilot projects. *Australian Journal of Teacher Education*, 46(10), 21–42. <https://doi.org/10.14221/ajte.2021v46n10.2>
- Lavonen, L., Loukomies, A., Vartiainen, J., & Palojoiki, P. (2021b). Supporting pupils' scientific and engineering practices in everyday life contexts at the primary school level during a project-based learning unit in Finland. *Education 3–13*, 50(7), 918–933. <https://doi.org/10.1080/03004279.2021.1921823>.*
- Lavonen, L., Loukomies, A., Vartiainen, J., & Palojoiki, P. (2023). Promoting 3rd grade pupils' learning of science knowledge through project-based learning in a Finnish primary school. *Nordic Studies in Science Education*, 19(2), 181–199. <https://doi.org/10.5617/nordina.9686>.*
- Lehtinen, A., Nieminen, P., & Viiri, J. (2016). Preservice teachers' TPACK beliefs and attitudes toward simulations. *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 16(2), 151–171. Digitaalinen julkaisukirjasto ERIC: <https://eric.ed.gov/?id=EJ1103983>.*
- Leino, K., Rikala, J., Puhakka, E., Niilo-Rämä, M., Siren, M., & Fagerlund, J. (2019). Digiloikasta digitaitoihin: kansainvälinen monilukutaidon ja ohjelmoinnillisen ajattelun tutkimus (ICLS 2018). Jyväskylän yliopisto, Koulutuksen tutkimuslaitos. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-39-7937-9>
- Leino, K., Sirén, M., Nissinen, K., & Puhakka, E. (2023). Puoli tuntia lukemista: kansainvälinen lasten lukutaitotutkimus (PIRLS 2021). Koulutuksen tutkimuslaitos. *Tutkimuksia / Koulutuksen tutkimuslaitos*, 37. <https://doi.org/10.17011/ktl-t/37>
- Lemmetty, S., & Collin, K. (2020). Throwaway knowledge, useful skills or a source for wellbeing? Outlining sustainability of workplace learning situations. *International Journal of Lifelong Education*, 39(5–6), 478–494. <https://doi.org/10.1080/02601370.2020.1804004>.*

- Leppisaari, I., & Lee, O. (2012). Modelling digital natives' international collaboration: Finnish-Korean experiences of environmental education. *Educational Technology & Society*, 15(2), 244-256. Digitaalinen julkaisukirjasto JSTOR: <https://www.jstor.org/stable/jeductechsoci.15.2.244>.*
- Lerkkanen, M.-K., & Pakarinen, E. (arvioitavana). Cross-lagged associations between motivation and reading skills in Finnish primary school children: COVID-19 as a moderator. Teoksessa E. Godina (toim.), *Motivation and Achievement during the COVID-19 Pandemic. Advances in Motivation and Achievement*, 23.
- Lerkkanen, M.-K., Pakarinen, E., Salminen, J., & Torppa, M. (2023). Reading and math skills development among Finnish primary school children before and after COVID-19 school closure. *Reading and Writing*, 36(2), 263-288. <https://doi.org/10.1007/s11145-022-10358-3>
- Liljeström, A., Enkenberg, J., Vanninen, P., Vartiainen, H., & Pöllänen, S. (2014). The OpenForest Portal as an open learning ecosystem: Co-developing in the study of a multidisciplinary phenomenon in a cultural context. *IADIS International Conference Educational Technologies 2014*, 97-104.*
- Loukomies, A., & Juuti, K. (2021). Primary students' experiences of remote learning during COVID-19 school closures: A case study of Finland. *Education Sciences*, 11(9), 560-560. <https://doi.org/10.3390/educsci11090560>.*
- Loukomies, A., Juuti, K., Lavonen, J., & Salmela-Aro, K. (2019). Change in first graders' science-related competence beliefs during digitally intensive science workshops. Teoksessa McLoughlin, E., Finlayson, O. E., Erduran, S., & Childs, P. E. (toim.) (2019). *Bridging research and practice in science education* (s. 285-299). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-17219-0_18.*
- Lyytinen, H., Erskine, J., Kujala, J., Ojanen, E. & Richardson, U. (2009). In search of a science-based application: A learning tool for reading acquisition. *Scandinavian Journal of Psychology*, 50, 668-675. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9450.2009.00791.x>.
