



**VIRTUAALITODELLISUUDEN (VR) HYÖDYNTÄMINEN HITSUKSEN OPE-
TUKSESSA**

UTILIZATION OF VIRTUAL REALITY (VR) IN WELDING EDUCATION

Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUT

Konetekniikan kandidaatintyö

2022

Joel Piispanen

Tarkastajat: TkT Sakari Penttilä

DI Hannu Lund

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUT

LUT Energiajärjestelmät

Konetekniikka

Joel Piispanen

Virtuaalitodellisuuden (VR) hyödyntäminen hitsauksen opetuksessa

Konetekniikan kandidaatintyö

2022

31 sivua, 8 kuvaa, 2 taulukkoa ja 1 liite

Tarkastajat: TkT Sakari Penttilä ja DI Hannu Lund

Avainsanat: virtuaalitodellisuus, VR, hitsaussimulaatio, virtuaalihitsaus, hitsaus

Tämä kandidaatin työ on tehty Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUTin hitsaus-tekniikan laboriolle tukemaan mahdollista hitsaussimulaatio-ohjelman investointipää-
töstä. Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää virtuaalitodellisuuden tuomia etuja hitsaussi-
mulaatiossa sekä hitsaussimulaation soveltumista hitsauksen opetuskäyttöön.

Työ on toteutettu multimedialaisten avustuksella, jossa tuloksia etsitään kirjallisuuskatsauksen sekä kokeellisen osuuden avulla. Kirjallisuuskatsaus on suoritettu koskien hitsauksen peruspara-
metrejä, hitsausturvallisuutta sekä hitsaussimulaatiota. Kokeellinen osuus on suoritettu LUT-Yliopiston hitsaus-tekniikan laboriolle henkilöstölle. Henkilöstön jäsenet kokeilivat hitsaussimulaatiota Oculus Quest 2 -virtuaalilaseilla, joihin oli asennettu Skillveri Class-
room Series -ohjelman testilisenssi. Testauksen jälkeen koehenkilöillä toteutettiin lyhyt ky-
selytutkimus. Kyselytutkimuksen tulokset on koottu taulukoihin, joista voidaan analysoida hitsaussimulaation soveltuvuutta opetuskäyttöön.

Virtuaalilasein luoma immersio tekee hitsaussimuloinnista realistisen tuntuista. Tämä tukee kognitiivista oppimista ja kehittää hitsaustaitoja. Tutkimuksen pohjalta voidaan todeta hit-
s aussimulaation soveltuvan erinomaisesti opetuskäyttöön. Hitsaussimulaatio tuo käyttäjälle opetusta helpottavia ominaisuuksia. Hitsauksen aikainen palaute sekä hitsin laadun arviointi suorituksen jälkeen edesauttavat oikeaoppisen hitsaussuorituksen sisäistämistä. Hitsaussi-
mulaatio on myös ekologisesti kannattavaa, sillä se on täysin päästötöntä. Myös hitsauksen opetuskustannuksissa tulee säästöjä vähentyneen materiaalitarpeen johdosta.

ABSTRACT

Lappeenranta–Lahti University of Technology LUT

School of Energy Systems

Mechanical Engineering

Joel Piispanen

Utilization of virtual reality (VR) in welding education

Bachelor's thesis

2022

31 pages, 8 figures, 2 tables and 1 appendix

Examiners: D.Sc. (Tech.) Sakari Penttilä and M.Sc. (Tech.) Hannu Lund

Keywords: virtual reality, VR, welding simulation, virtual welding, welding

This bachelor's thesis was conducted for the welding laboratory of LUT University to support a possible investment decision for a welding simulation program. The purpose of the study is to find out the advantages of virtual reality in welding simulation and the suitability of welding simulation for teaching.

The work was carried out with the help of multimethodology, as the results are sought with the help of a literature review and an experimental part. A review of the literature has been performed regarding the basic parameters of welding, welding safety, and welding simulation. The experimental part has been performed for the staff of the welding laboratory of LUT University. Staff members tested the welding simulation on Oculus Quest 2 virtual glasses with a test license for the Skillveri Classroom Series software installed. After testing the subjects underwent a short survey. The results of the survey are summarized in tables, from which the suitability of the welding simulation for teaching can be analyzed.

The immersion created by the virtual glasses makes the welding simulation feel realistic. This supports cognitive learning and develops welding skills. Based on the research it can be stated that the welding simulation is suitable for teaching. Welding simulation brings user-friendly features. Feedback during welding and post-performance evaluation of weld quality contribute to the internalization of orthodox welding performance. Welding simulation is also ecologically profitable as it is completely emission free. There will also be reduction in teaching costs for welding due to reduced material requirements.

