

This is a self-archived version of an original article. This version may differ from the original in pagination and typographic details.

Author(s): Rätty, Paavo; Varjosalo, Jeri; Pohjola, Liisi; Rasa, Leena; Sipiläinen, Katriina; Heilala, Ville; Kärkkäinen, Tommi; Hämäläinen, Raija

Title: Monitieteinen tutkimus vaikuttavan virtuaali- ja simulaatio-oppimisen perustana

Year: 2023

Version: Published version

Copyright: ©2023 Tekijät & Jyväskylän ammattikorkeakoulu

Rights: CC BY 4.0

Rights url: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

Please cite the original version:

Rätty, P., Varjosalo, J., Pohjola, L., Rasa, L., Sipiläinen, K., Heilala, V., Kärkkäinen, T., & Hämäläinen, R. (2023). Monitieteinen tutkimus vaikuttavan virtuaali- ja simulaatio-oppimisen perustana. In J. Mäkelä, & M. Ruoranen (Eds.), *Monialaisen yhteistyön voima virtuaalisissa ja reaali maailman toimintaympäristöissä : keskisuomalaista toimintamallia rakentamassa* (pp. 40-49). Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Jyväskylän ammattikorkeakoulun julkaisuja, 326.
<https://urn.fi/URN:ISBN:978-951-830-698-9>

4 MONITIETEINEN TUTKIMUS VAIKUTTAVAN VIRTUAALI- JA SIMULAATIO-OPPIMISEN PERUSTANA

Paavo Rätty, Jeri Varjosalo, Liisi Pohjola, Leena Rasa, Katriina Sipiläinen, Ville Heilala, Tommi Kärkkäinen & Raija Hämäläinen

Virtuaalitodellisuus ja simulaatiot tarjoavat oppijoille immerstiivisen ja vuorovaikutteisen oppimisympäristön, joka voi parhaimmillaan edistää motivaatiota ja sitoutumista sekä helpottaa monimutkaisten käsitteiden ja taitojen oppimista. Ne mahdollistavat myös turvallisen ja kustannustehokkaan harjoittelun vaativissa ja riskialttiissa tilanteissa esimerkiksi terveydenhuollossa, ilmailussa ja teollisuudessa. Eri alojen opiskelijat voivat kehittää taitojaan ja itsevarmuuttaan haastavissa tilanteissa ennen todellisiin tilanteisiin siirtymistä. Virtuaalitodellisuus ja simulaatiot tarjoavat lisäksi mahdollisuuden yksilölliseen oppimiseen ja räätälöityihin oppimispolkuihin, jolloin opiskelijat voivat edetä omassa tahdissaan ja saada välitöntä palautetta suorituksestaan. Edellä kuvatuista edusta huolimatta oppiminen simulaatioympäristöissä on monimutkainen ilmiö, johon vaikuttavat monet psykologiset, kognitiiviset, sosiaaliset ja emotionaaliset tekijät. Teknologinen ympäristö itsessään harvoin takaa korkealaatuista oppimista, joten on tärkeä tietää milloin ja mihin simulaatioita kannattaa hyödyntää. Monitieteinen tutkimus auttaa yhdistämään eri tieteenalojen näkökulmia ja osaamista, jotta voidaan kehittää tehokkaampia ja käyttäjäystävällisempiä oppimisympäristöjä. Virtuaaliset oppimisympäristöt tuovat merkittävän uuden mahdollisuuden tieteelliselle tutkimukselle mahdollistamalla uudenlaisia tutkimusnäkökulmia datan digimuotoisuuden ansiosta: digimuotoinen tutkimusdata saadaan talteen reaaliaikaisesti, suuria datamassoja voidaan käsitellä nopeasti ja data on monesti peräisin uutta tietoa antavasta teknologiasta, esimerkiksi silmäliikekameroista (Raatikainen ym. 2021).