- Lähdesmäki, S., Maunumäki, M., & Nurmi, T. (2023). Play is the base! ECEC leaders' views on the development of digital pedagogy. *Early Childhood Education Journal*, 52, 1897-1910. <https://doi.org/10.1007/s10643-023-01530-7>.*
- Lämsä, J. de Mooij, S., Aksela, O., Athavale, S., Bistolfi, I., Azevedo, R., Bannert, M., Gasevic, D., Molenaar, I., & Järvelä, S. (2025). Measuring secondary education students' self-regulated learning processes with digital trace data. *Learning and Individual Differences*, 118, 102625. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2024.102625>.*
- Maaranen, K., & Kynäslähti, H. (2021). 'It sounded like fun, that we would get to go to the university.' Pupils teaching ICT to peers: a case study of Finnish Media Agents. *Technology Pedagogy and Education*, 30(2), 257-269. <https://doi.org/10.1080/1475939x.2021.1876756>.*
- Maksniemi, E., Hietajärvi, L., Lonka, K., & Marttinen, E. (2018). Sosiodigitaalisen osallistumisen, unenlaadun ja kouluhyvinvoinnin väliset yhteydet kuudesluokkalaisilla. *Psykologia*, 53, 180-200.*
- Maldonado, J. E., & De Witte, K. (2022). The effect of school closures on standardised student test outcomes. *British Educational Research Journal*, 48(1), 49-94. <https://doi.org/10.1002/berj.3754>
- Malessa, E. (2023). Technology-enhanced or technology-exhausted learning in adult migrant literacy education in Finland: Exploring teachers' experiences and views in pre-pandemic and pandemic times. *International Journal of Technology in Education and Science*, 7(2), 104-128. <https://doi.org/10.46328/ijtes.437>.*
- Malmberg, J., Järvelä, S. & Kirschner, P.A. (2014). Elementary school students' strategic learning: does task-type matter? *Metacognition Learning* 9, 113-136. <https://doi.org/10.1007/s11409-013-9108-5>.*
- Malmberg, J., Järvenoja, H. & Järvelä, S. (2013). Patterns in elementary school students' strategic actions in varying learning situations. *Instructional Science*, 41, 933-954. <https://doi.org/10.1007/s11251-012-9262-1>.*
- Malmberg, J., Järvenoja, H., & Järvelä, S. (2010). Tracing elementary school students' study tactic use in gStudy by examining a strategic and self-regulated learning. *Computers in Human Behavior*, 26, 1034-1042. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2010.03.004>.*
- Mankki, V. (2021). Primary teachers' principles for high-quality distance teaching during COVID-19. *Scandinavian Journal of Educational Research*, 66(5), 852-864. <https://doi.org/10.1080/00313831.2021.1939141>.*
- Mankki, V., & Rähä, P. (2022). Primary teachers' professional learning during a COVID-19 school lockdown. *Educational Research*, 64(1), 1-17. <https://doi.org/10.1080/00131881.2021.2013127>.*
- Mannonen, J., Nissinen, K., Virolainen, M., & Rautopuro, J. (2024). PIAAC II: toisen Kansainvälisen aikuisten taitotutkimuksen ensituloksia. Valtioneuvosto. Valtioneuvoston julkaisuja, 2024:61. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-675-4>.*
- Marttila, J., Fukkink, R., & Silvén, M. (2023). Enhancing early childhood education student teachers' mentalization, interaction, and relationships: an online intervention. *European Early Childhood Education Research Journal*, 32(4), 545-561. <https://doi.org/10.1080/1350293x.2023.2266782>.*

- McMullen, J., Koskinen, A., Kärki, T., Lindstedt, A., Määttä, S., Halme, H., Lehtinen, E., Hannula-Sormunen, M. M., & Kiili, K. (2023). A game-based approach to promoting adaptive rational number knowledge. *Mathematical Thinking and Learning*, 26(4), 411–427. <https://doi.org/10.1080/10986065.2023.2177818>.*
- McMullen, M., Hannula-Sormunen, M. M., Kainulainen, M., Kiili, K., & Lehtinen, E. (2019). Moving mathematics out of the classroom: Using mobile technology to enhance spontaneous focusing on quantitative relations. *British Journal of Educational Technology*, 50(2), 562–573. <https://doi.org/10.1111/bjet.12601>.*
- Meeter, M. (2021). Primary school mathematics during the COVID-19 pandemic: No evidence of learning gaps in adaptive practicing results. *Trends in Neuroscience and Education*, 25, Artikkelii 100163. <https://doi.org/10.1016/j.tine.2021.100163>
- Mehtälä, S., Salo, M., & Pirkkalainen, H. (2024). Navigating the 'grey zone': teachers' practices around students' online interactions. *Educational Research*, 66(2), 121–138. <https://doi.org/10.1080/00131881.2024.2305824>.*
- Mertala, P. (2016). Fun and Games - Finnish children's ideas for the use of digital media in preschool. *Nordic Journal of Digital Literacy*, 11(4), 207–226. <https://doi.org/10.18261/issn.1891-943x-2016-04-01>.*
- Mertala, P. (2017a). Wonder children and victimizing parents – preservice early childhood teachers' beliefs about children and technology at home. *Early Child Development and Care*, 189(3), 392–404. <https://doi.org/10.1080/03004430.2017.1324434>.*
- Mertala, P. (2017b). Digital technologies in early childhood education – a frame analysis of preservice teachers' perceptions. *Early Child Development and Care*, 189(8), 1228–1241. <https://doi.org/10.1080/03004430.2017.1372756>.*
- Mertala, P. (2020). Paradoxes of participation in the digitalization of education: A narrative account. *Learning, Media and Technology*, 45(2), 179–192. <https://doi.org/10.1080/17439884.2020.1696362>
- Mertala, P., & Meriläinen, M. (2019). The best game in the world: Exploring young children's digital game-related meaning-making via design activity. *Global Studies of Childhood*, 9(4), 275–289. <https://doi.org/10.1177/2043610619867701>.*
- Moher D., Liberati A., Tetzlaff J. & Altman DG. (2009). Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses: The PRISMA Statement. *PLoS Medicine*, 6(7). <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097>.
