

3. DigiVOO-tutkimuksessa käytetyt aineistot

Tässä luvussa kuvataan DigiVOO-hankkeessa hyödynnetyt tutkimusaineistot, joihin tämän kirjan eri luvuissa esitettävät tulokset perustuvat. Osa tutkimusaineistoista kerättiin DigiVOO-tutkimusta varten lukuvuoden 2021–2022 aikana. Uusien aineistojen ohella käytettiin useita aikaisempia arviointitutkimusaineistoja, joiden pohjalta tarkastelu voitiin ulottaa aina vuosituhannen alkuun saakka. Taulukkoon 3.1 on tiivistetty perustiedot kaikista hankkeessa hyödynnetyistä aineistoista ja niiden käyttötarkoituksista. Taulukko on jaettu kolmeen osaan. Ylimmässä osassa on kuvattu lyhyesti hankkeessa kerätty laaja valtakunnallinen seuranta-aineisto, jonka yhteydessä toteutettiin myös kaksi opettajakyselyä. Taulukon keskiosassa näkyvät aineistot ovat peräisin DigiVOO-hankkeen aikana toteutetuista intensiivitutkimuksista. Taulukon lopussa on kuvattu aikaisemmat tutkimusaineistot, joiden tuloksia on osin raportoitu jo hankkeen väliraportissa. Eri aineistotyytit kuvataan yksityiskohtaisemmin taulukon alla. Tämän luvun loppuosa keskittyy valtakunnallisessa seuranta-aineistossa käytettyjen tehtävien ja mittarien kuvaamiseen, sillä oppilasaineistoa on käytetty tämän kirjan monessa osatutkimuksessa, eikä ollut tarkoituksenmukaista kuvata samoja tehtäviä

jokaisessa luvussa erikseen. Yksittäisissä luvuissa hyödynnettyjen intensiiviaineistojen ja aiempien arviointiaineistojen mittareita on kuvattu tarkemmin kyseisten lukujen yhteydessä.

Taulukko 3.1. DigiVOO-hankkeessa hyödynnetyt tutkimusaineistot

Aineisto	Osallistujat	Mitä tutkittiin?	Aineistoa käytetty luvuissa:
DigiVOO-hankkeen valtakunnallinen seuranta-aineisto 2021–2022	Alun perin 7 745 7.–9.-luokkalaista 83 koulusta eri puolilla Suomea lokakuussa 2021, helmikuussa ja toukokuussa 2022	Tutkittiin matematiikan, äidinkielen ja ongelmanratkaisutaitojen hallintaa sekä käsityksiä oppimisesta, digitaalisesta minäkäsityksestä ja teknologian käytöstä oppitunneilla.	5, 6, 8–13, 15 ja 17
Opettaja-kysely	944 opettajaa valtakunnallisen pitkittäisaineiston 72 koulusta syksyllä 2021 ja 303 opettajaa 56 koulusta keväällä 2022	Tarkasteltiin opettajien taustatekijöiden ja opettavien oppiaineiden yhteyttä opetuksessa hyödynnettävän digitaalisuuden määrään.	4
Mobiilikyselyt	118 oppilasta	Tutkittiin, miten digitaalisuus heijastuu oppilaiden kokemuksiin yksittäisistä oppitunneista ja miten se vaikuttaa oppimistilanteiden ryhmädynamiikkaan.	16
Digilukutaitotesti	413 oppilasta	Tutkittiin oppilaiden osaamista digitaalisen lukutaidon eri osa-alueilla ja heidän kriittistä ajatteluaan.	14
Havainnointi- ja haastatteluaineistot	21 oppituntia kolmessa yläkoulussa. Haastatteluihin osallistui yhteensä 50 7.- ja 8.-luokkalaista.	Seurattiin teknologian hyödyntämistä oppitunneilla ja haastateltiin oppilaita heidän käsityksistään oppimisesta digitaalisissa ympäristöissä.	18
PISA-tutkimusaineistot 2000–2018	Oppilasmäärät 2018: N = 5 649 2015: N = 5 882 2012: N = 8 829 2009: N = 5 810 2006: N = 4 714 2003: N = 5 796 2000: N = 4 864	Tarkasteltiin kouluissa hyödynnettävän digitaalisuuden yhteyttä oppilaiden lukutaidon pistemääriin eri ajankohtina.	7

Valtakunnalliset oppimaan oppimisen arviointiaineistot 2001 ja 2012	Oppilasmäärät 2012: N = 7 800 2001: N = 8 765	Selvitettiin, miten oppilaiden tottuneisuus digitaalisiin ympäristöihin on selittänyt suoriutumista tehtävien digitaalisissa versioissa verrattuna paperiversioihin silloin, kun digitaalisuuden hyödyntäminen oli nykyistä harvinaisempaa.	Tutkimuksen väli-raportin osatutkimus 4
Korona-pandemian aikaista etäopetusta kartoittavat oppilasaineistot	Oppilasmäärät 2020: 1 615 2021: 1 136	Koulun digitalisaatiota arvioitiin oppilaiden ollessa 7. luokalla vuonna 2020 ja 8. luokalla 2021 ja sen heijastumista 9. luokan oppimistuloksiin syksyllä 2021.	Tutkimuksen väli-raportin osatutkimus 5

DigiVOO-hankkeen intensiiviaineistot

Intensiivitutkimuksen yhdessä kohdekoulussa toteutettiin oppituntikohtaisia mobiilikyselyitä, jotka sisälsivät oppitunnin digitaalisuutta sekä motivaatiota ja ryhmadynamiikkaa mitantaneita kysymyksiä (ks. tämän kirjan luku 16). Kyseisessä koulussa tutkimukseen kutsuttiin mukaan kaikki yläkouluikäiset oppilaat (n = 247), ja tutkimukseen osallistui lopulta 118 oppilasta eri luokka-asteilta. Aineisto kerättiin tutkittavien omilla älypuhelimilla m-Path-sovelluksen avulla. Tutkimusjaksoon sisältyi viisi kokonaista koulupäivää sekä tutkimusjakson ensimmäinen koulupäivä, jolloin tutkimus käynnistettiin koululuokissa aamupäivän aikana. Oppituntikyselyihin vastattiin jokaisen oppitunnin lopuksi, ja avoinna oleva kysely oli vastattavissa puolen tunnin ajan: 15 minuuttia ennen ja jälkeen oppitunnin. Kysely kohdennettiin yksilöllisesti oppilaan oman lukujärjestyksen mukaisesti, joten eri oppilaat saivat eri määrän kyselyitä vastattavaksi. Tutkimusjakson aikana oppituntikohtaisia vastauksia kertyi yhteensä 1 488 kappaletta eli keskimäärin noin 13 vastausta yhtä oppilasta kohden. Luvussa 18 käytetään intensiiviaineistoa, joka kerättiin kolmessa koulussa ja kattoi laajamittaisia haastatteluja (N = 60 oppilasta) ja havainnointeja (N = 21 oppituntia). Kahdessa koulussa intensiivitutkimus kattoi myös oppilaiden

tekemän digilukutaitotestin (N = 413), jonka tulokset raportoitiin luvussa 14.