Simo-hankkeen tutkimuksellisenä tavoitteena oli analysoida virtuaalisten oppimisympäristöjen ja multimodaalisten menetelmien tuomaa lisähyötyä opetukseen ja oppimiseen. Havaintoaineistoa kerättiin sairaanhoitajakoulutuksesta syventävän vaiheen opiskelijoilta (syksyllä 2022 ja keväällä 2023), ilmailualan koulutuksesta (maaliskuussa 2023) ja kriittisesti sairaan potilaan hoitomallista (maaliskuussa 2023). Lisäksi hankkeessa kerättiin simulaatio-toimijoiden, opettajien ja opiskelijoiden näkemyksiä simulaatio toiminnasta

haastattelu- ja kyselymenetelmillä. Tutkimustulosten pohjalta voidaan kehittää opetusta ja parantaa kokonaisturvallisuutta sekä työntekijöiden että asiakkaiden näkökulmasta.

Hankkeen lähtökohtina toimivat yritys yhteistyö ja moniammatillisuus. Moniammatillisuus näkyi muun muassa tutkimuksia suunniteltaessa, sillä suunnitteluun ja toteutukseen osallistui eri alan ammattilaisia. Esimerkiksi erilaisten oppimateriaalien tuottamisessa käytettiin apuna hoitotyön, lääke-, kasvatustieteiden ja informaatioteknologiatieteiden sekä eri koulutusalojen asiantuntijoita. Tässä luvussa kuvataan pääpiirteissään mitä tutkimusmenetelmiä Simo-hankkeen tutkimuksissa käytettiin. Luvun lopussa kerrotaan, miten tutkimusetiikka otettiin huomioon.

VIRTUAALITODELLISUUS TUTKIMUKSEN KOHTEENA JA TUTKIMUSASETELMANA

SimO-hankkeen tutkimuksissa keskityttiin erilaisten modernien ympäristöjen ja teknologian käytön hyödyntämiseen, erityisesti virtuaalisiin oppimisympäristöihin ja niiden yhteydessä 360-asteen videot ja -kuvat olivat näkyvä osa tutkimuksia. Virtuaalinen oppimisympäristö tarkoitti tässä hankkeessa 360-asteen videoita ja kuvia, joita katsottiin pääasiassa mobiililaitteen tai tietokoneen ruudulta. Yleisesti tällaista virtuaalitodellisuutta kutsutaan työpöytä-virtuaalitodellisuudeksi (desktop virtual reality, dVR), jota ei pidetä niin immersiivisenä kuin virtuaalitodellisuuslaseilla toteutettuja ympäristöjä. dVR-teknologialla toteutettua virtuaalista materiaalia käytetään yleensä hiiren, näppäimistön ja vastaavien laitteiden avulla. dVR-ympäristöt vaihtelevat luonteeltaan interaktiivisuudessa. Oppijat nähdään aktiivisina toimijoina, jotka oman aktiivisuutensa ja yhteistyön kautta oppivat virtuaalisissa oppimisympäristöissä. (Ai-Lim Lee ym. 2010.)

360-videot ja -kuvat ovat yleistyneet erityisesti opetusikäisessä. SimO-hankkeessa 360-videoita ja -kuvia työstettiin Thinglink-ohjelmalla, jolla 360-videoista ja -kuvista saa luotua interaktiivisia ja immersiivisiä aineistoja. Varsinkin etäopetuksen lisääntyessä etäopiskelumenetelmien, kuten videoitten, tarve ja käyttö on kasvanut. 360-videoita ja -kuvia tuotetaan, koska niitä pidetään immersiivisempinä kuin pelkkiä kaksiulotteisia kuvia ja niiden ajatellaan aktivoivan oppijaa paremmin kuin perinteisemmät menetelmät. Lisäksi niiden tuottaminen on helpompaa ja halvempaa kuin täysin virtuaalisen ympäristön ja kokemuksen luominen. (Pirker & Dengel 2021.)

