

Juha-Pekka Salonen

LISÄTYN TODELLISUUDEN KÄYTTÄJÄKOKEMUS JA VUOROVAIKUTUSTAVAT OPPIMISESSÄ

Informaatioteknologian ja viestinnän tiedekunta
Kandidaattitutkielma
Huhtikuu 2020

TIIVISTELMÄ

Juha-Pekka Salonen: Lisätyn todellisuuden käyttäjäkokemus ja vuorovaikutustavat oppimisessa
Kandidaattitutkielma
Tampereen yliopisto
Tietojenkäsittelytieteiden tutkinto-ohjelma
Huhtikuu 2020

Lisätyn todellisuuden eri teknologioita voidaan hyödyntää oppimisessa. Yleisesti nämä teknologiat voidaan jakaa kiinteisiin, käsissä pidettäviin ja puettaviin. Kirjallisuuskatsauksen avulla selvitetään, kuinka opetukseen kohdennettua lisättyä todellisuutta voidaan hyödyntää näiden teknologioiden avulla oppimisessa ja miten opetukseen kohdennettu lisätty todellisuus vaikuttaa oppimiseen ja havaitsemiseen. Edellä mainittuja asioita tutkitaan tarkastelemalla ja analysoimalla kirjallisuudesta valittuja tapausesimerkkejä sekä niiden pohjalta opetukseen kohdennetun lisätyn todellisuuden käytettävyyttä, käyttäjäkokemusta, vuorovaikutustapoja ja oppimisvaikutuksia.

Lisätyllä todellisuudella voidaan vaikuttaa oppimiseen positiivisesti. Lisäksi lisätyllä todellisuudella on mahdollisuudet vaikuttaa havainnointiin. Eri teknologiat vaikuttavat eri tavoin käyttäjäkokemukseen. Ne eroavat jonkin verran toisistaan vuorovaikutustavoiltaan ja -mahdollisuuksiltaan, mutta jokainen niistä tarjoaa luonnollisen vuorovaikutustavan. Yksittäinen teknologia saattaa soveltua parhaiten tietynlaiseen oppimistilanteeseen. Käytetyn yksittäisen teknologian merkitys on kuitenkin pieni oppimisen kannalta. Suurempi merkitys on lisätyn todellisuuden tarjoamalla käyttäjäkokemuksella, sisällöllä ja vuorovaikutuksella sisällön kanssa.

Avainsanat: lisätty todellisuus, oppiminen, käytettävyys, käyttäjäkokemus, havaitseminen, puettava teknologia, kiinteä teknologia, käsissä pidettävä teknologia

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

SISÄLTÖ

1	Johdanto	1
2	Menetelmät.....	2
3	Keskeiset käsitteet	2
3.1	Lisätty todellisuus	3
3.2	Lisätyn todellisuuden teknologiat	4
3.3	Lisätyn todellisuuden vaikutuksen analysointi	5
4	Lisätyn todellisuuden teknologioiden hyödyntäminen oppimisessa	6
4.1	Kiinteä teknologia	6
4.2	Käsissä pidettävä teknologia	9
4.3	Puettava teknologia	11
5	Tulosten yhteenveto ja pohdinta.....	14
6	Yhteenveto	17
	Viiteluettelo	18

1 Johdanto

Lisätyllä todellisuudella (Augmented Reality, AR) tarkoitetaan virtuaalisten objektien esittämistä osana todellista ympäristöä [Azuma 1997]. Näiden objektien tuottamiseen ja esittämiseen käytetään eri teknologioita ja niiden yhdistelmiä, jotka voidaan luokitella yleisesti puettaviin (wearable), kädessä pidettäviin (handheld) ja kiinteisiin (fixed) [Wang ja muut 2018]. Näihin kuuluu erilaisia näyttöteknologioita, joiden avulla käyttäjä näkee virtuaaliset objektit havainnoidessaan todellista maailmaa. Tällä tavoin käyttäjälle saadaan luotua kuva siitä, että virtuaaliset objektit ovat osana todellista maailmaa.

Hyödyntämällä lisättyä todellisuutta on mahdollista tehostaa ihmisen havaintokykyä tuomalla virtuaalisten objektien avulla saataville sellaista informaatiota, mikä ei ole välttämättä aistein suoraan havaittavissa [Azuma 1997]. Lisäksi virtuaalisten objektien avulla voidaan parantaa tai selkeyttää jo havaittavissa olevaa informaatiota, niin laadullisesti kuin ymmärrettävyydenkin kannalta. Lisätyllä todellisuudella voidaan siis vaikuttaa havainnointiin.

Lisätyllä todellisuudella on useita käyttökohteita. Yksi merkittävä käyttökohte lisätylle todellisuudelle on sen soveltaminen opetuksessa [Billinghurst ja muut 2015]. Tällä hetkellä sitä käytetään paljon edellä mainitussa kontekstissa, minkä vuoksi tutkimus tällä saralla on lisääntynyt [Akçayır ja Akçayır 2017]. Viimeisimpien vuosien aikana lisättyä todellisuutta opetuksen yhteydessä onkin tarkasteltu lukuisten erilaisten sovellusten avulla [Billinghurst ja muut 2015]. Näissä tilanteissa sen rooli on paikoin niin merkittävä, että voidaan puhua jopa lisätyn todellisuuden oppimisympäristöistä. Kun opetuksessa käytetään lisättyä todellisuutta, voidaan vaikuttaa positiivisesti oppimiseen formaaleissa oppimisympäristöissä, kuten kouluissa.

Tutkielmassa selvitetään kirjallisuuteen perustuen, miten lisätyn todellisuuden eri teknologioita voidaan hyödyntää oppimisen yhteydessä sekä kuinka lisätty todellisuus vaikuttaa oppimiseen ja havaitsemiseen. Tämä tapahtuu kuvaamalla ja analysoimalla kirjallisuudesta valittuja tapausesimerkkejä sekä niiden pohjalta lisätyn todellisuuden vuorovaikutustapoja, käytettävyyttä, käyttäjäkokemusta ja vaikutusta oppimiseen. Tutkielmassa keskityn formaaliin oppimiseen suunnattuun lisättyyn todellisuuteen.

Luvussa 2 esitän tutkielman aineiston keräämiseen käytetyt menetelmät. Luku 3 koostuu tutkielman aiheeseen liittyvistä keskeisimmistä käsitteistä ja niiden määrittelystä. Tämän jälkeen luvussa 4 selvitän ja analysoin lisätyn todellisuuden teknologioiden soveltamista opetukseen sekä niiden vuorovaikutustapoja, käytettävyyttä, käyttäjäkokemusta ja vaikutusta oppimiseen. Luku 5 koostuu tuloksien yhteenvedosta ja pohdinnastani. Viimeinen luku 6 on yhteenveto.

2 Menetelmät

Tässä luvussa käyn läpi menetelmät, joiden avulla olen kerännyt tutkielman keskeisimmän aineiston. Luku käsittää tiedot aineistohakujen kohteina olevista tietokannoista ja hauissa käytetyt rajaukset. Lisäksi kuvaan, kuinka olen karsinut löydetystä artikkelista aiheeseen sopimattomat artikkelit ja kuinka olen arvioinut artikkelien luotettavuutta.

Tutkielman keskeinen aineisto on koottu julkaisuista, joissa aiheena on ollut lisätty todellisuus opetuksessa. Rajasin aineiston hakua niin, että otin käyttöni pääasiassa kirjallisuutta, jonka julkaisuaikajänke oli aikaisintaan vuosi 2010. Tätä rajausta käytin, koska halusin kirjallisuuskatsauksen aineiston pitävän sisällään mahdollisimman ajankohtaista tietoa. Kirjallisuushakuja tein Andor- ja Google Scholar-hakupalvelun avulla. Näiden lisäksi tein hakuja suoraan tietokantoihin. Kyseisiksi tietokannoiksi valikoituivat ScienceDirect (Elsevier), Computer Science Database (ProQuest), ACM Digital Library, IEEE/IET Electronic Library (IEL) / IEL sekä SpringerLink. Kirjallisuushaussa on siis hyödynnetty useamman tietokannan tarjontaa. Hauissa käytettyjä hakusanoja olivat “augmented reality”, AR, learning, education, “head-mounted display”, HMD, mobile, “handheld display”, fixed, desktop, “user experience”, usability ja perception.

Kirjallisuudesta on kuitenkin karsittu ne oppimista koskevat artikkelit, jotka eivät käsittele formaaliin oppimiseen kohdennettua lisättyä todellisuutta. Aineiston kokoamisessa otin lisäksi huomioon lisätyn todellisuuden eri teknologiat ottamalla aineistoon mukaan sopivasti eri teknologioita koskevia artikkeleja tapausesimerkeiksi. Jokainen valittu tapausesimerkki on käyttäjäpalautetta sisältävä tutkimus. Lisäksi tutkielman aineistoon olen ottanut joitakin yleisesti lisättyä todellisuutta käsitteleviä artikkeleja, joiden perusteella lisätyn todellisuuden eri teknologioita ja niihin liittyviä seikkoja on mahdollista käydä läpi.

