

**Tekniikasta apuope -  
Interaktiivinen multimediaohjelma MSB -virtuaalitutor  
ensimmäisen luokan  
ympäristöopin opetuksessa**  
Miika Kaivonurmi ja Hanne Salminen

Kasvatustieteen pro gradu -tutkielma  
Artikkelimuotoinen  
Syyslukukausi 2023  
Opettajankoulutuslaitos  
Jyväskylän yliopisto

## TIIVISTELMÄ

**Kaivonurmi, Miika ja Salminen, Hanne. 2023. Tekniikasta apuope - interaktiivinen multimediaohjelma MSB-virtuaalitutor ensimmäisen luokan ympäristöopin opetuksessa. Kasvatustieteen pro gradu -tutkielma. Jyväskylän yliopisto. Opettajankoulutuslaitos. 55 sivua.**

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli tutkia MindStar Books-virtuaalitutorin opetuskykyä ensimmäisen luokan ympäristöopin opetuksessa. Tutkimuksessa selvitettiin, saadaanko oppimistuloksia kyseisellä virtuaalitutorilla aikaan ja millaisia mahdolliset oppimistulokset ovat verrattuna opettajajohtoiseen luokkahuoneopetukseen. Tutkimuksen tavoitteena on tarjota lisätietoa virtuaalitutorien käyttömahdollisuuksista ensimmäisellä luokalla, sillä tähän ikäryhmään on keskitytty aiemmissa tutkimuksissa vain harvoin ja lähes poikkeuksetta vain äidinkielen opetuksen kohdalla.

Tutkimus toteutettiin kvasikokeellisena toistomittaustutkimuksena. Tutkimusaineistosta osa oli kerätty aiemmin Keski-Suomessa sijaitsevien koulujen ensimmäisiltä luokilta ja lisäaineistoa kerättiin keväällä 2023 Etelä-Savossa sijaitsevan koulun ensimmäisiltä luokilta. Lisäaineistoa saatiin 31 tutkittavalta. Tutkimuksessa vertailtiin kolmen erilaista opetusta saaneen interventioryhmän oppimistuloksia alku-, loppu- ja viivästetyssä testissä. Interventioryhmistä yksi sai opetuksen luentomaisena opettajajohtoisena luokkahuoneopetuksena, toinen tietokoneen opettamana luentomaisena opetuksena ja kolmas ryhmä sai opetuksen MSB-virtuaalitutorin opettamana. Aineisto analysoitiin toistomittausten varianssianalyysin avulla.

Tutkimustulosten perusteella virtuaalitutorin opettamana saavutettiin oppimistuloksia, kuten aiemman tutkimuskirjallisuuden perusteella oli odotettavaa. Virtuaalitutorin opetuksen ja opettajajohtoisien luokkahuoneopetuksen välillä ei ollut havaittavissa tilastollisesti merkitseviä oppimistulosten eroja, mikä oli aiempaan tutkimuskirjallisuuteen verrattuna poikkeavaa.

Asiasanat: virtuaalitutor, scaffolding, multimediaoppimisen kognitiivinen teoria, oppimistulokset

# SISÄLTÖ

<b>TIIVISTELMÄ</b> .....	<b>2</b>
<b>SISÄLTÖ</b> .....	<b>4</b>
<b>1 JOHDANTO</b> .....	<b>6</b>
1.1 Virtuaalitutor .....	8
1.1.1 Virtuaalitutorin määrittelyä.....	9
1.1.2 Oppimistuloksia .....	11
1.2 Teoriaa MSB-virtuaalitutorin taustalla .....	16
1.2.1 Scaffolding ja lähikehityksen vyöhyke.....	16
1.2.2 Multimediaoppimisen kognitiivinen teoria .....	19
1.2.3 Dual Situated Learning Model ja käsitteellinen muutos .....	21
1.2.4 Formatiiivinen arviointi.....	23
1.3 Tutkimuskysymykset .....	24
<b>2 TUTKIMUSMENETELMÄT</b> .....	<b>25</b>
2.1 Tutkimuskonteksti .....	25
2.2 Tutkittavat.....	25
2.3 Tutkimusaineiston keruu.....	26
2.3.1 Aineistonkeruun käytännön toteuttaminen.....	27
2.3.2 MSB-kirjan kuvailu .....	29
2.3.3 Tutkimuksessa käytetyt testit .....	32
2.4 Aineiston analyysi.....	34
2.5 Eettiset ratkaisut.....	35
<b>3 TULOKSET</b> .....	<b>36</b>
3.1 Ensimmäinen tutkimuskysymys .....	36
3.2 Toinen tutkimuskysymys .....	37

3.3 Kolmas tutkimuskysymys .....	38
<b>4 POHDINTA.....</b>	<b>39</b>
<b>LÄHTEET .....</b>	<b>46</b>
<b>LIITTEET.....</b>	<b>55</b>

# 1 JOHDANTO

Teknologia hallitsee päiväämme ennen näkemättömällä tavalla. Etenkin tietotekniikan kehitys näkyy myös opetuslalla ja erilaiset virtuaaliset oppimisympäristöt ovat yleistyneet opetuskäytössä merkittävästi auttaen opettajia työssään. Osa niistä on työkaluja, joita opettaja voi käyttää itse opetuksensa tukena, mutta osa kykenee jopa opettamaan itsenäisesti oppilasta. Opettajien työtehtävien koetaan laajentuneen, työkuorma on opettajille teetettyjen kyselyjen mukaan kasvanut ja työhyvinvointi heikentynyt työn kuormituksen ja työmäärän kasvaessa (Golnick & Ilves, 2021, 14; Kauppi ym., 2022, 24, 72; Teperi ym., 2018, 57). Opettajien keskimäärin töihin käyttämä viikkotyöaika on keskimääräistä palkansaajien viikkotyöaika selvästi korkeampi (Golnick & Ilves, 2021, 12). Opettamaan kykenevien järjestelmien avulla opettajien työkuormaa voisi olla mahdollista helpottaa. Tällaisten ohjelmien tutkimus ja kehitystyö on oleellista, jotta niiden perustellulla opetuskäytöllä kyettäisiin vapauttamaan opettajille aikaa muuhun työskentelyyn.

Virtuaalitutorin avulla oppilasta voidaan opettaa ilman ihmisopettajaa. Virtuaalitutoria hyödynnettäessä ihmisopettaja voi keskittää työpanoksensa johonkin muuhun työnsä osaan siksi aikaa, kun virtuaalitutor opettaa oppilasta. Laajojen meta-analyysien perusteella voidaan todeta virtuaalitutorien olevan toimivia työkaluja opettamisessa eri ikäisillä oppijoilla ja eri opetettavien aineiden kohdalla (ks. Kulik & Fletcher, 2016; Ma ym., 2014; Sosa ym., 2011; Steenbergen-Hu & Cooper, 2014; Vahn Lehn, 2011; Xu ym., 2019). Tutkimusta pienimpien oppilaiden kohdalla on kuitenkin toteutettu hyvin vähän. Lisäksi ensimmäistä luokkaa koskevissa tutkimuksissa on keskitytty lähinnä äidinkielen ja lukemisen opetukseen (ks. Gimenez ym., 2021; Wise ym., 2007). Luonnontieteisiin keskittyvää virtuaalitutoritutkimusta on tehty, mutta tutkimukset ovat keskittyneet merkittävästi vanhempiin oppilaisiin (ks. Ercan ym., 2016; Mitrovic ym., 2011; Reif & Scott, 1999; Ward ym., 2013). Luonnontieteiden osalta aiempaa tutkimusta emme ole onnistuneet löytämään ensimmäisen luokan oppilaita koskien. Tutkimusta

erilaisten virtuaalisten oppimisympäristöjen ja -ohjelmien toimivuudesta ja hyödyistä tarvitaan edelleen lisää, jotta näiden ohjelmien hyödyntämiselle opetuksessa on tieteelliset perusteet eri kohderyhmissä.

Oppimistuloksia seurataan aktiivisesti ja säännöllisesti niin meillä kuin muuallakin. PISA (Programme for International Student Assessment) on alkujaan OECD:n jäsenmaiden yhteinen tutkimusohjelma, johon sittemmin on liittynyt useita OECD:n ulkopuolisia maita. Ohjelman pyrkimyksenä on tarjota tietoa koulutuksen tilasta ja tuloksista kansainvälisessä vertailussa. PISA-ohjelma koostuu aina kolmen vuoden välein toteutettavista PISA-tutkimuksista. Suomessa tutkimuksen rahoittajana toimii opetus- ja kulttuuriministeriö. Tutkimuksessa ollaan kiinnostuneita siitä, miten 15-vuotiaat nuoret hallitsevat tulevaisuuden kannalta keskeisiä avaintaitoja, joita mitataan kolmella pääasiallisella osaamisalueella kartoittamalla oppilaiden lukutaitoa sekä matematiikan ja luonnontieteiden osaamista. (Leino ym., 2019)

Suomi on perinteisesti sijoittunut hyvin PISA-tulosten kansainvälisessä vertailussa. Vuoden 2018 tutkimuksessa lukutaidon osalta suomalaisten osaaminen oli OECD-maiden parasta (kokonasisijoitus 7.), matematiikassa OECD-maiden sijoilla 7.-13. (kokonaissijoitus 16.), luonnontieteiden osalta OECD-maiden kolmanneksi parasta (kokonaissijoitus 6.). PISA-tulokset kuitenkin osoittavat, että koululaisten luonnontieteellinen osaaminen on monien maiden kohdalla heikentynyt viime vuosien aikana. Varsinkin useissa aiemmin hyviä luonnontieteen oppimistuloksia saaneissa maissa kehitys on kääntynyt negatiiviseen suuntaan. (PISA 2015, 82, Leino ym. 2019) Sama ilmiö on havaittavissa myös suomalaisten lasten oppimisessa, vaikka suomalaisten oppilaiden luonnontieteen osaaminen onkin edelleen kansainvälisesti tarkasteltuna maailman huippua.

Suomen luonnontieteiden keskiarvot heikkenivät vuoden 2012 tuloksista vuoden 2015 vastaaviin eniten kaikista OECD-maista ja suunta jatkui vuosina 2015-2018, jolloin Suomi oli edelleen suurimpien pudottajien joukossa. OECD:n (2023) tuoreiden tilastojen mukaan Suomen PISA-tulokset ovat lukemisen osalta laskeneet 2000-luvun alusta vuoteen 2018 mennessä 26 pistettä. Matematiikan osalta lasku on 37 pistettä ja luonnontieteissä laskua on tapahtunut kaikkiaan 41

pisteen verran. (OECD 2023) Kansainvälisesti tarkasteltuna 30-40 pistettä vastaa noin yhden kouluvuoden oppimäärää (Vettenranta ym. 2016). Tällöin eroa 2000-luvun alkuun verrattuna on suomalaislasten ympäristötiedon osaamisessa tullut jopa yhden kouluvuoden verran. Näin ollen suomalaisten oppilaiden luonnontieteen oppimistulosten kehitys on ollut yksi tutkimukseen osallistuneiden maiden heikoimmista. Myös viimeisimmässä kansainvälisessä matematiikan ja luonnontieteiden osaamista mittaavassa TIMMS- tutkimuksessa on havaittavissa, että Suomessa osaaminen on heikosti luonnontieteissä suoriutuvien oppilaiden kohdalla heikentynyt entisestään, vaikka paremmin pärjäävien kohdalla osaaminen on kääntynyt hienoiseen nousuun (Vettenranta ym., 2020)

Näiden tulosten vuoksi onkin tärkeää koettaa löytää keinoja luonnontieteiden opetuksen tehostamiseksi ja kehittämiseksi. Etenkin OECD-maissa kehitykselle olisi laajemminkin kysyntää, sillä vuoden 2018 PISA- tutkimuksen mukaan 37:stä OECD-maasta 18:n suoriutuminen luonnontieteissä laski tilastollisesti merkittävästi aiemmista tuloksista, ja vain kolmella maalla tapahtui merkittävää parannusta. (OECD 2019)

Tarvetta miettiä keinoja luonnontieteiden opettamisen tehostamiseksi siis näyttää olevan suuresti. Yhtenä keinona opetuksen tehostamiseen voidaan nähdä toimivan virtuaalitutorin käyttö, jota voitaisiin hyödyntää myös tavallisen opetuksen lisänä tukemassa joko osan oppilaista tai koko oppilasryhmän oppimista. Sen avulla voitaisiin esimerkiksi tarjota lisäopetusta heikommin luonnontieteissä suoriutuville vastalääkkeenä heikentyviin oppimistuloksiin. Tämä tutkimus on mukana etsimässä keinoja luonnontieteen opetuksen tehostamiseen virtuaalitutorin osalta selvittämällä, soveltuuko sen käyttö myös alkuopetuksen kohdalla.

## **1.1 Virtuaalitutor**

Steenbergen-Hun ja Cooperin (2014, 331) mukaan Graesser kumppaneineen (2011) kuvaavat virtuaalitutor-ohjelmien olevan tietoteknisillä laitteilla toimivia



interaktiivisia oppimisympäristöjä, jotka on rakennettu kasvatustieteellistä, psykologista, tietoteknistä sekä opetettavan sisällön mukaista tietoa hyödyntäen. Virtuaalitutor-ohjelmat pyrkivät mukailemaan ihmisen antamaa yksilötutorointia (Stankov ym., 2008, 1017-1018). Tämä on ymmärrettävää, sillä ihmisen antaman yksilötutoroinnin on todettu olevan opetustavoista tehokkainta (Bloom, 1984; Cohen ym., 1982).

### 1.1.1 Virtuaalitutorin määrittelyä

Virtuaalitutorit voidaan jakaa karkeasti kahteen kategoriaan: yksinkertaisiin ja älykkäisiin virtuaalitutoreihin. Tutkimuskirjallisuudessa yksinkertaisia virtuaalitutoreita kuvataan sanoilla computer-assisted instructions (cai), computer-based instructions, computer-aided learning tai computer-based training (VanLehn, 2011). Yksinkertaisissa virtuaalitutoreissa opetus tapahtuu tietokoneen, tai jonkin muu tietoteknisen laitteen avulla vuorovaikutuksen ja tiedonsiirron tapahtuessa suoraan opetettavan henkilön ja laitteen välillä (Hu ym., 2016, 6). Nämä järjestelmät kykenevät esittämään opetukseen liittyvää materiaalia tekstinä, äänenä tai muussa muodossa, tutoroimaan ja tarjoamaan harjoitustehtäviä, diagnosoimaan oppimiseen liittyviä ongelmia ja pitämään kirjaa käyttäjän kehityksestä (Soe ym., 2000, 8). Yksinkertaiset virtuaalitutorit toimivat usein niin, että ne antavat käyttäjän toimintoihin välitöntä palautetta tarjoten positiivista kannustusta tehtävän mennessä oikein tai neuvoen tarvittaessa käyttäjää oikeaan suuntaan tehtävän ratkaisemiseksi (Van Lehn, 2011).

Yksinkertaisten virtuaalitutorien tehokkuus opettaa perustuu mahdollisuuteen harjoitella opetettavaa asiaa ja saada palautetta harjoittellessa (Martin ym., 2007, 623), välittömään palautteen antoon sekä palautteen kohdentamiseen (Sosa ym., 2011, 116), yksilöllistettyyn tehtävien valintaan (Corbalan ym., 2006, 417) sekä käyttäjän mahdollisuuteen vaikuttaa tehtävien ja toiminnan haastavuuteen (Hughes ym., 2013, 94).