PISA-arviointitutkimusaineistot

DigiVOO-hankkeessa hyödynnettiin PISA-tutkimusten kaikkien kierrosten eli vuosien 2000–2018 Suomen aineistoja, ja tuloksia esitellään luvussa 7. Koska pääpaino oli vuoden 2018 aineistossa, myös muita aineistoja tarkasteltiin vuoden 2018 pääarviointialueen eli lukutaidon näkökulmasta. Aiemmin lukutaito on ollut pääarviointialueena vuosina 2000 ja 2009. Aineistot on kuvattu tarkemmin Suomen ensituloksissa (Arinen & Karjalainen 2007; Kupari ym. 2013; Kupari ym. 2004; Leino ym. 2019; Sulkunen ym. 2010; Vettenranta ym. 2016; Välijärvi ym. 2001). Tässä tutkimuksessa aineistoista hyödynnettiin lukutaidon osaamistulosten lisäksi digitaalisuuden hyödyntämistä monipuolisesti mittaavien ICT-kyselyiden tuloksia.

DigiVOO-hankkeen valtakunnallisen seurantatutkimuksen toteutus

DigiVOO-tutkimuksen pääasiallinen oma tutkimusaineisto oli valtakunnallinen seuranta-arviointitutkimus, joka toteutettiin lukuvuoden 2021–2022 aikana ympäri Suomea sijaitsevilla kouluilla. DigiVOO-tutkimuksen seuranta-aineistoa tarkastellaan tämän kirjan luvuissa 5, 6, 8–13, 15 ja 17. Opettajakyselyn tulokset esitellään luvussa 4. Valtakunnallisen seurantatutkimuksen oppilasotokseen valikoitui alun perin 15 562 oppilasta 146 koulusta. Otos tehtiin Tilastokeskuksessa ositettuna satunnaisotantana siten, että siinä varmistettiin alueellinen, kuntatyyppin mukainen ja koulun koon mukainen edustavuus. Koulut arvottiin kolmeen ryhmään siten, että niistä osallistui joko seitsemäs-, kahdeksas- tai yhdeksäsluokkalaisia oppilaita. Arviointi koski koulun kaikkia kyseisellä luokka-asteella olevia oppilaita. Arviointiin osallistui lopulta 7 745

oppilasta 83 koulusta: 3 635 tyttöä (47,3 %), 3 731 poikaa (48,6 %) ja 313 muunsukupuolista (4,1 %). Tutkimuksesta kieltäytyneistä kouluista suurin osa kertoi syyksi koronan tuoman työtaakan kouluarkeen. Vaikka kato oli alkuperäiseen otokseen nähden suurta, aineiston edustavuus säilyi kaikkien otoksen pohjana olleiden kriteereiden kannalta riittävän hyvänä. Erilaisista taustoista tulevien oppilaiden suhteelliset osuudet aineistossa vastasivat hyvin koko maata koskevia tilastotietoja.

Tutkimuksesta tiedotettiin etukäteen otokseen osuneiden koulujen rehtoreille. Rehtorit tiedottivat edelleen asiasta opettajille, jotka hoitivat käytännön arviointitilanteet luokissa kirjallisten ohjeistusten perusteella. Vuoden 2021 syyskuun puolesavälissä kouluille lähetettiin sähköisen arvioinnin edellyttämät kirjautumistunnukset ja verkko-osoitteet. Ensimmäisen vaiheen arvioinnit toteutettiin opettajien johdolla syyskuun lopun ja marraskuun alun välillä. Oppilaat tekivät kahden oppitunnin mittaisen tehtäväpaketin, joka sisälsi monipuolisesti erilaisia osaamistehtäviä: opetussuunnitelman mukaista äidinkieltä ja matematiikkaa, ohjelmointia, interaktiivista ongelmanratkaisua, monilukutaitoa ja adaptiivista matemaattista ajattelua. Mukana oli myös asenteita ja uskomuksia mittaavia kyselyitä. Lisäksi aineisto kattaa arvioinnin aikana tallentuneet lokitiedot.

Seuraava aineistonkeruu toteutettiin tammi-helmikuussa 2022. Toinen mittaus oli vain yhden oppitunnin mittainen, ja oppilaat tekivät sen aikana lyhennetyn tehtäväpaketin. Loppumittaus toteutettiin toukokuussa 2022, ja siinä käytössä oli kahden tunnin tehtäväpaketti, joka vastasi pitkälti alkumittauksen tehtävistöä. Toisella ja kolmannella aineistonkeruukerralla oppilaat saivat palautetta edistymisestään ja yhteenvedon osaamisestaan. Loppumittaukseen osallistui hieman vähemmän oppilaita kuin aiempiin mittauksiin, mutta aineiston kattavuus säilyi edelleen hyvänä. Syksyn ja kevään arviointien yhteydessä kouluissa toteutettiin myös opettajakyselyt.

Oppimistulosten ja oppimisen arviointitehtävät

Valtakunnallisessa seuranta tutkimuksessa oppilaiden oppimistuloksia ja oppimista digitaalisessa tehtäväympäristössä tutkittiin lukuvuoden aikana usealla eri osa-alueella sekä kognitiivisten tehtävien, kyselyiden että lokitieteanalyysien avulla. Arviointitehtävien kokonaisuus rakennettiin siten, että ne mittasivat digitaalista oppimista, opetus suunnitelman perusteiden mukaista äidinkielen ja matematiikan osaamista sekä opetus suunnitelman perusteiden laaja-alaisen osaamisen kuvauksissa määriteltyjä ajattelun taitoja ja oppimaan oppimista, monilukutaitoa ja epäsuorasti myös tieto- ja viestintä teknologia taitoja.