Sopiviksi todetuista artikkeleista etsin viiteluettelon avulla lisää potentiaalista kirjallisuutta. Lisäksi käytin lähteiden luotettavuuden arviointiin Julkaisufoorumin [2019] Julkaisukanavahakua. Aineistoon pyrin hyväksymään ne artikkelit, joiden julkaisukanava on saanut edellä mainitulla sivustolla vähintään tasoluokituksen yksi. Kuitenkaan tämä ei täyttnyt joidenkin muuten käyttökelpoisten artikkelien kohdalla, jolloin arvioin itse niiden luotettavuutta parhaani mukaan. Kriteerit täyttäviä artikkeleja olisi ollut saatavilla huomattavasti enemmänkin, mutta tutkielman rajatun laajuuden vuoksi jouduin jättämään ne huomiotta.

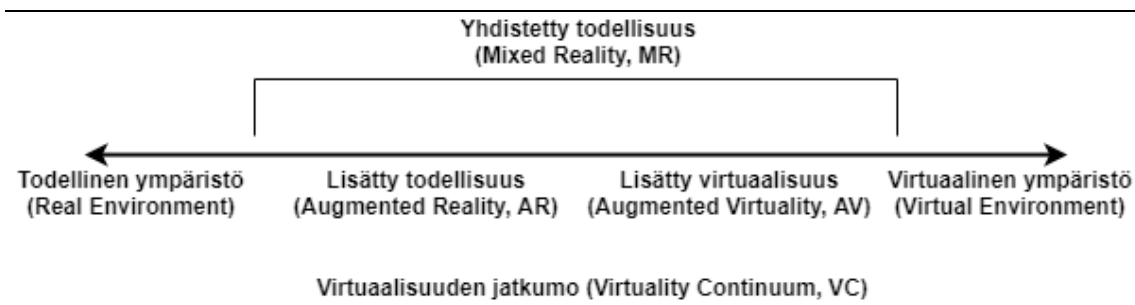
3 Keskeiset käsitteet

Tässä luvussa tuon esiin ja määrittelen kirjallisuuskatsauksen keskeisimmät käsitteet, joita ovat lisätty todellisuus, lisätyn todellisuuden teknologiat ja lisätyn todellisuuden vaikutuksen analysointi. Aluksi määrittelen lisätyn todellisuuden käsitteen. Tämän jälkeen

selvitän lisätyn todellisuuden eri teknologioita. Viimeisenä käsittelen lisätyn todellisuuden vaikutuksen analysointia.

3.1 Lisätty todellisuus

Milgram ja Kishino [1994] esittivät lisätyn todellisuuden olevan osa virtuaalisuuden jatkumoa (kuva 1), jonka ääripäissä ovat todellinen ympäristö ja virtuaalinen ympäristö. Tästä on käytetty yleisesti nimitystä Milgramin jatkumo.



Kuva 1. Virtuaalisuuden jatkumo [Milgram ja Kishino 1994]

Lisätty todellisuus kuuluu yhdistettyyn todellisuuteen (Mixed Reality, MR), joka on laajempi käsite. Tähän kuuluvat kaikki ympäristöt todellisen ja virtuaalisen ympäristön välillä, joissa todellisia ja virtuaalisia objekteja esitetään yhtä aikaa samalla näytöllä [Milgram ja Kishino 1994]. Lisätty todellisuus on kuitenkin lähempänä todellista ympäristöä kuin virtuaalista ympäristöä siinä mielessä, että käyttäjä pysyy erittäin tietoisena todellisesta ympäristöstä.

Lisätylle todellisuudelle ei ole sanatarkkaa yhtenäistä määritelmää. Azuman [1997] mukaan lisätty todellisuus on yksi virtuaalitodellisuuden muoto, jossa virtuaaliset objektit yhdistyvät todellisen ympäristön kanssa, säilyttäen todellisen ympäristön ominaisuudet. Toisin sanoen lisätyssä todellisuudessa virtuaaliset objektit ovat ainoastaan osa todellista ympäristöä. Azuma [1997] määrittää lisätyn todellisuuden seuraavan kolmen piirteen mukaan:

1. Lisätty todellisuus yhdistää todellisuutta ja teknologian tuottamaa virtuaalisuutta.
2. Lisätyssä todellisuudessa vuorovaikutteisuus toimii reaaliaikaisesti.
3. Lisätty todellisuus toimii kolmiulotteisessa ympäristössä.

Garzón ja Acevedo [2019] mainitsevat, että lisätyn todellisuuden määritelmän tulisi olla sellainen, joka huomioisi kaikki ihmisen aistit. Lisätty todellisuus onkin vuosien aikana kehittynyt hyödyntämään useita modaliteetteja. Tässä tutkielmassa keskityn kuitenkin lisätyn todellisuuden tarjoamiin visuaalisiin ärsykkeisiin.

3.2 Lisätyn todellisuuden teknologiat

Lisättyä todellisuutta on mahdollista käyttää monien erilaisten teknologioiden ja näiden yhdistelmien avulla. Se ei ole enää laitesidonnaista, kallista tai hankalasti käytettävää, kuten aikaisemmin [Akçayır ja Akçayır 2017].

Lisätyn todellisuuden teknologiat voidaan luokitella yleisesti kolmeen eri kategoriaan: puettava, kädessä pidettävä ja kiinteä [Wang ja muut 2018]. Yksittäiseen kategoriaan kuuluvat järjestelmät ovat yleensä useamman teknologian yhdistelmiä. Näihin yhdistelmiin kuuluu erilaiset näyttöteknologiat. Näyttöteknologioiden lisäksi lisätty todellisuus tarvitsee muitakin teknologioita, jotka voivat toisinaan näyttöteknologian kanssa olla osana samaa laitetta. Tällaisia teknologioita ovat esimerkiksi erilaiset videokamerajärjestelmät.

Puettavaan teknologiaan kuuluvat näytöt ovat pääasiassa käyttäjän päähän asetettavia silmikkoja (head-mounted display, HMD) ja älylaseja. Kädessä pidettävään teknologiaan kuuluvat näytöt taas ovat yleensä osana mobiililaitteita, kuten älypuhelimia tai tabletteja. Kiinteään teknologiaan kuuluvat näytöt ovat yleensä desktop-näyttöjä. [Wang ja muut 2018]

Näyttöteknologiat voidaan jakaa edelleen optisiin läpinäkyviin näyttöihin (optical see-through display), videon läpi katsottaviin näyttöihin (video see-through display) ja projisoituihin näyttöihin (projection based AR display). Projisoitujen näyttöjen kohdalla lisätyn todellisuuden objektit heijastetaan suoraan oikeiden objektien pintaan. Yleensä objekteja heijastava projektori on kiinnitetty tiettyyn paikkaan. [Billinghurst ja muut 2015] Tällöin projisoidut näytöt voidaan luokitella myös kiinteän teknologian piiriin. Edellä mainittu luokittelu ei kuitenkaan ole täysin sitova, sillä on olemassa käyttäjän mukana kulkevia projektoreja.

Lisätyn todellisuuden teknologiat on mahdollista luokitella kahteen kategoriaan sen mukaan, kuinka ne kohdentavat virtuaalisia objekteja käyttäjän nähtäville. Kuvaan perustuva lisätty todellisuus tarvitsee todellisessa ympäristössä erikseen suunnitellun markkerin (marker), jonka avulla se merkitsee paikan näytölle ilmestyvälle virtuaaliselle objektille. Markkerin sijasta virtuaalisten objektien kohdentamisessa voidaan käyttää todellisesta ympäristöstä saatuja grafiikoita. [Cheng ja Tsai 2013] Tällaisia voivat olla esimerkiksi eri muodot ja värit. Sijaintiin perustuva lisätty todellisuus toimii ilman kuvan tunnistamista ja esittää virtuaaliset objektit käyttäjän sijaintitietojen mukaan [Cheng ja Tsai 2013]. Käyttäjän sijaintiin liittyviä tietoja on mahdollista saada esimerkiksi GPS- tai WiFi-tekniikan avulla.

Edellä olevat luokittelut kuvaavat lisätyn todellisuuden monimuotoisuutta ja sitä, kuinka monen erilaisen teknologian ja niiden variaatioiden avulla lisättyä todellisuutta voidaan käyttää. Jokainen teknologia tarjoaa käyttäjälleen lisätyn todellisuuden hieman

erilaisen kokemuksen kautta. Pelkästään useiden teknologioiden yhdistelmien ja variaatioiden vuoksi on mahdollista kokea lisätty todellisuus usealla tavalla. Tutkielmassa käytän jäsenyyksenä Wangin ja muiden [2018] luokittelua puettaviin, käsissä pidettäviin ja kiinteisiin teknologioihin. Kaikki tapausesimerkit koostuvat markkeripohjaisista, videon läpi katsottavista lisätyn todellisuuden teknologioista.