LYHENNELUETTELO

GMAW	Gas Metal Arc Welding (suom. Metallikaasukaarihitsaus (MIG/MAG-hitsaus))
HAZ	Heat-affected zone (suom. muutosvyöhyke)
MAG	Metal-arc active gas welding
MIG	Metal-arc inert gas welding
VR	Virtual Reality (suom. virtuaalitodellisuus)

Sisällysluettelo

Tiivistelmä

Abstract

Lyhenneluettelo

1	JOHDANTO	7
1.1	Tutkimusongelma ja -kysymykset	7
1.2	Tutkimusmenetelmät	8
1.3	Työn rajaukset	8
2	MIG/MAG-HITSAUS	9
2.1	MIG/MAG-hitsausprosessi	9
2.2	Suojavarusteet	10
2.3	Hitsausprosessin parametrit	11
3	HITSAUSSIMULAATIO VIRTUAALIYMPÄRISTÖSSÄ	13
3.1	Hyödyt	13
3.2	Rajoitteet	14
3.3	Opetuskäyttö	14
4	KOKEELLINEN OSUUS	16
4.1	Koejärjestely	16
4.2	Skillveri Classroom Series -ohjelma	16
4.3	Ohjelman ominaisuudet	16
4.4	Hitsaussimulaation kyselytutkimus	20
5	TULOKSET	22
6	POHDINTA	24
6.1	Vertailu aikaisempiin tutkimuksiin	24
6.2	Tutkimuksen objektiivisuus ja luotettavuus	25
6.3	Keskeiset johtopäätökset	25
6.4	VR-hitsauksen opetuskokemuksen parantaminen	26
6.5	Tulosten uutuusarvo ja hyödynnettävyys	27
6.6	Jatkotutkimusaiheet	28
6.7	Hitsaussimulaation tulevaisuuden näkymä	28

Lähteet	30
---------------	----

Liitteet

Liite 1. Kyselytutkimuksen lomake

1 JOHDANTO

Virtuaalitodellisuus (englanniksi Virtual Reality, VR) on osa jatkuvaa teknologian kehityksen alaa. Tätä on hyödynnetty pitkään eri aloilla laidasta laitaan jo vuosikymmeniä. Sitä on hyödynnetty laajalti niin sotateollisuudessa kuin avaruuden tutkimisessa. Myöhemmin virtuaalitodellisuus on myös saapunut kaikkien saataville kuluttajakäyttöön. Virtuaalitodellisuudesta on tullut suosittu viihdekäytössä esimerkiksi peleissä. VR-lasien kehittymisen sekä saatavuuden parantumisen ansiosta virtuaalitodellisuuden käyttökohteet ovat laajentuneet. Kysyntä on inspiroinut uusia yrityksiä ja virtuaalitodellisuuteen liittyviä laitteita sekä lisävarusteita kehitetään jatkuvasti. Tämä on tuonut mukanaan myös opetuskäytön sovellutuksia. (Virtual Reality Society 2017.)

Hitsauksen opetus on kauan perustunut vain perinteiseen hitsaukseen. Hitsin laadun varmistamiseksi hitsausta opetellaan toistojen avulla. (Lukkari 2002, 58.) Virtuaalitodellisuus on kuitenkin mahdollistanut hitsauksen simuloinnin virtuaalisesti. Tämän avulla hitsauksen opetus voidaan siirtää kokonaan virtuaalimaailmaan. Hitsaussimulaatiossa hitsaaminen siirtyy virtuaalimaailmaan VR-lasien välityksellä, mutta hitsauksen toimintaperiaatteet säilyvät kuitenkin samoina kuin perinteisessä hitsauksessa. Hitsaussimulaation hyödyntäminen voi olla kouluille ja yritykselle taloudellisesti kannattavaa. Sitä voidaan pitää myös ekologisesti kannattavampana kuin perinteistä hitsaamista. (Huang et al. 2020, 2-5.)

1.1 Tutkimusongelma ja -kysymykset

Monelle opiskelijoille hitsaaminen on entuudestaan tuntematonta, eikä moni ole päässyt kokeilemaan hitsaamista käytännön tasolla. Tämän vuoksi LUT-yliopiston järjestämällä hitsauslaboratorion kursseilla menee paljon aikaa hukkaan hitsauksen opettamiseen sekä hitsauskalustoon tutustumisessa hitsausharjoitusten yhteydessä. LUT-yliopiston hitsauslaboratoriota kiinnostaakin, voisiko se kehittää kursseja hyödyntämällä virtuaalitodellisuutta ja näin edistää opiskelijoiden oppimista sekä valmiuksia hitsausharjoituksia varten. Tässä

tutkimuksessa kartoitetaan hitsaussimulaatiosta saadut hyödyt ja rajoitteet verrattuna perinteiseen hitsauksen opetukseen.

Työn tutkimuskysymyksiä ovat seuraavat:

- Kuinka virtuaalitodellisuutta voidaan hyödyntää hitsaussimulaatiossa?
- Miten hitsaussimulaatio edistää opiskelijoiden oppimista ja kuinka hyvin hitsaussimulaatio soveltuu opetuskäyttöön?
- Kuinka hitsaussimulaation oppimiskokemusta voisi kehittää?

1.2 Tutkimusmenetelmät

Tutkimusongelmiin etsitään ratkaisuja multimetologian avulla, jossa suoritetaan kirjallisuustutkimus sekä konstruoitu teemahaastattelu LUT-yliopiston hitsauslaboratorion henkilöstölle. Haastattelujen yksityiskohtaiset teemat ja kysymykset on kuvattu liitteessä 1. Kirjallisuustutkimuksen luotettavuus varmistetaan käyttämällä mahdollisimman uusia lähteitä sekä tieteellisiä artikkeleita. Kvalitatiivisten aineistojen tulokset kerätään yhteen ja suoritetaan tarvittava tulosten analyysi.