Ajattelun taidot ja oppimaan oppiminen määritellään suomalaisen oppimaan oppimisen viitekehyksessä oppiainerajat ylittäviksi kognitiivisiksi taidoiksi, haluksi suunnata omaa osaamistaan kohti tehtävän tavoitteita sekä oman oppimisprosessin hallitsemiseksi (ks. Hautamäki ym. 2002; Vainikainen & Hautamäki 2019, 2022; Vainikainen & Koivuhovi 2022). Oppiainerajat ylittävät kognitiiviset taidot jäsennetään tässä viitekehyksessä Andreas Demetrioun kehitysteorian mukaisesti siten, että ajattelutaitoja mitataan sanallisen päättelyn, matemaattisen ajattelun, luokittelevan päättelyn ja interaktiivisten ongelmanratkaisutehtävien edellyttämän kausaalisen päättelyn näkökulmasta (Demetriou, Spanoudis & Mouyi 2011). Monilukutaidon tehtävissä puolestaan oppilaiden tehtävänä oli tunnistaa multimodaalisiin teksteihin liittyviä rakenteita, ilmaisukeinoja, sisältöjä ja tarkoitusperiä. Tutkimuksessa tarkasteltiin toisaalta oppilaiden orientaatiota testeihin eli taktisia, diegeettisiä ja semioottisia reaktioita sekä heidän omaksumiaan lukijarooleja koodin purkajina, merkitysten rakentajina ja tekstikriitikoina.

Arviointitehtävät oli alku- ja loppumittauksessa jaettu kuu-teen noin 15 minuutin tehtäväsarjaan siten, että jokainen tehtäväsarja alkoi taustatietoja, motivaatiota ja asenteita tai digitaalista oppimista koskevalla lyhyehköllä kyselylomakkeella, jota seurasi yksi tai kaksi kognitiivista arviointitehtävää. Käytävissä olevan testausajan rajallisuuden vuoksi yhden osaamisalueen mitta-

kesti kokonaisuudessaan korkeintaan 15 minuuttia, minkä jälkeen oppilaan oli aikakatkaisun jälkeen siirryttävä seuraavaan tehtäväsarjaan. Toisen vaiheen mittauksessa käytössä oli lyhennetty, yhden oppitunnin mittainen tehtäväsarja, joka koostui kolmesta 15 minuutin paketista. Osa käytetyistä tehtävistä oli sellaisia, että niiden tuottama aineisto on suoraan linkitettävissä Helsingin yliopiston Koulutuksen arviointikeskuksen ja Tampereen yliopiston Koulutuksen, arvioinnin ja oppimisen tutkimusryhmä REALin aikaisempiin arviointitutkimusaineistoihin. Ohjelmointitehtävä, interaktiiviset ongelmanratkaisutehtävät ja monilukutaidon tehtävät on kehitetty digitaalisen oppimisen mittaamiseksi vasta viime vuosien aikana, joten niiden tulokset ovat toistaiseksi vertailtavissa ainoastaan Vantaalla samaan aikaan toteutetun oppimaan oppimisen arviointitutkimuksen tuloksiin (Asikainen ym. 2022).

Digitaalinen oppiminen

Digitaalista oppimista mitattiin neljällä tehtävällä: ohjelmointitehtävällä ja kolmella interaktiivisella ongelmanratkaisutehtävällä. Tehtävät oli sijoitettu mittauksessa eri tehtäväsarjoihin. Ohjelmointitehtävä oli käytössä kaikilla kolmella mittauskerralla, mutta viimeisessä mittauksessa koodin rakentamisen sijaan oppilaat korjasivat samassa graafisessa tehtäväympäristössä valmiiksi annettua virheellistä koodia. Alku- ja loppumittaus sisälsivät samat kaksi interaktiivista ongelmanratkaisutehtävää, kun taas keskimmaisessä mittauksessa oli käytössä vain yksi luovan ongelmanratkaisun tehtävä.

Ohjelmointitehtävän rakenne ja pisteitys

Ohjelmointitehtävässä mitataan keskeisiä ohjelmoinnilliseen ajatteluun sisältyviä taitoja. Ohjelmoinnillinen ajattelu (*computational thinking*) on nähty tehokkaan toimijuuden olennaiseksi osaksi yhä digitaalisemmassa yhteiskunnassa (Kong & Abelson 2019). Sillä tarkoitetaan ajatteluprosesseja, joita tarvitaan ongelmien

tunnistamiseen ja niiden ratkaisujen esittämiseen tavalla, joka voidaan toteuttaa tietokonepohjaisesti (Aho 2012; Wing 2008). Siksi sitä voidaan pitää eräänlaisena ongelmanratkaisun muotona. Vaikka ohjelmoinnilliseen ajatteluun on olemassa erilaisia näkökulmia, kirjallisuudessa useimmin käsiteltyjä käsitteitä ja kykyjä ovat abstrahointi eli keskittyminen ongelman kannalta olennaisiin yksityiskohtiin yleistämisen mahdollistamiseksi, ongelmanratkaisu, algoritminen ajattelu eli ohjeiden kehittäminen tietyn tavoitteen saavuttamiseksi sekä dekompositio eli ongelman pilkkominen helpommin ratkaistavissa oleviin osiin (Kalelioğlu, Gülbahar & Kukul 2016; Selby & Woollard 2013; Wing 2006, 2008). Ohjelmoinnillisen ajattelun taidot ovat monipuolisia, sillä niitä voidaan soveltaa ongelmien ratkaisemiseen monissa eri yhteyksissä ja eri aloilla, ei pelkästään ohjelmointiin liittyvissä yhteyksissä (Kong & Abelson 2019; Wing 2008).

Ohjelmointitehtävän ensimmäisen mittauskerran versiossa oli yhteensä 11 huonetta, joissa oli ruudullisella lattialla vaihtelevasti huonekaluja kulkuesteinä. Robotti lähti liikkeelle huoneen jostakin laidasta tai nurkasta, ja toisella puolella huonetta lattialla oli nalle, joka robotin piti käydä nostamassa. Robottia ohjatakseen oppilaan piti muodostaa graafisina nappuloina esitetyistä komennoista sarja vetämällä ja pudottamalla nappulat komentoriville. Komennot olivat askel eteenpäin, käänнос oikealle, käänнос vasemmalle ja nosto. Tämän jälkeen komentorivi suoritettiin käynnistysnappulasta, jolloin robotti kulki huoneessa komentorivin määräämän reitin. Törmätessään seinään tai esteeseen robotti hajosi kappaleiksi, kun taas koodin toimiessa ja nallen löytyessä oppilas sai onnistumisestaan välittömän palautteen. Oppilas sai korjata komentoriviään niin monta kertaa kuin halusi. Oikean ratkaisun löytyessä hänelle esitettiin kysymykset siitä, oliko löytynyt reitti lyhin ja olisiko ollut vaihtoehtoisia yhtä lyhyitä reittejä. Tämän jälkeen oppilasta pyydettiin ohjelmoimaan vielä mahdollinen lyhyempi tai yhtä lyhyt reitti. Toisella mittauskerralla käytössä oli sama tehtävä, mutta huoneista oli valittu lyhennettyyn versioon vain kuusi parhaiten toimivaa. Kolmannella mittauskerralla käytössä oli vain neljä huonetta, ja

oppilaalle oli annettu valmiiksi graafinen koodi, joka ohjasi robotin virheelliseen paikkaan. Oppilaan tehtävänä oli kolmannella mittauskerralla korjata koodi sellaiseksi, että robotti löysi nallen luo ja nosti sen.