3.3 Lisätyn todellisuuden vaikutuksen analysointi

Lisätyn todellisuuden vaikutusta oppimiseen voidaan tarkastella useammasta näkökulmasta. Lisätyn todellisuuden avulla saadut oppimistulokset luonnollisesti kertovat kyvystä vaikuttaa oppimistavoitteisiin. Oppimistulokset voivat kuitenkin vaihdella tilanteesta riippuen. Tämän vuoksi on huomioitava muitakin seikkoja, joiden avulla voidaan ymmärtää, kuinka lisätty todellisuus vaikuttaa kokonaisuudessaan oppimiseen.

Käytettävyys (usability) keskittyy itse käyttötilanteeseen. Käytettävyys koostuu vaikeavuudesta, tehokkuudesta ja tyytyväisyydestä, jolla käyttäjän on mahdollista saavuttaa tavoitteensa käyttäessään järjestelmää, tuotetta tai palvelua. Tähän vaikuttaa se, kuinka hyvin järjestelmän, tuotteen tai palvelun käyttäminen kohtaa käyttäjän tarpeet ja olettamukset sitä kohtaan. [ISO 9241-11 2018] Käytettävyys voidaan määrittää myös laajemmin. Nielsen [1994, s.26] määrittää käytettävyyden rakentuvan opittavuudesta, tehokkuudesta, muistettavuudesta, virheettömyydestä ja tyytyväisyydestä, jotka kuvaavat käyttöliittymän käytön helppoutta ja miellyttävyyttä.

Käyttäjäkokemus (user experience) laajentaa käsitystä lisätyn todellisuuden teknologian käyttötilanteen ulkopuolelle. ISO 9241-210 -standardi [2019] määrittelee käyttäjäkokemuksen olevan seuraus tuotteen käytöstä tai aikomuksesta käyttää sitä, koostuen käyttäjän tunteista, uskomuksista, mieltymyksistä, aistimuksista, mukavuudesta, käyttäytymisestä ja aikaansaannoksista, jotka voivat syntyä joko ennen käyttöä, sen aikana tai sen jälkeen. Käyttäjäkokemus antaa siis kuvan esimerkiksi siitä, kuinka käyttäjä voi odottaa käyttötilannetta ja eläytyä oppimiseen lisätyssä todellisuudessa.

Lisätyn todellisuuden vaikutusta oppimiseen voidaan analysoida motivaation ja sitoutuneisuuden kannalta. Keskeisenä seikkana on se, voiko lisätty todellisuus vaikuttaa käyttäjän motivaatioon ja sitoutuneisuuteen. Motivaatio saattaa vaikuttaa oppimiseen. Toisaalta käyttäjän tulisi olla samanaikaisesti jollain tavalla sitoutunut oppimaan lisätyssä todellisuudessa.

Käytettäessä lisättyä todellisuutta visuaalinen havaintokyky on tärkeässä roolissa. Tämä täytyy huomioida eritoten, kun lisätty todellisuus on osa oppimista. [Jeřábek ja muut 2014] Lisätty todellisuus perustuu laajalti visuaalisiin ärsykkeisiin. Oppimisen kannalta on tärkeää, että tarjottu tieto on hyvin havaittavissa eikä sitä esitetä liikaa ihmisen tiedonkäsittelykykyyn nähden.

4 Lisätyn todellisuuden teknologioiden hyödyntäminen oppimisessa

Tässä luvussa käytän kolmea tutkimusta tapausesimerkkeinä, joiden avulla tarkastelen lisätyn todellisuuden formaaliin oppimiseen kohdennettuja teknologioita. Aluksi tarkastelen kiinteää teknologiaa, tämän jälkeen käsissä pidettävää teknologiaa ja viimeisenä puettavaa teknologiaa. Käyn tapausesimerkkejä läpi kuvaillen lisätyn todellisuuden vuorovaikutustapoja, käytettävyyttä, käyttäjäkokemusta ja vaikutusta oppimiseen niiltä osin, kuin niitä on alkuperäisissä tutkimusartikkeleissa kuvattu. Jokaisen kohdan lopussa analysoin tarkasteltavaa teknologiaa laajemmin sekä muiden lähteiden että oman pohdinnan kautta.

4.1 Kiinteä teknologia

Dalim ja muut [2020] käyttivät tutkimuksessaan TeachAR-nimistä englanninkielen oppimiseen suunnattua lisätyn todellisuuden sovelluksen prototyyppiä. Järjestelmän avulla on mahdollista oppia värejä, muotoja ja objektien spatiaalisiin suhteisiin liittyviä prepositioiden vastaavia englanninkielisiä sanoja. Sovelluksen tuntemat prepositiot ovat “on”, “beside”, “in front of”, “behind”, ja “under”. Sovellus on suunnattu esikoululaisille. Järjestelmä koostuu desktop-näytöstä, videokamerasta, mikrofonista ja käsin manipuloitavista markkereista. Markkerit koostuvat englanninkielen sanoja havainnollistavista kuvista. Kuhunkin markkeriin on kirjoitettu kuvaa vastaava sana. Yksi markkeri voi vastata joko väriä, muotoa tai prepositiota. Lisäksi järjestelmä hyödyntää markkereita, jotka on tarkoitettu käytettäväksi järjestelmän tietyssä oppimistilassa.

Dalimin ja muiden [2020] käyttämä järjestelmä toimii siten, että esikoululainen istuu pöydällä olevan näytön edessä. Näytön ylle asetettu videokamera kuvaa todellista ympäristöä, esikoululaisen nähdessä sen peilikuvana. Kun esikoululainen tuo tietyn markkerin kameran eteen, videokamera tunnistaa markkerin ja sitä vastaava virtuaalinen objekti ilmestyy näytöllä sen päälle. Objektit järjestelmässä kohdennetaan siis markkerien avulla. Dalim ja muut lisäsivät markkereihin varret, joista käyttäjä voi pitää kiinni. Tämä auttaa markkerien tunnistamisessa, sillä käyttäjän käsi ei näin ollen voi olla videokameran ja markkerin välissä. Lisäksi Dalim ja muut tekivät markkereista mattapintaisia, mikä eliminoi tunnistusta haittaavan valon heijastumisen niiden pinnasta. Vuorovaikutuksessa TeachAR-sovelluksen kanssa on mahdollista olla markkereiden tai puheen avulla. Sovelluksessa on kaikkiaan neljä oppimistilaa, joista kerron seuraavaksi.

Ensimmäinen oppimistila on värien ja muotojen opettelu (kuva 2A). Kyseisessä tilassa esikoululaisen tarvitsee tuoda väriä tai muotoa vastaava markkeri kameran eteen, jolloin sitä vastaava kolmiulotteinen virtuaalinen objekti näkyy näytöllä. Väriä ja muotoa vastaavat markkerit on mahdollista tunnistaa samanaikaisesti, jolloin näytöllä näkyy väriä vastaava objekti ja muotoa sekä väriä vastaava objekti. Toinen oppimistila on värien ja muotojen opettelu puhetta käyttämällä (kuva 2B). Kyseisessä tilassa käytetään siihen so-

veltuva markkeria, joka tuodaan kameran eteen. Esikoululaisen sanoessa muodon ja värin englanniksi kyseisillä ominaisuuksilla oleva objekti ilmestyy markkerin päälle näytöllä. Kolmas oppimistila on spatiaalisten suhteiden opettelu (kuva 2C). Kameran eteen tuodaan väriä, muotoa ja prepositiota kuvaavat markkerit. Näiden päällä näkyvät niitä vastaavat objektit. Lisäksi tarvitaan kyseiseen oppimistilaan soveltuva markkeri, jonka läheisyyteen ilmestyy pöytää kuvaava objekti näytöllä. Tunnistettu väri, muoto ja prepositio määrittävät, minkä näköinen samaan aikaan ilmestyvä objekti on ja missä suhteessa se on pöytää kuvaavan objektin kanssa. Objekti voi esimerkiksi näkyä näytöllä pöydän päällä, kuten kuvassa 2C. Neljäs oppimistila on spatiaalisten suhteiden opettelu puhetta käyttämällä (kuva 2D). Tässä tilassa käytetään siihen soveltuvia markkereita. Kun esikoululainen sanoo ääneen muodon, värin ja preposition, näytöllä näkyy pöytä ja objekti vastaavalla tavalla kuin spatiaalisten suhteiden oppimistilassa (kuva 2C). Esimerkiksi esikoululaisen muodostama lause voi olla "Put the yellow cube on the table", josta "yellow", "cube" ja "on" rekisteröidään.