1.3 Työn rajaukset

Työ rajataan käsittelemään vain itsenäisiä (stand-alone) virtuaalitodellisuuslaseja, jotka eivät tarvitse erillistä tietokonetta tai laitteistoa. LUT-yliopisto on jo valmiiksi investoinut virtuaalilaseihin, joten tarkastelu suoritetaan näiden kanssa yhteensopivan ohjelmiston avulla. Näin ollen huomattavasti kalliimpia sekä monipuolisempia hitsaussimulaatiojärjestelmiä ei käsitellä tässä työssä. Tämän lisäksi työssä tarkastellaan vain metallikaasukaarihitsausta eli MIG/MAG hitsausta, vaikka nykyaikaisilla hitsaussimulaatioilla on myös mahdollista harjoitella muitakin hitsausprosessien suoritusta.

2 MIG/MAG-HITSAUS

Suomen Standardisoimisliiton standardin SFS 3052:2020 (2020, 5) hitsaussanaston määritelmän mukaan ”Hitsaus on liitosmenetelmä, jossa osia liitetään lisäaineen avulla tai ilman lisäainetta käyttämällä hyväksi lämpöä ja/tai puristusta siten, että osien välillä on jatkuva yhteys.” Hitsausta pidetään yleisimpänä sekä tärkeimpänä menetelmänä liittää metalleja toisiinsa (Lukkari 2002, 13). Hitsausta voidaan myös pitää välillisesti merkittävänä monissa teollisuuden aloissa. Hitsejä pidetään usein mahdollisen vaurion alkukohtana ja tämän takia niiden laatu vaikuttaa oleellisesti hitsatun kokoonpanon toimintavarmuuteen. Hitsien vauriot voivat aiheuttaa suuria tuotannollisia menetyksiä sekä taloudellisia tappioita. (Lukkari 2002, 13.)

2.1 MIG/MAG-hitsausprosessi

MIG/MAG-hitsaus on tärkeimpiä kaarihitsausprosesseja. Se on puoliautomaattinen hitsausprosessi, jossa itsesäätyvä valokaari sulattaa suojakaasun ympäröimää, langansyöttölaitteen syöttämää hitsauslankaa. Hitsattavan metallin mukaan valitaan hitsauksessa käytettävä suojakaasu. Tämä voi olla joko prosessiin reagoiva aktiivinen kaasu tai reagoimaton (inerti) kaasu. Aktiivista suojakaasua käyttävästä hitsausprosessista käytetään nimitystä metal active gas welding eli MAG-hitsaus ja inerttiä kaasuseosta hyödynnettäessä nimitystä metal inert gas welding eli MIG-hitsaus. (Lukkari 2002, 159; Lepola ja Makkonen 2005, 103.) MIG/MAG-hitsauksen laitteiston pääkomponentteihin kuuluvat virtalähde, langansyöttölaite, monitoimijohto, hitsauspistooli sekä maadoituskaapeli (Ionix 2021). Kuvassa 1 Kempin valmistama MIG/MAG hitsauslaite.



Kuva 1. Kemppi X5 FastMig hitsauslaite (Kemppi 2022a)

2.2 Suojavarusteet

Hitsauksessa tulee käyttää henkilökohtaisia suojavarusteita, jotta hitsauksen vaaratekijöiltä vältytään. Kaarihitsausprosesseissa suurimmat vaarat SFS-EN ISO 4063 mukaan ovat kuvan 2 mukaisesti ergonomia, sähköturvallisuus, kirkas valo, uv-säteily, myrkylliset huuрут sekä kuumuus. Valokaaren säteilyltä sekä kirkkaalta valolta tulee suojautua käyttämällä hitsaukseen suunniteltua hitsauskypärää tai hitsausmaskia. Jo lyhytkin altistuminen säteilylle ilman suojausta voi aiheuttaa näkökykyyn pysyviä vaurioita. Hitsauksessa vapautuvat hitsaushuurut koostuvat kaasuista ja pienhiukkasista, jotka ovat peräisin hitsattavasta materiaalista, täyteaineesta tai kappaleen pintakäsittelystä, kuten maalista. Hitsaushuurut sisältävät karsinogeenejä, ja näin ollen pitkäaikainen altistuminen ilman epäpuhtauksille voi aiheuttaa vakavia terveyshaittoja. Varmistamalla riittävä työalueen tuuletus sekä käyttämällä hengityssuojainta pystytään välttämään hitsaushuuruksen pääseminen elimistöön. Hitsausprosessi sitoo itseensä paljon lämpöenergiaa, jonka takia tulee huolehtia myös paloturvallisuudesta. Työalueen tulee olla puhdas palavista materiaaleista sekä hitsaajan vartalon tulisi olla peitetty kokonaan kuumien roiskeiden varalta. Paksut käsineet sekä palosuojatut työvaatteet suojaavat hitsaajaa palovammoilta sekä kuumuudelta. (Kemppi 2022b.)