Älykkäät virtuaalitutorit ovat näitä kehittyneempiä ja monimutkaisempia ohjelmia. Ne ovat digitaalisia oppimisympäristöjä, jotka kykenevät ottamaan

käyttäjän yksilöllisyyden tehokkaasti huomioon (Stankov ym., 2008, 1017). Älykkäät virtuaalitutorit kykenevät mukautumaan jokaisen käyttäjän ominaisuuksien ja tarpeiden mukaan hänelle sopivaksi (Shute & Zapata-Rivera, 2007, 2). Ne voivat antaa tehtävän ratkaisemisen tapahtua ohjelman käyttöliittymän avulla, jolloin ohjelma voi seurata tehtävän ratkaisun jokaista vaihetta ja antaa ohjeita sekä neuvoa oikeaan suuntaan myös kesken tehtävän ratkaisun. Tällöin käyttäjä saa tukea oppimiseen koko tehtävän ajan. (VanLehn, 2011) Tällainen ei juurikaan ole mahdollista yksinkertaisissa virtuaalitutoreissa, jotka antavat palautetta vasta oppijan vastattua tehtävään (VanLehn, 2011). Tehokas kyky mukautua käyttäjän tarpeisiin onkin yleisimpiä esiin nostettuja seikkoja älykkäitä virtuaalitutoreita määriteltäessä (ks. Ma ym., 2014; Stankov ym., 2008; Steenbergen-Hu & Cooper, 2014; VanLehn, 2011). Tehokas mukautumiskyky johtuu käyttäjän mallintamisesta. Älykkäät virtuaalitutorit muodostavat käyttäjän reaktioiden perusteella moniulotteista kuvaa käyttäjän tiedollisesta osaamisesta, motivaatiosta, oppimisstrategioista tai tunnetilasta (Ma ym., 2014, 902). Tällaisen oppilaan mallintamisen avulla älykkäät virtuaalitutorit osaavat tarjota käyttäjälle sopivia tehtäviä ja tukea tehokkaammin tehtävien ratkaisussa. Man tutkimusryhmä (2014, 903) määritteli älykkään virtuaalitutorin sisältävän seuraavat järjestelmän osat:

Käyttöliittymä, jonka avulla *kommunikointi* käyttäjän ja ohjelman välillä toimii. Käyttöliittymä määrittää, millaisin keinoin käyttäjä voi ratkaista annetun tehtävän, etsiä tietoa tai vastata esitettyihin kysymyksiin.

Järjestelmän osa, joka sisältää käyttäjälle opetettavaksi tarkoitetun *tiedon*.

Järjestelmän osa, joka vastaa käyttäjän *mallintamisesta* hänen reaktioidensa perusteella.

Järjestelmän osa, jonka mukaan tutorointi toimii erilaisia *opetusstrategioita* hyödyntämällä, kuten tarjoamalla ohjeistusta, kun käyttäjä ei onnistu tehtävän ratkaisussa yksin, tai tarjoamalla tehtäviä, jotka ovat vain hiukan käyttäjän osaamisen yläpuolella.

Kaikki älykkäät virtuaalitutorit eivät kuitenkaan sisällä näitä erillisinä ohjelman osina, vaan voi olla, että jokin järjestelmän osa hoitaa yhtäaikaisesti useampaa näistä tehtävistä (Ma ym., 2014, 903). Moniulotteinen käyttäjän mallintaminen ja tutoroinnin muokkautuvuus sen mukaan on kuitenkin tärkein ero älykkäiden virtuaalitutorien ja muiden virtuaalitutorohjelmien välillä (Ma ym., 2014, 903). Tässä tutkimuksessa käytetty MSB-virtuaalitutor täyttää suurimman osan näistä älykkäille virtuaalitutoreille määritellyistä ohjelman osista ja niiden toiminnoista. MSB-ohjelma sisältää käyttöliittymän, jonka kautta interaktiot tapahtuvat, ohjelma sisältää opetettavan asiasisällön, se mallintaa käyttäjän kognitiivista tasoa ja muokkaa sen mukaan palautteenantoa käyttäjälle sopivaksi. Vaikka MSB-virtuaalitutor muokkaakin tutorointia käyttäjän mukaan, älykkäille virtuaalitutoreille ominainen moniulotteinen käyttäjän mallintaminen (ks. Ma ym., 2014, 902) siitä kuitenkin puuttuu. Se muokkaa tutorointia ainoastaan käyttäjän kognitiivisen tilan mukaan, mutta ei tarkkaile esimerkiksi käyttäjän motivaatiota tai oppimisstrategioita. Tämän vuoksi MSB-virtuaalitutor määrittyy lopulta yksinkertaisempien virtuaalitutorien joukkoon.

### **1.1.2 Oppimistuloksia**

Tietokoneavusteista opetusta on tutkittu viimeisten vuosikymmenien aikana laajasti ja sen on havaittu olevan hyödyllistä (Tamim ym., 2011). Tamimin tutkimusryhmä (2011) kokosi yhteen 25:n kaikenlaista tietokoneavusteista opetusta koskevan meta-analyysin tuloksia todeten tietokoneavusteisen opetuksen olevan tehokkaampaa kuin perinteinen opettajajohtoinen luokkaopetus ilman tietokoneavusteisuutta. Opetuksessa käytettävään tietotekniikkaan liittyvästä tutkimuksesta osa on keskittynyt nimenomaisesti virtuaalitutoreiden käyttöön, ja erilaisten virtuaalitutoreiden avulla on laajojen meta-analyysien mukaan havaittu saavutettavan oppimistuloksia laajasti eri ikäryhmissä aikuisopiskelijoista peruskouluikäisiin sekä eri oppisisältöjen kohdalla (ks. Kulik & Fletcher, 2016; Ma ym., 2014; Steenbergen-Hu & Cooper, 2014; Van Lehn, 2011). Virtuaalitutorien on havaittu opettavan tehokkaasti jopa ensimmäisellä luokalla (Gimenez ym., 2021;

Hautala ym. 2018). Virtuaalitutorien on tutkittu kykenevän opettamaan myös erityistä tukea vaativia oppilaita (Dugan ym., 2007; Weng ym., 2014) sekä abstrakteja oppisisältöjä, kuten metakognitiivisia taitoja (Kautzmann & Jaques, 2019) ja oppimisen itsesäätelyä (Jones ym., 2018). Vaikka tutkittujen virtuaalitutorien edistyksellisyys opetusmetodeissa on vaihdellut, tutkimustulokset silti osoittavat erilaisten virtuaalitutorien avulla saavutettavan oppimistuloksia. Kehittyneemmät tutorohjelmat ovat kuitenkin, ehkä odotetusti, osoittautuneet yksinkertaisempia ohjelmia tehokkaammiksi opettajiksi. (Van Lehn, 2011).

Kulikin ja Fletcherin (2016) laajan virtuaalitutoropetusta käsittelevän meta-analyysin tuloksista voidaan havaita, kuinka virtuaalitutorin käytöllä voidaan tehostaa oppimista. 50:stä eri ikäisiä tutkittavia ja laajasti eri opetettavia aihealueita käsittelevistä tutkimuksista 46:n tutkimuksen kohdalla havaittiin virtuaalitutoria hyödyntämällä saavutettavan parempia oppimistuloksia kuin perinteisellä luokkaopetuksella (Kulik & Fletcher, 2016). Näistä 39 tutkimuksen tulokset olivat tilastollisesti merkitseviä (Kulik & Fletcher, 2016). Tämän tutkimuksen kannalta on kuitenkin oleellista nostaa esiin, että meta-analyysissä käsitellyistä tutkimuksista yksikään ei koskenut alkuopetusta, vaan nuorinkin tutkittava ryhmä oli alakoulun kolmannella luokalla (Kulik & Fletcher, 2016).

Myös Ma ja kumppanit (2014) sekä Steenbergen-Hu ja Cooper (2014) havaitsivat meta-analyysissään virtuaalitutorin avulla saavutettavan parempia oppimistuloksia kuin perinteisellä opettajajohtoisella luokkaopetuksella osoittaen Kulikin ja Fletcherin (2016) tutkimustulosten olevan johdonmukaisia ja samansuuntaisia aiemman tutkimuksen kanssa. Man tutkimusryhmän (2014) tutkimuksen mukaan virtuaalitutorin avulla saavutettiin myös parempia oppimistuloksia kuin muun tietokoneavusteisen opetuksen tai oppimateriaalia itsenäisesti lukemalla oppimisen kautta. Heidän tutkimuksensa antoi myös viitteitä siitä, että ihmistutorointi saattaisi olla virtuaalitutoria tehokkaampaa, vaikka tulokset eivät nousseetkaan aivan tilastollisesti merkitseviksi. Steenbergen-Hu ja Cooper (2014) havaitsivat kuitenkin samankaltaisia viitteitä ihmistutoroinnin eduksi vertaillessaan ihmis- ja virtuaalitutorin avulla saavutettuja oppimistuloksia, vaikka

heidänkin tuloksensa jäivät vaille tilastollista merkitsevyyttä. On myös aiheellista huomioida, että vain kolme heidän meta-analyysinsä tutkimuksista käsittelee ihmis- ja virtuaalitutorin vertailuja, mikä on voinut osaltaan vaikuttaa tuloksiin. Molempien tutkimusten tulokset kuitenkin viittaavat siihen suuntaan, että ihmistutorointi voisi olla vielä virtuaalitutorointiakin tehokkaampaa.

Van Lehnin (2011) meta-analyysi totesi virtuaalitutorin avulla saavutettavan oppimistuloksia aikuisopiskelijoilla eri oppisisällöillä. Tutkimuksessa havaittiin, että ihmis- tai virtuaalitutoroinnin avulla saavutettiin huomattavasti parempia oppimistuloksia kuin täysin ilman tutorointia.

Tutkimuksen ennakko-olettamuksen vastaisesti havaittiin myös, että virtuaalitutorointia saaneiden ryhmän oppimistulokset olivat vain hiukan ihmistutorointia saaneita heikompia. (Van Lehn, 2011).

Reif ja Scott (1999) havaitsivat jo yli 20 vuotta sitten virtuaalitutorin voivan olla hyödyllinen menetelmä opetuksessa. Heidän tutkimuksessaan käyttämä virtuaalitutor opetti yliopisto-opiskelijoille fysiikan sisältöä Newtonin laeista, ja sen avulla saavutettiin tutkimuksessa lähes yhtä hyviä oppimistuloksia kuin asian tuntevan opettajan henkilökohtaisesti tutoroimana, ja selvästi parempia kuin ammattitaitoisella luokkahuoneopetuksella (Reif & Scott, 1999). Opiskelijoilta kysyttäessä heistä lähes kaikki myös pitivät virtuaalitutorin opetusta erittäin hyödyllisenä (Reif & Scott, 1999, 819).

Mitrovicin tutkimusryhmän (2011) saavuttamat tutkimustulokset vahvistavat oletusta virtuaalitutorin kyvystä saada aikaan oppimistuloksia luonnontieteiden parissa. Heidän tutkimuksessaan yliopisto-opiskelijoille opetettiin termodynamiikkaa virtuaalitutorin avulla, ja tulosten perusteella virtuaalitutorin käyttö havaittiin tehokkaaksi tavaksi opettaa (Mitrovic ym., 2011).

Ercanin tutkimusryhmä (2016) tutki tietokonepohjaisen opetusohjelman vaikutusta oppimistuloksiin viidennen luokan astronomian opiskelussa ja havaitsi oppimistulosten kehittyvän opetusohjelman avulla enemmän kuin perinteisellä opettajajohtoisella luokkaopetuksella. Tutkimuksessa käytetty ohjelma käytti niin kuvia, audiota kuin video-ominaisuuksiakin opetuksessa, mutta mo-

lemminpuoleista vuorovaikutusta tai ohjelman mukautumista oppilaan taitotasoon tai osaamiseen ei ohjelma sisältänyt (Ercan ym., 2016). Tästä huolimatta oppimistulokset ohjelman avulla olivat vertailuryhmää parempia (Ercan ym., 2016).

Myös Ward kumppaneineen (2013) tutki virtuaalitutorin käyttöä alakoulun luonnontieteiden opetuksessa. Heidän tutkimuksessaan verrattiin ihmistutorin ja luonnontieteiden opetukseen suunnitellun virtuaalitutorin käytön vaikutusta oppimistuloksiin ja tulokset osoittivat, että ihmis- ja virtuaalitutorin opetuksella ei ollut oppimistulosten kannalta tilastollisesti merkitsevää eroa. On kuitenkin huomautettava, että ihmistutor ei opettanut vain yhtä oppilasta kerrallaan, vaan ihmistutorointi tapahtui 3-4:n hengen pienopetuksena vaikuttaen mahdollisesti ihmistutoroinnin avulla saataviin oppimistuloksiin (Ward ym., 2013). Siitä huolimatta tutkimus osoitti selvästi, että molemmat tutorointia saaneet tutkimusryhmät saivat parempia oppimistuloksia ei lainkaan tutorointia saaneeseen kontrolliryhmään verrattuna (Ward ym., 2013).

Aiemmin mainitut tutkimukset ovat tulostensa suhteen samassa linjassa Man tutkimusryhmän (2014) meta-analyysin tuloksiin nähden. Luonnontieteiden osalta meta-analyysin tutkimukset koskivat biologiaa, fysiologiaa, fysiikkaa ja kemiaa. Etenkin biologian ja fysiologian kohdalla virtuaalitutorin vaikutus oppimistuloksiin oli merkittävä, vaikka muidenkin osa-alueiden kohdalla vaikutus oli havaittavissa (Ma ym., 2014). Olennaisen merkittäviä eroja eri aihealueiden välillä ei ollut tutkimuksessa havaittavissa (Ma ym., 2014). Tämä viittaa siihen, että virtuaalitutorin käyttö on yhtä tehokasta niin luonnontieteiden kohdalla kuin yleisesti millä tahansa aihealueella.

Virtuaalitutorin käyttöä eri ikäisten välillä vertaillaan Man tutkimusryhmä (2014) havaitsi, että virtuaalitutorin hyöty oli nuorimmalla ikäryhmällä eli 1.-5. -luokkalaisilla vähäisintä, vaikka erot ikäryhmien välillä eivät olleetkaan kovin suuria. Tutkimus ei kuitenkaan tarkastellut ainoastaan ensimmäisen luokan tuloksia. Näiden osalta tutkimustuloksia on olemassa vain vähän. Toisaalta nämä harvalukuiset ensimmäisen luokan oppilaita koskevat tutkimukset ovat kuitenkin olleet virtuaalitutorin osalta rohkaisevia (ks. Gimenez ym., 2021; Hau-

tala ym., 2018; Wise ym., 2007). Pääasiassa tehdyt tutkimukset kohdistuvat äidinkielen opiskeluun, mikä on alkuopetuksen sisällön huomioon ottaen ymmärrettävää.

Gimenez kumppaneineen (2021) havaitsi 1. -luokkalaisten kohdalla virtuaalitutorin olevan tehokas lisä normaalin äidinkielen opetuksen ohella. Tutkimuksessa virtuaalitutorin avulla annettiin lisäopetusta äidinkielen lukemiseen, ja lukemisen havaittiin kehittyvän puheterapeutin antamaa pienryhmäopetusta saanutta kontrolliryhmää enemmän kaikilla mitatuilla lukemisen osa-alueilla (Gimenez ym., 2021). Nämä tulokset tukevat Wisen tutkimusryhmän (2007) aiempia havaintoja virtuaalitutorin soveltuvuudesta 1. luokan äidinkielen opetukseen. Heidän tutkimuksessaan virtuaalitutoria käytettiin lukemaan opettamisen apuna ja sen havaittiin olleen virtuaalitutoropetusta saamattomien kontrolliryhmään verrattuna tehokas neljässä viidestä mitatusta lukemisen osataidosta (Wise ym., 2007).