Hankkeen pilottikokeiluista saatujen kokemusten perusteella näyttää siltä, että sekä immersiivinen (esim. virtuaalilasit) että ei-immersiivinen (esim. dVR)

virtuaalitodellisuus ovat kiinnostava osa simulaatioita ja oppimisympäristöjä. Immersiivisessä virtuaalitodellisuudessa käyttäjä viedään ympäristöön, jossa tämä ei enää välttämättä näe oikeaa maailmaa. Usein nämä ovat tietokoneella toteutettuja ympäristöjä, mutta myös 360-videoita ja -kuvia voidaan hyödyntää. (Brigham 2017.) Viime vuosina VR-lasien käyttö onkin yleistynyt niin teollisuudessa, tutkimuksessa, terveydenhuollossa kuin ylipäätään koulutuksen eri osa-alueilla (Muñoz-Saavedra ym. 2020). Juuri VR:n tuoma läsnäolo ja immersio nähdään tärkeänä ja erityisesti tutkimuksen kannalta sillä voidaan kontrolloida ympäristön pienempiäkin elementtejä hyvin tarkkaan ja yksityiskohtaisesti (Çöltekin ym. 2020; Yin ym. 2020). Vaikka VR:ssä on paljon mahdollisuuksia niin erityisesti sisällöntuottaminen tai -muokkaaminen sopivaksi voi vaatia helposti paljonkin aikaa ja olla kallista. Lisäksi laitteisto ja sen ylläpito vaativat osaamista ja aikaa. Kokemukset virtuaalisista aineistoista voivat jäädä yksittäisiksi kokemuksiksi, jolloin niitä on vaikea sovittaa opetukseen. (Jensen & Konradsen 2017.)

LAADULLISELLA TUTKIMUKSELLA TIETOA YKSILÖLLISISTÄ TARPEISTA JA MIELTYMYKSISTÄ

Virtuaalitodellisuus ja sitä hyödyntävät simulaatioympäristöt mahdollistavat monipuolisen ja kokonaisvaltaisen oppimiskokemuksen, jossa yhdistyvät sekä visuaaliset, auditiiviset että haptiset eli tuntoaistiin perustuvat elementit. Käyttäjien välillä on suuria yksilöllisiä eroja siinä, miten he kokevat ja reagoivat virtuaalitodellisuuteen. Laadullinen tutkimus antaa mahdollisuuden tarkastella näitä eroja ja auttaa ymmärtämään erilaisten käyttäjien tarpeita ja mieltymyksiä.

Hankkeessa selvitettiin simulaatioiden ja virtuaalitodellisuuden opetuskäyttöä laadullisesti teemahaastatteluiden avulla. Teemahaastattelu on tutkimusmenetelmä, joka keskittyy tietyn teeman tai aiheen syvälliseen tarkasteluun. Se on strukturoitu haastattelumenetelmä, jonka tarkoituksena on kerätä tietoa osallistujilta heidän kokemuksistaan, näkemyksistään, mielipiteistään ja tunteistaan liittyen valittuun teemaan. Teemahaastatteluja hyödyntämällä on siis mahdollista saada monipuolista ja yksityiskohtaista tietoa yksilön subjektiivisista näkökulmista tutkittavaan aiheeseen liittyen (Hirsjärvi & Hurme 2015).

HAASTATTELUJEN TOTEUTUS

Hankkeessa toteutettiin yhteensä 11 haastattelua, joiden tavoitteena oli kerätä eri aloilla toimivien organisaatioiden simulaatioympäristöjen koulutus-, kehittämis- ja tutkimuskäytön tämänhetkisiä toimintoja sekä fasiliteettejä.

Samalla kerättiin tietoa myös organisaatioiden tulevaisuuden visioista ja mahdollisesta halukkuudesta organisaatioiden väliseen yhteistyöhön. Haasteltavat toimivat terveydenhoidon-, ilmaston- ja ammattiliikenteen aloilla ja he tulivat eri yrityksistä, yliopistolta, ammattikorkeakoulusta sekä ammattioppilaitoksilta.