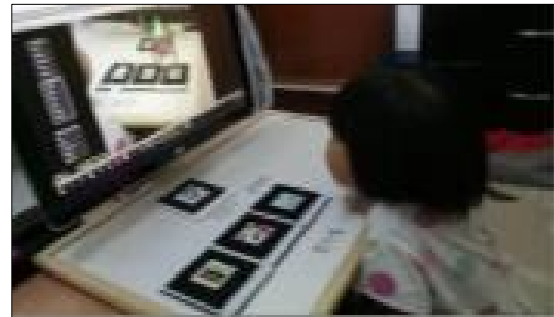
A



B



C



D

Kuvat 2A-D. TeachAR [Dalim ja muut 2020]

Dalim ja muut [2020] tutkivat lisätyn todellisuuden vaikutusta esikoululaisten englanninkielen tiedonsaantiin ja tehtävien suoritusajkaan TeachAR-sovelluksen avulla. Lisäksi he tutkivat, kuinka nautinnollista ja helppoa lisätyn todellisuuden järjestelmää oli käyttää. Esikoululaisista kukaan ei puhunut englantia äidinkielenään. Vertailukohteena lisätylle todellisuudelle käytettiin graafista käyttöliittymää, jossa vuorovaikutuksessa oltiin hiiren ja puheen avulla.

Dalimin ja muiden tutkimukseen osallistuneet esikoululaiset jaettiin kaikkiaan kahdeksaan ryhmään, joista neljä ryhmää jaettiin käyttämään TeachAR-sovelluksen oppimistiloja. Toiset neljä ryhmää taas käyttivät graafisen käyttöliittymän neljää vastaavaa oppimistilaa. Tutkimus suoritettiin kahdessa vaiheessa. Aluksi tutkittiin lisätyn todellisuuden vaikutusta värien ja muotojen oppimisen osalta, tämän jälkeen spatiaalisten suhteiden oppimisen osalta. Esikoululaiset tekivät osaamista mittaavan testin ennen ja jälkeen opetusjärjestelmien käytön. Näillä mitattiin heidän tiedonsaantiaan. Nautinnollisuutta tutkimuksessa mitattiin lisätyn todellisuuden ja graafisen käyttöliittymän käytön jälkeisellä kyselyllä. Kysely käytti Likert-asteikkoa smileyometer-hymiöiden avulla. Helppokäyttöisyydestä kerättiin tietoa suullisesti kysymällä. Lisäksi sitoutuneisuutta tarkkailtiin.

Dalim ja muut [2020] havaitsivat tutkimuksessaan, että TeachAR ja graafinen käyttöliittymä eivät eronneet väreihin liittyvässä tiedonsaannissa. Kuitenkin sekä muotojen että spatiaalisten suhteiden oppimisessa TeachAR tehosti parhaiten tiedonsaantia. TeachAR puheella toimi tässä asiassa parhaiten. Värien ja muotojen oppimisen yhteydessä mitatussa tehtävien suoritusajassa lisätyn todellisuuden käyttäjät olivat nopeimpia. Parhaiten tässä kuitenkin toimi lisätty todellisuus ilman puhetta syötteenä, samoin kuin spatiaalisten suhteiden oppimisen yhteydessä. Molemmat puhekäyttöliittymät havaittiin hitaiksi tehtävien suoritusajan perusteella spatiaalisten suhteiden oppimisen yhteydessä. Tutkimuksessa lisätty todellisuus havaittiin huomattavasti nautinnollisemmaksi käyttää kuin graafinen käyttöliittymä. Lisäksi lisätty todellisuus paransi sitoutuneisuutta. Lisätty todellisuus ilman puheesyötettä miellettiin helppokäyttöisimmäksi. Lisätty todellisuus puheesyötellä miellettiin hankalammaksi käyttää kuin graafinen käyttöliittymä ilman puheesyötettä.

Kun edellä kuvattua asetelmaa pohditaan laajemmin, voidaan huomata, että desktopnäytön avulla toimivassa lisätyssä todellisuudessa vuorovaikutus tapahtuu melko luonnollisesti, mutta rajoitetusti. Markkereiden avulla objekteja on mahdollista liikuttaa tai kääntää, mutta monipuolisempaa manipulointia on hankala suorittaa. Rajoitetut vuorovaikutustavat voivat vaikuttaa käyttäjäkokemukseen negatiivisesti. Markkereiden kohdistamisessa saattaa tulla ongelmia, sillä ne tunnistava videokamera on yleensä hieman kauempana. Lisäksi vuorovaikutus markkereiden kanssa ei tapahdu välttämättä näytön läheisyydessä, josta lisättyä todellisuutta tarkkaillaan. Tällainen toiminta saattaa olla haastavaa, eikä tunnu niin miellyttävältä.

Positiivinen tiedonsaanti, nautinnollisuus ja sitoutuneisuus vaikuttaisivat olevan jollain tapaa yhteydessä. Samaan päätelmään voi päästä muidenkin tutkimusten pohjalta. Esimerkiksi Teng ja muut [2018] käyttivät samankaltaista järjestelmää tutkiessaan lisätyn todellisuuden vaikutusta ohjelmoinnin oppimiseen. Hekin havaitsivat lisätyn todellisuuden vaikuttavan positiivisesti oppimiseen ja nautinnollisuuteen.

Hieman hämmentävää on se, että vaikka puheesyötteellä toimiva lisätty todellisuus miellettiin hankalaksi, se kuitenkin tehosti parhaiten tiedonsaantia ja tehtävistä suoriutumisista. Lisäksi se lisäsi sitoutuneisuutta ja nautinnollisuutta. Vaikuttaisi siltä, että itse lisätty todellisuus saa aikaan positiivisen ja motivoivan käyttäjäkokemuksen, johon ei välttämättä vaikuta käytön hankaluus niin paljoa. Dalim ja muut [2020] mainitsevatkin esikoululaisten olleen motivoituneita ja sitoutuneita, kun he saivat palautetta puheestaan virtuaalisen objektin muodossa. He mainitsevat myös palautteen epäonnistuneen joissain tilanteissa, jolloin esikoululaisten sitoutuneisuus laski. Lisäksi esikoululaisia motivoi itsensä näkeminen näytöllä objektien kanssa. Tämä kertoo lisätyn todellisuuden tarjoaman immersion merkityksestä.

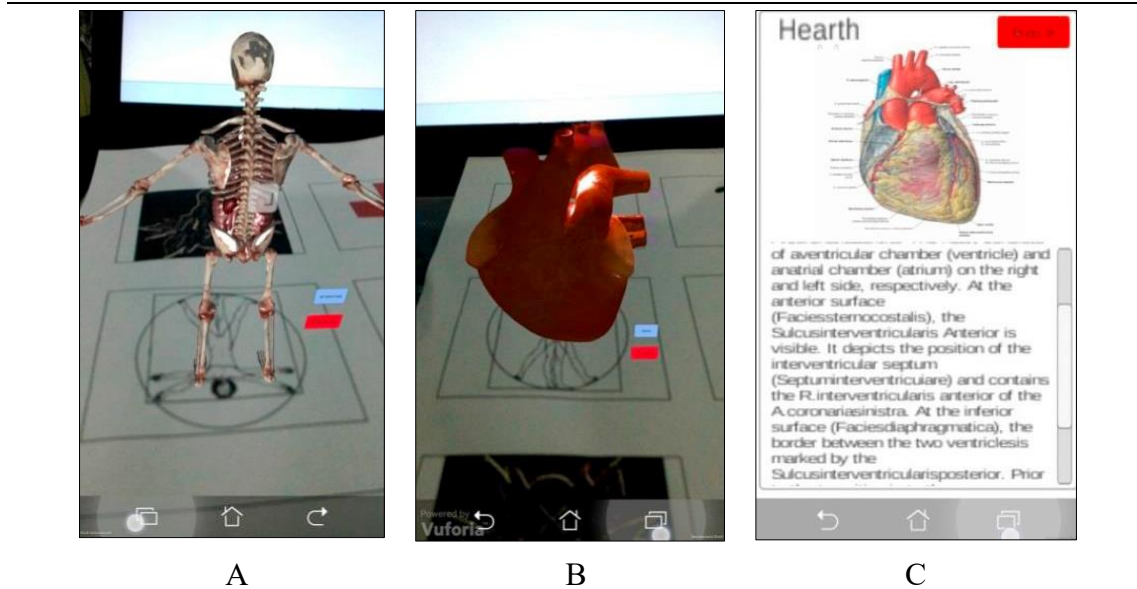
Esikoululaisille lisätty todellisuus oli käytettävyydeltään parempi kuin graafinen käyttöliittymä. Esikoululaisilla oli vaikeuksia käyttää graafisen käyttöliittymän hiirtä, mutta lisätyn todellisuuden markkerien kanssa ongelmia ei ollut [Dalim ja muut 2020].

Lisätty todellisuus vaikuttaisi onnistuvan havainnollistamaan englanninkielen sanoja toimivasti. Lisäksi objektien manipulointi mahdollistaa paremman ymmärryksen. Desktop-näytön avulla toimiva lisätty todellisuus vaikuttaisi mahdollistavan yhteistyöllä oppimisen ison käyttöalueensa vuoksi. Lisäksi se vaikuttaisi tukevan tutkivaa oppimista objektien manipuloinnin ja havainnollisuuden vuoksi.