	15 / 83 / 821 / Kaarihitsausprosessit	111 / 141 / 135 / 136 / 138	121	31
Ergonomiset haitat	●	●	●	●
Sähköturvalli- suusriskit	●	●	●	●
Kirkas valo	●	●	●	●
UV-säteily	●	●	●	●
Myrkylliset huurut ja hiukkaset	●	●	●	●
Kuumuus, tulipalo ja palovammat	●	●	●	●
Melu	●	●	●	●

● Ei vaaraa
 ● Mahdollinen vaara, mikäli 121-täytelankaa ei käytetä
 ● Mahdollinen vaara

Kuva 2. SFS-EN ISO 4063 mukaiset kaarihitsauksen vaarat (Kemppi 2022b)

2.3 Hitsausprosessin parametrit

Hitsin laadun varmistamiseksi tulee ymmärtää hitsaukseen liittyvät parametrit. MIG/MAG-hitsauksessa parametrit vaikuttavat hitsin muotoon, ominaisuuksiin sekä hitsiaineentuotoon. Nämä tulee huomioida niin suunnittelussa, valmistuksessa kuin laadunvarmistuksessa. Hitsauslaitteen parametrien ymmärtäminen on tärkeää jo hitsauksen opetusvaiheessa. Tärkeimpiä hitsiin vaikuttavia parametrejä ovat:

- Kaarijännite
- Langansyöttönopeus/hitsausvirta
- Hitsausnopeus
- Suojakaasu
- Langan halkaisija
- Vapaalangan pituus ja suutinetäisyys
- Hitsauspistoolin asento

- Hitsauspistoolin kohdistus
- Hitsausasento

Käytettävään kaarijännitteeseen vaikuttaa langansyöttönopeuden sekä hitsausvirran suhde, käytettävä suojakaasu, hitsilangan halkaisija, hitsattavan kappaleen paksuus sekä haluttu tunkeuma. Käytettäessä liian suurta kaarijännitettä syntyy enemmän roiskeita ja reunahaa- van muodostuminen on todennäköisempää. Hitsausnopeudella pystytään vaikuttamaan hitsin muotoon. Se vaikuttaa hitsin tunkeumaan, leveyteen sekä a-mittaan. Hitsauspistoolin asento ja kohdistus niin ikään vaikuttaa tunkeumaan ja hitsikuvun muotoon. Vapaalangan pituudella sekä suutinetäisyydellä voidaan puolestaan säädellä pistoolin pään kuumene- mistä, ja näin ollen vaikuttaa hitsin tunkeumaan. Lisäämällä suutinetäisyyttä hitsausvirta pienenee ja päinvastoin lyhyemmällä suutinetäisyydellä hitsausvirta kasvaa. Parametrit sää- detään jokaiseen hitsiin erikseen. (Lukkari 2002, 204–218.) Tähän vaikuttaa perusaineen paksuus, railonmuoto, hitsausasento, suojakaasu sekä lisäainetyyppi (Kuusisto 2014, 15). Virtuaalisessa hitsaussimuloinnissa tulisi löytyä kaikki taulukon 1 mukaiset tavallisen hit- sauksen tärkeimmät komponentit. Realistista kokemusta varten virtuaalitodellisuudessa tu- lisi huomioida hitsauslaitteisto, suojaruustus sekä hitsausparametrit.

Taulukko 1. Hitsauksen komponentit

Hitsauslaitteisto	Suojaruustus	Hitsausparametrit
<ul style="list-style-type: none"> - Hitsausvirtalähde - Hitsauspoltin - Langansyöttökaapeli 	<ul style="list-style-type: none"> - Hitsausmaski - Tulityövaatteet - Hanskat 	<ul style="list-style-type: none"> - Kaarijännite - Langansyöttönopeus/hitsausvirta - Hitsausnopeus - Suojakaasu - Langan halkaisija - Vapaalangan pituus ja suutinetäisyys - Hitsauspistoolin asento - Hitsauspistoolin kohdistus - Hitsausasento

3 HITSAUSSIMULAATIO VIRTUAALIYMPÄRISTÖSSÄ

Viimevuosina virtuaalitodellisuuden perustuvat henkilöresurssien kehitystä edistävät ratkaisut ovat yleistyneet. Hitsauksen opetus on myös ollut osana kehitystä ja se on saanut monia erinäisiä virtuaalisia opetusympäristöjä ja -ohjelmia. Virtuaalisessa hitsaussimuloinnissa käyttäjä laitetaan virtuaaliseen työympäristöön virtuaalilasien avulla. Hyödyntämällä realistista työympäristöä sekä täsmällistä hitsauksen tietokoneellista simulaatiota, saadaan kokemuksesta todenmukainen. (Jo et al.2011, 339.)

3.1 Hyödyt

Virtuaalilasien ja hitsaussimulaation hyödyntäminen tuo mukanaan monia etuja verrattuna perinteiseen hitsaukseen. Saadut hyödyt ovat niin käyttäjä- kuin myös kustannuskohtaisia. Hitsaajien työterveys on ollut tärkeä ja tutkittu tutkimuskohde teollisuusmaissa. (Huang 2020, 1-5). Virtuaalinen hitsaussimulointi on käyttäjälle turvallisempaa, sillä hitsausprosessi on kokonaan ohjelman simuloima, eikä siinä täten ole samoja jo aikaisemmin mainittuja MIG/MAG-hitsaukselle tyypillisiä turvallisuusriskejä. Siitä ei tule haitallisia kaasuja hengitysilmaan, UV-säteilyä eikä siinä ole myöskään hitsauksessa muodostuvan lämmön aiheuttamaa paloturvallisuusriskiä. Simuloinnissa ei tarvitse erillisiä suojavarusteita eikä käyttöympäristöllä ole merkitystä. (Jo et al. 2011, 339.)