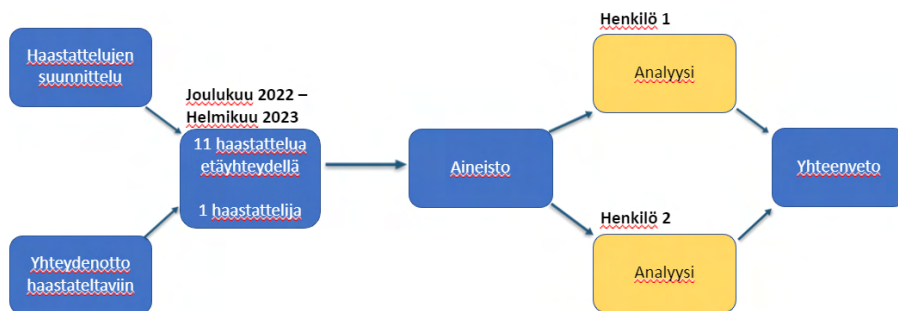
Haastattelu suunniteltiin syksyllä ja haastateltaviin oltiin yhteydessä sähköpostitse. Haastattelut toteutettiin Teams-yhteyden välityksellä joulukuun 2022 ja helmikuun 2023 välisenä aikana. Haastattelut olivat noin tunnin mittaisia ja ne nauhoitettiin. Yhteensä 20 ihmistä sai kutsun haastatteluun ja yli puolet osallistui. Haastatteluun osallistumisprosenttia voidaan pitää korkeana.

Haastattelijalla oli käytössään haastattelurunko, joka sisälsi kolme pääteemaa. Pääteemat olivat järjestämisen näkökulma, koulutettavan/opiskelijan näkökulma ja kouluttajan/opettajan näkökulma. Teemoja sovellettiin haastateltavan mukaan. Haastateltavan tausta siis ohjasi paljon haastattelun suuntaa ja haastattelija hyödynsi teemojen kysymyksiä keskustelun mukaan, mutta perusrunko oli lähtökohtaisesti kaikille sama. Haastattelija kirjasi ylös haastattelun aikana keskeisen keskustelun sisällön.

AINEISTON ANALYYSI

Haastatteluaineisto analysoitiin temaattisen analyysin (Hirsjärvi & Hurme 2015) avulla, mikä tarkoittaa aineiston sisällöllistä ryhmittelyä ja toistuvien teemojen tunnistamista, analysointia ja tulkintaa laadullisesta aineistosta. Teemahaastattelun tavoitteena oli tehdä näkyväksi ja ymmärtää simulaatiotoimijoiden kokemuksia ja näkemyksiä.

Haastattelujen sisältö analysoitiin kahden projektityöntekijän toimesta. Ensimmäiset haastattelut käytiin läpi systemaattisesti kirjaten ylös mitä haasteltavat vastasivat esitettyihin kysymyksiin. Tämän jälkeen toteutettiin toinen analyysikierron, jossa etsittiin yhteisiä teemoja, ajatuksia ja tahtotiloja haastateltavien välillä liittyen simulaatioyhteistyöhön ja toiminnan kehittämiseen. Haastattelujen keskeiset tulokset esitellään luvussa 2.



Kuvio 1. Haastattelu- ja analyysiprosessin kuvaus.

MULTIMODAALINEN ANALYTIikka SELVENTÄÄ MONIMUTKAISIA ILMIÖITÄ

Multimodaalinen analytiikka tarkoittaa menetelmiä ja tekniikoita, joiden avulla voidaan yhdistellä ja analysoida useista tietolähteistä saatua ja eri muodoissa olevaa aineistoa (di Mitri ym. 2018). Nämä eri modaliteetit eli tutkimusaineiston muodot voivat sisältää esimerkiksi tekstiä, kuvia, videoita, ääntä, aikasarjoja, sensoreiden tuottamaa dataa sekä monia muita aineistotyyppisiä. Multimodaalisen analytiikan tavoitteena on ymmärtää ja hyödyntää monipuolisia aineistoja tutkittaessa erilaisia moniulotteisia tosielämän ilmiöitä, kuten esimerkiksi ihmisten oppimista luokahuoneessa tai virtuaalisissa oppimisympäristöissä.