Tämä pro gradu -työ, samoin kuin aiemmin julkaistu kandidaatin työmme, on jatkoa Jarkko Hautalan ja kumppaneiden (Hautala, Baker, Keurulainen, Ronimus, Richardson ja Cole 2018) pilottitutkimukseen, jossa pyrkimyksenä oli selvittää virtuaalisen tutoroinnin mahdollisuuksia luonnontieteiden opetuksessa ensimmäisen luokan oppilailla. Hautalan tutkimukseen osallistui 61 oppilasta keskisuomalaisen koulun kolmessa ensimmäisessä luokassa. Oppilaiden kykyä tieteelliseen päättelyyn ja tiedon yleistämiseen uusiin yhteyksiin mitattiin ennen ja jälkeen opetustuokioiden luokassa suoritetuilla ryhmätestillä, joka toteutettiin paperisella kyselylomakkeella. Testin kysymykset koskivat sekä opetustuokioiden opetettavia asioita että niiden ulkopuolelle jääviä, ensimmäisen luokan oppisisältöihin kuuluvia ympäristöopin aiheita. Samat kysymykset toistettiin sekä alku- että loppumittauksessa. (Hautala ym. 2018)

Alkumittauksen jälkeen oppilaat osallistuivat kukin kerran viikossa toteutettuun yhteensä kuuteen opetustuokioon, joista jokainen kesti noin 20 minuuttia. Tuokiot koostuivat selostetuista multimediaesityksistä, joiden aikana virtuaalitutor selitti kuvissa esiintyviä luonnonilmiöitä. Selityksiä seurasivat monivalintakysymykset, joihin liittyi välitön palaute onnistumisesta sekä mahdollisuus

toiseen yritykseen. Testien aikana oppilaat saavuttivat 97% oikeellisuuden vastauksissaan. Loppumittaus suoritettiin viimeistä opetustuokiota seuraavalla viikolla.

Hautalan saamat tulokset viittaavat merkittävästi suurempaan parannukseen opetustuokioiden aikana opettujen ilmiöiden ymmärtämisessä kuin niissä, joista oppilaat eivät opetusta saaneet. Oppilaiden virheellisiä vastauksia yksityiskohtaisemmin tarkasteltaessa hankittiin syvempää ymmärrystä oppilaiden ennakoitamyksen, aiheiden opettamisen tavan sekä oppimisen arvioinnin välillä vallitsevista monitahoisista yhteyksistä. (Hautala ym. 2018)

## **1.2 Teoriaa MSB-virtuaalitutorin taustalla**

Tässä tutkimuksessa käytettiin virtuaalitutorina Mindstar Books -ohjelmaa. Ron Cole tutkimusryhmineen (mm. de Baker ym 2014, Cosi ja Cole 2016) kehittivät yhteistyössä suomalaisen Agora Centerin tutkijoiden kanssa luonnontieteiden ja lukemisen oppimista tukevan virtuaalitutorohjelman, joka perustuu oppimisen scaffolding-tyyppiseen tukemiseen ja yhdistelee multimediaoppimisen kognitiivista teoriaa, oppimisen DSLM-mallia ja formatiivista arviointia. MSB on ohjelma, johon voidaan rakentaa eri sisältöisiä oppimista tukevia, useita mediakanavia yhdisteleviä interaktiivisia kirjoja ja tehtäviä. MSB-kirjat siis hyödyntävät monimediaista oppimisympäristöä, joka on muokattavissa käsillä olevan aiheen mukaiseksi.

### **1.2.1 Scaffolding ja lähikehityksen vyöhyke**

Lähikehityksen vyöhyke (*Zone of proximal development*) on lapsen kehityksen oppilisen perustan termi, jonka Lev Vygotsky (Vygotsky 1978) kehitti kuvaamaan yhtä oppimisen teorian peruspilareista. Termillä kuvataan sitä etäisyyttä, joka erottaa asioita, jotka lapsi osaa itsenäisesti ja niitä, joihin hän kykenee yhdessä kokeneemman toimijan kanssa. Toisin sanoen lähikehityksen vyöhykkeen katso-



taan jäävän yksilön todellisen kehitystason, ja hänelle mahdollisen, potentiaalisen kehitystason väliin. Kyse ei ole ainoastaan formaaliseen opetukseen liittyvästä ilmiöstä, vaan perusta sille, miten lapsi oppii kehittyessään ympäröivässä maailmassa. Jos otetaan vaikkapa pukeutumaan oppiminen, ensimmäisessä vaiheessa aikuinen pukee lapsen, seuraavaksi lapsi alkaa itse osallistua pukeutumisprosessiin aikuisen avustaessa, ja lopulta lapsi kehittää kykyjään niin, että suoriutuu tehtävästä itsenäisesti. Näin yhteistyössä kokeneemman ja taitavamman henkilön avulla lapsi pystyy venymään suoritukseen, johon ei ilman tukea olisi kyennyt. Toisin sanoen kun oppijalla on tukenaan ohjaaja, joka toimii häntä itseään korkeammalla kehityksen tasolla, on oppijan mahdollista tuen avulla toimia korkeammalla tasolla ja ratkaista monimutkaisempia ongelmia kuin toimissaan yksin. (Gibbons 2022)

Vygotsky näkee kognition kehittymisen itsessäänkin olevan tulosta päämäärähakuiseen toimintaan osallistumisesta toisten kanssa. Jokapäiväisessä kanssakäymisessä lapsi on osa yhteistä ajatusprosessia toisten samaan toimintaan osallistuvien tovereidensa kanssa, prosessia jossa hän samalla oppii ongelmanratkaisuun tai sosiaaliseen vuorovaikutukseen tarvittavia taitoja. Yhteisessä toiminnassa osallistujien välinen vuoropuhelu toimii lapsen käytöksen ohjaajana, ja taitojen karttuessa yhä suurempi osa siitä sisäistyy osaksi lapsen omaa prosessia ja muuttuu itsenäisen ajattelun lähteeksi, omaa toimintaa ohjaavaksi "sisäiseksi puheeksi". Tällaisen oppimisen tähtäimessä ei ole pelkästään yksittäisten tehtävien ja taitojen oppiminen, vaan näiden soveltaminen ja laajentuminen uusiin konteksteihin, eli ajattelun taitojen karttuminen. (Gibbons 2022)

Lähikehityksen vyöhykkeen yhteydessä usein käytetty termi "scaffolding" juontaa juurensa 1970-luvulle. Vuonna 1976 julkaistussa tekstissään Wood, Bruner ja Ross käyttivät sitä ensimmäistä kertaa osana lapsi-vanhempi-suhteita tarkastelevaa tutkimustaan. Scaffolding eli tarkkaan käännettynä "rakennusteline" on termi, joka hyödyntää mielikuvaa sen kirjaimellisesta merkityksestä väliaikaisena konstruktiona, jonka tehtävä on tukea rakentumisprosessia. Sitä mukaa kun rakennuksen osa valmistuu voidaan telineet sen ympäriltä purkaa, ja mahdollisesti pystyttää taas toisaalle. (Gibbons 2022)

Scaffoldingin voidaan siis katsoa olevan lähikehityksen vyöhykkeeseen perustuva pedagoginen sovellus. Ohjaajan tulee haastaa oppijaa tämän nykyistä taitotasoa riittävästi, muttei liian paljon vaativammilla tehtävillä. Kun tehtävän vaatimukset ovat sopivassa suhteessa oppijan sen hetkisiin kykyihin, tämä oppii paremmin kuin tehtävissä, jotka joko ovat liian paljon hänen nykyisen taitotasonsa yläpuolella tai jäävät sen potentiaalın alapuolelle. Scaffoldingin ajatuksena on kuitenkin tarjota oppijalle apua vasta silloin, kun omat taidot ja kyvyt eivät enää riitä ongelman ratkaisemiseen. Useissa aiemmissa tutkimuksissa scaffoldingin käyttö on todettu lasten positiivista kehitystä tukevaksi metodiksi (esimerkiksi Bickhard 2005; Dieterich, Assel, Swank, Smith & Landry 2006; Hammond, Muller, Carpendale, Bibok & Liebermann-Finestone 2012.). Tässä tutkimuksemme scaffoldingin ajatusta on pyritty hyödyntämään virtuaalitutorohjelmassa tarjoamalla lapsille oikein ajoitettuja vihjeitä liittyen käsillä olevaan aiheeseen liittyvien ympäristöopin tehtävien oikeisiin ratkaisuihin.

Yelland ja Masters lähestyvät artikkelissaan (2005) informaatioajan muuttuneita vaatimuksia scaffoldingin suhteen; heidän ajatuksenaan on, ettei alkupeäinen tukimuoto, joka perustuu kokeneemman asiantuntijan tietoon siitä, miten ongelma tulisi ratkaista ole enää riittävä, vaan sen on mukauduttava oppijan näkökulmaan. Rojas-Drummond ja Mercer puolestaan tutkivat artikkelissaan (2003) opettajien käyttämiä interaktiivisia strategioita, joiden avulla lapset voivat olla entistä suuremmissa määrin osa tehokkaan yhteistyön ja oppimisen tukirakenteen muodostumisen prosessia.

Myös Puntambekarin ja Hubscherin artikkeli (2005) kohdistaa katseen scaffoldingin muuttumiseen oppijan ja opettajan välisen vuorovaikutuksen kuvauksesta kohti työkaluja, joiden avulla oppilaita voidaan tukea projektipohjaisiksi muuttuneissa luokkatilanteissa. Heidän mukaansa on kuitenkin olemassa riski, että scaffoldingin nimen alla kulkevista apuohjelmista jää puuttumaan joitakin sen perusajatukseen sisältyvistä olennaisista elementeistä, kuten jatkuva tilanteen arviointi, muokkaus ja tuen asteittainen häivyttäminen.

Kim ja Hannafin pureutuvat artikkelissaan (2010) teknologia-avusteisiin oppimisympäristöihin ja niiden käyttämiin ongelmanratkaisun tukirakenteisiin.

Heidän mukaansa kentältä löytyvät menetelmät ovat käytettävyydeltään ja teholtaan vaihtelevia. Tutkimuksissa on keskitytty pitkälti matematiikan, luonnontieteiden ja lukemisen teoreettispohjaiseen tukemiseen ja sen tehon tarkasteluun, eikä tutkimusta ole kohdistettu riittävästi päivittäisten luokkatilanteiden tukemisessa käytettyihin teknologia-avusteisiin ongelmanratkaisun tukikeinoihin. Brush ja Saye (2002) puolestaan tarkastelevat scaffoldingin käyttöä multimediaoppimisympäristöjä käyttävien opettajien ja oppilaiden tukena tavoitteenaan löytää keinoja tukea opettajia näiden pyrkimyksissä tarjota tehokkaampaa scaffolding-tukea oppilailleen.

Aiempaan tutkimustietoon pohjautuen voidaankin todeta, ettei scaffoldingin käyttö rajoitu pelkästään ihmisopettajan ja -oppilaan väliseen vuorovaikutukseen, vaan niin oppimisen välineenä kuin sen ohjaajanakin voi toimia esimerkiksi tietokone. Koulumaailman vaatimusten kasvaessa, teknologian käytön lisääntyessä luokkaopetuksessa sekä opettajien työkuormituksen jatkuvasti kasvautuessa tietokoneavusteinen scaffolding voisi tarjota mahdollisen ratkaisumallin opettajaresurssien rajallisuuteen: tietokone voisi toimia apuopettajana silloin, kun opettajan aika ei riitä jokaisen oppilaan yksilölliseen ohjaamiseen luokassa. Aiempaan tutkimukseen pohjautuen tietokone voi esimerkiksi käyttää apukysymyksiä ohjaamassa oppilaan huomiota tehtävän kannalta olennaisiin asioihin (Wise ym. 2007, Azvedo 2005), tai se voi hyödyntää visuaalisia apuja ja vihjeitä ja niiden avulla auttaa oppilasta hahmottamaan tehtäviä (Dalacosta, Kamariotaki-Paparrigopoulou, Palyvos & Spyrellis 2009).

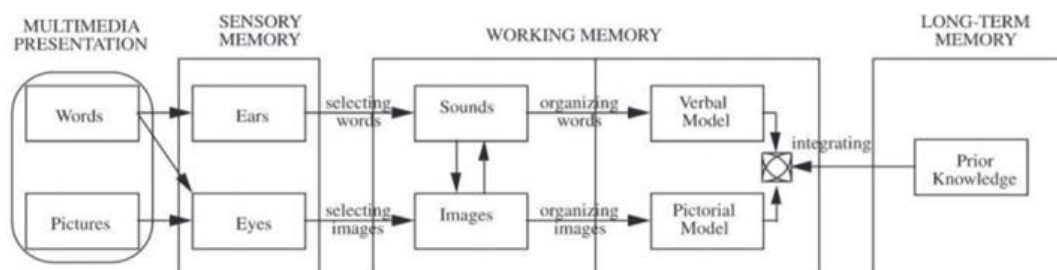
### **1.2.2 Multimediaoppimisen kognitiivinen teoria**

Richard Mayer on kognition tutkimukseen erikoistunut kasvatustutkija, joka on töissään (mm. Mautone & Mayer 2001, Mayer 2003, Mayer & Moreno 2003) esitellyt multimediaoppimisen kognitiivisen teorian. Seuraavassa pyrimme avaamaan joitakin kyseisen teorian kantavista periaatteista ja niihin liittyvistä termeistä.

Mayer määrittelee multimediaoppimisen prosessina, jossa oppiminen tapahtuu kuvien ja sanojen samanaikaisen käytön avulla ja jossa monimediaisuus toimii välineenä, jonka avulla nämä kuvat ja sanat tuodaan oppimistilanteeseen (Mayer & Moreno 2003). Merkityksellinen oppiminen on Mayerin mukaan määriteltävissä opittavan materiaalin syvällisenä ymmärtämisenä, jolloin oppijan on mahdollista muodostaa yhteyksiä työmuistin visuaalisten ja verbaalisten prosessointikanavien välillä. Oppijan tulee kyetä järjestämään tietoa mielessään ja integroimaan uutta tietoa aiemmin oppimaansa (Mautone & Mauer 2001). Haasteena multimediaa hyödyntävän materiaalin suunnittelussa on muun muassa se, miten tuoda oppijalle uusia käsitteitä riittävän mielenkiintoisesti ja haastavasti, mutta aiheuttamatta kognitiivista ylikuormitusta. Tässä Mayerin teoria multimediaoppimisesta ja Vygotskin lähikehityksen vyöhykkeestä johdettu scaffoldingin ajatus kohtaavat. Aiemmin kuvatuista älykkäistä virtuaalitutoreista on löytynyt ratkaisuja tähän kriittiseen kehityskohtaan oppimisen tuen tehokkaiden menetelmien etsinnässä.

Multimediaoppimisen teoria pohjaa kolmeen lähtöoletukseen: kaksoiskanavaisuus (dual channels), rajallinen kapasiteetti sekä aktiivinen prosessointi. Kaksoiskanavaisuudella viitataan aivojen erillisiin kanaviin, joissa kuvallista ja sanallista informaatiota käsitellään. Näiden kanavien prosessointikapasiteetti on rajallinen, vain tiettyä määrää tietoa voidaan käsitellä samanaikaisesti kussakin kanavassa. Aktiivinen prosessointi puolestaan on oppimisen kannalta välttämätöntä; oppijan tulee syvälliseen ja merkitykselliseen oppimiseen päästäkseen kyetä valikoimaan, järjestämään ja integroimaan saamaansa uutta tietoa (Mayer 2008) ja näin muodostamaan mielensisäisiä multimodaalisia representaatioita opittavasta asiasta (Mayer 2014). Kuvassa 1 havainnollistetaan näitä kolmea lähtöoletusta ja niiden yhteyttä multimediaoppimisen kognitiiviseen teoriaan. Kaavion mukaisesti sanoja voidaan ottaa vastaan sekä kuulo- että näköjärjestelmän kautta, kuvat kulkevat visuaalista kanavaa pitkin. Työmuistilla on prosessissa keskeinen rooli; se vastaanottaa ja järjestelee aistitietoa, noutaa aiheeseen liitty-

vän taustatiedon pitkäkestoisesta muistista ja tekee riittävät johtopäätökset uuden tiedon integroimiseksi vanhaan ja sen muuttamiseksi syvälliseksi ja merkitykselliseksi oppimiseksi.



Kuva 1. Työmuisti Mayerin multimediaoppimisen kognitiivisen teorian mukaan. Lähde: Multimedia Learning (p. 44), by R.E. Mayer, 2001. Cambridge England: Cambridge University Press.

Multimediaoppimista ja sen kognitiivista taustateoriaa on sittemmin tarkasteltu lukuisissa tutkimuksissa kuten Austin (2009), Mayer (2003), Mayer & Moreno (2003), Greer ym. (2013), Rudolph (2017) ja sen tuomista eduista tunnetaan olevan melko laajasti yksimielisiä. Useissa tutkimuksissa multimediaesityksen rakenne on nostettu tarkasteluun ja se nähdään kriittisenä tehokkuuden kasvattamisen ja toisaalta taas kuormittavuuden vähentämisen kannalta (Sorden 2005). Bull (2013) painottaa artikkelissaan visuaalisten ja verbaalisten ärsykkeiden tasapainotusta oppijan huomion tehokkaaksi vangitsemiseksi.