Virtuaalisen ympäristön ansiosta hitsaussimulaatioon voidaan lisätä ominaisuuksia, jotka eivät ole mahdollisia perinteisessä hitsauksessa. Simulointiin on mahdollista lisätä hitsaajaa helpottavia ominaisuuksia, kuten reaaliaikainen palaute ja ohjeistus oikeaoppisesta suorituksesta. (Huang 2020, 1–5.) Virtuaalilasien mahdollistama realistinen työympäristö sekä hitsauslaitteisto auttavat aloittelevia hitsareita hitsauspistoolin käsittelytaitojen opettelussa ja kehittävät käyttäjien lihasmuistia. Hitsaussimulaatiolla saadaan tehostettua ajankäyttöä ja harjoitusintensiteettiä. Hitsattavan kappaleen materiaalia, paksuutta ja railogeometriaa voidaan muokata käytännössä rajattomasti ja hitsausharjoitteita voidaan toistaa useita kertoja peräkkäin ilman materiaalihukkaa. (Peltonen 2018; Pronius 2018.)

Opetuskäytössä saavutetaan näin huomattavia säästöjä materiaaleissa, sillä hitsaustarvikkeita, metallia, täytelankaa eikä kaasua kulu laisinkaan. Virtuaalisen hitsaussimulaation avulla voi myös harjoitella samalla laitteistolla useaa eri hitsausprosessia, jolloin välttyään eri prosessien vaatimilta investoinnilta. Hitsaussimulaatiota voidaan pitää myös ekologisesti kannattavana. Välillisten valmistuksen sekä tarvikkeiden ympäristövaikutusten lisäksi myös välittömät päästöt saadaan suljettua kokonaan pois käytettäessä virtuaalista hitsaussimulaatiota. (Wells & Solomonson 2020, 12–14.)

3.2 Rajoitteet

Monista hitsaussimulaation positiivista puolista huolimatta, hitsaussimulaatio ei kykene täysin vastaamaan tavallista hitsausta. Virtuaalimaailman tuoma fyysisen kosketuksen puute tuo mukanaan ongelmia. Hitsaustuntuman simulointi on haastavaa virtuaalisesti. Tämä on kuitenkin tärkeä osa hitsaamista ja sitä tarvitaan osana hitsiparametrien säätöä. Jos langan syöttönopeus on liian suuri, on kaaritapahtuma kova ja katkonainen. Tällöin lisäaine pyrkii työntämään hitsauspistoolia ylöspäin. Sen sijaan liian pienellä syöttönopeudella lisäaineen pää palloutuu ja tarttuu helposti suuttimeen. (Kuusisto 2014, 15.) Tämän lisäksi virtuaalissa hitsauksessa on hankala opettaa ongelmatilanteita, joita saattaa kohdata tavallisen hitsauslaitteen kanssa. Tällaisia ovat muun muassa täyteainelangan loppuessa hitsilangan vaihto tai suuttimen tukkeutuessa suuttimen puhdistus.

3.3 Opetuskäyttö

Virtuaalitodellisuus mahdollistaa laajan ja monipuolisen käyttöalustan opetuskäytölle. Se edistää psykomotorista oppimista, jossa luodaan suhteita kognitiivisten toimintojen ja fyysisten liikkeiden välille. Virtuaalilasien luoman todenmukaisen virtuaalisen toimintaympäristön ansiosta käyttäjän on mahdollista toimia, kuten oikeassakin ympäristössä. VR-

teknologia soveltuu luomaan turvallisen ja kontrolloitavan tilan, jota voidaan hyödyntää myös erityisoppilaille. (Wells & Solomonson 2020, 12.)

Täten hitsauksen opetuksessa on alettu hyödyntämään virtuaalitodellisuutta. Opetuskäytössä hitsaussimulaatio-ohjelmalla suoritetaan tavallisia hitsausharjoitteita. Nämä edistävät opiskelijan taitoja oikeaa hitsaamista varten. Huang et al. (2020) ja Chung et al. (2020) ovat tehneet laajaa tutkimusta virtuaalitodellisuuden vaikutuksista hitsauskursseilla. Tutkimusten mukaan hitsaussimulaatio on erittäin toimiva ratkaisu hitsauksen opetuskäytössä. Heidän mukaansa se nopeuttaa ja tehostaa hitsauksen opetusta sekä parantaa opetuksen laatua. Suoritettujen hitsauskokeiden perusteella virtuaalinen hitsaussimulointi kehitti hitsaustaitoja myös oikeassa hitsauksessa. Oppilaat kokivat VR-avusteisen hitsauksen mieleiseksi osaksi koulutusta. Tämän kappaleen kirjallisuudesta löydettyjen tulosten perusteella virtuaalitodellisuuden hyödyntäminen hitsaamisen opetuskäytössä sisältää taulukossa 2 esitetyjä hyötyjä ja rajoitteita.