Hankkeessa selvitettiin sitä, miten virtuaali- ja simulaatio-oppimisen vaikuttavuutta ja oppimiskokemusta voitaisiin tutkia myös eri multimodaalisten menetelmien avulla (mm. silmänliike ja fysiologiset mittaukset). Eräs hankkeessa sovellettu oppimiseen liittyvä käsite oli kognitiivinen kuorma, jonka hallinta on oleellista esimerkiksi sairaanhoitajien ja lentäjien työssä. Sweller (1988) kehitti kognitiivisen kuormitusteorian (cognitive load theory, CLT), jonka mukaan ihmisen työmuistilla on rajallinen kapasiteetti vastaanottamaan informaatiota. Työmuistin ylikuormittuessa oppiminen heikkenee ja vaikuttaa myös mahdollisesti negatiivisesti tehtävän suoritukseen. Usein tutkimuksissa käytetään haastattelumenetelmää tutkittaessa koehenkilön kognitiivista kuormaa (ks. Krieglstein ym. 2022).

Vaativat ja kuormittavat tilanteet herättävät myös kehossa fysiologisia reaktioita, kuten kohonneen sykkeen ja hikoilun (Lämsä ym. 2023; Yaribeygi ym. 2017). Mittaamalla henkilöiden fysiologisia reaktioita sekä silmänliikkeitä SimO-hankkeessa pyrittiin havainnoimaan kognitiivista kuormitusta. Yhdis-

tämällä silmänliikkeet sekä fysiologiset mittaukset pyritään parantamaan kognitiivisen kuorman mittaamisen luotettavuutta sekä sen vaikutuksia eri tilanteissa. Mittarin avulla voitaisiin myös havainnoida reaaliaikaisesti henkilölle kognitiivisesti raskaat tilanteet ja sitä kautta kehittää opetusta vähemmän kuormittavaksi tai kehittää vaativien työtilanteiden koulutusta turvallisissa simuloituissa ympäristöissä.

Silmänliikeaineiston avulla pyrittiin havainnollistamaan mihin henkilön katse kohdistuu opetuksen aikana. Silmänliikkeitä tutkimalla voidaan tarkastella missä oppilaan tarkkaavaisuus on milläkin ajanhetkellä, sekä minne oppilaan huomio ei kiinnity. Yhtenä kognitiivisen kuorman mittarina on pidetty esimerkiksi pupillien kokoa (Jerčić ym. 2020). Silmänliikkeiden analysointi on huomattu tuovan lisähyötyä uusien taitojen harjoitteluun esimerkiksi ilmailu- ja terveydenhuollon alalla (Chetwood ym. 2012).

SIMULAATIOMENETELMÄ REAALIMAAILMAN JA VIRTUAALISISSA OPPIMISYMPÄRISTÖISSÄ

Simulaatiomenetelmää on käytetty jo pitkään monessa kontekstissa, tyypillisimmin simulaatioharjoittelu yhdistetään lentäjiin ja palo- ja pelastustoimen sekä terveydenhuollon harjoitteluun. Simulaatioharjoittelussa mallinnetaan tosielämän tilannetta mahdollisimman todentuntuisesti ja harjoitus toteutetaan joko aidossa työympäristössä tai sitä jäljittelevässä simulaatioympäristössä. Simulaatio on käsitteenä laaja ja voi tarkoittaa kaikkea virtuaalisissa oppimisympäristöissä toteutettavasta tilanteesta aina todellisissa ympäristöissä tehtäviin ”in situ” harjoituksiin, missä simulaatioharjoitus toteutetaan oikeilla välineillä, siinä ympäristössä missä työtäkin tehdään.