### 1.2.3 Dual Situated Learning Model ja käsitteellinen muutos

Kuten edellä havaittiin Mayerin ja useiden muiden tutkimuksiin perustuen, oppimisen tulee olla merkityksellistä ja syvällistä johtaakseen pysyviin oppimistuloksiin. Eräs syvällisen oppimisen taustan teorioista koskee käsitteellistä muutosta (conceptual change) oppijan ajattelussa. Esimerkiksi She ja Liao (2010), Srisawasadi ja Kroothkeaw (2014), Majoul ja Arheef (2022) sekä Kurniawan ym. (2020) ovat tutkineet luonnontieteen oppimista ja siinä tapahtunutta käsitteellistä

muutosta käyttäen DSLM (Dual Situated Learning Model) -mallia. Näiden tutkimusten mukaan malli on osoittautunut tuloksetta merkityksellisiä oppimiskokemuksia rakennettaessa.

DSLM voidaan määritellä oppimisen mallina, joka keskittyy käsitteelliseen muutokseen ja siihen, kuinka oppija rakentaa sen avulla uutta tietoa aiemmin oppimiensa käsitteiden päälle, ja oppii ymmärtämään tapahtumien taustalla olevia seikkoja ja vaikuttavia tekijöitä. DSLM toteutuu kuudessa tosiaan seuraavassa vaiheessa, joita mm Liao ja She (2009), Lee ja She (2010), She ja Liao (2010) ja Majoul ja Arheef (2022) ovat kuvanneet artikkeleissaan.

Majoul ja Arheef tiivistävät artikkelissaan näiden kuuden vaiheen kuvauksia seuraavasti: Ensimmäisessä vaiheessa tutustutaan käsillä olevan tieteellisen käsitteen ominaisuuksiin sekä saadaan tietoa siitä, millaisia ajattelun edellytyksiä vaaditaan, jotta on mahdollista muodostaa tieteellinen käsitys aiheesta. Toisessa vaiheessa pyritään tunnistamaan oppijoilla mahdollisesti olevia virheellisiä käsityksiä aiheesta koskien. Kolmannessa vaiheessa analysoidaan näitä virhekäsityksiä ja sitä, millaisia ajattelumalleja oppijalta puuttuu, jotta oikea tieteellinen näkemys aiheesta ylipäätään voidaan muodostaa. Neljännessä vaiheessa suunnitellaan opetustilanteita, joissa hyödynnetään edellisessä vaiheessa tunnistettuja virheellisiä käsityksiä. Näiden avulla oppilaan uskomuksia pyritään haastamaan, ja oppilaalle tarjotaan ajattelumalleja, jotka mahdollistavat aiheen oikean tieteelliseen ymmärtämisen ja tieteellisen käsityksen synnyn (Majoul ja Arheef 2022, 5226). Viidennessä vaiheessa keskitytään antamaan oppijalle mahdollisuuksia muodostaa odotuksia, tarjotaan selvennyksiä ja selityksiä, ja tartutaan ristiriitaisuuksiin, jotta oppijalle mahdollistuu täydellisempi ja syvempi ymmärrys uudesta käsitteestä. Kuudennessa eli viimeisessä vaiheessa annetaan oppilaalle mahdollisuus käyttää oppimiaan uusia ajattelumalleja selittää luonnontieteellinen tapahtuma, ja varmistetaan, että tieteellisen käsityksen muutos on saavutettu. (She & Liao 2010)

#### 1.2.4 Formatiivinen arviointi

Jatkuvan eli formatiivisen arvioinnin ja palautteenannon on jo pitkään todettu tukevan oppimista tehokkaasti. Esimerkiksi Fuchs ja Fuchs (1986) tarkastelivat meta-analyysissään useita aiheeseen liittyviä tutkimuksia, joiden tulokset antavat vahvoja viitteitä systemaattisen formatiivisen arvioinnin tuloksellisuudesta oppimisen edistämiseksi (Fuchs ja Fuchs 1986).

Opetushallitus on perusopetuksen opetussuunnitelman perusteissa linjannut formatiivisen arvioinnin olennaiseksi ja välttämättömäksi osaksi oppimisen arviointia ja tukea suomalaisissa kouluissa. Formatiivisen arvioinnin tehtävänä nähdään ohjata oppilaan opintojen edistymistä suhteessa asetettuihin tavoitteisiin. Formatiivisen arvioinnin myötä opettaja auttaa oppilasta ymmärtämään omaa oppimistaan, tunnistamaan vahvuuksiaan ja kehittämään työskentelyään. Formatiivisen arvioinnin katsotaankin perustellusti olevan osa opetusta. Formatiivinen arviointi on ennen kaikkea oppimista tukevaa ja ohjaavaa palautetta. Annetun palautteen tulee auttaa oppilasta ymmärtämään oppiaineen tavoitteet, samoin kuin hahmottamaan oma edistymisensä suhteessa asetettuihin tavoitteisiin sekä se, miten voi parantaa suoriutumistaan. Itsearviointi ja vertaispalaute ovat olennainen osa formatiivista arviointia. Oppilaiden tulee saada harjoitella opettajan ohjaamana itsearviointin ja vertaispalautteen antamisen ja vastaanottamisen taitoja. Itsearviointi ja vertaispalaute eivät kuitenkaan vaikuta oppiaineesta saatavaan arvosanaan tai sanalliseen arvioon. (Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteiden 2014 muutokset, arviointiluku 6, Opetushallitus 2020, 2-3). Formatiivinen arviointi kehittää oppilaan oppimista, kunhan kolme periaatetta toteutuu: oppilaan tulee olla motivoitunut, hänellä tulee olla riittävät taustatiedot opittavasta aiheesta ja opetuksen tulee ohjata oppilasta ajattelemaan omaa oppimistaan (Eberley ja Keeley, 2008). Käsillä olevassa tutkimuksessa hyödynnetään jatkuvaa palautteenantoa oppimisen tukena. Virtuaalitutor reagoi oppilaan edistymiseen ja pyrkii ohjaamaan sitä antamalla kohdennettua ja oikea-aikaista palautetta.

### 1.3 Tutkimuskysymykset

Tämän tutkimuksen tarkoituksena on tarjota lisätietoa virtuaalitutorien käyttömahdollisuuksista ensimmäisen luokan opetuksessa. Tutkimuksen tavoitteena on selvittää, millaisia oppimistuloksia MSB-virtuaalitutorohjelmalla saadaan ensimmäisen luokan ympäristöopin opetuksessa verrattuna luokahuoneopetukseen. Tutkimus toteutettiin iteratiivisen kehittämisen työotteella tavoitellen yhä parempia oppimistuloksia. Tutkimuskysymyksinä ovat:

1. Saadaanko tutkimukseen valituilla interventioilla oppimistuloksia aikaan ensimmäisen luokan ympäristöopin opetuksessa?
2. Onko tutkittavien luokkien (iteraatioryhmien) välillä eroa oppimistuloksissa ensimmäisen luokan ympäristöopin opetuksessa?
3. Onko virtuaalitutorin opettaman, pelkistettyä tietokoneopetusta saaneen ja tavallista luokkaopetusta saaneen interventioryhmien välillä eroa oppimistuloksissa ensimmäisen luokan ympäristöopin opetuksessa?



## 2 TUTKIMUSMENETELMÄT

Tässä tutkimuksessa käytettiin kvasikokeellista tutkimusasetelmaa. Oppilaita arvioitiin testillä ennen interventioita, välittömästi niiden jälkeen sekä viivästetysti kuukauden kuluttua alkumittauksesta. Oppilaat oli jaettu kolmeen interventioryhmään, joista yhden ryhmän oppilaat saivat opetusta tutkimusavustajan luennoimana, toinen ryhmä sai myöhemmin esiteltävän MSB-ohjelman ääneen luetun opetuksen ja kolmas ryhmä sai tuokion aikana virtuaalitutorin esittämiä oppimista tukevia kertaustehtäviä.

### 2.1 Tutkimuskonteksti

Tekemämme tutkimus on kvasikokeellinen toistomittaustutkimus. Kvasikokeelliseksi tutkimukseksi kutsutaan kokeellista tutkimusta, jossa tutkimustilannetta ei voida kontrolloida täysin, vaan tutkimus toteutetaan autenttisessa ympäristössä pyrkien minimoimaan vaihtelevat muuttujat tutkimustilanteessa (Barnes ym., 2005). Kvasikokeellisella tutkimuksella voidaan tutkia syy-seuraussuhteita riippuvan ja riippumattoman muuttujan välillä. Kvasikokeellinen tutkimusasetelma poikkeaa todellisesta kokeellisesta tutkimuksesta sillä, ettei tutkittavia ole valittu tutkittaviin ryhmiin täysin satunnaisesti. (Rogers & Revesz, 2019, 134). Kvasikokeellisessa tutkimusasetelmassa kaikkia muitakaan tekijöitä ei ole välttämättä täysin kontrolloitu, mutta tilannetta käsitellään siitä huolimatta kokeellisen tutkimuksen kaltaisena (Barnes ym., 2005).

### 2.2 Tutkittavat

Tähän tutkimukseen osallistui 92 peruskoulun ensimmäisen luokan oppilasta kuudelta luokalta neljässä suomalaisessa alakoulussa. Kolme kouluista sijaitsi

Keski-Suomessa ja yksi Etelä-Savossa. Osallistujat olivat 6- ja 7-vuotiaita oppilaita, jotka puhuvat äidinkielenään suomea. Aineisto kerättiin pääosin vuoden 2014 aikana, jota täydennettiin keväällä 2023 kerätyllä aineistolla tilastollisen voiman vahvistamiseksi.

### 2.3 Tutkimusaineiston keruu

Tähän tutkimukseen saatu aiempi aineisto on hankittu käyttäen monimenetelmäistä iteratiivista tutkimusotetta, jossa sekä kvantitatiivisia että kvalitatiivisia tutkimusmenetelmiä on hyödynnetty vuorotellen syklisesti etenevään tahtiin (Tashakkori & Teddlie, 2010). Iteratiivisessa otteessa kvalitatiiviset ja kvantitatiiviset tutkimusvaiheet vaihtelevat edellisen vaiheen kehittäessä seuraavaa vaikuttaen siihen tehtäviin muutoksiin (Nastasi ym., 2010). Syklisesti etenevällä iteratiivisella tutkimusotteella on tarkoitus kehittää tutkimusta tutkimusvaiheiden edetessä, ja tällainen monivaiheinen tutkimusote onkin yleisempää pidemmissä tutkimusprojekteissa (Nastasi ym., 2010).

Aiemmin hankittua aineistoa kerätessä kvantitatiivisen ja kvalitatiivisen vaiheiden vaihteleva sykli on kiertänyt kolme kertaa. Ensimmäiselle tutkittavalle luokalle toteutetun tutkimuksen jälkeen kvantitatiivisessa tutkimuksessa käytetty mittarina toimivaa testiä muokattiin tarkastelemalla laadullisesti tutkittaville esitettyjä kyselyjä mittarista ja analysoimalla tutkittavien vastauksia. Sama prosessi tehtiin toiselle tutkittavalle luokalle suoritettun käsittelyn jälkeen. Kolmannen tutkittavan luokan jälkeen tutkimuksen toteuttamiseen lisättiin opetusvaihe, jossa tutkittavia opetettiin eksplisiittisesti vastaamaan monivalintatehtäviin. Neljänneltä tutkittavalta luokalta saaduista kvantitatiivisista tutkimustuloksista oli havaittavissa viitteitä eksplisiittisen opetustuokion positiivisesta vaikutuksesta oppimistuloksiin, vaikka tulokset eivät nousseet tilastollisesti merkitseviksi. Tämän tutkimuksen yhtenä päämääränä on selvittää, onko iteratiivisen tutkimuksen viimeisessä vaiheessa lisätyllä eksplisiittisellä opetustuokiolla vaikutusta tuloksiin keräämällä iteratiivisen prosessin viimeiseen vaiheeseen lisää aineistoa.

### 2.3.1 Aineistonkeruun käytännön toteuttaminen

Tutkimusaineistoa kerättiin vuonna 2014 osana Suomen Akatemian ja Yhdysvaltain kansallisen tiedesäätiön (National Science Foundation) SAVI (Science Across Virtual Institutes) -rahoitusohjelman tutkimushanketta nimeltään GROMINDS: *A comprehensive computer-based learning environment for supporting the acquisition of basic scholastic skills and STEM content for global use*. Hankkeen vastuullisena tutkijana toimi professori Heikki Lyytinen. Aineistoa täydennettiin myöhemmin tämän gradutyön tekijöiden toimesta. Tutkimuksen toteuttaminen on neljän ensimmäisen luokan osalta kuvattu kandidaatin tutkielmassamme (Kaivonurmi ja Salminen 2019). Tutkimus toteutettiin yhteensä kuudessa peruskoulun ensimmäisessä luokassa. Tutkimusryhmä toteutti sekä interventiot että arvioinnit lasten omissa luokissa sekä tietokoneiluokissa. Tutkimustilanteen aluksi koko luokka sai yhteisen ohjeistuksen omassa luokassaan, minkä jälkeen luokassa suoritettiin alkumittaus koko ryhmälle. Mittauksessa heijastettiin power point -esityksenä seinälle sarja monivalintatehtäviä, joihin oppilaat vastasivat lyijykynällä paperisille lomakkeille. Tämän jälkeen oppilaat jaettiin kolmessa ryhmässä erillisiin tiloihin, joissa suoritettiin kunkin ryhmän mukainen interventio. Opetuksen sisältö kuvien ja puhutun tekstin osalta olivat kaikkien ryhmien kohdalla täysin samat. Yhdelle ryhmistä tutkimusavustaja toteutti intervention perinteistä opettajajohtoista luokahuoneopetusta simuloiden esittämällä taululla power point -esityksenä saman materiaalin, jota muut ryhmät opiskelivat MSB-ohjelman avulla. Tässä opettajajohtoisessa ryhmässä oppilailla ei ollut oppimista tukevia välineitä kuten tabletteja tai tietokoneita käytössään, toisin kuin kahdella muulla interventioryhmällä. Opetus eteni kaikilla ryhmän oppilailla samaan tahtiin tutkimusavustajan opettaessa koko ryhmää yhtäaikaaisesti.

Kaksi muuta ryhmää osallistui MSB-kirjan opettamaan opetustuokioon tabletteja tai kannettavia tietokoneita käyttäen. Kummallakin näistä ryhmistä opetustuokio koostui MSB-ohjelman kuvitetuista ja ääneen selostetuista sivuista, ja oppilaat saivat edetä opetuksessa omaan tahtiinsa. He saattoivat myös halutes-

saan palata MSB -ohjelmassa taaksepäin kerratakseen jo opetettua asiaa. Jokaisella oppilaalla oli käytössään tabletti tai kannettava tietokone, jonka avulla hän itsenäisesti käytti MSB-ohjelmaa sekä kuulokkeet, joiden kautta hän kuuli MSB-ohjelman ääneen puhutun opetuksen.

Toisella MSB-kirjaa käyttävistä ryhmistä työskentely erosi ensimmäisestä MSB-ryhmästä siten, että edellä kuvatun lisäksi sille oli lisätty MSB-ohjelmaan virtuaalitutor: jokaisen ohjelmassa opetetun asiakokonaisuuden jälkeen oppilaille esitettiin kuvalliset monivalintatehtävät, joiden avulla ryhmän oppilaat pystyivät itsenäisesti, virtuaalitutorin tukemana kertaamaan juuri opetettua asiaa. Kertaavissa monivalintatehtävissä oli neljä eri vastausvaihtoehtoa, joista oppilaan täytyi vastausta klikkaamalla valita mielestään oikea vaihtoehto. Jos oppilas vastasi tehtävään oikein, virtuaalitutor antoi ääneen positiivisen palautteen ja perustelun oikealle vastaukselle, minkä jälkeen oppilas pääsi jatkamaan eteenpäin. Jos oppilas taas vastasi monivalintatehtävään väärin, hän sai virtuaalitutorilta oikeaan vastaukseen ohjaavan palautteen puhuttuna, ja mahdollisuuden vastata tehtävään uudelleen. Jos oppilas vastasi oikein toisella yrittämällään, virtuaalitutor antoi hänelle positiivisen palautteen ja oppilas pääsi jatkamaan eteenpäin MSB-ohjelmassa. Jos oppilas vastasi väärin myös toisella yrityksellään, virtuaalitutor selitti ääneen sekä näytti vastausvaihtoehtoista oikean vastauksen tehtävään, minkä jälkeen oppilas pääsi siirtymään opetuksessa eteenpäin.