- Mulari, H. (toim.) (2016). *Solmukohtia: Näkökulmia lasten mediakulttuurien tutkimusmenetelmiin ja mediakasvatukseen*. Nuorisotutkimusseura. <https://doi.org/10.57049/nts.309>.*
- Mäkelä, T., Tuhkala, A., Mäki-Kuutti, M., & Rautopuro, J. (2022). Enablers and constraints of STEM programme implementation: an external change agent perspective from a national STEM programme in Finland. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 21(3), 969–991. <https://doi.org/10.1007/s10763-022-10271-9>.*
- Männikkö, N., Ruotsalainen, H., Demetrovics, Z., Lopez-Fernandez, O., Myllymäki, L., Miettunen, J., & Kääriäinen, M. (2017). Problematic gaming behavior among Finnish junior high school students: Relation to socio-demographics and gaming behavior characteristics. *Behavioral Medicine*, 44(4), 324–334. <https://doi.org/10.1080/08964289.2017.1378608>.*
- Määttä, S., Kaukonen, R., Vepsäläinen, H., Lehto, E., Ylönen, A., Ray, C., Erkkola, M., & Roos, E. (2017). The mediating role of the home environment in relation to parental educational level and preschool children's screen time: a cross-sectional study. *BMC Public Health*, 17(1). <https://doi.org/10.1186/s12889-017-4694-9>.*
- Nelimarkka, M., Kuikkaniemi, K., & Jacucci, G. (2014). A field trial of an anonymous backchannel among primary school pupils. *Proceedings of the International ACM SIGGROUP Conference on Supporting Group Work*, 238–242. <https://doi.org/10.1145/2660398.2660399>.*
- Niemelä, P., Mikkolainen, V., & Vuorinen, J. (2018). Compute mindlessly. Not! Map consciously. *Universal Journal of Educational Research*, 6(11), 2669–2678. <https://doi.org/10.13189/ujer.2018.061133>.*
- Niemi, H., & Multisilta, J. (2016). Digital storytelling promoting twenty-first century skills and student engagement. *Technology Pedagogy and Education*, 25(4), 451–468. <https://doi.org/10.1080/1475939x.2015.1074610>.*
- Niemi, H., Multisilta, J., Lipponen, L., & Vivitsou, M. (toim.) (2014). *Finnish innovations and technologies in schools*. Brill. <https://doi.org/10.1007/978-94-6209-749-0>
- Niemi, H., Niu, S. J., Vivitsou, M., & Li, B. (2018). Digital storytelling for twenty-first-century competencies with math literacy and student engagement in China and Finland. *Contemporary Educational Technology*, 9(4), 331–353. <https://doi.org/10.30935/cet.470999>.*
- Niiranen, S., & Hilmola, A. (2016). Female technology education teachers' experiences of Finnish craft education. *Design & Technology Education: An International Journal*, 21(2), 41–48. <https://openjournals.ljmu.ac.uk/DesignTechnologyEducation/article/view/1589>.*
- Niiranen, S., Rääkkönen, E. & Ikonen, P. (2014). Gender-based motivational differences in technology education. *International Journal of Technology and Design Education*, 25(2), 197–211. <https://doi.org/10.1007/s10798-014-9278-8>.*

- Niskala, E., Sormunen, K., Palonen, T., Korhonen, T., & Hakkarainen, K. (2023). Exploring Finnish fifth-grade pupils' academic peer assistance networks. *Scandinavian Journal of Educational Research*, 1-18. <https://doi.org/10.1080/00313831.2023.2262505>
- Nissinen, S., Vartiainen, H., Vanninen, P., & Pöllänen, S. (2019). Connected learning in international learning projects: Emergence of a hybrid learning system. *International Journal of Information and Learning Technology*, 36. <https://doi.org/10.1108/IJILT-05-2018-0055>.*
- Nurmilaakso, M. (2015). How children can support their learning to write and read by computer in the early years of school. *Journal of Teacher Education for Sustainability*, 17(1), 99-107. <https://doi.org/10.1515/jtes-2015-0008>.*
- Nwakasi, C., Cummins, P. A., Mehri, N., Zhang, J., & Yamashita, T. (2019). Problem solving in technology-rich environments, adult education and training, and income: An international comparison using PIAAC data. *Esitelmä kansainvälisen aikuiskoulutuksen vuosikokouksessa, St. Louis, Missouri, Yhdysvallat*. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED600452.pdf>.*
- Näykki, P., & Häkkinen, P. (2023). Trends and Issues of Digital Learning in Finland. Teoksessa Y.-F. Lee, & L.-S. Lee (toim.), *Trends and Issues of Promoting Digital Learning in High-Digital-Competitiveness Countries: Country Reports and International Comparison* (pp. 95-136). Technological and Vocational Education Research Center (TVERC), National Taiwan Normal University (NTNU); K-12 Education Administration (K12EA), Ministry of Education, Taiwan. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED636595.pdf>.