Ohjelmointitehtävän kaksi ensimmäistä mittauskertaa pisteitettiin siten, että oppilas sai yhden pisteen siitä, jos hän onnistui löytämään huoneessa minkä tahansa oikean reitin ja toisen pisteen siitä, että hän ohjelmoi myös lyhyimmän reitin joko suoraan tai siinä vaiheessa, kun sitä erikseen pyydettiin. Tehtävään käytetty aika vaikutti pisteitykseen siten, että nopeasti tehtävän oikein ratkaisseet oppilaat ehtivät etenemään testausajassa kaikkien huoneiden läpi, kun taas useampien kokeiluiden kautta hitaammin eteneviltä oppilailta aika loppui etenkin ensimmäisellä mittauskerralla ennen kuin he edes ehtivät nähdä kaikkia huoneita ja näin saada niistä pisteitä. Tehtävän reliabiliteetti oli ensimmäisellä mittauskerralla erittäin korkea ($\alpha = 0,96$), ja se pysyi korkeana myös huoneiden vähentämisen jälkeen sekä virheenkorjaustehtävässä. Oikein ratkaistujen tehtävien kokonaispistemäärä muunnettiin oikein ratkaistujen osioiden prosenttiosuudeksi. Maksimipistemäärä oli sata pistettä.

Interaktiivisten ongelmanratkaisutehtävien rakenne ja pisteitys

Interaktiivisissa ongelmanratkaisutehtävissä oppilaat tutkivat kolmessa eri tehtäväympäristössä kokeilemalla eri tekijöiden vaikutusta lopputulokseen. Ensimmäisessä tehtäväympäristössä oppilaat tutkivat aiemmin tuntemattomalle kasville otollisia kasvuolosuhteita säätelemällä valon ja veden määrää sekä maaperän ravinteikkautta. Toisessa tehtäväympäristössä tavoitteena oli siivota huone mahdollisimman puhtaaksi siihen rakennettavan robotin avulla säätelemällä robotin ominaisuuksia ja välineitä. Nämä kaksi tehtäväympäristöä olivat käytössä sekä alku- että loppumittauksessa. Toisella mittauskerralla käytössä oli leipomistehtävä, jossa oppilaan tehtävänä oli tutkia taikinaan laitettavien raaka-aineiden määrien ja yhdistelmien vaikutusta lopputuloksen onnistumiseen. Kaikki tehtävät perustuivat alun perin Piaget'n esittämään formaaliin ajatteluun, ja tehtävissä mitattiin sen

kannalta keskeistä muuttujien vaikutusten tunnistamista (Shayer 1979). Samaa ilmiötä on viimeisen vuosikymmenen aikana tutkittu interaktiivisen ongelmanratkaisun kontekstissa vary-one-thing-at-a-time (VOTAT) -käsitteen avulla, ja tutkimus on tällöin usein keskittynyt oppilaiden ongelmanratkaisustrategioiden analysoimiseen digitaalisen arvioinnin lokitietoja hyödyntämällä (Greiff, Niepel, Scherer & Martin 2016). VOTAT-käsitteen mukaisesti yksittäisen muuttujan vaikutuksen eristämiseen perustuvan strategian käyttöä tarkasteltiin myös nyt käytetyissä arviointitehtävissä tehtävien lokitiedoista. Strategian käyttö oli tehtävien varsinaisten ratkaisuiden ohella tehtävien pisteituskriteeri. Toisen mittauskerran leipomistehtävän tuloksia ei käsitellä tässä kirjassa, joten seuraavaksi kuvataan tarkemmin ainoastaan alku- ja loppumittauksen tehtäväympäristöt.

Keksityn Lilakki-kasvin kasvatustehtävä oli vaiheistettu kolmeen osaan siten, että ensimmäisessä osassa oppilas sai tehtäväksi suunnitella koeasetelman, jolla tutkitaan käytetyn kasvualustan ravinteikkuuden merkitystä. Oppilas sai valita kahdesta eri kasvualustasta, mutta samaan aikaan hänen oli myös mahdollista säätää kasvin saaman veden ja valon määrää. Valinnat tehtyään oppilas sai kasvattaa kasvin ja nähdä, mihin lopputulokseen valinnat johtivat. Kokeiluista sai tehdä haluamansa määrän ennen kasvualustaa koskevaan kysymykseen vastaamista. Kokeen toisessa vaiheessa kasvualusta oli vakioitu ja tehtävänä oli tutkia kasville ihanteellista veden määrää. Valon määrän säätäminen onnistui samaan aikaan, vaikka sen tutkiminen oli tavoitteena vasta tehtävän viimeisessä vaiheessa. Tehtävästä oli mahdollista saada kolme pistettä oikeista vastauksista (oikea kasvualusta sekä veden ja valon määrä). Lisäksi lokitietoanalyysin perusteella oli mahdollista saada kolme pistettä siitä, käyttikö oppilas tutkiessaan systemaattista strategiaa (VOTAT, ks. edellä) eri muuttujien vaikutusten tutkimiseksi tehtävän eri vaiheissa.

Siivousrobotitehtävässä oppilas sai ainoastaan yhden kokonaistavoitteen: siivota kuvassa näkyvä huone sataprosenttisen puhtaaksi. Oppilas sai rakentaa tätä tarkoitusta varten robotin, jonka käsien pituutta ja vartalon kokoa saattoi säätää,

kumpaakin kolmen vaihtoehdon välillä. Lisäksi robotille sai valita halutessaan siivousvälineitä kahden eri vaihtoehdon väliltä. Halutun yhdistelmän valitsemisen jälkeen robotti käynnistettiin, ja siivoustulos näkyi sekä kuvassa että prosenttiosuutena. Pisteitys perustui parhaimpaan siivoustulokseen johtaneiden käsien, varhaston ja välineiden löytymiseen (maksimi kolme pistettä) sekä lokitietoihin siitä, käyttikö oppilas systemaattista strategiaa eri muuttujien vaikutuksen tutkimiseksi (maksimi yksi piste).