Opetustuokioiden jälkeen oppilaat palasivat omaan luokkaansa, jossa toteutettiin koko luokalle yhteisesti alkumittauksen kanssa identtinen loppumittaus. Kaikki nämä vaiheet toteutettiin saman koulupäivän aikana. Viivästetty mittaus toteutettiin kuukauden kuluttua interventiosta. Myös viivästetty mittaus oli identtinen alku- ja loppumittausten kanssa. Mittauksissa käytettiin kuvallisia monivalintatehtäviä sisältävää koetta, jonka tehtävät koskivat ympäristöopin kysymyksiä. Mittauksia kuvataan tarkemmin myöhemmin tässä työssä.

### 2.3.2 MSB-kirjan kuvailu

MSB-kirjat ovat siis virtuaalitutorointiin pohjautuvia sähköisiä kirjoja. Ne hyödyntävät monimediaista oppimisympäristöä, joka on muokattavissa käsillä olevan aiheen mukaiseksi. Tätä tutkimusta varten rakennettu MSB-kirja on aiemmin kuvattu kandidaatin tutkielmassamme (Kaivonurmi ja Salminen 2019), jossa tutkimme kyseisen kirjan avulla toteutettuja opetustuokioita tätä pro gradu -työtä suppeammalla aineistoilla.

Kyseisessä MSB-kirjassa oli kaksi toisistaan poikkeavaa ohjelmaa, joiden avulla opetussisältö opetettiin kahdelle eri interventioryhmälle. Molemmat näistä ohjelmista sisälsivät samat, myöhemmin tässä työssä tarkemmin esiteltävät opetuskuvat kuin luokkaopetusta saaneen ryhmän opettajan esittämä diaesitys, ja jokaisen kuvan kohdalla nauhoitettu ääni opetti saman asian samoin sanoin kuin luokkahuoneopetusta vetänyt, opettajaa simuloinut tutkimusavustaja. Erona opettajajohtoiseen opetukseen tietokoneen näytön ja kuulokkeiden kautta tapahtuvan opetuksen lisäksi MSB-kirjoissa oli se, että tutkittava kykeni halutesaan vapaasti palaamaan aiempiin dioihin kertaamaan jo opetettua asiaa uudelleen oman halunsa ja tarpeensa mukaan.

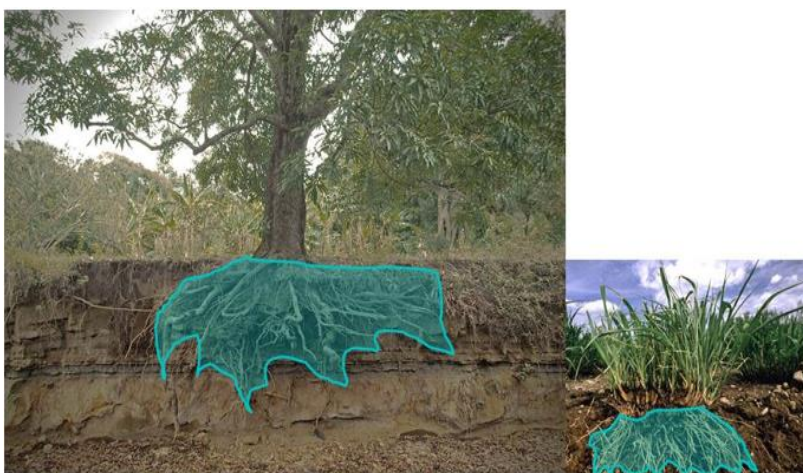
MSB-kirjan kahden version välisenä erona oli toisen ryhmän kirjaan lisätyt opittujen asiakokonaisuuksien jälkeen tulevat osaamista vahvistavat, varsinaisen virtuaalitutorin tukemat monivalintatehtävät. Monivalintatehtävissä oli jokin juuri opittuun aihealueeseen liittyvä kysymys sekä tekstinä näkyvillä että ääneen luettuna. Ensimmäisen luokan oppilaiden ollessa kohderyhmänä materiaali oli valmistettu niin, ettei MSB-kirjan käyttäminen vaatinut lukutaitoa. Painamalla kysymystekstiä virtuaalitutorin ääni toisti kysymyksen aina uudestaan, millä varmistettiin, että kysymys on kuultavissa, vaikka ensimmäisellä kerralla osa kysymyksestä tai koko kysymys sattuisi menemään ohi tutkittavalta. Kysymykseen oli joka tehtävässä neljä vastausvaihtoehtoa, joista vain yksi oli oikea vastaus. Vastausvaihtoehdot olivat nelikentässä teksteinä näkyvissä tutkittavalle. Painamalla kutakin vastaustekstiä virtuaalitutor luki vastauksen ääneen, myös vas-

tausvaihtoehtoja oli mahdollista kuunnella tarvittaessa useampaan kertaan. Painamalla haluamaansa vastaustekstiä kahdesti peräkkäin sai valittua haluamansa vastauksen. Jos vastaus oli oikea, antoi tutor kannustavaa palautetta ja päästi tutkittavan siirtymään eteenpäin.

Kuten jo kandidaatin tutkielmassamme (Kaivonurmi ja Salminen 2019) kuvasimme, tässä tutkimuksessa opetettavaksi aineeksi valikoitui ympäristöoppi, teemaksi oli valittu kasvien osat ja niiden tehtävät. MSB-ohjelman alussa oppilaat johdateltiin käsiteltävään teemaan, minkä jälkeen jokainen kasvinosa ja sen tehtävä käytiin yksitellen läpi havainnollistavia kuvia apuna käyttäen.



Kuva 2. Esimerkki opetuskuvista (Kaivonurmi ja Salminen, 2019).



Kuva 3. Esimerkki opetuskuvista (Kaivonurmi ja Salminen, 2019).

Yllä olevat kuvat 2 ja 3 ovat esimerkkejä ohjelmassa käytetyistä havainnollistamiskuvista. Juuria ja niiden tehtävää opetettaessa oppilaat näkivät kyseiset kuvat joko taululla tai näytöllä. Kuvan 2 kohdalla MSB-ohjelman avulla opetelleet oppilaat näkivät kuvan näytöllään ja kuuluivat kirjan lukijan kertovan: "Maalla elävät kasvit kiinnittyvät maahan juurien avulla." Kuvan 3 kohdalla oppilaat kuuluivat äänen selostavan: "Kasvin juuret voivat olla hyvin suuret tai hyvin pienet. Mitä suurempi kasvi on, sitä suuremmat juuret se tarvitsee." Opettajajohtoisessa ryhmässä olleet oppilaat näkivät samat kuvat valkotalulle heijastettuina ja opettajaa simuloiva tutkimusavustaja selitti kuvat samoin sanoin kuin kirjan lukija ryhmille kaksi ja kolme. Kolmannen ryhmän oppilaat, joiden MSB-kirjaan sisältyivät kertaavat tehtävät, saivat kuvien ja selitysten jälkeen suoritettavakseen virtuaalitutorin esittämän monivalintatehtävän. Tehtävässä kysyttiin: "Mitkä kiinnittävät kasvin maahan?" Vastausvaihtoehtoja annettiin neljä: juuret, kukat, varsi tai lehdet. Jokaiselle vaihtoehdolle oli MSB-ohjelman sivulla oma painike, jossa vastausvaihtoehto oli kirjoitettuna. Jokaista vastauspainiketta kerran painamalla oppilas kuuli virtuaalitutorin lukevan kyseisen vaihtoehdon äänen. Tällä pyrittiin varmistamaan se, ettei lukutaito vaikuttaisi oppilaan kykyyn vastata kysymyksiin. Vastauspainiketta kahdesti painamalla oppilas valitsi haluamansa vastausvaihtoehdon. Jos oppilas esimerkiksi juuria koskevassa kertaustehtävässä valitsi vastausvaihtoehdon "kukat", virtuaalitutor vastasi ääneen: "Väärin. Kukat ovat kasvin yläosassa eivätkä kiinnitä kasvia maahan. Kasvin maanalaiset osat kiinnittävät kasvin maahan, mitä ne ovat?" Tällä tavoin virtuaalitutor ohjasi jokaisen väärän vastauksen jälkeen oppilasta oikeaan vastaukseen. Jos oppilas valitsi juuria koskevassa kertaustehtävässä vastausvaihtoehdon "juuret", virtuaalitutor kommentoi ääneen: "Oikein. Juuret kiinnittävät kasvin maahan. Jokainen kasvin osa ja sen tehtävä käytiin läpi samalla tavalla." (Kai-vonurmi ja Salminen)

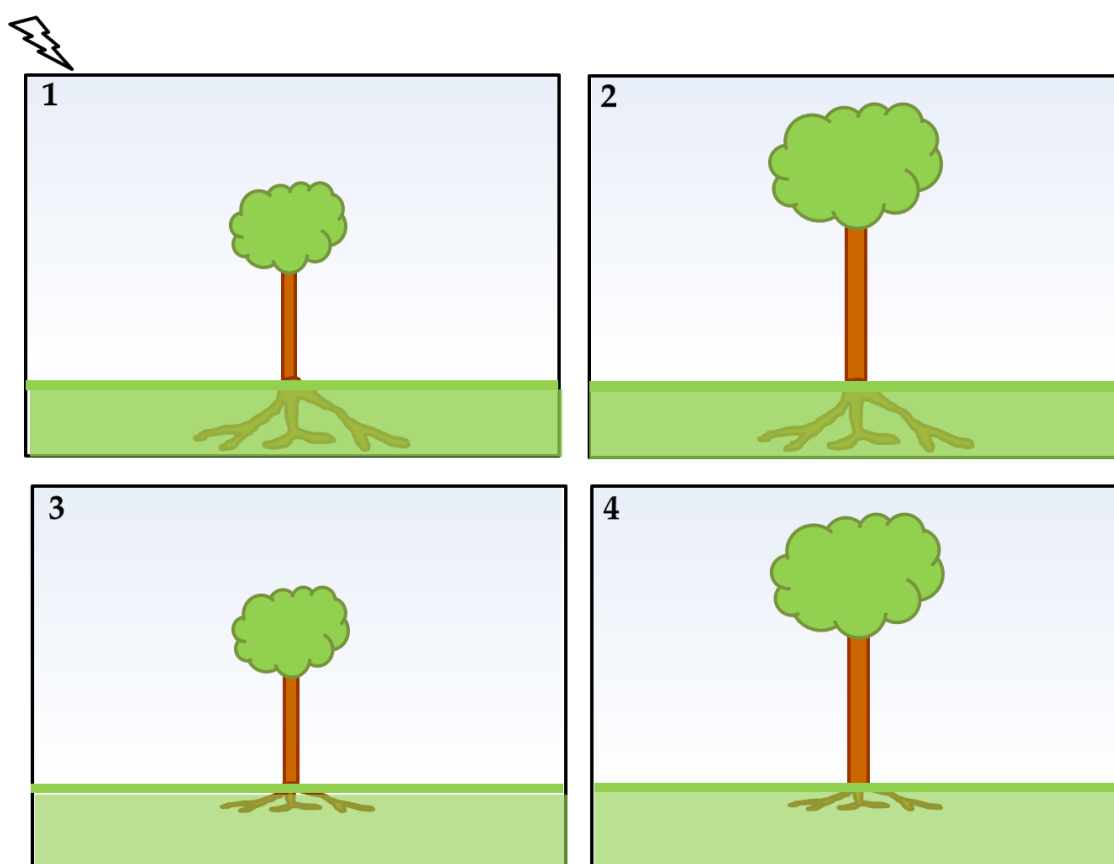
### 2.3.3 Tutkimuksessa käytetyt testit

Myös tutkimuksessa käytetyt testit on aiemmin kuvattu kandidaatin tutkielmasamme (Kaivonurmi ja Salminen 2019). Testit järjestettiin tutkimukseen osallistuneiden luokkien omissa luokkahuoneissa tutkimusavustajan ohjaamina kaikkien interventioryhmien osallistuessa testiin samanaikaisesti. Ennen testin alkua tutkimusavustaja varmisti, että kaikilla oppilailla on kynä, kumi ja vastauslomakkeet pöydällään. Sen jälkeen tutkimusavustaja ohjeisti oppilaita testin suorittamiseen. Ohjeistuksessa oppilaille muistutettiin, että muiden kokeiden tavoin testi tehdään itsenäisesti katsomatta toisten oppilaiden papereita, näin testitilanne tuotiin lähemmäksi oppilaille ennestään tuttua tilannetta. Heille selitettiin, että testissä kysytään erilaisia asioita kasveista, ja oppilaita kehoitettiin vastaamaan kaikkiin kysymyksiin, vaikkei varmuudella tietäisikään oikeaa vastausta. Tutkimusavustaja selitti oppilaille, että he tulevat kuulemaan kysymyksen ja näkemään neljä kuvaa, joista vain yksi on oikea vastaus kysymykseen. Avustaja myös ohjeisti vastaamaan vastauslomakkeelle ympyröimällä oikeaa vastausta esittävässä kuvassa näkyvän numeron kyseisen tehtävän symbolin alla olevista numeroista, tämä ohje myös havainnollistettiin taululla. Ennen testin aloittamista tutkimusavustaja vielä muistutti toistamiseen, että kuvista vain yksi on oikea vastaus tehtävään.

Testissä oli yhdeksän monivalintatehtävää, jotka vaativat opetustuokion aikana opettajien asioiden soveltamista. Tehtävät eivät suoraan kysyneet kertavissa opetustuokioissa opettajia asioita, vaan oppilaiden täytyi soveltaa opetustuokiossa annettuja tietoja. Monivalintatehtävissä esitettiin sanallinen kysymys, johon annettiin neljä kuvallista vastausvaihtoehtoa. Näistä neljästä kuvasta oppilaan tuli valita omasta mielestään oikea vastaus esitettyyn kysymykseen. Testissä monivalintatehtävien kuvat vastausvaihtoehtoista heijastettiin taululle, ja testin suorittanut tutkimusavustaja luki jokaisen tehtävän kohdalla kysymyksen kahteen kertaan varmistaakseen, että oppilaat olivat kuulleet kysymyksen. Tehtävät erotettiin toisistaan erilaisten symbolien avulla. Symboleina käytettiin esimerkiksi salamaa, ympyrää tai pilveä. Symbolit olivat näkyvissä valkotaululle



heijastettavien monivalintadiojen vasemmassa yläreunassa sekä vastauslomakkeessa tätä vastaavan tehtävän kohdalla. Tehtävät olivat lomakkeella järjestyksessä allekkain, ja jokaisen tehtävän kohdalla oli ensin tehtävän symboli, jonka alapuolella numerot ykkösestä neloseen. Näistä numeroista oppilaiden tuli ympäröidä mielestään oikea vastausnumero vastausvaihtoehtoina taululla esitettyjen kuvien perusteella. Alla esitetään esimerkkinä yksi testin monivalintatehtävistä vastauskuvien kera.



Kuva 4. Esimerkkikuva monivalintatehtävien vastausvaihtoehtoista (Kaivonurmi ja Salminen 2019).