- OECD. (2015). *Adults, computers and problem solving: What's the problem?* OECD julkaisu. <https://doi.org/10.1787/9789264236844-en>.*
- Oikarinen, R. M., Oikarinen, J. K., Havu-Nuutinen, S., & Pöntinen, S. (2022). Students' collaboration in technology-enhanced reciprocal peer tutoring as an approach towards learning mathematics. *Education and Information Technologies*, 27(6), 7519-7548. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10799-3>.*
- Oinas, S., Ahtiainen, R., Vainikainen, M. P., & Hotulainen, R. (2020). Pupils' perceptions about technology-enhanced feedback: Do emojis guide self-regulated learning? *Scandinavian Journal of Educational Research*, 65(6), 1037-1051. <https://doi.org/10.1080/00313831.2020.1788149>.*
- Oinas, S., & Vainikainen, M.-P. (toim.) (2024). *Digitalisaatio oppimisen ja oppimistulosten selittäjänä*. Suomen kasvatustieteellinen seura. JYX-julkaisukirjasto: <https://jyx.jyu.fi/handle/123456789/96937>. *
- Oinas, S., Thuneberg, H., Vainikainen, M.-P., & Hotulainen, R. (2020). Technology-enhanced feedback profiles and their associations with learning and academic well-being indicators in basic education. *Contemporary Educational Technology*, 12(2), ep271. <https://doi.org/10.30935/cedtech/8202>.*
- Oinas, S., Vainikainen, M.-P., Asikainen, M., Gustavson, N., Halinen, J., Hienonen, N., Kiili, C., Kilpi, N., Koivuhovi, S., Kortesoja, L., Kupiainen, R., Lintuvuori, M., Mergianian, C., Merikanto, I., Mäkihönko, M., Nazeri, F., Nyman, L., Polso, K.-M., Schöning, O., Svedholm-Häkkinen, A., Vanhanen, S. & Hotulainen, R. (2023). *Digitalisaation vaikutus oppimistilanteisiin, oppimiseen ja oppimistuloksiin yläkouluissa: Kansallisen tutkimushankkeen ensituloksia suosituksineen*. Tampereen yliopisto. <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-03-2780-4>.*
- Oinas, S., Vainikainen, M.-P., & Hotulainen, R. (2017). Technology-enhanced feedback for pupils and parents in Finnish basic education. *Computers & Education*, 108, 59-70. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.01.012>.*
- Oinas, S., Vainikainen, M.-P., & Hotulainen, R. (2018). Is technology-enhanced feedback encouraging for all in Finnish basic education? A person-centered approach. *Learning and Instruction*, 58, 12-21. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2018.05.002>.*
- Ojanen, E., Ronimus, M., Ahonen, T., Chansa-Kabali, T., February, P. J., Jere-Folotiya, J., Kauppinen, K.-P., Ketonen, R., Ngorosho, D., Pitkänen, M., Puhakka, S., Sampa, F., Walubita, G., Yalukanda, C., Pugh, K., Richardson, U., Serpell, R., & Lyytinen, H. (2015). GraphoGame – a catalyst for multi-level promotion of literacy in diverse contexts. *Frontiers in Psychology*, 6. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00671>.*
- Ollonen, B., & Kangas, M. (2024). Teacher motivational scaffolding and preschoolers' motivational triggers in the context of playful learning of multiliteracy and digital skills. *Early Childhood Education Journal*. <https://doi.org/10.1007/s10643-024-01664-2>.*
- Opetushallitus. (2023). Digitaalisen osaamisen kuvaukset - Tukea perusteiden toimeenpanoon. ePerusteet. <https://eperusteet.opintopolku.fi/#/fi/digiosaaminen/8706410/tekstikappale/8709071>
- Opetus- ja kulttuuriministeriö (2023). Kasvatuksen ja koulutuksen digitalisaation linjaukset 2027. Valtioneuvoston julkaisuarkisto. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-263-963-9>
- Opetus- ja kulttuuriministeriö (ei pvm.). Uudet lukutaidot -kehittämishjelma. <https://okm.fi/uudet-lukutaidot>
- Ottestad, G. (2010). Innovative pedagogical practice with ICT in three Nordic countries – Differences and similarities. *Journal of Computer Assisted Learning*, 26(6), 478-491. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2729.2010.00376.x>*

- Pakarinen, E., Kiuru, N., & Valtonen, V. (2023). Lasten ja nuorten oikeudet oppimiseen ja hyvinvointiin vaarantuivat koronapandemian aikana. *Kasvun Tuki -Aikakauslehti*, 3(1). <https://doi.org/10.61259/kt.130412>
- Pappa, S. (2021). A case study of three Finnish pre-service teachers' emotions and understanding of CLIL during an online practicum. *Latin American Journal of Content and Language Integrated Learning*, 14(1), 41–68. <https://doi.org/10.5294/laclil.2021.14.1.2>.*
- Partanen, T., Niemelä, P., Mannila, L., & Poranen, T. (2017). Educating computer science educators online - A Racket MOOC for elementary math teachers of Finland. *Proceedings of the 9th International Conference on Computer Supported Education (CSEDU 2017)*, 1, 47–58. <https://doi.org/10.5220/0006257800470058>.*