4.2 Käsissä pidettävä teknologia

Kurniawan ja muut [2018] käyttivät tutkimuksessaan älypuhelimessa toimivaa lisätyn todellisuuden sovellusta. Sovellus on tarkoitettu anatomian oppimiseen. Sen nimi onkin osuvasti Anatomar. Sovelluksen kanssa on mahdollista olla vuorovaikutuksessa älypuhelimien kosketusnäytön avulla, älypuhelinlaite kallistamalla ja liikuttamalla tai joissain tilanteissa markkerin avulla. Älypuhelimien videokamera välittää videokuvaa todellisesta ympäristöstä. Tähän videokuvaan lisätään virtuaaliset objektit tarkasteltavaksi ja manipuloitavaksi.

Sovelluksen käyttö tapahtuu seuraavasti. Sovelluksessa valitaan aluksi opiskeltava asia sovelluksen aloitusvalikosta. Tämän jälkeen älypuhelimien videokameran on mahdollista tunnistaa paperilla oleva markkeri. Opiskelijan on tässä tilanteessa kohdistettava älypuhelimien videokamera kohti markkeria. Havaitun markkerin kohdalle ilmestyy ihmistä kuvaava objekti (kuva 3A). Tämän ulkonäkö riippuu opiskeltavasta asiasta. Kuvassa 3A opiskeltavaksi aiheeksi on valittu ihmisen sisäelimet. Opiskelija voi valita näytöllä näkyvästä ihmistä kuvaavasta virtuaalisesta objektista haluamansa sisäelimen tarkasteltavaksi koskettamalla sitä sormellaan, jolloin se ilmestyy näyttöön objektina, korvaten ihmistä kuvaavan objektin (kuva 3B). Tätä objektia koskettamalla opiskelija näkee objektia koskevan kuvauksen (kuva 3C), joka kuitenkin vaikuttaisi peittävän lisätyn todellisuuden näkymän.



Kuvat 3A-C. Anatomar [Kurniawan ja muut 2018]

Kurniawanin ja muiden [2018] mukaan objekteja on mahdollista kääntää, loitontaa tai lähentää. Operaatiot on mahdollista suorittaa kahdella eri tavalla. Yksi tapa on kääntää, loitontaa tai lähentää markkeria. Toinen tapa taas on tehdä samat toimenpiteet Android-pohjaisilla kosketuseleillä. Esimerkiksi loitonnus Androidissa tapahtuu kosketusnäytössä nipistuseleellä. Kurniawan ja muut [2018] mainitsevat myös, että objekteja on mahdollista tarkastella eri kulmista liikuttamalla tai kallistamalla älypuhelimta. Objektien vieressä olevien kahden virtuaalisen painikkeen näköisen objektin merkitys jäi epäselväksi Kurniawanin ja muiden tutkimusartikkelissa (kuva 3A; kuva 3B).

Kurniawan ja muut [2018] tutkivat Anatomarin käyttökelpoisuutta ihmisen anatomian oppimiseen. He uskoivat anatomiaan liittyvien asioiden ymmärtämisen helpottuvan, kun ne visualisoidaan kaksiulotteisten kuvien sijaan kolmiulotteisina. Tutkimukseen osallistui toisen asteen opiskelijoita ja lääketieteen opiskelijoita.

Sovelluksen käytön jälkeen opiskelijat vastasivat kyselyyn, joka hyödynsi Likert-asteikkoa. Kysely oli jaettu viiteen kategoriaan: sovelluksen opetusmateriaalit, käyttöliittymä, multimediaominaisuudet, vuorovaikutus ja käytännöllisyys. Kyselyn perusteella selvisi, että opiskelijat olivat melko tyytyväisiä sovellusta kohtaan. Opiskelijoiden mielestä sovellus auttaa oppimaan helpommin. Kuitenkin jotkut opiskelijat kokivat, että sovellus olisi tehokkaampi, jos esitetty teoreettinen teksti olisi ollut visuaalisempaa ja yhteydessä paremmin objekteihin. Lisäksi joidenkin opiskelijoiden mielestä käyttöliittymässä esitetty teksti oli hieman pientä, muuten käyttöliittymän ulkoasuun oltiin suhteellisen tyytyväisiä. Muutamat käyttäjät kokivat hämmennystä käyttäessään sovellusta, sillä se ei juurikaan kertonut mitään ominaisuuksistaan. Silti sovellus koettiin kyselyn perusteella käyttökelpoiseksi. Sovelluksen vuorovaikutus ja multimediaominaisuudet saivat kyselyssä parhaimmat pisteet, käyttöliittymä heikoimmat, kuitenkin hyväksyttävät.

Oppiminen käsissä pidettävän teknologian avulla tuotetussa lisätyssä todellisuudessa saa aikaan omanlaisen käyttäjäkokemuksen. Mobiililaitteet mahdollistavat usean erityyppisen vuorovaikutustavan. Vuorovaikutukseen voi esimerkiksi käyttää markkereita sekä mobiililaitteen näyttöä. Mobiililaitetta voi lisäksi liikuttaa tai kääntää objekteja tarkastelukseen. Liikutettavuus onkin eräs mobiililaitteiden etu lisättyä todellisuutta käytettäessä. Oppiminen ei ole sidottuna mihinkään kontekstiin. Esimerkiksi lisätyn todellisuuden käytöstä on saatu positiivisia tuloksia liikkumista vaativassa laboratorio-opiskelussa [Akçayır ja muut 2016]. Vuorovaikutusmahdollisuuksia voisi sanoa olevan useampia verrattuna kiinteään teknologiaan tai puettavaan teknologiaan. Kurniawanin ja muiden [2018] mukaan älypuhelimien tarjoamat vuorovaikutustavat mahdollistavat kolmiulotteisten materiaalien paremman hahmottamisen. Tutkimalla objekteja eri kulmista ja manipuloimalla niitä voi olla mahdollista kerätä tietoa niistä tehokkaasti. Mobiililaitteen etuna on myös se, että kaikki vuorovaikutus voi tapahtua yhden laitteen avulla.

Mobiililaitteiden ongelmaksi lisättyä todellisuutta käytettäessä saattaa muodostua pienet näytöt. Kaikkea tarvittavaa informaatiota saattaa olla hankalaa tuoda näytölle objektien avulla. Tai jos tarpeellinen informaatio tuodaan näytölle, se joudutaan esittämään pienessä tilassa, mikä voi vaikuttaa havaittavuuteenkin. Lisäksi tällä saattaa olla vaikutusta siihen millainen käyttäjäkokemus opiskelijalle muodostuu. Kuitenkin olisi tärkeää, että kaikki saatava oppimateriaali olisi käytettävissä. Käyttäjäkokemusta saattaa häiritä se, että mobiililaitteilla informaatiota esitettäessä saatetaan joutua poistumaan lisätyn todellisuuden näkymästä. Dynaaminen tiedon esittäminen on eräs kompakti keino esittää tietoa. Opeteltavaa sisältöä on helpompi ymmärtää, kun sitä visualisoidaan dynaamisesti staattisen visualisoinnin sijasta [Diaz ja muut 2015]. Näin voidaan vältellä ongelmia, joita pienten näyttöjen kanssa tulee. Toisaalta dynaamisesti visualisoitu tieto on ihmiselle hankalinta prosessoida [Jeřábek ja muut 2014].

Vaikkakin lisätyn todellisuuden avulla oppiminen mobiililaitteella oli Kurniawanin ja muiden [2018] tutkimuksen mukaan hieman ongelmallista, silti siihen oltiin tyytyväisiä ja sen koettiin auttavan oppimisessa. Tähän saattaa vaikuttaa itse lisätyn todellisuuden tarjoama käyttäjäkokemus, josta mainitsin jo kohdassa 4.1. Tässä tilanteessa lisätyllä todellisuudella saattaa olla hyvinkin mahdollisuudet sitouttaa ja motivoida. Mobiililaitteet ovat usein hyvin henkilökohtaisia, joten niillä käytettävä lisätty todellisuus saattaisi sopia parhaiten tutkivaan tai itsenäiseen opiskeluun.

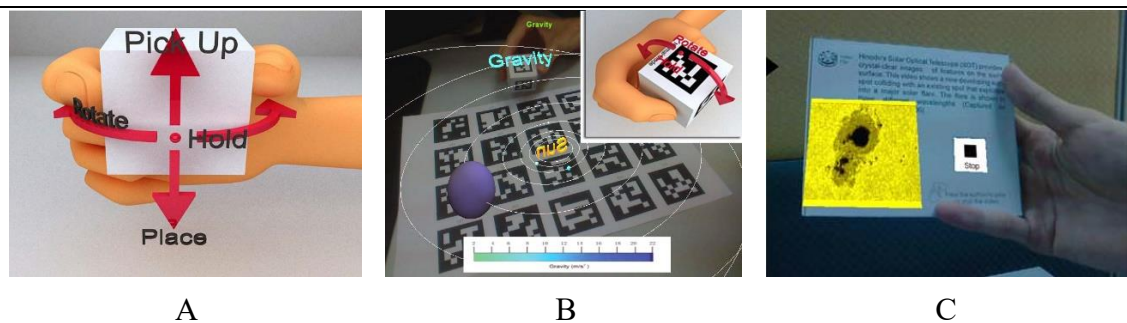
4.3 Puettava teknologia

Sin ja Zaman [2010] käyttivät tutkimuksessaan astronomian oppimiseen tarkoitettua Live Solar System -nimistä järjestelmää, jota voi luonnehtia eräänlaiseksi lisättyä todellisuutta hyödyntäväksi kirjaksi. Live Solar Systemin avulla opiskelijan on mahdollista tutkia omaa aurinkokuntaamme ja oppia siihen liittyviä asioita ja ilmiöitä. Järjestelmässä lisätyn

todellisuuden avulla tuodaan eri tyyppisiä objekteja, kuten esimerkiksi videoita, grafiikkaa, tekstiä ja kolmiulotteisia objekteja, täydentämään fyysisiä opetusmateriaaleja.