Yllä oleva kuva 4 on esimerkki testin monivalintatehtävän kuvallisista vastausvaihtoehtoista. Kuvan vasemmassa yläreunassa näkyy salaman kuva, jonka tyyppisillä symboleilla tehtävät oli vastauslomakkeella erotettu toisistaan. Tämän tehtävän kysymyksenä oli: "Mikä puu on suurimmassa vaarassa kaatua

myrskyssä?” Tehtävän ratkaistakseen oppilaiden tuli soveltaa opetustuokion aikana saamaansa tietoa juurista ja niiden tehtävistä. Kaikissa vastausvaihtoehdoissa on näkyvissä puu ja sen maan alla olevat juuret, mutta puiden ja juurten koko vaihtelee kuvien välillä. Näistä kuvista oppilaan tuli valita kuva, joka hänen mielestään on oikea vastaus kysymykseen. Esimerkkinä olevista vaihtoehdoista oikea vastaus oli 4. kuva, eli oikein vastannut oppilas ympyröi vastauslomakkeesta numeron neljä. (Kaivonurmi ja Salminen 2019)

## 2.4 Aineiston analyysi

Tutkimuksen tulokset analysoitiin määrällisen tutkimuksen keinoin. Oppilaiden saamat tulokset mittauksista taulukoitiin, minkä jälkeen tuloksia käsiteltiin SPSS-tilastonkäsittelyohjelmiston avulla. Oppilaiden tehtävien vastauksista laskettiin summamuuttujat koko testin yhteispistemäärille jokaisen mittauspisteen kohdalla.

Käytimme analyysimenetelmänä toistomittausten varianssianalyysia (repeated measures ANOVA), sillä se soveltuu useiden tutkittavien kohteiden välisten yhteyksien ja tutkittavien kohteiden sisäisten tekijöiden tutkimiseen (Tolmie ym., 2011, 259). Tutkimuksen tavoitteena oli vertailla eri luokkien ja eri interventioryhmien testituloksia keskenään sekä tarkastella myös luokkien ja interventioryhmien sisäisiä eroja eri mittauspisteiden välillä. Aluksi toistomittausten varianssianalyysin avulla tarkasteltiin interventioryhmien oppimistuloksia eri mittauspisteissä vastauksen saamiseksi ensimmäiseen tutkimuskysymykseen. Toista tutkimuskysymystä varten analysoitiin eri luokkien testituloksia eri mittauspisteissä. Kolmanteen tutkimuskysymykseen vastaamiseksi analysoitiin eri interventioryhmien suoriutumista testeissä eri mittauspisteissä.

## 2.5 Eettiset ratkaisut

Tämän tutkimuksen aikana noudatettiin Tutkimuseettisen neuvottelukunnan (2009, 4) antamia eettisiä ohjeita ihmistieteisiin luettavien tutkimusalojen tutkimuksen tekemiseen koskien tutkittavan itsemääräämisoikeuden kunnioittamista, vahingoittamisen välttämistä sekä tutkittavien yksityisyyden ja tietosuojan säilyttämistä.

Tutkimukseen osallistuminen oli oppilaille vapaaehtoista. Osallistujien itsemääräämisoikeutta kunnioitettiin lähettämällä ennen tutkimukseen osallistumista tutkittaville ja heidän huoltajilleen tutkimuksesta kertova tiedote. Tiedotteella varmistettiin, että tutkittavat ovat antaneet suostumuksensa tietoisina siitä, millaiseen tutkimukseen he ovat osallistumassa. Tutkittaville ja heidän huoltajilleen lähetettiin myös erillinen suostumuslomake, jossa oli ohjeet siitä, kuinka tutkimukseen voi osallistua ja kuinka siitä voi kieltäytyä. Tutkittaville annettiin tietoon ennen tutkimukseen osallistumista, että he voivat perua tai keskeyttää osallistumisensa missä vaiheessa tutkimusta tahansa.

Koko tutkimuksen aikana tutkittavien anonymiteettiä kunnioitettiin, eikä tutkittavien vastauksia tilastoitaessa suoria tunnistetietoja kirjattu missään tutkimuksen vaiheessa. Toteuttamamme lisäaineistonkeruun yhteydessä tutkittavilta ei kerätty lainkaan henkilötietoja, vaan he osallistuivat tutkimukseen täysin anonymisti. Nimien kirjaamisen välttämiseksi tutkimuksessa suoritetuissa testeissä käytettiin koodattuja testilomakkeita. Koodien avulla kyettiin anonymisti yhdistämään saman tutkittavan suorittamat testipaperit eri toistomittausajankohdista. Tutkittavien anonymiteetin suojaamiseksi toteutuneessa tutkimuksessa on mainittu ainoastaan Suomen alueet, joissa tutkittavat koulut ovat sijainneet. Tutkimukseen osallistuneiden koulujen nimiä ei ole kirjallisessa työssä mainittu lainkaan tutkittavien anonymiteetin turvaamiseksi.

## 3 TULOKSET

### 3.1 Ensimmäinen tutkimuskysymys

Ensimmäisen tutkimuskysymyksen tarkoituksena oli selvittää, *saadaanko tutkimukseen valituilla interventioilla oppimistuloksia aikaan ensimmäisen luokan ympäristöopin opetuksessa*. Tutkimustulosten mukaan oppilaat saavuttivat oppimistuloksia tutkimuksen aikana. Alla oleva kuvaaja esittää oppilaiden saamien testitulosten pistekeskiarvojen kehitystä mittauspisteiden välillä. Loppumittauksessa saadut testitulokset paranivat huomattavasti alkumittaukseen nähden, kun taas viivästetyn ja loppumittauksen välinen ero jäi pieneksi (ks. kuvaaja 1).

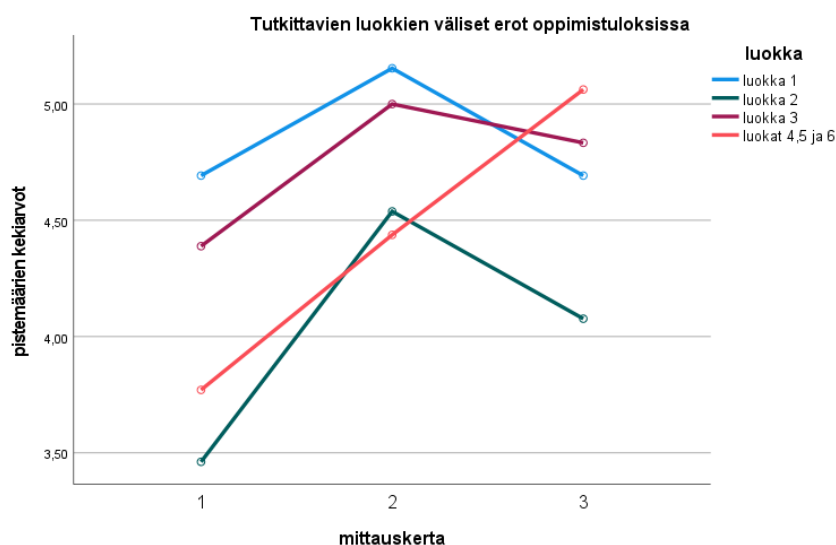


Kuvaaja 1.

Toistomittausten varianssianalyysillä toteutetut analyysit osoittivat, että mittauspisteellä oli päävaikutus,  $F(2,182) = 11.445$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .112$ . Kontrastit paljastivat, että mittauspiste 1 erosi merkitsevästi mittauspisteestä 2,  $F(1,91) = 15.968$ ,  $p < .001$ ,  $\eta^2 = .149$ , kun taas mittauspisteet 2 ja 3 eivät eronneet merkitsevästi,  $F(1,91) = .686$ ,  $p = .410$ ,  $\eta^2 = .007$ . Nämä tulokset osoittavat, että opetuksuokiosta oli välitöntä hyötyä; lasten tulokset paranivat tilastollisesti merkitsevästi, kun taas viivästetyllä mittauskerralla lisävaikutusta ei ollut havaittavissa.

## 3.2 Toinen tutkimuskysymys

Toisen tutkimuskysymyksen tarkoituksena oli selvittää, onko tutkittavien luokkien (iteraatioryhmien) välillä eroa oppimistuloksissa ensimmäisen luokan ympäristöopin opetuksessa. Tutkittavien luokkien väliset erot eivät nousseet tutkimuksemme tilastollisesti merkitseviksi. Ohessa oleva kuvaaja havainnollistaa tutkimukseen osallistuneiden luokkien testitulosten muutoksia mittauspisteiden välillä ja muihin tutkimukseen osallistuneiden luokkiin verrattuna. Luokkien 1, 2 ja 3 tulokset ja niiden kehitys näyttää olleen hyvin samankaltaista keskenään, mutta neljännen luokan tulokset viivästetystä mittauksesta poikkesivat havaittavasti muiden luokkien tuloksesta (ks. kuvaaja 2).



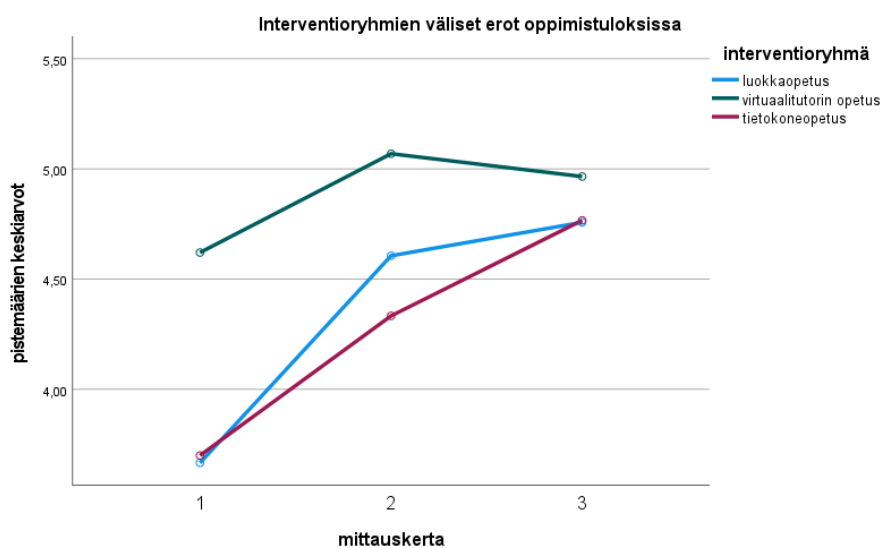
Kuvaaja 2.

Mittauskerran ja luokan interaktio on nähtävissä kuvaajassa 2, jossa eksplisiittisen opetustuokion saaneet luokat 4, 5 ja 6 suoriutuivat viimeisessä mittauspisteessä kuvaajasta tarkasteltuna selvästi muita luokkia paremmin. Tämä vaikutus

ei kuitenkaan aivan noussut tilastollisesti merkitseväksi,  $F(6,176) = 1.658$   $p = .134$   $\eta^2 = .054$ .

### 3.3 Kolmas tutkimuskysymys

Kolmannen tutkimuskysymyksen tarkoituksena oli selvittää, *onko eri interventioryhmien saamalla opetuksella eroja oppimistulosten saavuttamisessa*. Seuraava kuvaaja havainnollistaa kolmen interventioryhmän suoriutumista eri mittauspisteissä (ks. kuvaaja 3).



Kuvaaja 3.

Interventioryhmien oppimistulosten välille ei kuitenkaan tilastollisissa analyysissä noussut merkitseviä eroja,  $F(4,178) = .963$ ,  $p = .429$ ,  $\eta^2 = .021$ .

## 4 POHDINTA

Kansainväliset PISA-tulokset osoittavat, että koululaisten luonnontieteellinen osaaminen on useiden, etenkin aiemmin hyviä luonnontieteen oppimistuloksia saaneiden maiden kohdalla heikentynyt viime vuosien aikana. (PISA 2015, 82, Leino ym. 2019). Suomi kuuluu näiden heikentyneiden oppimistulosten maihin, vaikka suomalaisten nuorten osaaminen onkin kansainvälisesti tarkasteltuna maailman huippua. Huolestuttavaa suuntaa oppimistulosten kehityksessä ei kuitenkaan voida sivuuttaa, ja tämän vuoksi onkin tärkeää löytää keinoja luonnontieteiden oppimisen - ja opetuksen - tehostamiseksi ja kehittämiseksi.

Tehostetun ja erityisen tuen portaalla olevien oppilaiden määrä luokissa kasvaa jatkuvasti. Tämän myötä yksilöllisesti eriytetyn opetuksen tarve kasvaa myös. Aikuisresurssit eivät kouluissa kuitenkaan lisäänty samassa suhteessa, päinvastoin. Näin ollen vaihtoehtoisten opetusmenetelmien tarve kentällä kasvaa kaiken aikaa. Tietokoneavusteiset oppimisen tuen menetelmät ovat jo useiden vuosien ajan saaneet suurta huomiota tutkimuskentällä, ja ovat myös tämän pro gradu -työn aiheena.

Tämän interventiotutkimuksen tulosten mukaan interventioilla saavutettiin oppimistuloksia. Vertailtaessa opettajan luokkahuoneopetuksen saaneita, tietokoneen opettamia ja virtuaalitutorin opettamia vertailuryhmiä oppimistuloksissa ei havaittu tilastollisesti merkitseviä eroja kumpaankaan suuntaan. Myöskään tutkimuksen eri vaiheissa tutkittujen luokkien välillä ei ollut havaittavissa tilastollisia eroavaisuuksia oppimistuloksissa, eli tulosten perusteella iteratiivisilla toimilla ei ollut tilastollisesti merkitsevää vaikutusta oppimistuloksille.

Virtuaalitutorin opettaman ja vertailuryhmänä olleen opettajan luokkahuoneopetusta saaneen ryhmän oppimistulosten välillä ei ollut havaittavissa eroja, joten tulosten perusteella virtuaalitutor toimi yhtä hyvänä opettajana kuin oikea ihmisopettajakin. MSB-virtuaalitutorohjelman opetuksen avulla saadut oppimis-

tulokset jäivät kuitenkin ennakko-odotuksista. Aiemmissä tutkimuksissa yksinkertaisten virtuaalitutorien avulla on useissa tutkimuksissa todettu saavutettavan opettajajohtoista luokkaopetusta parempia oppimistuloksia (ks. mm. Ercan ym., 2016; Giménez ym., 2021 Sosa ym., 2011; Weng ym., 2014), joihin verrattuna MSB-ohjelmalla saadut tulokset ovat heikkommat oppimistulosten jääden samalle tasolle opettajajohtoisen luokahuoneopetuksen kanssa. Oppimista kuitenkin tapahtui myös MSB-virtuaalitutorilla, joten tämän tutkimuksen tulokset eivät kuitenkaan ole täysin ristiriidassa aiempien tutkimusten kanssa. Huomionarvoista on, että virtuaalitutorin avulla opetuksen saaneen ja yksinkertaisen, puhutun tietokoneohjelman opettaman interventioryhmän oppimistuloksissa ei ollut myöskään eroa. Tämän perusteella MSB-virtuaalitutorin harjoitustehtävien ja ohjelman tutoroinnin vaikutuksesta ei saatu näyttöä. Harjoitustehtävillä ja välittömällä palautteella on kuitenkin tutkimuskirjallisuuden perusteella vaikutusta oppimiseen (ks. Martin ym., 2007, 623; Sosa ym., 2011, 116), joten vaikutuksen puute voinee johtua tehtävien määrästä, sisällöstä tai mahdollisesti sattumasta pienen otoskoon vuoksi.