Taulukko 2. Hitsaussimulaation hyödyt ja rajoitteet

HYÖDYT	RAJOITTEET
<ul style="list-style-type: none"> - Ekologista - Kustannustehokasta - Helppoa ja nopeaa - Monipuolisia hitsaus harjoitteita - Hitsattavan kappaleen muokattavuus - Ei tyypillisiä hitsauksen turvallisuusriskejä <ul style="list-style-type: none"> o Ei haitallisia kaasuja o Ei UV-säteilyä o Ei paloturvallisuusriskiä - Käyttöympäristöllä ei väliä - Hitsaajaa helpottavia ominaisuuksia <ul style="list-style-type: none"> o Reaaliaikainen palaute o Hitsin laadun arviointi 	<ul style="list-style-type: none"> - Puutteellinen hitsaustuntuma - Epärealistinen fyysinen tuntuma - Ongelmatilanteiden simulointi haastavaa

4 KOKEELLINEN OSUUS

Tätä työtä varten suoritettiin kokeellinen osuus, jossa LUT yliopiston hitsaustekniikan laboratorion henkilöstö kokeili virtuaalitodellisuuspohjaista käsinhitsauksen simulointi- ja opetusohjelmistoa. Tässä luvussa esitellään kokeen järjestely, käytetty ohjelma sekä kyselytutkimuksen rakenne.

4.1 Koejärjestely

Hitsaussimulaation testaamista varten koeryhmällä oli käytettävissä Oculus Quest 2 -virtuaalilasit, johon oli asennettu Skillveri Classroom Series -testilisenssi. Ohjelmassa saatavista hitsausprosesseista valittiin GMAW (Gas metal arc welding), joka vastaa MIG/MAG-hitsausta. Tämän jälkeen koehenkilöt saivat vapaasti tutustua ohjelmaan sekä sen sisäisiin ominaisuuksiin. Hitsaussimulaation päätteeksi koeryhmälle annettiin kyselylomake, jolla arvioitiin hitsaussimulaatiota ja sen soveltuvuutta opetuskäyttöön.

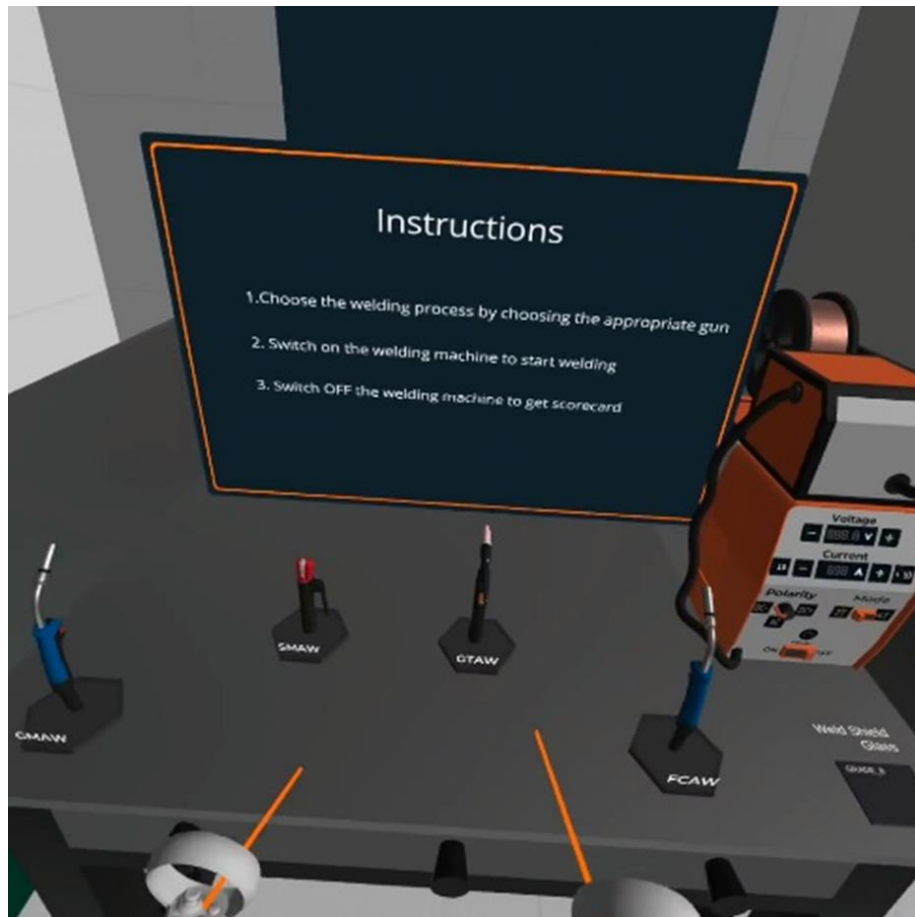
4.2 Skillveri Classroom Series -ohjelma

Skillveri on Intian teknillisestä korkeakoulusta lähtöinen vuonna 2012 perustettu lisätyn- ja virtuaalitodellisuuden moniosaamisen simulointiin erikoistunut yritys. Yrityksen pääalat ovat ruiskumaalauksen sekä hitsauksen simulointi. Skillveri tarjoaa sekä fyysisiä harjoitus- simulaattorikonaisuuksia että ohjelmistolisenssejä itsenäisille virtuaalilaseille. Tässä työssä käytettiin Skillveri Classroom Series -ohjelmaa, joka on suunnattu koulutuslaitoksiin itsenäisille virtuaalilaseille. (Skillveri 2021.)