Sinin ja Zamanin käyttämässä järjestelmässä silmikkoon asetettu videokamera kuvaa todellista ympäristöä. Videokuvaan yhdistetään tilanteen mukaan erilaisia virtuaalisia objekteja, jonka jälkeen se esitetään opiskelijalle markkerin päällä, silmille asetetun silmikon näytöllä. Live Solar Systemin kanssa vuorovaikutuksessa voidaan olla kahdella tavalla. Ensimmäinen näistä on käsissä pidettävä fyysinen kuutio (kuva 4A), jonka avulla voidaan manipuloida aurinkokuntaa ja siihen liittyviä virtuaalisia objekteja, kuten planeettoja. Tämä tapahtuu ihmiselle luonnollisilla liikkeillä, joita ovat kuution laskeminen, nostaminen, kääntäminen ja kiinnipitäminen. Esimerkiksi kääntämällä kuutiota voidaan vaihtaa virtuaalisista objekteista koostuvan aurinkokunnan tila normaalitilasta gravitaatiotilaan (kuva 4B). Kuutiossa olevista markkereista voidaan tunnistaa videokameran avulla erilaiset kuutioon kohdistuvat liikkeet. Toinen vuorovaikutustapa Live Solar Systemin kanssa ovat fyysiset markkereita sisältävät kortit, jotka voivat tarjota muun muassa informaatiota kuution avulla nostetusta planeetasta tai poistaa planeetan aurinkokunnasta. Informaatiota virtuaaliseen aurinkokuntaan liittyen voidaan saada esimerkiksi videon avulla (kuva 4C). Tämä tapahtuu seuraavasti. Kortissa on kaksi markkeria, joiden päälle ilmestyvät virtuaaliset objektit, kun kortti on silmikon videokameran tunnistusalueella. Toisen markkerin päälle luodaan sormilla painettava virtuaalinen painike videon käynnistämiseksi tai pysäyttämiseksi. Painike siis muuttuu sen mukaan, onko video käynnissä vai ei. Toisen markkerin päällä taas esitetään itse video.

Live Solar Systemissä on ilmeisesti muitakin mahdollisuuksia tarkastella ja manipuloida lisätyn todellisuuden virtuaalista aurinkokuntaa. Sinin ja Zamanin [2010] artikkeli ei kuitenkaan tuonut näitä niin hyvin esille, että ne olisi voinut esittää tässä.



Kuvat 4A-C. Live Solar System [Sin ja Zaman 2010]

Sinin ja Zamanin [2010] artikkeli on käytettävyytutkimus, jossa Live Solar Systemille järjestettiin käytettävyystestaus toisen asteen opiskelijoiden avulla. Tutkimuksessa mitattiin Live Solar Systemin tehokkuutta, helppokäyttöisyyttä (ease of use) ja opittavuutta. Tehokkuudesta kertoo se, kuinka hyvin Live Solar System auttaa oppimaan. Helppokäyttöisyydestä taas kertoo se, kuinka helpon oppimiskokemuksen Live Solar System tarjoaa.

Opittavuudesta puolestaan kertoo se, kuinka helposti opittavissa astronomia on Live Solar Systemin avulla. Tehokkuuden mittausta tutkimuksessa tapahtui jakamalla osallistujat Live Solar Systemillä opiskelemaan koeryhmään ja tavanomaisilla menetelmillä opiskelemaan kontrolliryhmään. Tämän jälkeen opittu tieto mitattiin kokeella. Ennen ryhmiin jakoa opiskelijat olivat tehneet astronomian tietoja mittaavan kokeen. Opiskelijoiden koetuloksia vertailtiin kahden eri vaiheessa tehdyn kokeen avulla. Helppokäyttöisyyttä ja opittavuutta mitattiin koeryhmän opiskelijoiden kyselyyn antamien vastausten perusteella. Kysely toteutettiin Likert-asteikollisilla väitteillä. Tutkimuksessa järjestelmän opittavuutta mitattiin myös tehtävien suoritusajan perusteella jakamalla osa opiskelijoista kahteen ryhmään: ei kokemusta lisäystä todellisuudesta ja on kokemusta lisäystä todellisuudesta. Näiden ryhmien suoriutumisaikaa Live Solar Systemiin liittyvissä tehtävissä vertailtiin keskenään.

Sinin ja Zamanin tutkimustulokset ovat positiivisia Live Solar Systemin käytettävyyden kannalta. Lisättyä todellisuutta käyttävien opiskelijoiden oppimistulokset paranivat 46%, kun taas perinteisillä menetelmillä opiskelevien opiskelijoiden oppimistulokset paranivat 17%. Suurin osa Live Solar Systemiä käyttäneistä opiskelijoista koki sen helppokäyttöiseksi. Vain 12% oli helppokäyttöisyydestä hieman eri mieltä. Suurin osa opiskelijoista koki opittavuuden helpoksi. Tästäkin 12% oli hieman eri mieltä. Tehtävien suoritusaika ei juurikaan eronnut eri lisätyn todellisuuden kokemuksen omaavien ryhmien välillä. Tutkimuksessaan Sin ja Zaman havaitsivat lisätyn todellisuuden auttavan oppimisessa.

Puettavan teknologian avulla käytetyn lisätyn todellisuuden käyttäjäkokemuksessa on immersio vahvasti läsnä, sillä silmikko tuo virtuaaliset objektit suoraan opiskelijan silmien eteen. Kohdissa 4.1 ja 4.2 käsitellyt lisätyn todellisuuden teknologiat eivät pysty samankaltaiseen immersioon. Immersion avulla virtuaalisten objektien muodossa olevat opiskelumateriaalit on mahdollista kokea paremmin osaksi todellista ympäristöä. Tämä saattaa vaikuttaa positiivisesti käyttäjäkokemukseen. Samoja johtopäätöksiä ei kuitenkaan voi vetää kaikista puettavaa teknologiaa hyödyntävistä tutkimuksista. Esimerkiksi Kadosawan ja Makinon [2018] tutkimuksessa osallistujat eivät olleet tyytyväisiä käytettyyn silmikkoon, sillä sen näkökenttä (field of view, FOV) oli kapea ja markkerien tunnistaminen oli paikoin hankalaa. Kuitenkin Kadosawa ja Makino havaitsivat oppimisen silmikon avulla olevan tehokasta. Tämä puoltaisi jo kohdissa 4.1 ja 4.2 tekemiäni havaintoja siitä, että lisätty todellisuus itsessään voi olla jo sellainen kokemus, joka sitouttaa ja motivoi, teknologioista tai niiden ongelmista riippumatta.

Vuorovaikutus tapausesimerkissä tapahtui ihmiselle luonnollisella tavalla, kuten nostamalla tai kääntämällä kuutiota, jonka avulla syötteitä annettiin. Se, että järjestelmä miel-

lettiin helppokäyttöiseksi saattaa olla seurausta luonnollisesta tavasta olla vuorovaikutuksessa. Opiskelijat oppivat järjestelmän avulla yllättävänkin tehokkaasti. Hyvällä opittavuudella ja helppokäyttöisyydellä on luultavasti oma osansa tässä.

Sinin ja Zamanin [2010] tutkimuksessa pieni osa opiskelijoista oli kuitenkin hieman eri mieltä järjestelmän helppokäyttöisyydestä ja opittavuudesta. Syitä tähän voi olla useita. Kaikki eivät välttämättä ole tottuneet lisättyyn todellisuuteen tai eivät opi visuaalisella ja vuorovaikutteisella tavalla. Lisäksi liiallinen immersio saattaa häiritä joitakin. Edellä mainitut asiat eivät ole myönteisiä käyttäjäkokemuksen kannalta.

Kuitenkin Sinin ja Zamanin [2010] tutkimustulosten perusteella voisi uskoa, että käyttäjäkokemus oli suurimmalla osalla positiivinen. Sin ja Zaman [2010] mainitsevat, että järjestelmä teki oppimisesta lumoavampaa. Tällainen tapa oppia auttoi ymmärtämään astronomiaan liittyviä hankalia käsitteitä. Se voisi toimia hyvin tutkivassa ja itsenäisessä oppimisessä.