- Penttilä, J., Kallunki, V., Niemi, H., & Multisilta, J. (2016). A structured inquiry into a digital story: Students report the making of a superball. *International Journal of Mobile and Blended Learning*, 8(3), 19–34. <https://doi.org/10.4018/IJMBL.2016070102>
- Pesonen, J., & Valkonen, S. (2023). Governing education, governing early childhood education and care practitioners' profession? *Contemporary Issues in Early Childhood*, 0(0), 1–14. <https://doi.org/10.1177/14639491231172206>.*
- Pihlainen, K., Korjonen-Kuusipuro, K., & Kärnä, E. (2021). Perceived benefits from non-formal digital training sessions in later life: views of older adult learners, peer tutors, and teachers. *International Journal of Lifelong Education*, 40(2), 155–169. <https://doi.org/10.1080/02601370.2021.1919768>.*
- Pihlainen-Bednarik, K. & Keinonen, T. (2011). Sixth graders' understanding of their own learning: A case study in environmental education course. *International Journal of Environmental and Science Education*, 6(1), 59–78. Digitaalinen julkaisukirjasto ERIC: <https://eric.ed.gov/?id=EJ930280>.*
- Piispa-Hakala, S., Kontkanen, S., Valtonen, T., Veermans, M., Korhonen, T., Järvinen, J-P, Lahti, A., & Sormunen, K. (2023). Luokanopettajan ammatillinen toimijuus opetuksen digipedagogisessa kehittämisessä. Teoksessa Kontkanen, S., Piispa-Hakala, S., & Havu-Nuutinen, S. (toim.) (2023). *Oppimisen muuntuvat maisemat*. Suomen kasvatustieteellinen seura, 319–348.*
- Pongsakdi, N., Kortelainen, A. & Veermans, M. (2021). The impact of digital pedagogy training on in-service teachers' attitudes towards digital technologies. *Education and Information Technologies*, 26, 5041–5054. <https://doi.org/10.1007/s10639-021-10439-w>.*
- Pöntinen, S., & Rätty-Záborszky, S. (2020). Pedagogical aspects to support students' evolving digital competence at school. *European Early Childhood Education Research Journal*, 28(2), 182–196. <https://doi.org/10.1080/1350293X.2020.1735736>.*
- Pöntinen, S., & Rätty-Záborszky, S. (2021). Student-initiated aspects as starting points for teaching digital competence in the early years of primary education. *Pedagogies: An International Journal*, 17(3), 227–250. <https://doi.org/10.1080/1554480X.2020.1870469>.*
- Pörn, R., Hemmi, K., & Kallio-Kujala, P. (2021). Inspiring or confusing – a study of Finnish 1–6 teachers' relation to teaching programming. *LUMAT International Journal on Math Science and Technology Education*, 9(1), 366–396. <https://doi.org/10.31129/lumat.9.1.1355>.*
- Pöysä, S., Pakarinen, E., & Lerkkanen, M.-K. (2022). Profiles of work engagement and work-related effort and reward among teachers: Associations to occupational well-being and leader–follower relationship during the COVID-19 pandemic. *Frontiers in Psychology*, 13, 861300. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.861300>
- Pöysä, S., Pakarinen, E., & Lerkkanen, M.-K. (2023a). Huoltajien näkemyksiä lapsensa oppimisesta etäopetuksessa ja lapsen tuen tarpeiden heijastuminen niihin. *Oppimisen ja oppimisvaikeuksien erityislehti: NMI-bulletin*, 33(4), 143–158. <http://urn.fi/URN:NBN:fi:juu-202402191932>
- Pöysä, S., Pakarinen, E., & Lerkkanen, M.-K. (2023b). Psykososiaalisen hyvinvoinnin heijastuminen oppilaiden kokemuksiin kevään 2020 etäopetuksesta. *Kasvatus*, 54(4), 311–325. <https://doi.org/10.33348/kvt.138068>
- Puolakanaho, A., & Latvala, J.-M. (2017). Embedding preschool assessment methods into digital learning games to predict early reading skills. *Human Technology*, 13(2), 216–236. <https://doi.org/10.17011/ht/urn.201711104212>.*
- Randolph, J., Kangas, M., & Siklander, P. (2013). Creative and playful learning on technology-enriched playgrounds: An international investigation. *Interactive Learning Environments*, 24(3), 409–422. <https://doi.org/10.1080/10494820.2013.860902>.*
- Reisoglu, I., & Cebi, A. (2020). How can the digital competences of pre-service teachers be developed? Examining a case study through the lens of DigComp and DigCompEdu. *Computers and Education*, 156, 103940. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103940>
- Remillard, J. T., Van Steenbrugge, H., Machalow, R., Koljonen, T., Krzywacki, H., Condon, L. & Hemmi, K. (2021). Elementary teachers' reflections on their use of digital instructional resources in four educational contexts: Belgium, Finland, Sweden, and U.S.. *ZDM Mathematics Education*, 53, 1331–1345. <https://doi.org/10.1007/s11858-021-01295-6>.*

- 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*, 10(1), 39–60. <https://doi.org/10.17011/ht/urn.201405281859>.*