Ongelmanratkaisun kokonaispistemäärä laskettiin yhdistämällä molempien tehtävien yhteensä kymmenen osion tulokset toisiinsa. Tehtävän reliabiliteetti oli kognitiiviselle testille juuri hyväksyttävä ($\alpha = 0,60$). Kokonaispistemäärä muunnettiin oikeiden vastausten prosenttiosuudeksi. Maksimipistemäärä oli sata pistettä.

Ajattelun taidot ja oppimaan oppiminen

DigiVOO-hankkeen alkumittauksessa oli edellä kuvattujen tehtävien ohella käytössä kolme muuta tehtävää, jotka ovat osa oppimaan oppimisen arviointitehtäväsarjaa. Näistä kaksi, sanallisen päättelyn ja matemaattisen ajattelun tehtävä, ovat olleet käytössä jo viime vuosituhannen lopussa toteutetuissa arvioinneissa. Hyödyntämällä vanhoja tehtäviä DigiVOO-hankkeen uusi aineisto on mahdollista myöhemmin kytkeä ja verrata tuloksia esimerkiksi valtakunnallisiin oppimaan oppimisen arviointiaineistoihin.

Sanallisen päättelyn tehtävä

Sanallisen päättelyn tehtävät perustuivat deduktiiviseen päättelyyn, joka tarkoittaa johtopäätösten muodostamista annettujen lähtökohtien pohjalta. Jo melko nuoret lapset kykenevät jonkinasteiseen deduktiiviseen päättelyyn, mutta vasta nuoruusiässä oppilaat osaavat käsitellä myös argumentteja, jotka eivät johdakaan aukottomiin johtopäätöksiin, sekä analysoida argumenttien kaikki mahdolliset seuraukset (Demetriou ym. 2011). DigiVOO-hankkeen alkumittauksessa käytettiin sanallisen päättelyn

mittaamiseen kuutta tehtäväosiota, joissa oppilaille annettiin kaksi virkettä premisseinä, ja heidän piti niiden perusteella valita johtopäätökseksi yksi neljästä vaihtoehdosta.

Sanallisen päättelyn kokonaispistemäärä laskettiin oppilaille kuuden osion perusteella. Tehtävän reliabiliteetti oli kognitiiviselle testille juuri hyväksyttävä ($\alpha = 0,60$). Kokonaispistemäärä muunnettiin oikeiden vastausten prosenttiosuudeksi. Maksimipistemäärä oli sata pistettä.

Matemaattisen ajattelun adaptiivinen testi

Matemaattista ajattelua mitattiin DigiVOO-hankkeessa adaptiivisella testillä, joka pohjautuu oppimaan oppimisen arvioinneissa 1990-luvulta lähtien käytössä olleisiin tehtävätyyppeihin ja mukautuu vastaajan taitojen mukaan. Ensimmäisen tehtävätyypin (Demetriou 1996) jokaisessa tehtäväosiossa oli 1–4 kirjaimin korvattua aritmeettista operaattoria (esim. $2 + 3 = 6$), ja oppilaan tehtävänä oli ratkaista, mitä operaattoria kirjaimet vastasivat. Keksittyjen matemaattisten käsitteiden tehtäväosioissa (Sternberg, Castejón, Prieto, Hautamäki & Grigorenko 2001) määriteltiin ehdollisesti kaksi keksittyä matemaattista käsitettä, lag ja sev. Esimerkiksi jos $a > b$, lag merkitsee vähennyslaskua, muuten kertolaskua. Tämän jälkeen oppilaalle annettiin ratkaistavaksi tehtävä, jossa määritelmiä piti soveltaa, esimerkiksi paljonko on 4 lag 7 sev 10 lag 3.

Adaptiivista testiä on kehitetty usean vuoden ajan, ja DigiVOO-hankkeessa käytössä olevan version tehtäväpankkia on työstetty hyödyntämällä kaikkia vuodesta 2010 kerättyjä oppimaan oppimisen arviointiaineistoja. Vanhimmissa aineistoissa oli käytössä kiinteät tehtäväsarjat, mutta vuonna 2018 Vantaan oppimaan oppimisen arviointitutkimuksessa testattiin rotatoidulla asetelmalla satoja uusia tehtäväosioita, jotka oli ankkuriosioilla linkitetty toisiinsa ja aiempiin arviointiaineistoihin. Tehtäväosioille määriteltiin Item Response Theory (IRT) -menetelmällä arvot, jotka kuvasivat osion erottelukykä ja vaikeustasoa. Osioista muodostettiin kaikki luokka-asteet kattava tehtäväpankki, josta adaptiivinen testausjärjestelmä hakee jokaiselle oppilaalle

sopivantasoisia osioita. Osioiden vaikeustason keskipiste määriteltiin vuosina 2010–2018 arviointeihin osallistuneiden kuudesluokkalaisten keskimääräisen suoritustason mukaisesti, ja tämä taso kiinnitettiin pistemäärään 500. DigiVOO-hankkeessa oli siis odotettavissa, että yläkoululaisten pistemäärät ovat arvon 500 yläpuolella.

Testi toimi siten, että yläkoululaisille määriteltiin sopivantasoinen aloitustaso, ja testi alkoi kaikille oppilaille yhteisillä neljällä tehtäväosiosilla. Osioiden sujumisen perusteella testi jatkui tämän jälkeen joko vaikeammilla tai helpommilla tehtäväosiosilla siten, että testi pyrki löytämään oppilaan suoritustason ylärajan. Kun oppilas ei enää kyennyt etenemään seuraavan tason tehtäviin ja mittaustarkkuus oli tarpeeksi hyvä, testi päättyi. Testi päättyi myös silloin, jos oppilas ehti tehdä 20 tehtäväosiota ennen aikakatkaisua tai jos tehtävän 15 minuutin aikaraja ylitettiin. Osaavat oppilaat saattoivat siis edetä testissä paljon vaikeampiin tehtäviin kuin aikaisemmin käytetyissä kiinteissä tehtäväsarjoissa oli mahdollista.

Luokittelevan päättelyn tehtävän rakenne ja pisteitys

Luokittelevan päättelyn tehtävä edelsi tehtäväsarjassa edellä kuvattua siivousrobotitehtävää, ja se oli osa samaa tehtäväympäristöä. Ennen siivouksen aloittamista robotin osat ja välineet olivat sekaisin isossa laatikossa, ja oppilaan tehtävänä oli lajitella ne neljään pienempään laatikkoon haluamallaan tavalla. Tehtävässä mahdollisia luokitteluperusteita olivat väri, osan tai välineen tyyppi tai muoto; osat ja välineet sisälsivät selvästi havaittavia geometrisia muotoja eli ne perustuivat joko ympyrään, pyöristettyyn suorakaiteeseen, neliöön tai kolmioon. Lisäksi oppilaiden vastausten alustavan tarkastelun perusteella pisteitettiin myös ratkaisut, joissa oppilas oli onnistunut tekemään täydellisen moniväriratkaisun eli kaikkien laatikoiden kaikki osat olivat keskenään erivärisiä. Ensimmäisen luokittelukierroksen jälkeen oppilasta pyydettiin lajittelemaan osat uudelleen soveltaen jotakin muuta luokitteluperustetta.