Simulaatioita käytetään koulutuksessa laajalti erilaisten vaativien ja riskejä sisältävien taitojen harjoitteluun ja opettamiseen. Simulaatiot tarjoavatkin turvallisen ja kontrolloidun ympäristön käyttäjilleen harjoitella ja opetella uusia erityistaitoja. Simulaatioharjoituksessa voidaan käyttää apuna myös videointia. Harjoitukseen osallistuvat henkilöt saavat tehdä harjoituksen rauhassa, ja sitä seuraavat henkilöt seuraavat tilannetta kameroiden välityksellä. Videota voidaan hyödyntää myös myöhemmin oppimiskeskustelussa. Ilmailuala on perinteisesti hyödyntänyt simulaatioita kouluttaessaan henkilökuntaa, sillä suurin osa onnettomuuksista ilmailualalla johtuvat inhimillisistä virheistä, laskeneesta keskittymiskyvystä tai mentaalitilasta (Martinez-Marquez ym. 2021). Simulaatioita hyödyntämällä tarjotaan osallistujille todellista tilannetta jäljittelevä oppimisympäristö, jossa on turvallista harjoitella ja tehdä virheitä. Simulaatioita hyödynnetään myös paljon terveydenhuoltoalan työntekijöiden

koulutuksessa potilas- ja työturvallisuuden parantamiseksi. Simulaatioiden avulla voidaan testata työympäristöjen ja laitteiden turvallisuutta ja käytettävyyttä tai työprosessin sujuvuutta.

Simulaatioharjoitus noudattaa pääpiirteissään seuraavaa järjestystä; johdanto, orientaatio, toiminta ja oppimiskeskustelu. Simulaatioharjoituksella on aina joku tavoite mihin harjoituksen avulla pyritään, tämä tavoite on tärkeää myös harjoitukseen osallistuvien henkilöiden tietää. Oppimisen näkökulmasta kaikista tärkein vaihe on harjoituksen lopuksi pidettävä oppimiskeskustelu, jossa käydään läpi tehty harjoitus ja keskustellaan siitä, mikä meni hyvin ja mitä olisi pitänyt tehdä toisin. Oppimiskeskustelu on luottamuksellinen ja siinä korostetaan hyvin menneitä asioita, keskustelua johtaa simulaatiomenetelmään koulutettu simulaatio-ohjaaja. Turvallinen ilmapiiri on tärkeä ja mahdollistaa keskustelun vaikeistakin asioista. Simulaatioharjoitus toteutetaan useimmiten pienellä osallistujamäärällä, 5–8 henkilöllä. Simulaatioharjoittelun on todettu lisäävän oppijan tiedollista ja taidollista kehittymistä (Aura 2017; Cant & Cooper 2017) sekä parantavan tiimityötä ja kommunikaatiotaitoja (Endacott ym. 2015; Kaplonyi ym. 2017).

Yhteenvedona voidaan todeta, että SimO-hankkeessa simuloitiin multimodaalisen aineiston keräämisen yhteydessä hoitotilannetta ja lento-onlähdön valmistelua. Molemmat simulaatiot toteutettiin reaali maailman kontekstissa (ei virtuaalisesti) ja toimijoina olivat projektitiimin jäsenet. Simulaatioissa oli tavoitteena toimia tilanteessa mahdollisimman autenttisesti, kuten ammattilainen olisi toiminut oikeassa hoito- tai lento-onlähtötilanteessa. Simulaatiomenetelmää hyödynnettiin myös luonnollisesti virtuaalisten opetus- ja oppimisympäristöjen tekemisessä (ABCDE protokollan virtuaalinen opetusaineisto) ja käyttämisessä (lento-onlähtövalmistelujen virtuaalinen opetusaineisto).

TUTKIMUSETIIKKA ON TUTKIMUSYHTEISTYÖN KULMAKIVI

Tutkimusetiikka on olennainen osa Simo-hanketta, ja se muodostaa perustan vastuulliselle ja kestäväälle tiedon tuottamiselle sekä yhteiskunnan luottamukselle tutkimusta kohtaan. Nykypäivän nopeasti kehittyvässä tieteen ja teknologian (mm. tekoäly) kentässä tutkimusetiikan merkitys korostuu entisestään, sillä se ohjaa tutkijoita tekemään eettisesti kestäviä päätöksiä ja suojelemaan osallistujien, yhteisöjen ja ympäristön oikeuksia sekä hyvinvointia. SimO-hankkeessa tavoitteena oli rakentaa simulaatioekosysteemin yhteistyön toimintamalleja, mihin kuului myös tutkimusyhteistyön eettisten periaatteiden huomioiminen.