- Rikala, J. (2014). Evaluating QR code case studies using a mobile learning framework. Teoksessa I. A. Sánchez, & P. Isaías (toim.). (2014). *Proceedings of the 10th International Conference on Mobile Learning*. IADIS Press, 199–206. Digitaalinen julkaisukirjasto ERIC: <https://eric.ed.gov/?id=ED557210>.*
- Rikala, J., Hiltunen, L. & Vesisenaho, M. (2014). Teachers' attitudes, competencies, and readiness to adopt mobile learning approaches. *2014 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE) Proceedings*, 1–8. <https://doi.org/10.1109/FIE.2014.7044408>.*
- Rikala, J., & Kankaanranta, M. (2014). The Nature Tour mobile learning application: Implementing the mobile application in Finnish early childhood education settings. Teoksessa S. Zvacek, M. T. Restivo, J. Uhomoihi, & M. Helfert (toim.) (2014). *CSEDU 2014: Proceedings of the 6th International Conference on Computer Supported Education* (Vol. 3). SCITEPRESS - Science and Technology Publications, 171–178. <https://doi.org/10.5220/0004777201710178>.*
- Ronimus, M., Tolvanen, A. & Hautala, J. (2022). The roles of motivation and engagement in computer-based assessment of children's reading comprehension. *Learning and Individual Differences*, 98(2), Artikkelin 102197. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2022.102197>.*
- Räsänen, S., Korkeamäki, R., & Dreher, M. J. (2016). Changing literacy practices according to the Finnish core curriculum. *European Early Childhood Education Research Journal*, 24(2), 198–214. <https://doi.org/10.1080/1350293x.2014.996421>.*
- Saarinen, A. (2021). Long-term use of ePortfolios in craft education among elementary school students: Reflecting the level and type of craft learning activities. *Design and Technology Education: An International Journal*, 26(1), 12–28. <https://openjournals.ljmu.ac.uk/DesignTechnologyEducation/article/view/1236>.*
- Saarinen, A., Seitamaa-Hakkarainen, P., & Hakkarainen, K. (2017). The functions and benefits of the ePortfolio in craft education at the primary level. *Design and Technology Education: An International Journal*, 21(3), 29–40. <https://openjournals.ljmu.ac.uk/DesignTechnologyEducation/article/view/1582>.*
- Saastamoinen, U., Eronen, L., Juvonen, A., & Vahimaa, P. (2022). Wellbeing at the 21st century innovative learning environment called learning ground. *Journal of Research in Innovative Teaching & Learning*, 16(2), 239–252. <https://doi.org/10.1108/jrit-03-2022-0012>.*
- Sadeghi, K., & Thomas, M. (toim.) (2023). *Second language teacher professional development: Technological innovations for post-emergency teacher education*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-12070-1>.*
- 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, 1013-1028. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2011.01580.x>
- Salmela-Aro, K., Muotka, J., Alho, K., Hakkarainen, K., & Lonka, K. (2016). School burnout and engagement profiles among digital natives in Finland: a person-oriented approach. *European Journal of Developmental Psychology*, 13(6), 704–718. <https://doi.org/10.1080/17405629.2015.1107542>.*
- Salmela-Aro, K., Upadyaya, K., Ronkainen, I., & Hietajärvi, L. (2022). Opettajien työn imu ja työuupumus koronapandemian aikana. *Kasvatus*, 53(5), 498–512. <https://doi.org/10.33348/kvt.125525>
- Salmela-Aro, K., Upadyaya, K., Vinni-Laakso, J., & Hietajärvi, L. (2021). Adolescents' longitudinal school engagement and burnout before and during COVID-19: The role of socio-emotional skills. *Journal of Research on Adolescence*, 31, 796–807. <https://doi.org/10.1111/jora.12654>
- Sannino, A., Engeström, Y., & Jokinen, E. (2021). Digital peer learning for transformative professional agency: The case of homelessness practitioners in Finland. *British Journal of Educational Technology*, 52(4), 1612–1628. <https://doi.org/10.1111/bjet.13117>.*
- Schult, J., Mahler, N., Fauth, B., & Lindner, M. (2022). Did students learn less during the COVID-19 pandemic? Reading and mathematics competencies before and after the first pandemic wave. *School Effectiveness and School Improvement*, 33, 544–563. <https://doi.org/10.1080/09243453.2022.2061014>
- Seitamaa-Hakkarainen, P., & Hakkarainen, K. (2012). Collaborative design practices in technology mediated learning. *Design and Technology Education: An International Journal*, 17(1), 54–65.*
- Seitamaa-Hakkarainen, P., Viilo, M., & Hakkarainen, K. (2008). Learning by collaborative designing: Technology-enhanced knowledge practices. *International Journal of Technology and Design Education*, 20(2), 109–136. <https://doi.org/10.1007/s10798-008-9066-4>.*