4.3 Ohjelman ominaisuudet

Skillveri Classroom Series-ohjelmassa on erittäin monipuoliset ominaisuudet, jotka tukevat hitsauksen opettelua. Opetusta on pelillistetty tuomalla mukaan eri vaikeustasoja antamalla

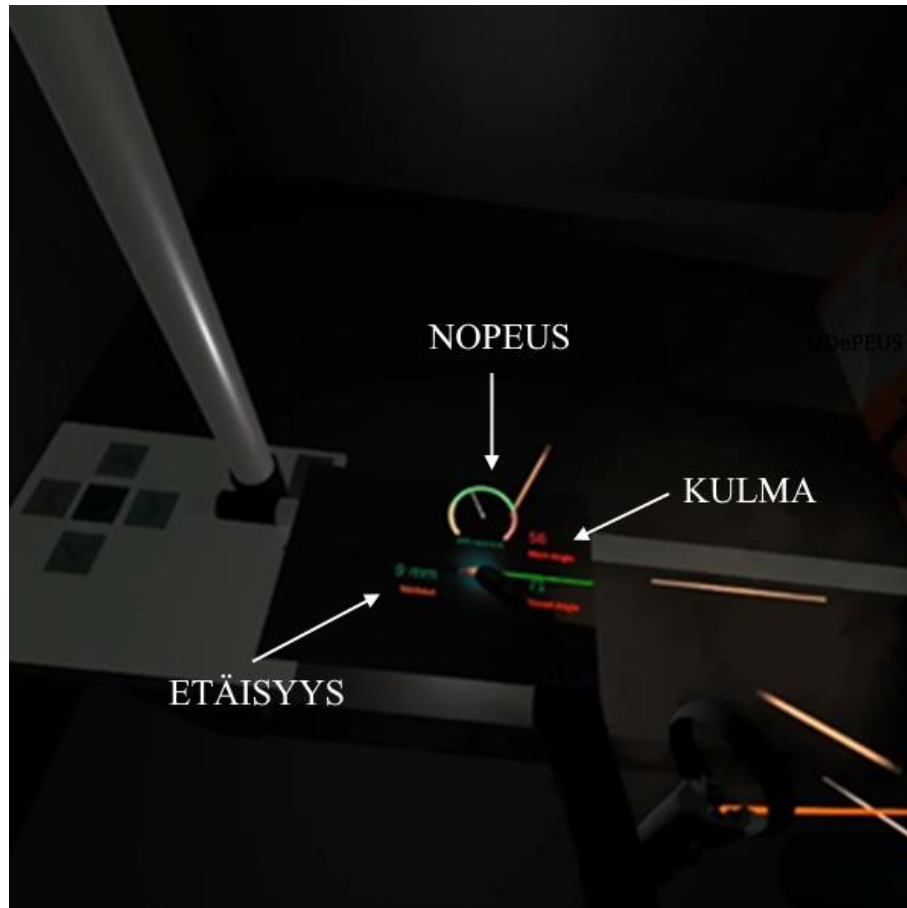
suorituksista pistearvio erillisellä tulostaululla. Hitsaaminen ohjelmalla aloitetaan valitsemalla haluttu hitsausprosessi. Tässä tutkimuksessa hitsausprosessiksi valittiin GMAW, joka vastaa MIG/MAG-hitsausta. Tämän lisäksi ohjelmassa on mahdollista valita sekä puikkohitsaus että TIG-hitsaus. Seuraavaksi ohjelmassa valitaan hitsattava materiaali, materiaalin paksuus, liitostyyppi sekä hitsausasento. Hitsaaminen virtuaalilasien välityksellä tapahtuu tämän jälkeen kuin normaalilla MIG/MAG-hitsausvirtalähteellä. Hitsaaminen aloitetaan kytkemällä virtuaalinen hitsausvirtalähde päälle ja säätämällä virtalähteeseen halutut parametrit. Kuvassa 3 etualalla näkyvät saatavilla olevat hitsausprosessit, oikealla hitsausvirtalähde sekä keskellä yleiset ohjeet ohjelman käyttöön.



Kuva 3. Skillveri Classroom Series-ohjelman aloitusnäky

Hitsausvirtalähteessä on mahdollista säätää hitsausjännitettä ja hitsausvirtaa. Lisäksi on mahdollista valita käytettävä suojakaasua sekä langan halkaisija. Hitsatakseen hitsauspoltin