Oppilaiden vastaukset pisteitettiin siten, että oppilas sai tehtävän kummankin osan jokaisesta neljästä laatikosta yhden pisteen,

jos laatikolla oli havaittavissa järkevä luokitteluperuste. Toisen pisteen ansaitsi jokaisen laatikon kohdalla siitä, jos luokittelu oli täydellinen eli oppilas oli sijoittanut aivan kaikki kyseiseen luokkaan kuuluvat osat tai välineet laatikkoon. Toisella lajittelukierroksella pisteitä sai saman periaatteen mukaisesti ainoastaan siinä tapauksessa, että pääasiallinen luokitteluperuste oli tehtävänannon mukaisesti eri kuin ensimmäisellä kierroksella.

Luokittlevan päättelyn kokonaispistemäärä laskettiin oppilaille yhdistämällä molempien tehtävien yhteensä kahdeksan osion tulokset toisiinsa. Tehtävän reliabiliteetti oli hyvä ($\alpha = 0,86$). Kokonaispistemäärä muunnettiin oikeiden vastausten prosenttiosuudeksi. Maksimipistemäärä oli sata pistettä.

Monilukutaito

Digitaalisella aikakaudella tekstilajien hallinta on tullut yhä tärkeämmäksi niin opiskelussa kuin vapaa-ajallakin. DigiVOO-tutkimuksessa tarkasteltiin siksi ensimmäisellä mittauskerralla kriittistä tekstin lukemisen taitoa, johon liittyy tekstien tarkoituserien, kohderyhmien ja taustojen hahmottaminen. Lisäksi tarkasteltiin erityisesti oppilaiden kykyä ymmärtää erilaisten tekstien genreä, kielioppia ja sisältöä. Tähän tarvitaan usein metakognitiivisia taitoja, käsitteiden hallintaa ja erilaisia tekstin lukijaroolleja. Verkossa mahdollisuudet aivan kaikenlaisten tekstimoodien tulkitsemisen ja arvottamisen taitojen tarkasteluun ovat kuitenkin rajatut, joten testi keskittyi ensimmäisellä mittauskerralla monilukutaidon osa-alueista erityisesti peruslukutaitoon, visuaaliseen lukutaitoon ja medialukutaitoon. Kolmannella mittauskerralla oli käytössä kriittisen verkkolukemisen tehtävä, joka on kuvattu erikseen luvussa 12.

Ensimmäisen mittauskerran tehtävien tekstilajit – uutisteksti, mainos, meemi ja sarjakuva – valittiin, koska ne edustavat erityisesti median ja sosiaalisen median tyypillisiä multimodaalisia tekstejä. Uutisia ja mainoksia julkaistaan ja luetaan entistä enemmän perinteisen printtimedian lisäksi digitaalisissa ympäristöissä.

Sarjakuvaa voidaan lähestyä paitsi multimodaalisen tekstikäsitelmän myös laajentuneen kirjallisuuskäsityksen näkökulmasta. Meemit puolestaan edustavat uutta, digitaalisen kehityksen myötä syntynyttä sosiaalisen median tekstilajikerrostumaa, joka poikkeaa perinteisistä koulun teksteistä.

Monilukutaidon testin kokonaispistemäärä laskettiin oppilaille kuuden osion perusteella. Tehtävän reliabiliteetti oli kognitiiviselle testille juuri hyväksyttävä ($\alpha = 0,66$). Kokonaispistemäärä muunnettiin oikeiden vastausten prosenttiosuudeksi. Maksimipistemäärä oli sata pistettä.

Äidinkieli ja matematiikka

Äidinkieltä ja matematiikkaa mitattiin DigiVOO-tutkimuksen alku- ja loppumittauksissa tehtävillä, joiden alkuperäiset versiot on kehitetty metropolialueen nuorten oppimista ja hyvinvointia kuvaavaan MetrOP-tutkimukseen (Vainikainen ym. 2016) opetus suunnitelman oppiainekohtaisten tavoitteiden mukaisten oppimistulosten mittaamiseksi. Tehtävät on kehitetty mittaamaan kuudennen luokan päätyessä oppilailta edellytettäviä tietoja ja taitoja. Tehtävät on sittemmin tarkistettu vastaamaan Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteiden 2014 tavoitteita.

Äidinkielen kokeen ensimmäisessä tehtäväkokonaisuudessa oppilaat lukivat ensin lyhyen asiategstin, jonka pohjalta he tekivät useita erityyppisiä tehtäviä. Osa tehtävistä mittasi tekstitaitoa, osa luetun ymmärtämistä, osa sanavarastoa ja osa kielioppia. Toinen tehtäväkokonaisuus keskittyi oikeinkirjoitukseen, esimerkiksi yhdyssanoihin. Äidinkielen kokeen kokonaispistemäärä laskettiin oppilaille 18 osion perusteella. Tehtävän reliabiliteetti oli melko hyvä ($\alpha = 0,74$). Kokonaispistemäärä muunnettiin oikeiden vastausten prosenttiosuudeksi. Maksimipistemäärä oli sata pistettä.

Matematiikan koe sisälsi 17 lyhyttä tehtävää matematiikan eri sisältöalueilta. Tehtävät mittasivat muun muassa perusaritmetiikkaa, murtolukujen ymmärtämistä, yhtälöitä ja geometriaa. Mukana oli myös sanallisia ongelmanratkaisutehtäviä.

Matematiikan kokeen kokonaispistemäärä laskettiin oppilaille 17 osion perusteella. Tehtävän reliabiliteetti oli hyvä ($\alpha = 0,82$). Kokonaispistemäärä muunnettiin oikeiden vastausten prosenttiosuudeksi. Maksimipistemäärä oli sata pistettä.