- Seo, Y-J., & Bryant, D.P. (2009). Analysis of studies of the effects of computer-assisted instruction on the mathematics performance of students with learning disabilities. *Computers and Education*, 53, 913–928. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2009.05.002>

- Sharma, R. C. (toim.) (2018). *Innovative applications of online pedagogy and course design*. IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-5225-5466-0>.*
- Sipilä, K. (2011). No pain, no gain? Teachers implementing ICT in instruction. *Interactive Technology and Smart Education*, 8(1), 39–51. <https://doi.org/10.1108/17415651111125504>.*
- Sipilä, K. (2013). Educational use of information and communications technology: teachers' perspective. *Technology Pedagogy and Education*, 23(2), 225–241. <https://doi.org/10.1080/1475939x.2013.813407>.*
- Skar, G. B., Graham, S., & Huebner, A. (2023). The long-term effects of the COVID-19 pandemic on children's writing: A follow-up replication study. *Educational Psychology Review*, 35, Artikkelit 15. <https://doi.org/10.1007/s10648-023-09729-1>
- Sorkkila, M., Alasuutari, M., Lammi-Taskula, J., Pakarinen, E., Kiuru, N., & Aunola, K. (2023). Vanhempien uupumus ja etäopetusjärjestelyt Covid-19 poikkeusaikana. *Kasvatus*, 54(2), 101–117. <https://doi.org/10.33348/kvt.129150>
- Sorkkila, M., & Aunola, K. (2021). Resilience and parental burnout among Finnish parents during the COVID-19 pandemic: Variable and person-oriented approaches. *The Family Journal: Counseling and Therapy for Couples and Families*, 30(2), 139–147. <https://doi.org/10.1177/10664807211027307>
- Sormunen, E., Erdmann, N., Otieno, S., Mikkilä-Erdmann, M., Laakkonen, E., Mikkonen, T., Hossain, M. A., González-Ibáñez, R., Gatica, M. Q., Leppänen, P. H. T., & Vauras, M. (2021). How do gender, Internet activity and learning beliefs predict sixth-grade students' self-efficacy beliefs in and attitudes towards online inquiry? *Journal of Information Science*, 49(5), 1246–1261. <https://doi.org/10.1177/01655515211043708>.*
- Sormunen, K., Lavonen, J., & Juuti, K. (2019). Overcoming learning difficulties with smartphones in an inclusive primary science class. *Journal of Education and Learning*, 8(3), 21–21. <https://doi.org/10.5539/jel.v8n3p21>.*
- Sothayapetch, P., & Lavonen, J. (2022). Technological pedagogical content knowledge of primary school science teachers during the COVID-19 in Thailand and Finland. *Eurasia Journal of Mathematics Science and Technology Education*, 18(7), em2124. <https://doi.org/10.29333/ejmste/12118>.*
- Sourander, A., Ishikawa, S., Ståhlberg, T. H., Kishida, K., Mori, Y., Matsubara, K., Zhang, X., Hida, N., Korpilahti-Leino, T., Ristkari, T., Torii, S., Gilbert, S., Hinkka-Yli-Salomäki, S., Savolainen, H., & Närhi, V. (2024). Cultural adaptation, content, and protocol of a feasibility study of school-based "Let's learn about emotions" intervention for Finnish primary school children. *Frontiers in Psychiatry*, 14. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2023.1334282>.*
- Spitzer, M. W. H., & Musslick, S. (2021). Academic performance of K-12 students in an online-learning environment for mathematics increased during the shutdown of schools in wake of the COVID-19 pandemic. *PLoS ONE*, 16(8), e0255629. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0255629>
- Syvänen, A., Mäkinen, J. P., Syrjä, S., Heikkilä-Tammi, K., & Viteli, J. (2016). When does the educational use of ICT become a source of technostress for Finnish teachers. *International Journal of Media and Lifelong Learning*, 12(1), 1–15. <http://dx.doi.org/10.7577/seminar.2281>.*
- Tanhua-Piironen, E., Kaarakainen, S-S., Kaarakainen, M-T. & Viteli, J. (2020). *Digiajan peruskoulu II: Vuoden 2020 loppuraportin päätulokset ja kokonaiskuva perusopetuksen digitalisaatiosta*. Opetus- ja kulttuuriministeriö. Julkaisuarquivo Valto: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-263-835-9>. *
- Tanhua-Piironen, E., Kaarakainen, S-S., Kaarakainen, M-T., Viteli, J., Syvänen, A., & Kivinen, A. (2019). *Digiajan peruskoulu*. Opetus- ja kulttuuriministeriö. Julkaisuarquivo Valto: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-287-634-8>. *
- Toyama, H., Upadyaya, K., & Salmela-Aro, K. (2022). Job crafting and well-being among school principals: The role of basic psychological needs satisfaction and frustration. *European Management Journal*. <https://doi.org/10.1016/j.emj.2021.10.003>
- Turunen, I. (2019). Computer-assisted use of reading-through-writing method in relation to technical literacy and reading motivation. *International Journal of Technology in Education (IJTE)*, 2(1), 42-59. <https://www.ijte.net/index.php/ijte/article/view/11>. *