Tutkimuskirjallisuudessa on selvästi havaittavissa tekijöitä, joilla virtuaalitutorin vaikuttavuutta voi kehittää. Virtuaalitutorit kehitetään toimimaan ihmistutorin kaltaisesti (Stankov ym., 2008, 1017-1018). Ihmistutorit kykenevät kuitenkin virtuaalitutoreita hienovaraisempaan ja joustavampaan tukemiseen (Merrill ym., 1992, 277). Opetuskyvyssä älykkäät virtuaalitutorit eivät aivan yllä ihmistutoroinnin tasolle, mutta saavat yksinkertaisia virtuaalitutoreita parempia oppimistuloksia aikaan (VanLehn 2011). Älykkäät virtuaalitutorit kykenevätkin yksinkertaisia ohjelmia paremmin mukautumaan käyttäjänsä tarpeisiin ja tarjoamaan yksilöllisempää sisältöä (Ma ym., 2014). Jotta MSB-virtuaalitutorista saisi tehokkaamman opettajan, sitäkin olisi syytä muokata toimimaan entistä enemmän oikean ihmistutorin tavoin. Keinoja tähän olisivat vaikkapa älykkäissä virtuaalitutoreissa käytössä oleva käyttäjän monipuolisempi mallintaminen (ks. Ma ym., 2014), esimerkiksi ottamalla huomioon käyttäjän motivaation ja oppimisstrategiat, ja sen hyödyntäminen tutoroinnin yksilöllistämässä. MSB-virtu-



aalitutorin tehtäviä voitaisiin myös muokata tehokkaammin opettaviksi. Tehtävät voisivat olla VanLehnin (2011) kuvaileman kaltaisia monivaiheisia tehtäviä, joissa ohjelma kykenee antamaan tarvittavaa palautetta jo tehtävän ratkaisun aikana. MSB-virtuaalitutorin käyttämisestä tehtävistä voisi muokata moniosaisia kokonaisuuksia, joita voisi ratkoa osa kerrallaan niin, että tutor voisi antaa joka kohdassa palautetta suoriutumisesta. Silloin ohjelma havaitsisi tarkemmin, mitkä kohdat tehtävässä ovat käyttäjälle hankalia ja kykenee myös kohdentamaan palautteen tarkemmin tarvittaviin kohtiin.

Oppimistulosten saavuttamisen vuoksi MSB-virtuaalitutoria voi pitää joka tapauksessa käyttökelpoisena työkaluna opetuksessa. Sen avulla voisi opettaa ajoittain uusia asioita, joihin syvennyttäisiin myöhemmin opettajan johdolla, tai hyödyntää sitä tukiopetuksessa ja jo opittujen asioiden kertaukseen. Näin ollen opettajalle jäisi enemmän aikaa keskittyä muihin työtehtäviinsä ja kasvanutta työn kuormitustakin saisi hiukan kevennettyä.

Virtuaalitutorien taustalla vaikuttavat lähikehityksen vyöhykkeen ja scaffoldingin käsitteet. Lähikehityksen vyöhyke on Vygotskyn kehittämä kehityspsykologinen termi, joka kuvaa yhtä oppimisen teorian peruspilareista. Termin avulla kuvataan sitä etäisyyttä, joka erottaa toisistaan asiat, jotka lapsi osaa itsenäisesti ja ne, joihin hän on kykenevä yhdessä kokeneemman toimijan kanssa. Lähikehityksen vyöhykkeen teoriaan perustuva pedagoginen sovellus tunnetaan nimellä scaffolding. Tarkkaan käännettynä ”rakennusteline” scaffolding on termi, joka hyödyntää mielikuvaa tästä kirjaimellisesta merkityksestä väliaikaisena konstruktiona, jonka tehtävä on tukea rakentumisprosessia; sitä mukaa kun rakennustyö valmistuu, voidaan telineet sen ympäriltä purkaa. Tämä tarkoittaa sitä, että ohjaajan tulee haastaa oppijaa tämän nykyistä taitotasoa sopivasti vaativammilla tehtävillä, ja tarjota tälle oikea-aikaista ja oikein mitoitettua tukea tehtävän edetessä. Virtuaalitutorohjelmien voidaan katsoa hyödyntävän juuri tätä perusteoriaa tarjoamalla oppilaalle interaktiivista ja yksilöllistä tukea antamatta oikeita vastauksia liian varhain.

Ollakseen tehokasta ja pysyvää oppimisen tulee olla merkityksellistä ja opettettavan materiaalin syvällisesti ymmärtävää (Mayer & Moreno 2003). Syvällisen

oppimisen teorioista tässä pro gradu -työssä on hyödynnetty käsitteellisen muutoksen (conceptual change) teoriaa, jota on maailmalla tutkittu mm. käyttäen DSML (Dual Situated Learning Model) -mallia (mm. Liao ja She 2009, Srirawasadi ja Kroothkeaw 2014 ja Majoul ja Arkeef 2022). Näissä tutkimuksissa DSML on määritelty oppimisen mallina, jossa keskitytään juurikin käsitteelliseen muutokseen ja sen avulla oppijan mahdollisuuteen rakentaa uutta tietoa aiemmin oppimiensa käsitteiden päälle, ja tämän myötä ymmärtää tapahtumien taustalla vaikuttavia tekijöitä. Tällaista käsitteellistä muutosta on myös virtuaalitutorohjelmissa pyrittävä aikaansaamaan.

Multimediaoppimisessa oppiminen tapahtuu kuvien ja sanojen samanaikaisen käytön avulla, ja sitä kuvaava multimediaoppimisen kognitiivinen teoria pohjautuu kolmeen lähtöoletukseen. Aivoissa käsitellään kuvallista ja sanallista informaatiota erillisissä kanavissa, joiden kummankin kapasiteetti on rajallinen. Multimediaesitysten kaksoiskanavaisuudella tätä kapasiteettia on mahdollista kasvattaa, koska aktiivista prosessointia tapahtuu samanaikaisesti useamman kanavan kautta (Mayer 2008). Multimediaoppimista on tarkasteltu lukuisissa tutkimuksissa ja sen eduista tunnutaan olevan melko laajasti yksimielisiä (mm. Austin 2009, Bull 2013, Greer ym 2013, Mayer 2003). Mayerin mukaan merkityksellinen oppiminen on määriteltävissä aiemmin kuvatulla tavalla opittavan asian syvällisenä ymmärtämisenä, jolloin oppijalle mahdollistuu yhteyksien muodostaminen työmuistin verbaalisten ja visuaalisten prosessointikanavien välillä. Haasteena multimediaoppimisen materiaaleja ja ohjelmia suunniteltaessa on mm tarjota oppijalle uusia käsitteitä riittävän mielenkiintoisesti ja haastavasti, mutta liian kuormittamatta. Tämä onkin se kohta, jossa Mayerin teoria multimediaoppimisesta ja Vygotskin lähikehityksen vyöhykkeen pedagoginen sovellus eli scaffolding kohtaavat, ja johon älykkäillä virtualitutoreilla on jo tarjota monenlaisia ratkaisuja.

Greer ryhmineen (2013) tarkastelevat artikkelissaan multimediaoppimisen kognitiivisen teorian ja sen johdannaisten mahdollisuuksia oppimisvaikeuksista kärsivien oppilaiden tukena. Heidän mukaansa on olemassa suuri tarve sopeut-

taa informaatioteknologiaa ja verkko-oppimista hyödyntäviä menetelmiä vastamaan paremmin myös erityisten oppijoiden haasteisiin. Heidän mukaansa tutkimuskentällä on keskitytty pääasiassa ikätason odotusten mukaisesti suoriutuvien oppilaiden kanssa saavutettuihin tuloksiin, jolloin sekä tulokset että niihin käytetyt keinot soveltuvat usein varsin heikosti yleistetyiksi vahvaa tukea tarvitsevien oppilaiden auttamiseen. (Greer ym 2013, 41). Artikkelissa todetaan, että esimerkiksi päällekkäistä toistoa (redundancy) sisältävät ohjelmat voivat vaikeuttaa epätyypillisesti tietoa käsittelevän oppijan etenemistä tarjoamalla saman aistikanavan prosessoitavaksi päällekkäistä informaatiota esimerkiksi kuvan ja tekstin samanaikaisella esittämisellä. Tehtävää hieman modifioimalla, samanaikaista kuvan ja audion käyttöä hyödyntämällä voidaan saavuttaa usempaa aistikanavaa hyödyntävä modaaliteettivaikutus (modality effect), jolloin oppijan työmuistin kuormitus vähenee ja oppiminen tehostuu. Juuri tämän kaltaista monikanavaista opetusta pystytään tarjoamaan multimediaoppimista hyödyntävien virtuaalitutorien avulla (Greer ym 2013, 44). Greer ym toteavat kuitenkin, että lisätutkimusta vaaditaan multimediaoppimisen kognitiivisen teorian parempaan hyödyntämiseen oppimisvaikeuksista kärsivien lasten ja nuorten kohdalla (Greer ym 2013, 46).

Motivaation merkitys oppimiselle on varsin yleisesti tunnustetusti suuri. Richard Mayer (2013) on lukuisten multimediaoppimista käsittelevien tekstiensä joukossa pohtinut myös näkökulmaa siitä, mikä on motivaation rooli multimediaoppimisen välineitä rakennettaessa. Hänen mukaansa motivoivien aspektien kuten vetoavien grafiikoiden tai haastavien skenaarioiden lisääminen voi parantaa oppimistuloksia, kunhan oppijaa ei jatkuvasti ylikuormiteta valtavalla prosessoitavan aineksen määrällä tai harhauteta liian kauas alkuperäisestä oppimisprosessista (Mayer 2013, 171). Mielenkiintoinen jatkotutkimuksen aihe olisikin virtuaalitutorin rooli ja potentiaali motivaation lisäämisessä erityisesti oppilailla, joita perinteisin oppimisen metodein on haastavaa motivoida tehtävien pariin.

Tämän tutkimuksen koeryhmät olivat verrattain pieniä, mikä saattaa osaltaan vaikuttaa tulosten tulkintaan ja yleistettävyyteen. Koska tämä kokeellisen tutkimuksen aineiston hankinnan tapa osittain tietoteknisten vaatimusten vuoksi

oli raskas ja aikaa vievä prosessi, suurempaan otoskokoan ei pro gradu -työn puitteissa ollut mahdollisuutta. Tällaisessa kvantitatiivisessa tutkimuksessa tulosten kannalta mahdollisimman suuri otoskoko olisi tärkeää, sillä suurella otoskoolla tulosten tilastollinen merkitsevyys nousisi helpommin esiin ja sattuman osuus tuloksissa pienenesi. Aikataulun ja vaivannäön näkökulmasta tässä pro gradu -tutkielmassa suurempaan tutkittavien määrään ei ollut kuitenkaan mahdollisuutta.

Virtuaalitorin ja opettajajohtoisen luokahuoneopetuksen oppimistuloksia vertailtaessa on tärkeää muistaa, että tässäkin tutkimuksessa käytetty luentomainen opettajan monologina antama opetus ei ole tehokkainta mahdollista opettajan antamaa opetusta. Koulumaailmassa puhtaasti frontaaliopetukseen painottuvat oppitunnit ovat, toivottavasti ainakin, harvinainen jäännös menneiltä ajoilta. Käsillä olevan tutkimuksen kaltaisissa, määrällistä tietoa keräävissä mitaustilanteissa opettajajohtoista, vahvasti strukturoitua opetustapaa on pidetty välttämättömyytenä tutkimuksen yhdenmukaisuuden ja toistettavuuden vuoksi. Tästä syystä kvantitatiivisissa tutkimuksissa käytetyt, luentomaiseen opettajajohtoiseen opetukseen typistyvät opetusmenetelmät saattavat antaa perusteetonta etulyöntiasemaa yksilöllisyyden huomiointiin perustuville virtuaalitorihjelmille. Käytännön kannalta on kuitenkin hyvä pitää mielessä, että opettajat kykenevät todellisuudessa tehokkaampaan ja yksilöllisempään opettamiseen kuin miltä se vertailevissa tutkimuksissa usein näyttää. Kiinnostavaa olisi rakentaa tutkimusasetelma, jossa opettajalla olisi käytössään monipuolisempia, esimerkiksi toiminnallisuuteen ja jatkuvaan palautteen antoon pohjautuvia metodeja, jolloin tulokset olisivat mahdollisesti paremmin yleistettävissä kokonaispopulaatioon.

Yhtenä rajoituksena tässä tutkimuksessa oli se, että opetettavaksi valikoitu aihe oli melko haastava ja monisyinen ensimmäisen luokan oppilaille, etenkin näin lyhyessä opetustuokiossa omaksuttavaksi. Myöskään mittarina käytännämme testi ei ehkäpä ollut parhaalla mahdollisella tavalla laadittu tutkittavien ikä- ja osaamistason huomioon ottaen. Jatkotutkimuksessa olisi hyvä supistaa opetettavaa tietomäärää paremmin ensimmäisen luokan ympäristöopin tasoa

vastaavaksi, ja rakentaa testin vastausvaihtoehdot hieman toisella tapaa. Esimerkiksi osa mittarina olleen testin vastausvaihtoehdoista oli hyvin lähellä toisiaan ja niistä oli melko vaikeaa erottaa oikeaa vastausta. Lisäksi kysymyksen neljässä vaihtoehdossa osa tehtävistä on ollut selvästi enemmän väärin kuin toiset, mutta vain oikeasta tehtävästä on saanut pisteen. Jakamalla pisteitä myös osittain oikeista vastauksista mittari olisi voinut mitata oppimistuloksia vielä tarkemmin.

Nykyisessä tehokkuusajattelun yhteiskunnassa koulumaailmakaan ei ole voinut välttyä kasvavilta vaatimuksilta. Opettajien työtaakka kasvaa jatkuvasti ilman, että siihen varatut resurssit kasvavat samassa suhteessa, mikä monen opettajan kohdalla johtaa uupumiseen ja jopa alan vaihtoon. Tähän vaatimusten ja resurssien väliseen ristiriitaan olisi löydettävä ratkaisuja mahdollisimman pian. Virtuaalitutorohjelmat saattaisivat nykytutkimuksen valossa olla osaltaan tarjoamassa mittavaa, käyttäjäystävällistä ja kustannustehokasta apua tähän kiiperään kysymykseen. Lisää tutkimusta ja käyttökokemuksia tarvitaan, jotta näistä ohjelmista saataisiin mahdollisimman suuri hyöty mahdollisimman monelle, mutta oikealla tiellä ollaan jo.

## 5 LÄHTEET

- Austin, K. A. (2009). Multimedia learning: Cognitive individual differences and display design techniques predict transfer learning with multimedia learning modules. *Computers & Education*, 53(4), 1339-1354.
- Azevedo, R., & Hadwin, A. F. (2005). Scaffolding self-regulated learning and metacognition—Implications for the design of computer-based scaffolds. *Instructional science*, 33(5/6), 367-379.
- Barnes, L., Hauser, J., Heikes, L., Hernandez, A., Richard, P., Ross, K., Yang, G. & Palmquist, M. (2005). Experimental and Quasi-Experimental Research. Writing@CSU. Colorado State University. Saatavilla 30.7.2023 <https://writing.colostate.edu/guides/guide.cfm?guideid=64>
- Bickhard, M. H. (2005). Functional scaffolding and self-scaffolding. *New Ideas in Psychology*, 23(3), 166-173.
- Bloom, B. S. (1984). The 2 Sigma Problem: The Search for Methods of Group Instruction as Effective as One-to-One Tutoring. *Educational researcher*, 13(6), 4-16. <https://doi.org/10.3102/0013189X013006004>
- Brush, T. A., & Saye, J. W. (2002). A summary of research exploring hard and soft scaffolding for teachers and students using a multimedia supported learning environment. *The Journal of Interactive Online Learning*, 1(2), 1-12.
- Bull, P. H. (2013). Cognitive constructivist theory of multimedia: designing teacher-made interactive digital. *Creative Education*, 4(09), 614.
- Cohen, P. A., Kulik, J. & Kulik, C. (1982). Educational Outcomes of Tutoring: A Meta-analysis of Findings. *American educational research journal*, 19(1), 237.
- Corbalan, G., Kester, L., & Van Merriënboer, J. J. G. (2006). Towards a personalized task selection model with shared instructional control. *Instructional science*, 34(5), 399-422. <https://doi.org/10.1007/s11251-005-5774-2>

- Cosi, P., & Cole, R. (2016). Mindstar books–An imaginative new generation of intelligent tutoring systems in science and in reading. *Book series Studi AISV*, 2, 231-239.
- Dalacosta, K., Kamariotaki-Paparrigopoulou, M., Palyvos, J. A., & Spyrellis, N. (2009). Multimedia application with animated cartoons for teaching science in elementary education. *Computers & Education*, 52(4), 741-748.
- de Baker, D. L., & Hamilton, E. (2014). Project Report: MindStar Books.
- Dieterich, S. E., Assel, M. A., Swank, P., Smith, K. E., & Landry, S. H. (2006). The Impact of early maternal verbal scaffolding and child language abilities on Later decoding and reading comprehension skills. *Journal of School Psychology*, 43(6), 481-494.
- Dugan J. J., Cobb R. B., Alwell M. (2007). The effects of technology-based interventions on academic outcomes for youth with disabilities. Ft. Collins: Colorado State University, School of Education.
- Eberle, F., & Keeley, P. (2008). Formative assessment probes. *Science and Children*, 45(5), 50.
- Ercan, O., Bilen, K., & Ural, E. (2016). 'Earth, Sun and Moon': Computer assisted instruction in secondary school science - achievement and attitudes. *Issues in educational research*, 26(2), 206.
- Fuchs, L. S., & Fuchs, D. (1986). Effects of systematic formative evaluation: A meta-analysis. *Exceptional children*, 53(3), 199-208.
- Gibbons, P. (2002). *Scaffolding language, scaffolding learning*. Portsmouth, NH: Heinemann.
- Giménez, A., Bordoy, S., Sánchez, A., López-Zamora, M., Sopena, J. M., & Luque, J. L. (2021). A supplemental computer-assisted intervention programme to prevent early reading difficulties in Spanish learners: A stratified random control trial. *Journal of computer assisted learning*, 37(2), 510-520. <https://doi.org/10.1111/jcal.12504>
- Golnick, T. & Ilves, V. Opetusalan työolobarometri 2021, OAJ.