5 Tulosten yhteenveto ja pohdinta

Tässä luvussa vedän yhteen luvussa 4 havaitut tulokset ja pohdin niiden merkitystä. Taulukkoon 1 olen koonnut tuloksista yhteenvedon.

Tapausesimerkki	[Dalim ja muut 2020]	[Kurniawan ja muut 2018]	[Sin ja Zaman 2010]
Lisätyn todellisuuden teknologia	kiinteä teknologia	käsissä pidettävä teknologia	puettava teknologia
Oppimisen aihe	vieras kieli	anatomia	astronomia
Vaikutus oppimiseen	tiedonsaanti, tehtävien tekonopeus, sitoutuneisuus, nautinnollisuus	auttaa oppimaan helpommin	auttaa oppimaan helpommin
Vuorovaikutustapa markkerin avulla	objektien liikuttaminen ja kääntäminen	objektien liikuttaminen ja kääntäminen	objektien liikuttaminen, kääntäminen, koskettaminen, objekteista kiinnipitäminen ja objektien tilan vaihtaminen
Muut vuorovaikutustavat	puhe	kosketusnäyttö (objektien liikuttaminen, kääntäminen ja koskettaminen)	ei muita vuorovaikutustapoja
Samanaikaisten käyttäjien määrä	mahdollisesti useita	yksi	yksi

Taulukko 1. Tapausesimerkkien vertailua

Formaaliin oppimiseen suunnatut teknologiat eroavat toisistaan käyttö- ja vuorovaikutustavoiltaan. Tällöin niiden tuomat käyttäjäkokemuksetkin saattavat poiketa toisistaan. En

kuitenkaan löytänyt aineistoa etsiessäni tutkimuksia, jotka olisivat keskittyneet tarkemmin nimenomaan lisätyn todellisuuden tuomaan käyttäjäkokemukseen oppimisen yhteydessä. Tapausesimerkeissä käytettävyys havaittiin hyväksi, millä on luultavasti vaikutusta käyttäjäkokemukseen ja oppimiseen.

Lisätyllä todellisuudella vaikuttaisi olevan mahdollisuudet hyvään käyttäjäkokemukseen oppimisen yhteydessä. Li ja Fessenden [2016] mainitsevatkin lisätyn todellisuuden parantavan käyttäjäkokemusta vähentämällä vuorovaikutuksen raskautta ja kognitiivista kuormaa sekä tuomalla kaikki tarvittava informaatio yhteen, jolloin huomiota ei tarvitse kohdentaa useampaan paikkaan. Nämä toteutuivatkin tarkastelemisani teknologioissa suhteellisen hyvin. Älypuhelimella kuitenkin jouduttiin siirtymään lisätystä todellisuudesta pois, kun objektista haluttiin lisää informaatiota.

Käsissä pidettävässä teknologiassa ongelmana onkin näyttöjen koot. Kiinteässä teknologiassa on rajoitettu toiminta-alue. Puettava teknologia taas saattaa tuottaa liiallisen immersion. Kaikki nämä saattavat vaikuttaa siihen, miten oppiminen lisätystä todellisuudessa onnistuu ja kuinka se koetaan. Kuitenkaan tulosten perusteella näitä ei koettu ongelmiksi tai sitten ne eivät vaikuttaneet oppimiseen häiritsevästi.

Tapausesimerkeissä lisätyn todellisuuden avulla tuotiin pääasiassa kolmiulotteisia objekteja tukemaan oppimista. Vuorovaikutuksessa tärkeässä osassa olivat kädet. Kiinteää teknologiaa käytettäessä vuorovaikutus objektien kanssa tapahtui erillään näytöllä näkyvästä lisätyn todellisuuden näkymästä. Tämä johtuu kiinteän teknologian tavasta peilata todellista ympäristöä, jolloin käsissä olevat markkerit jäävät oppijan ja lisätyn todellisuuden näkymän väliin. Tässä tilanteessa oppijan huomio saattaa vaihdella todellisessa ympäristössä olevien markkereiden ja lisätyn todellisuuden näkymän välillä. Lisäksi liikuttamisen ja kääntämisen ohella objektien monipuolisempi manipulointi saattaa olla hankalaa peilatussa näkymässä. Käsissä pidettävän ja puettavan teknologian kohdalla näitä ongelmia ei ole. Käsissä pidettävää teknologiaa käytettäessä vuorovaikutus objektien kanssa tapahtui sekä markkerin että kosketusnäytön avulla. Kosketusnäyttö mahdollistaa sillä näkyvien objektien koskettamisen ja manipuloimisen sormin tehtävin kosketuselein. Käytännössä kosketusnäytön avulla tapahtuva vuorovaikutus objektien kanssa voi olla hyvinkin monipuolista ja helppoa, sillä vuorovaikutukseen ei tarvita erillistä markkeria. Puettavaa teknologiaa käytettäessä markkerien avulla tapahtuva vuorovaikutus objektien kanssa oli hyvinkin monipuolista. Liikuttamisen ja kääntämisen lisäksi silmikon läpi nähtyihin ympäristössä oleviin objekteihin pystyi esimerkiksi tarttumaan. Tätä varten tarvittiin pelkästään vuorovaikutukseen tarkoitettu kädessä pidettävä markkeri. Käytännössä tarttumismahdollisuus objekteihin on toteutettavissa helposti kosketusnäytölläkin. Puettavaa teknologiaa käytettäessä vuorovaikutus tapahtui myös painamalla sormella markkerin päällä olevaa virtuaalista painiketta, jonka avulla saatettiin käynnistää

tai pysäyttää näytöllä näkyvä video. Puettavan teknologian kohdalla tällaiset vuorovaikutustavat toimivat, sillä sen yhteydessä käsiä voidaan käyttää vapaammin. Vaikkakin eri teknologioiden vuorovaikutusmahdollisuudet ja -tavat eroavat toisistaan niitä yhdistää se, että vuorovaikutus lisätyn todellisuuden objektien kanssa tapahtuu luonnollisin elein. Tapausesimerkeissä puhekomentoja käytettiin vain kiinteän teknologian yhteydessä. Vuorovaikutus objektien kanssa puheen avulla olisi kuitenkin mahdollista myös käsissä pidettävien ja puettavien teknologioiden järjestelmissä.

Lisätyn todellisuuden vaikutus oppimiseen on positiivista. Tapausesimerkkien pohjalta on kuitenkin hankala sanoa, vaikuttavatko eri teknologiat eri tavalla, muutoinkin kuin käyttäjäkokemuksen osalta, oppimiseen. Lisätty todellisuus itsessään saattaa olla se asia, joka vaikuttaa eniten oppimiseen, ei niinkään tietty teknologia. Tietty teknologia kuitenkin voi sopia paremmin tietynlaiseen oppimistilanteeseen. Esimerkiksi kiinteä teknologia mahdollistaa helposti useamman yhtäaikaisen käyttäjän. Käsissä pidettävä ja puettava teknologia soveltuvat paremmin yksittäisen henkilön käytettäväksi.

Tapausesimerkkien pohjalta voisi sanoa lisätyn todellisuuden parantavan havaittavuutta tuomalla informaatiota objektien avulla tehokkaasti esiin ja antamalla käyttäjän manipuloida objekteja. Videoon perustuvan lisätyn todellisuuden eräs hyöty on se, että kehittyneiden tekniikoiden ansiosta virtuaaliset objektit on mahdollista lisätä todellisesta ympäristöstä saatuun kuvaan erittäin tarkasti [Billinghurst ja muut 2015]. Tämä saattaisi tukea havaittavuutta. Aineistoni perusteella on silti mahdotonta sanoa, parantaako lisätty todellisuus havaittavuutta esimerkiksi graafisessa käyttöliittymässä esitettävään multimediatoteutukseen verrattuna.

Vaikka lisätyn todellisuuden teknologiat eroavat toisistaan, ne kaikki vaikuttavat auttavan hankalasti ymmärrettävän informaation saamisessa tuomalla virtuaaliset objektit käyttäjän manipuloitaviksi. Kalalahti [2014, s.7] mainitseekin lisätyn todellisuuden olevan käytännöllinen kognitiivisena tukena, kun opetettavat asiat vaihtelevat abstraktien ja konkreettisten välillä. Lisäksi luonnolliset vuorovaikutusmahdollisuudet voivat parantaa oppimista.

Lisätyn todellisuuden opetussovellukset on yleensä tehty hyödyntämään tietynlaista näyttöä ja siihen liittyvää teknologiaa, eikä niissä oteta huomioon kovinkaan laajasti oppijoiden erilaisuutta [Garzón ja Acevedo 2019]. Sovellusten ja teknologioiden osalta tarvittaisiin enemmän yhtenäisyyttä, sillä itse lisätyn todellisuuden käyttäminen vaikuttaisi olevan oppimisen kannalta tärkeämmässä roolissa kuin eri teknologiat.