Oppilaille suunnatut kyselyt

Kaikilla mittauskerroilla oppilailla teetettiin kognitiivisten tehtävien ohella myös kyselyitä, jotka mittasivat monipuolisesti oppilaiden koulunkäyntiä koskevia uskomuksia, asenteita, motivaatiota sekä digitaalista oppimista. Tässä kirjassa uskomuksia, asenteita ja motivaatiota koskevat mittarit on kuvattu ja taustoitettu tarkemmin niitä koskevissa tulosluvuissa, ja tässä luvussa kuvataan ainoastaan digitaalisen teknologian hyödyntämiseen liittyvät mittarit, joita käytettiin monessa eri luvussa sekä oppilas että opettaja-aineistojen yhteydessä.

Digitaalisen teknologian hyödyntämistä koulussa mitattiin kyselylomakkeella, joka on kehitetty Growing Mind -hankkeessa Helsingin yliopistossa (Korhonen ym. 2023). Sekä oppilaille että opettajille esitetyssä kyselyssä oli alun perin 13 väittämää, jotka mittasivat perustasoista osaamista tai edistynyttä osaamista edellyttävää digitaalisuutta koulussa. Väittämiä olivat esimerkiksi seuraavat: ”Oppitunneilla harjoitellaan digitaalisen teknologian perustaitoja (esim. tiedoston jako, tekstinkäsittely, sähköpostin ja internetin käyttö)” tai ”Oppitunneilla rakennetaan automaatiota hyödyntäviä laitteita kuten robotteja tai älytuotteita”. Väittämiin vastattiin seitsenportaisella asteikolla, jossa 1 = ei koskaan ja 7 = päivittäin. Aineistot osoittivat väittämien jakautuvan peruskäytön ja edistyneen käytön faktoreihin hieman eri tavoin opettaja- ja oppilasaineistoissa, ja osa väittämistä jouduttiin myös poistamaan toimivien summamuuttujien aikaansaamiseksi. Opettajakyselyn muuttujien muodostaminen on kuvattu tarkemmin luvussa 4. Oppilaskyselystä muodostettiin indeksimuuttujat viiden väittämän perusteella perustasoiselle digitaalisuudelle ja kuuden muuttujan perusteella edistyneelle digitaalisuudelle.

Indeksimuuttujien – tai niiden muodostamisen pohjalla olevien ordinaaliasteikollisten muuttujien alkuperäisten faktorien – käyttöön päädyttiin, koska muuttujien alkuperäiset asteikot eivät olleet tasavälisiä. Lisäksi edistynyttä osaamista edellyttävää digitaalisuutta raportoitiin niin vähän, ettei tavanomaisten summa-
muuttujien muodostaminen ollut muuttujien vinouden vuoksi mahdollista. Opettaja-aineistosta poiketen oppilasaineistossa oli kuitenkin riittävästi varianssia myös edistynyttä digitaalisuutta kuvaavassa muuttujassa, ja sen käyttö analyyseissa oli mahdollista jatkuvana muuttujana.

Eettinen pohdinta

Aineistojen keruussa noudatettiin kaikissa vaiheissa hyvää tieteellistä käytäntöä ja henkilötietojen suojausta koskevaa lainsäädäntöä. Hankkeelle tehtiin myös eettinen ennakoarviointi ja vaikutustenarviointi. Seurantatutkimuksen toteuttaminen edellytti henkilörekisteriä, joka kuvattiin yksityiskohtaisesti rekisteriselosteessa. Henkilörekisterin hallinnoinnissa ja datan säilyttämisessä huomioitiin sensitiivisen datan asettamat vaatimukset ja EU:n yleinen tietosuoja-asetus (GDPR). Sensitiivisen datan hallinnoinnin suunnittelussa ja toteutuksessa tehtiin yhteistyötä yliopistojen it-palveluiden sekä henkilöstö- ja lakiasioiden datanhallinnan asiantuntijoiden kanssa. Otoskouluilta kerättiin taustatiedot kaikkien kohderyhmään kuuluvien oppilaiden luokka-asteesta ja tehostetun tai erityisen tuen tarpeesta, minkä jälkeen otokseen mukaan otettavien oppilaiden huoltajille lähetettiin tiedote tutkimuksesta. Huoltajien ja oppilaiden tiedotteessa myös kuvattiin yksityiskohtaisesti, millaisia aineistoja hankkeen aikana kerätään ja miten niitä yhdistetään toisiinsa sekä muihin tilasto- ja rekisteriaineistoihin. Huoltajien ja oppilaiden tiedotteessa kuvattiin osallistujien oikeudet omien tietojen tarkistamiseen, oikaisuun ja poistoon sekä kerrottiin aineistojen arkistoinnista soveltuvalta osin anonymisoituina Tietoarkistoon hankkeen päättymisen jälkeen. Osallistujille luotiin tämän jälkeen yksilöidyt vastaajatunnisteet, joita käytettiin varsinaisten aineistojen yhteydessä. Oppilaiden yksilöivät tunnistetiedot

säilytettiin hankkeen kaikissa vaiheissa erillään tutkimusaineistoista tietoturvalisessä sensitiiviselle datalle suunnitellussa tallennustilassa, joka vaatii hankkeessa määritellyiltä henkilörekisterin ylläpitäjiltä erillisen kaksivaiheisen tunnistautumisen. Kaikki aineistot kerättiin vastaajatunnisteiden avulla, jolloin vastaajien henkilötiedot eivät koskaan tallentuneet vastausten yhteyteen. Hankkeen tutkijoilla on pääsy ainoastaan vastaajakoodeja sisältäviin aineistoihin, ei suoriin tunnistetietoihin.