Hankkeen osatutkimusten toteutusta suunnitteluvaiheesta aineiston keruuseen ja analysointiin ohjasi hyvät tieteelliset käytännöt ja eettiset periaatteet,

jotka ovat keskeinen elementti ihmistieteissä (TENK 2012). Simo-hanke sai myöntävän eettisen ennakoarviolausunnon Jyväskylän ammattikorkeakoulun eettiseltä toimikunnalta. Toimikunta pohjasi päätöksensä heille toimitettuun aineistoon, minkä mukaan tutkimus on suunniteltu voimassa olevien ohjeiden ja eettisesti hyväksyttävien arvojen mukaisesti.

Tutkimukseen osallistuminen oli kaikille osallistujille vapaaehtoista. Tutkimukseen osallistujia pyydettiin perehtymään tietosuojaselosteeseen ja allekirjoittamaan tutkimuslupa tai antamaan suostumuksensa suullisesti. Patrialla toteutetussa pilottitutkimuksessa osallistujat olivat projektin työntekijöitä, jotka antoivat suullisen suostumuksen tutkimukseen osallistumiseen. Tutkimusinstrumentit (silmänliikekamera ja fysiologiset mittarit) ovat ihmistieteiden tutkimuskäyttöön hyväksytyjä ja CE-merkinnällä varustettuja yleisesti käytössä olevia laitteita. Tutkittavilla oli oikeus keskeyttää koetilanne missä vaiheessa tahansa ilman erillisiä perusteluita.

Kerätyt aineistot säilytettiin aluksi tietosuojatulla ja valvotulla m-aseamalla, mistä ne tallennettiin anonymisoituna kansallisen arkiston IDA-järjestelmään. Fyysinen aineisto säilytettiin lukollisessa kaapissa Jyväskylän ammattikorkeakoulun lukituissa tiloissa ennen niiden digitalisointia. Aineistosta poistettiin tunnistetiedot, jotka korvattiin tunnisteilla, joista ei ole mahdollista tunnistaa yksittäistä henkilöä.

LÄHTEET

Ai-Lim Lee, E., Wong, K. W., & Fung, C. C. 2010. How does desktop virtual reality enhance learning outcomes? A structural equation modeling approach. *Computers & Education*, 55, 4, 1424–1442. Viitattu 28.4.2023. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.06.006>

Aura, S. 2017. Simulation-based pharmacotherapy learning: Assessing educational effectiveness in radiographers' continuing education. Väitöskirja, *Dissertations in Health Sciences*. Publications of Eastern Finland.

Brigham, T. J. 2017. Reality check: Basics of augmented, virtual, and mixed reality. *Medical Reference Services Quarterly*, 36, 2, 171–178.

Cant, R. & Cooper, S. 2017. Use of simulation-based learning in undergraduate nurse education: An umbrella systematic review. *Nurse Education Today*, 49, 63–71.

Chetwood, A. S., Kwok, K. W., Sun, L. W., Mylonas, G. P., Clark, J., Darzi, A., & Yang, G. Z. 2012. Collaborative eye tracking: a potential training tool in laparoscopic surgery. *Surgical endoscopy*, 26, 2003–2009.

Çöltekin, A., Lochhead, I., Madden, M., Christophe, S., Devaux, A., Pettit, C., Lock, O., Shukla, S., Herman, L., Stachoň, Z., Kubíček, P., Snopková, D., Bernardes, S., & Hedley, N. 2020. Extended Reality in Spatial Sciences: A Review of Research Challenges and Future Directions. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9,7, 439.

Di Mitri, D., Schneider, J., Specht, M., & Drachsler, H. 2018. From signals to knowledge: A conceptual model for multimodal learning analytics. *Journal of Computer Assisted Learning*, 34,4, 338–349.