Lisätyn todellisuuden käyttämistä oppimisen yhteydessä käsittelevien tutkimusten tuloksia on tarkasteltava välillä hyvinkin kriittisesti. Syitä tähän on useita. Tutkimuksissa on käytetty yleensä vaikeasti arvioitavia, ominaisuuksiltaan vielä kehitysasteella olevia sovelluksia. [Kalalahti 2014, s.6] Esimerkiksi tutkielman tapausesimerkeissä käytetyt sovellukset olivat hyvin pelkistettyjä, eivätkä tuntuneet antavan täyttä kuvaa siitä, mitä

kaikkea lisätyn todellisuuden avulla voidaan tarjota. Sovelluksiin liittyvien seikkojen lisäksi tutkimukset vaihtelevat menetelmiltään. Toiset tutkimukset ovat laadullisia, toiset määrällisiä. Lisäksi jotkut tutkimukset käyttävät molempia menetelmiä. Myös tutkimusjärjestelyt ja verrokkiryhmän käyttäminen vaihtelevat tutkimuksesta toiseen, osallistujien määrän ollessa yleensä vähäinen. [Kalalahti 2014 s.6] Kaikki tämä vaikuttaa siihen, että tutkimuksia on vaikea vertailla keskenään, mikä tekee hankalaa niiden hyödyntämisestä osana isompaa kokonaisuutta.

Tutkimus on keskittynyt suurimmaksi osaksi kädessä pidettävän teknologian tarjoamaan lisättyyn todellisuuteen, kun taas puettava teknologia saa tutkimuksen osalta kai-kista vähäisintä huomiota [Akçayır ja Akçayır 2017]. Tämän huomasi itsekkin etsiessäni ja tarkastellessani kirjallisuutta tutkielmaani varten. Hyvin harva tutkimusartikkeli käsit-teli lisättyä todellisuutta ja oppimista puettavan teknologian kautta.

Potentiaalista kirjallisuutta etsiessäni havaitsin käytettyjen teknologioiden olevan hieman vanhanaikaisia jopa tuoreimmissakin tutkimuksissa. Esimerkiksi markkereita on käytetty jo 1990-luvulla [Billinghurst ja muut 2015]. Tutkimuksissa käytettiin harvoin uudempia edistyneempiä teknologioita. Näiden avulla lisätystä todellisuudesta olisi mahdollista saada tehokkaampaa ja monipuolisempaa. Toki tutkimusten julkaisemiseen saattaa kulua toisinaan hyvinkin pitkä aika, mikä selittää joidenkin teknologioiden van-hanaikaisuuden. Toisaalta taas pitkistä julkaisuajasta johtuen tutkimukset saattavat sisältää vanhentunutta tietoa, sillä jotkut teknologiat voivat vanhentua nopeasti.

Tutkimusten eroavaisuuksista ja puutteista huolimatta niitä voidaan hyödyntää sopi-vassa mittakaavassa ja asiayhteydessä. Esimerkiksi tutkielman kolme tapausesimerkkiä ovat sopiva määrä vuorovaikutustapojen tarkempaan tarkasteluun. Useimmat tapausesi-merkit olisivat saattaneet laajentaa käsitystä oppimisen yhteydessä käytetystä lisätystä to-dellisuudesta. Kuitenkin tutkielman mittakaavassa niiden käsitteleminen olisi ollut ongel-mallista.

6 Yhteenveto

Tutkielmassani selvitin, kuinka lisättyä todellisuutta voidaan hyödyntää formaalin oppi-misen yhteydessä. Lisäksi selvitin, kuinka lisätty todellisuus vaikuttaa oppimiseen ja ha-vaittavuuteen. Edellä mainittuja asioita kävin läpi kirjallisuudesta valittujen tapausesi-merkkien avulla, tarkastellen ja analysoiden niiden pohjalta lisätyn todellisuuden käytet-tävyyttä, käyttäjäkokemusta, vuorovaikutustapoja ja oppimisvaikutuksia. Tapausesimer-keissä lisätyn todellisuuden avulla tuotiin pääasiassa kolmiulotteisia objekteja tukemaan oppimista.

Lisätty todellisuus vaikuttaa oppimiseen positiivisesti. Se voi vaikuttaa myös havait-tavuuteen luonnollisten vuorovaikutusmahdollisuuksien ja manipuloitavien virtuaalisten

objektien avulla. Lisätyn todellisuuden eri teknologiat tarjoavat kukin omanlaisensa käyttäjäkokemuksen. Jokin teknologia voi soveltua toista paremmin tietynlaiseen oppimistilanteeseen. Saattaa kuitenkin olla, että oppiminen lisätyn todellisuuden avulla riippuu vain vähän käytetystä teknologiasta. Ennemmin tähän vaikuttaa itse lisätyn todellisuuden tarjoama käyttäjäkokemus, se millaista sisältöä lisätty todellisuus tuo ja kuinka sen kanssa voidaan olla vuorovaikutuksessa.

Viiteluettelo

- Akçayır, Murat & Gökçe Akçayır. 2017. Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature. *Educational Research Review*, Volume 20, 1-11.
- Akçayır, Murat, Gökçe Akçayır, Hüseyin Miraç Pektaş & Mehmet Akif Ocak. 2016. Augmented reality in science laboratories: The effects of augmented reality on university students' laboratory skills and attitudes toward science laboratories. *Computers in Human Behavior*, Volume 57, 334-342.
- Azuma, Ronald T. 1997. A survey of augmented reality. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 6(4), 355-385.
- Billinghurst, Mark, Adrian Clark & Gun Lee. 2015. A survey of augmented reality. *Foundations and Trends in Human-Computer Interaction*, 8(2-3), 73-272.
- Cheng, Kun-Hung & Chin-Chung Tsai. 2013. Affordances of augmented reality in science learning: Suggestions for future research. *Journal of Science Education and Technology*. 22(4). 449-462.
- Dalim, Che Samihah Che, Mohd Shahrizal Sunar, Dey Arindam & Mark Billinghurst. 2020. Using augmented reality with speech input for non-native children's language learning. *International Journal of Human-Computer Studies*, Volume 134, 44-64.
- Diaz, Christian, Mauricio Hincapié & Gustavo Moreno. 2015. How the type of content in educative augmented reality application affects the learning experience. *Procedia Computer Science*, Volume 75, 205 – 212.
- Garzón, Juan & Juan Acevedo. 2019. Meta-analysis of the impact of augmented reality on students' learning gains. *Educational Research Review*, Volume 27, 244-260.
- ISO 9241-11. 2018. Ergonomics of human-system interaction — Part 11: Usability: Definitions and concepts. International Organization for Standardization.
- ISO 9241-210. 2019. Ergonomics of human system interaction — Part 210: Human-centred design for interactive systems. International Organization for Standardization.

- Jeřábek, Tomáš, Vladimír Rambousek & Radka Wildová. 2014. Specifics of visual perception of the augmented reality in the context of education. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Volume 159, 598-604.
- Julkaisufoorumi. 2019. Julkaisukanavahaku.
<https://www.tsv.fi/julkaisufoorumi/haku.php>. (haettu 29.11.2019)
- Kadosawa, Moe & Mitsunori Makino. 2018 An AR-based support system for self-study of solar orbit. *2018 International Conference on Electronics, Information, and Communication (ICEIC)*, 2018, 1-4.
- Kalalahti, Joanna. 2014. Kokemuksia ja opittua lisätyn todellisuuden opetuskäytöstä. AVO2 / 3DM-osahankkeen julkaisuja, Tampereen Yliopiston Informaatiotieteiden yksikkö SIS, TRIM-tutkimuskeskus. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-44-9485-7>.
- Kurniawan, Michael H., Diana, Suharjito & Gunawan Witjaksono. 2018. Human anatomy learning systems using augmented reality on mobile application. *Procedia Computer Science*, Volume 135, 80-88.
- Li, Angie & Therese Fessenden. 2016. Augmented Reality: What does it mean for UX? <https://www.nngroup.com/articles/augmented-reality-ux/>. [luettu 27.12.2019]
- Milgram, Paul & Fumio Kishino. (1994). A taxonomy of mixed reality visual displays. *IEICE Trans. Information Systems*. vol. E77-D, no. 12. 1321-1329.
- Nielsen, Jakob. 1994. Usability Engineering. Morgan Kaufmann Publishers.
- Sin, Aw Kien & Halimah Badioze Zaman. 2010. Live solar system (LSS): evaluation of an augmented reality book-based educational tool. *2010 International Symposium on Information Technology*, 1, 1-6.
- Teng, Chin-Hung, Jr-Yi Chen & Zhi-Hong Chen. 2018. Impact of augmented reality on programming language learning: efficiency and perception. *Journal of Educational Computing Research*, 56(2), 254-271.
- Wang, Minjuan, Vic Callaghan, Jodi Bernhardt, Kevin White & Anasol Peña-Rios. 2018. Augmented reality in education and training: pedagogical approaches and illustrative case studies. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 9(5), 1391-1402.