Lähteet

- Aho, A. V. 2012. Computation and computational thinking. *The Computer Journal* 55 (7), 832–835. <https://doi.org/10.1093/comjnl/bxs074>
- Arinen, P. & Karjalainen, T. 2007. PISA 2006 ensituloksia 15-vuotiaiden koululaisten luonnontieteiden, matematiikan ja lukemisen osaamisesta. Helsinki: Opetusministeriön julkaisuja 2007:38. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-485-453-5>
- Asikainen, M., Gustavson, N., Hienonen, N., Koivuhovi, S., Kulju, P., Kupiainen, R., Lindgren, E., Mergianian, C., Nazeri, F., Nyman, L., Oinas, S., Salonen, V. & Vainikainen, M.-P. 2022. Oppimaan oppiminen Vantaan peruskouluissa 2018–2021. Vantaa: Vantaan kaupunki. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:tuni-202301051148>
- Demetriou, A. 1996. Universals and specificities in the structure and development of quantitative-relational thought: A cross-cultural study in Greece and India. *International Journal of Behavioral Development* 19 (2), 255–290. <https://doi.org/10.1080/016502596385785>
- Demetriou, A., Spanoudis, G. & Mouyi, A. 2011. Educating the developing mind: Towards an overarching paradigm. *Educational Psychology Review* 23 (4), 601–663. <https://doi.org/10.1007/s10648-011-9178-3>
- Greiff, S., Niepel, C., Scherer, R. & Martin, R. 2016. Understanding students' performance in a computer-based assessment of complex problem solving: An analysis of behavioral data from computer-generated log files. *Computers in Human Behavior* 61, 36–46. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.02.095>
- Hautamäki, J., Hautamäki, A., Niemivirta, M., Scheinin, P., Arinen, P., Eronen, S., Kupiainen, S., Lindblom, B., Pakaslahti, L. & Rantanen, P. 2002. Assessing learning-to-learn: A framework. *Evaluation* 4/2002. Helsinki: National Board of Education.
- Kalelioğlu, F., Gülbahar, Y. & Kukul, V. 2016. A framework for computational thinking based on a systematic research review. *Baltic Journal of Modern Computing* 4 (3), 583–596. https://www.bjmc.lu.lv/fileadmin/user_upload/lu_portal/projekti/bjmc/Contents/4_3_15_Kalelioglu.pdf
- Kong, S.-C. & Abelson, H. (toim.) 2019. Computational thinking education. Singapore: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-981-13-6528-7>
- Korhonen, T., Salo, L., Laakso, N., Seitamaa, A., Sormunen, K., Kukkonen, M. & Forsström, H. 2023. 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>

- Kupari, P., Välijärvi, J., Andersson, L., Arffman, I., Nissinen, K., Puhakka, E. & Vettenranta, J. 2013. PISA 12 ensituloksia. Helsinki: Opetus- ja kulttuuriministeriön julkaisuja 2013:20. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-263-241-8>
- Kupari, P., Välijärvi, J., Linnakylä, P., Reinikainen, P., Brunell, V., Leino, K., Sulkunen, S., Törnroos, J., Malin, A. & Puhakka, E. 2004. Nuoret osaajat: PISA 2003 -tutkimuksen ensituloksia. Jyväskylän yliopisto, Koulutuksen tutkimuslaitos. <http://urn.fi/URN:ISBN:951-39-2011-9>
- Leino, K., Ahonen, A. K., Hienonen, N., Hiltunen, J., Lintuvuori, M., Lähteinen, S., Lämsä, J., Nissinen, K., Nissinen, V., Puhakka, E., Pulkkinen, J., Rautopuro, J., Sirén, M., Vainikainen, M.-P. & Vettenranta, J. 2019. PISA 18 ensituloksia: Suomi parhaiden joukossa. Helsinki: Opetus- ja kulttuuriministeriön julkaisuja 2019:40. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-263-678-2>
- Selby, C. C. & Woollard, J. 2013. Computational thinking: The developing definition. Paper presented at the 18th Annual Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education, Canterbury.
- Shayer, M. 1979. Has Piaget's construct of formal operational thinking any utility? *British Journal of Educational Psychology* 49 (3), 265–276. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8279.1979.tb02425.x>
- Sternberg, R. J., Castejón, J. L., Prieto, M. D., Hautamäki, J. & Grigorenko, E. L. 2001. Confirmatory factor analysis of the Sternberg Triarchic Abilities Test in three international samples. *European Journal of Psychological Assessment* 17 (1), 1–16. <https://doi.org/10.1027//1015-5759.17.1.1>
- Sulkunen, S., Välijärvi, J., Arffman, I., Harju-Luukkainen, H., Kupari, P., Nissinen, K., Puhakka, E. & Reinikainen, P. 2010. PISA 2009 ensituloksia: 15-vuotiaiden nuorten lukutaito sekä matematiikan ja luonnontieteiden osaaminen. Helsinki: Opetus- ja kulttuuriministeriön julkaisuja 2010:21. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-485-960-8>
- Vainikainen, M.-P. & Hautamäki, J. 2019. Oppimaan oppimisen arvioinnin teoreettisia lähtökohtia. Teoksessa J. Hautamäki, I. Rämä & M.-P. Vainikainen (toim.) *Perusopetus, tasa-arvo ja oppimaan oppiminen: Valtakunnallinen arviointitutkimus peruskoulun päättövaiheesta. Kasvatustieteellisiä tutkimuksia* 52. Helsingin yliopisto, kasvatustieteellinen tiedekunta, 9–27. <http://hdl.handle.net/10138/344072>
- Vainikainen, M.-P. & Hautamäki, J. 2022. Three studies on learning to learn in Finland: Anti-Flynn effects 2001–2017. *Scandinavian Journal of Educational Research* 66 (1), 43–58. <https://doi.org/10.1080/00313831.2020.1833240>
- Vainikainen, M.-P., Hienonen, N., Lindfors, P., Rimpelä, A., Asikainen, M., Hotulainen, R. & Hautamäki, J. 2016. Oppimistuloksia ennustavat tekijät Helsingin metropolialueen yläkouluissa. *Kasvatus* 47 (3), 214–229.

- Vainikainen M.-P. & Koivuhovi, S. 2022. Laaja-alaisena osaajana kehittyminen: Kokoava teoreettinen viitekehys. Teoksessa N. Hienonen, P. Nilivaara, M. Saarnio & M.-P. Vainikainen (toim.) Laaja-alainen osaaminen koulussa: Ajattelijana ja oppijana kehittyminen. Helsinki: Gaudeamus, 39–56.
- Vettenranta, J., Välijärvi, J., Ahonen, A., Hautamäki, J., Hiltunen, J., Leino, K., Lähteinen, S., Nissinen, K., Nissinen, V., Puhakka, E., Rautopuro, J. & Vainikainen, M.-P. 2016. PISA 15 ensituloksia: Huipulla pudotuksesta huolimatta. Helsinki: Opetus- ja kulttuuriministeriön julkaisuja 2016:41. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-263-436-8>
- Välijärvi, J., Linnakylä, P., Kupari, P., Reinikainen, P., Malin, A. & Puhakka, E. 2001. Suomen tulevaisuuden osaajat: 15-vuotiaiden nuorten lukutaito sekä matematiikan ja luonnontieteiden osaaminen kansainvälisessä vertailussa. PISA 2000 -tutkimuksen ensituloksia. Jyväskylän yliopisto, Koulutuksen tutkimuslaitos. <http://urn.fi/URN:ISBN:951-39-1128-4>
- Wing, J. M. 2006. Computational thinking. *Communications of the ACM* 49 (3), 33–35. <https://doi.org/10.1145/1118178.1118215>
- Wing, J. M. 2008. Computational thinking and thinking about computing. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences* 366 (1881), 3717–3725. <https://doi.org/10.1098/rsta.2008.0118>