- Tuukkanen, T., & Wilska, T-A. (2015). Online environments in children's everyday lives: Children's, parents' and teachers' points of view. *Young Consumers: Insight and Ideas for Responsible Marketers*, 16(1), 3–16. <https://doi.org/10.1108/YC-03-2014-00430>.*
- Vartiainen, J., & Aksela, M. (2019). Science at home: parents' need for support to implement video-based online science club with young children. *LUMAT International Journal on Math Science and Technology Education*, 7(1), 59–78. <https://doi.org/10.31129/lumat.7.1.349>.*
- Vartiainen, H., & Enkenberg, J. (2013). Learning from and with museum objects: design perspectives, environment, and emerging learning systems. *Education Technology Research and Development*, 61(5), 841–862. <https://doi.org/10.1007/s11423-013-9311-8>.*
- Vartiainen, H., Leinonen, T., & Nissinen, S. (2019). Connected learning with media tools in kindergarten: an illustrative case. *Educational Media International*, 56(3), 233–249. <https://doi.org/10.1080/09523987.2019.1669877>.*

- Vartiainen, H., & Tedre, M. (2023). Using artificial intelligence in craft education: crafting with text-to-image generative models. *Digital Creativity*, 34(1), 1–21. <https://doi.org/10.1080/14626268.2023.2174557>.*
- Vartiainen, H., Tedre, M., & Valtonen, T. (2020). Learning machine learning with very young children: Who is teaching whom? *International Journal of Child-Computer Interaction*, 25, 100182. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2020.100182>.*
- Vartiainen, H., Toivonen, T., Jormanainen, I., Kahila, J., Tedre, M., & Valtonen, T., International (2021), Machine learning for middle schoolers: Learning through data-driven design. *Journal of Child-Computer Interaction*, 29, 100281. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2021.100281>.*
- Vepsäläinen, H., Skaffari, E., Wojtkowska, K., Barlińska, J., Kinnunen, S., Makkonen, R., Heikkilä, M., Lehtovirta, M., Ray, C., Suhonen, E., Nevalainen, J., Sajaniemi, N., & Erkkola, M. (2022). A mobile app to increase fruit and vegetable acceptance among Finnish and Polish preschoolers: Randomized trial. *JMIR Mhealth and Uhealth*, 10(1), e30352. <https://doi.org/10.2196/30352>.*
- Vessonon, T., Hakkarainen, A., Väisänen, E., Laine, A., Aunio, P., & Gagnon, J. C. (2021). Differential effects of virtual and concrete manipulatives in a fraction intervention on fourth and fifth grade students' fraction skills. *Investigations in Mathematics Learning*, 13(4), 323–337. <https://doi.org/10.1080/19477503.2021.1982586>.*
- Viilo, M., Seitamaa-Hakkarainen, P., & Hakkarainen, K. (2016). Long-term teacher orchestration of technology-mediated collaborative inquiry. *Scandinavian Journal of Educational Research*, 62(3), 407–432. <https://doi.org/10.1080/00313831.2016.1258665>.*
- Vuorio, J., Ranta, M., Koskinen, K., Nevalainen-Sumkin, T., Helminen, J., & Miettunen, A. (2021). Etäopetuksen tilannekuva koronapandemiassa 2020. *Raportit ja selvitykset 2021:4*. Helsinki: Opetushallitus. <https://www.oph.fi/fi/tilastot-ja-julkaisut/julkaisut/etaopetuksen-tilannekuva-koronapandemiassa-vuonna-2020>.
- Väätäjä, J. (2023). A community of practice approach to the co-development of digital pedagogy: a case study of primary school teacher education practicum. *European Journal of Teacher Education*, 1–18. <https://doi.org/10.1080/02619768.2023.2198102>.*
- Wiklund-Engblom, A., Hiltunen, K., Hartvik, J., Porko-Hudd, M., & Johansson, M. (2014). 'Talking Tools': Sloyd Processes Become Multimodal Stories with Smartphone Documentation. *International Journal of Mobile and Blended Learning*, 6(2), 41–57. <https://doi.org/10.4018/ijmbl.2014040104>.*
- Wu, L., Looi, C.-K., Multisilta, J., How, M.-L., Choi, H., Hsu, T., & Tuomi, P. (2019). Teacher's perceptions and readiness to teach coding skills: A comparative study between Finland, Mainland China, Singapore, Taiwan, and South Korea. *The Asia-Pacific Education Researcher*, 29(1), 21–34. <https://doi.org/10.1007/s40299-019-00485-x>.*
- Zabolotna, K., Malmberg, J., & Järvenoja, H. (2023). Examining the interplay of knowledge construction and group-level regulation in a computer-supported collaborative learning physics task. *Computers in Human Behavior*, 138, 107494. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2022.107494>.*
- Özgem, K., & Akçıl, U. (2022). An investigation of preschool level out-of-class education activities in Finland, Estonia, Ireland, and Turkey within the framework of 21st century skills. *Sustainability*, 14(14), 8736–8736. <https://doi.org/10.3390/su14148736>.*

Verkojulkaisu
ISBN 978-952-13-6980-3
ISSN 1798-8926