- Greer, D. L., Crutchfield, S. A., & Woods, K. L. (2013). Cognitive theory of multimedia learning, instructional design principles, and students with learning disabilities in computer-based and online learning environments. *Journal of Education*, 193(2), 41-50.
- Hammond, S. I., Müller, U., Carpendale, J. I., Bibok, M. B., & Liebermann-Finestone, D. P. (2012). The effects of parental scaffolding on preschoolers' executive function. *Developmental psychology*, 48(1), 271.
- 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. *Educational Technology Research and Development*, 66(2), 403-428.
- Hu, A., Shewokis, P. A., Ting, K., & Fung, K. (2016). Motivation in computer-assisted instruction. *The Laryngoscope*, 126(S6), S5-S13.  
<https://doi.org/10.1002/lary.26040>
- Hughes, M. G., Day, E. A., Wang, X., Schuelke, M. J., Arsenault, M. L., Harkrider, L. N., & Cooper, O. D. (2013). Learner-Controlled Practice Difficulty in the Training of a Complex Task: Cognitive and Motivational Mechanisms. *Journal of applied psychology*, 98(1), 80-98.  
<https://doi.org/10.1037/a0029821>
- Jones, A., Bull, S., & Castellano, G. (2018). "I Know That Now, I'm Going to Learn This Next" Promoting Self-regulated Learning with a Robotic Tutor. *International journal of social robotics*, 10(4), 439-454.  
<https://doi.org/10.1007/s12369-017-0430-y>
- Kauppi, M., Vesa, S., Kurki, A-L., Olin, N., Aalto, V. & Ervasti J. (2022). Opettajat muuttuvassa koulumaailmassa. Opettajien työhyvöinnin kehitys opetussuunnitelmauudistuksen aikana. Työterveyslaitos, Helsinki
- Kautzmann, T. R., & Jaques, P. A. (2019). Effects of adaptive training on metacognitive knowledge monitoring ability in computer-based learning. *Computers and education*, 129, 92-105.  
<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.10.017>



- Kim, M. C., & Hannafin, M. J. (2011). Scaffolding problem solving in technology-enhanced learning environments (TELEs): Bridging research and theory with practice. *Computers & Education*, 56(2), 403-417.
- Kulik, J. A., & Fletcher, J. D. (2016). Effectiveness of Intelligent Tutoring Systems: A Meta-Analytic Review. *Review of educational research*, 86(1), 42-78. <https://doi.org/10.3102/0034654315581420>
- Kurniawan, M. A., Rahayu, S., Fajaroh, F., & Almunasher, S. (2020). Effectiveness of Dual Situated Learning Model in Improving High School Students' Conceptions of Chemistry Equilibrium and Preventing Their Misconceptions. *Journal of Science Learning*, 3(2), 99-105.
- Lee, C. Q., & She, H. C. (2010). Facilitating students' conceptual change and scientific reasoning involving the unit of combustion. *Research in Science Education*, 40, 479-504.
- Leino, K., Ahonen, A. K., Hienonen, N., Hiltunen, J., Lintuvuori, M., Lähteinen, S., ... & Vettenranta, J. (2019). PISA 18: ensituloksia. Suomi parhaiden joukossa. *Opetus- ja kulttuuriministeriön julkaisuja*.
- Liao, Y. W., & She, H. C. (2009). Enhancing eight grade students' scientific conceptual change and scientific reasoning through a web-based learning program. *Journal of Educational Technology & Society*, 12(4), 228-240.
- Ma, W., Adesope, O. O., Nesbit, J. C., & Liu, Q. (2014). Intelligent Tutoring Systems and Learning Outcomes: A Meta-Analysis. *Journal of educational psychology*, 106(4), 901-918. <https://doi.org/10.1037/a0037123>
- Majoul, A. A., & Arheef, S. L. (2022). The effect of dual situated learning model (DSLML) on the achievement of fourth grade students in biology. *Journal of Positive School Psychology*, 5223-5233.
- Martin, F., Klein, J. D., & Sullivan, H. (2007). The impact of instructional elements in computer-based instruction. *British journal of educational technology*, 38(4), 623-636. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2006.00670.x>
- Mautone, P. D., & Mayer, R. E. (2001). Signaling as a cognitive guide in multimedia learning. *Journal of educational Psychology*, 93(2), 377.

- Mayer, R. E., & Moreno, R. (2003). Nine ways to reduce cognitive load in multimedia learning. *Educational psychologist, 38*(1), 43-52.
- Mayer, R. E. (2003). The promise of multimedia learning: using the same instructional design methods across different media. *Learning and instruction, 13*(2), 125-139.
- Mayer, R. E. (2005). Cognitive theory of multimedia learning. *The Cambridge handbook of multimedia learning, 41*, 31-48.
- Mayer, R. E. (2008). Applying the science of learning: evidence-based principles for the design of multimedia instruction. *American psychologist, 63*(8), 760.
- Mayer, R. E. (2014). Incorporating motivation into multimedia learning. *Learning and instruction, 29*, 171-173.
- Merrill, D. C., Reiser, B. J., Ranney, M., & Trafton, J. G. (1992). Effective Tutoring Techniques: A Comparison of Human Tutors and Intelligent Tutoring Systems. *The Journal of the learning sciences, 2*(3), 277-305.  
[https://doi.org/10.1207/s15327809jls0203\\_2](https://doi.org/10.1207/s15327809jls0203_2)
- Mitrovic, A., Williamson, C., Bebbington, A., Mathews, M., Suraweera, P., Martin, B., Thomson D., Holland, J. (2011). Thermo-Tutor: An Intelligent Tutoring System for thermodynamics.  
<https://doi.org/10.1109/EDUCON.2011.5773164>
- Nastasi, B., Hitchcock J. & Brown L. 2010. An Inclusive Framework for Conceptualizing Mixed Methods Design Typologies: Moving Toward Fully Integrated Synergistic Research Models. Teoksessa A. Tashakkori & C. Teddlie (toim.). *Handbook of Mixed Methods in Social & Behavioral Research*. SAGE Publications, Inc. <https://doi.org/10.4135/9781506335193>
- OECD (2019), PISA 2018 Results (Volume I): What Students Know and Can Do, PISA, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/5f07c754-en>
- OECD. (2023a). Mathematics performance (PISA).  
<https://data.oecd.org/pisa/mathematics-performance-pisa.htm#indicator-chart>

- OECD. (2023b). Reading performance (PISA).  
<https://data.oecd.org/pisa/reading-performance-pisa.htm#indicator-chart>
- OECD. (2023c). Science performance (PISA).  
<https://data.oecd.org/pisa/science-performance-pisa.htm#indicator-chart>
- Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteiden 2014 muutokset, arviointiluku 6, Opetushallitus 2020, 2-3.
- Pisa, O. E. C. D. (2016). results (Volume I): Excellence and equity in education. *PISA, OECD Publishing*.
- Puntambekar, S., & Hubscher, R. (2005). Tools for scaffolding students in a complex learning environment: What have we gained and what have we missed?. *Educational psychologist, 40*(1), 1-12.
- Reif, F., & Scott, L. A. (1999). Teaching scientific thinking skills: Students and computers coaching each other. *American journal of physics, 67*(9), 819-831.  
<https://doi.org/10.1119/1.19130>
- Rogers, John & Revesz, Andrea. (2019). Experimental and quasi-experimental designs. Teoksessa McKinley, J., & Rose, H. (2019). *The Routledge Handbook of Research Methods in Applied Linguistics*. Routledge.  
<https://doi.org/10.4324/9780367824471>
- Rojas-Drummond, S., & Mercer, N. (2003). Scaffolding the development of effective collaboration and learning. *International journal of educational research, 39*(1-2), 99-111.
- She, H. C., & Liao, Y. W. (2010). Bridging scientific reasoning and conceptual change through adaptive web-based learning. *Journal of Research in Science Teaching: The Official Journal of the National Association for Research in Science Teaching, 47*(1), 91-119.
- Rudolph, M. (2017). Cognitive theory of multimedia learning. *Journal of Online Higher Education, 1*(2), 1-15

- Shute, V. J., & Zapata-Rivera, D. (2007). Adaptive Technologies. *ETS research report series*, 2007(1), i-34. <https://doi.org/10.1002/j.2333-8504.2007.tb02047.x>
- Soe K., Koki S., Chang J. M. (2000). Effect of computer-assisted instruction (CAI) on reading achievement: A meta-analysis. Washington, DC: OERI.
- Sorden, S. D. (2005). A cognitive approach to instructional design for multimedia learning. *Informing Science*, 8, 263-279
- Sosa, G. W., Berger, D. E., Saw, A. T., & Mary, J. C. (2011). Effectiveness of Computer-Assisted Instruction in Statistics: A Meta-Analysis. *Review of educational research*, 81(1), 97-128. <https://doi.org/10.3102/0034654310378174>
- Srisawasdi, N., & Kroothkeaw, S. (2014). Supporting students' conceptual development of light refraction by simulation-based open inquiry with dual-situated learning model. *Journal of Computers in Education*, 1, 49-79.
- Stankov, S., Rosić, M., Žitko, B., & Grubišić, A. (2008). TEx-Sys model for building intelligent tutoring systems. *Computers and education*, 51(3), 1017-1036. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2007.10.002>
- Steenbergen-Hu, S., & Cooper, H. (2014). A Meta-Analysis of the Effectiveness of Intelligent Tutoring Systems on College Students' Academic Learning. *Journal of educational psychology*, 106(2), 331-347. <https://doi.org/10.1037/a0034752>
- Tamim, R. M., Bernard, R. M., Borokhovski, E., Abrami, P. C., & Schmid, R. F. (2011). What Forty Years of Research Says About the Impact of Technology on Learning: A Second-Order Meta-Analysis and Validation Study. *Review of educational research*, 81(1), 4-28. <https://doi.org/10.3102/0034654310393361>
- Tashakkori, A., & Teddlie, C. (2010). *SAGE Handbook of Mixed Methods in Social & Behavioral Research*. SAGE Publications, Inc. <https://doi.org/10.4135/9781506335193>

- Teperi, A-M., Lindfors, E., Kurki, A-L., Somerkoski, B., Ratilainen, H., Tiikkaja, M., Uusitalo, H., Lantto, E. & Pajala, R. 2018. Turvallisuuden edistäminen opetuslalla. *EDUSAFE projektin loppuraportti*. Työterveyslaitos, Helsinki.
- Tolmie, A., Muijs, D., & McAteer, E. (2011). *Quantitative methods in educational and social research using SPSS*. Open University Press.
- Van Lehn, K. 2011. The relative effectiveness of human tutoring, intelligent tutoring systems, and other tutoring systems. *Educational Psychologist*, 46 (4), 197-221.
- Vettenranta, J., Hiltunen, J., Nissinen, K., Puhakka, E., & Rautopuro, J. (2016). Lapsuudesta eväät oppimiseen: neljännen luokan oppilaiden matematiikan ja luonnontieteiden osaaminen: kansainvälinen TIMSS-tutkimus Suomessa. Koulutuksen tutkimuslaitos.
- Vettenranta, J., Hiltunen, J., Kotila, J., Lehtola, P., Nissinen, K., Puhakka, E., Pulkkinen J. & Ström, A. (2020). Perustaidoista vauhtia koulutielle. Neljännen luokan oppilaiden matematiikan ja luonnontieteiden osaaminen. Kansainvälinen TIMSS 2019 -tutkimus Suomessa. Koulutuksen tutkimuslaitos.
- Vygotsky, L. S., & Cole, M. (1978). *Mind in society: Development of higher psychological processes*. Harvard university press.
- Ward, W., Cole, R., Bolaños, D., Buchenroth-Martin, C., Svirsky, E., & Weston, T. (2013). My Science Tutor: A Conversational Multimedia Virtual Tutor. *Journal of educational psychology*, 105(4), 1115-1125.  
<https://doi.org/10.1037/a0031589>
- Weng, P., Maeda, Y., & Bouck, E. C. (2014). Effectiveness of Cognitive Skills-Based Computer-Assisted Instruction for Students With Disabilities: A Synthesis. *Remedial and special education*, 35(3), 167-180.  
<https://doi.org/10.1177/0741932513514858>
- Wise, B., Cole, R., van Vuuren, S., Schwartz, S., Snyder, L., Ngampatipatpong, N., Tuantranont, J. & Pellom, B. 2007. Learning to Read with a Virtual Tutor: Foundations Literacy. Teoksessa Kinzer, C. & Verhoeven, L. (Eds). *Interactive Literacy Education*. New York: Routledge

- Wood, D., Bruner, J. S., & Ross, G. (1976). The role of tutoring in problem solving. *Journal of child psychology and psychiatry*, 17(2), 89-100.
- Xu, Z., Wijekumar, K., Ramirez, G., Hu, X., & Irey, R. (2019). The effectiveness of intelligent tutoring systems on K-12 students' reading comprehension: A meta-analysis. *British journal of educational technology*, 50(6), 3119-3137. <https://doi.org/10.1111/bjet.12758>
- Yelland, N., & Masters, J. (2007). Rethinking scaffolding in the information age. *Computers & Education*, 48(3), 362-382.

## 6

## LIITTEET

Suostumuslomake:

[https://docs.google.com/document/d/1-B2lAg62S4iSloHMFhUIQGRx4u5P\\_RzZ/edit?usp=sharing&oid=104322207716468003126&rtpof=true&sd=true](https://docs.google.com/document/d/1-B2lAg62S4iSloHMFhUIQGRx4u5P_RzZ/edit?usp=sharing&oid=104322207716468003126&rtpof=true&sd=true)

Tutkittavan tiedote:

<https://docs.google.com/document/d/14sh1uMqV2mXHs10cXfN3A5ogWriM7iPQ/edit?usp=sharing&oid=104322207716468003126&rtpof=true&sd=true>

Tutkimuksessa käytetyt testit:

<https://docs.google.com/document/d/1HkNCssQ5i67rQyDPduAG-pUXsJh2PN8g/edit?usp=sharing&oid=104322207716468003126&rtpof=true&sd=true>

[https://docs.google.com/presentation/d/14VY\\_qDn7cpRrtj\\_m90qAs3WurNMj8jiO/edit?usp=sharing&oid=104322207716468003126&rtpof=true&sd=true](https://docs.google.com/presentation/d/14VY_qDn7cpRrtj_m90qAs3WurNMj8jiO/edit?usp=sharing&oid=104322207716468003126&rtpof=true&sd=true)

[https://docs.google.com/document/d/10EV93BTigRvATN\\_H\\_jo7r23Of6JsS4-H/edit?usp=sharing&oid=104322207716468003126&rtpof=true&sd=true](https://docs.google.com/document/d/10EV93BTigRvATN_H_jo7r23Of6JsS4-H/edit?usp=sharing&oid=104322207716468003126&rtpof=true&sd=true)