Endacott, R., Bogossian, F.E., Cooper, S.J., Forbes, H., Kain, V.J., Young, S.C., Porter, J.E., the First2Act Team. 2015. Leadership and teamwork in medical emergencies: Performance of nursing students and registered nurses in simulated patient scenarios. *Journal of Clinical Nursing*, 24,1–2, 90–100.

Hirsjärvi, S. & Hurme, H. 2015. Tutkimushaastattelun teoria ja käytäntö. *Gaudeamus*.

Jensen, L. & Konradsen, F. 2017. A review of the use of virtual reality head-mounted displays in education and training. *Education and Information Technologies*, 23, 4, 1515–1529.

Jerčić, P., Sennersten, C. & Lindley, C. 2020. Modeling cognitive load and physiological arousal through pupil diameter and heart rate. *Multimed Tools Appl* 79, 3145–3159. Viitattu 28.4.2023. <https://doi.org/10.1007/s11042-018-6518-z>

Kaplonyi, J., Bowles, KA., Nestel, D., Kiegaldie, D., Maloney, S., Haines, T. & Williams, C. 2017. Understanding the impact of simulated patients on health care learners' communication skills: a systematic review. *Medical Education*, 51,12, 1209–1219.

Krieglstein, F., Beege, M., Rey, G.D., Ginns, P., Krell, M. & Schneider, S. 2022. A Systematic Meta-analysis of the Reliability and Validity of Subjective Cognitive Load Questionnaires in Experimental Multimedia Learning Research. *Educ Psychol Rev* 34, 2485–2541. Viitattu 28.4.2023. <https://doi.org/10.1007/s10648-022-09683-4>

Lämsä, J., Mannonen, J., Tuuskala, A., Heilala, V., Helovuori, A., Tynkkynen, I., Lampi, E., Sipiläinen, K., Kärkkäinen, T. & Hämäläinen, R. 2023. Capturing cognitive load management during authentic virtual reality flight training with behavioural and physiological indicators. *Journal of Computer Assisted Learning*, 1– 11. Viitattu 28.4.2023. <https://doi.org/10.1111/jcal.12817>

Martinez-Marquez, D., Pingali, S., Panuwatwanich, K., Stewart, R. A., & Mohamed, S. 2021. Application of eye tracking technology in aviation, maritime, and construction industries: a systematic review. *Sensors*, 21,13, 4289.

Muñoz-Saavedra, L., Miró-Amarante, L. & Domínguez-Morales, M. 2020. Augmented and Virtual Reality Evolution and Future Tendency. *Applied Sciences*, 10,1, 322.

Pirker, J. & Dengel, A. 2021. The potential of 360° virtual reality videos and Real VR for education—a literature review. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 41,4, 76–89. Viitattu 28.4.2023. <https://doi.org/10.1109/mcg.2021.3067999>

Raatikainen, P., Hautala, J., Loberg, O., Kärkkäinen, T., Leppänen, P. & Nieminen, P. 2021. Detection of developmental dyslexia with machine learning using eye movement data. *Array*, 12, 100087.

Sweller, J. 1988. Cognitive load during problem solving: effects on learning. *Cogn Sci*, 12, 257–85.

TENK 2012. Hyvä tieteellinen käytäntö ja sen loukkausepäilyjen käsitteleminen Suomessa. Tutkimuseettisen neuvottelukunnan ohje. Helsinki: Tutkimuseettinen neuvottelukunta.

Yaribeygi, H., Panahi, Y., Sahraei, H., Johnston, T. P. & Sahebkar, A. 2017. The impact of stress on body function: A review. *EXCLI journal*, 16, 1057–1072. Viitattu 28.4.2023. <https://doi.org/10.17179/excli2017-480>

Yin, J., Yuan, J., Arfaei, N., Catalano, P. J., Allen, J. G. & Spengler, J. D. 2020. Effects of biophilic indoor environment on stress and anxiety recovery: A between-subjects experiment in virtual reality. *Environment International*, 136, 105427.