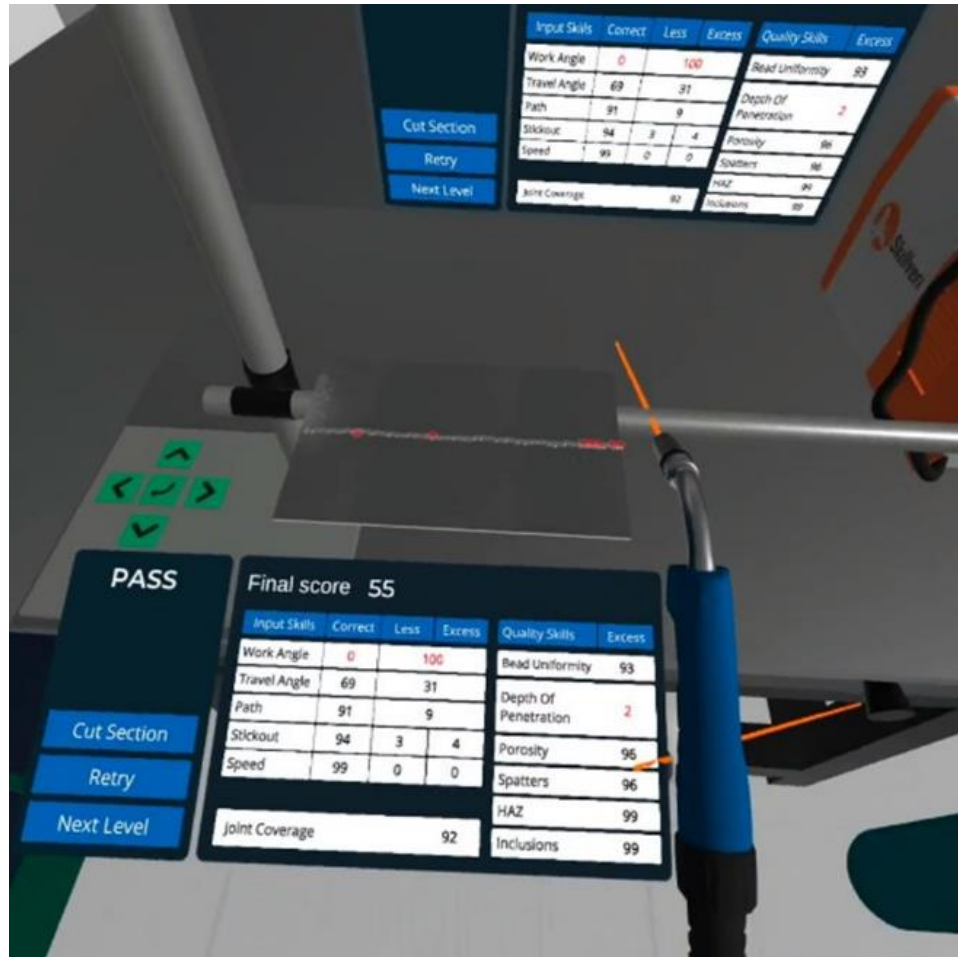
asetetaan työkappaleen pinnalle ja painetaan käsissä pidettävien liikeohjaimien liipaisinta. Ohjelma antaa reaaliaikaista dataa ja neuvoja polttimen nopeudesta, etäisyydestä sekä kulmasta. Kuvassa 4 hitsauksen aikainen näkymä. Kuvaan lisätty ohjelman antamien ohjeiden selitteet.



Kuva 4. Hitsausnäky

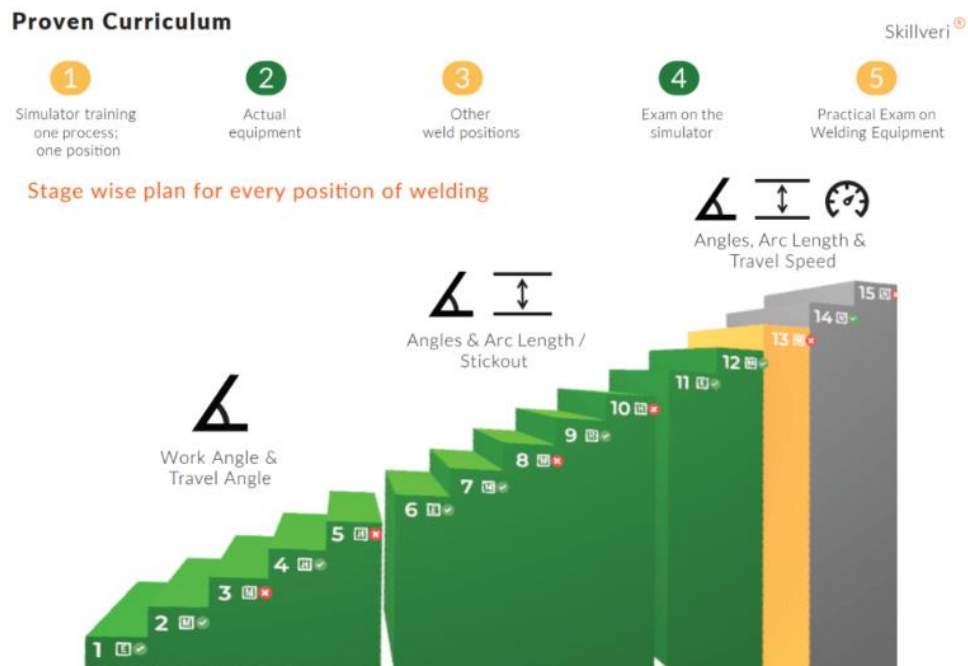
Kun työkappaleen railo on saatu hitsattua, saadaan ohjelmasta kuvan 5 mukainen numeerinen tulos suoritetusta hitsistä. Tulokortissa arvioidaan hitsauspistoolin poltinkulmaa, kuljetuskulmaa, reittiä, etäisyyttä työkappaleesta sekä liikutusnopeutta. Edeltävien tietojen sekä asetettujen hitsausparametrien perusteella ohjelma laskee myös hitsin laadullisia tekijöitä. Näitä ovat hitsin tasaisuus, tunkeuma, huokoisuus, roiskeet, kuonan määrä sekä HAZ eli muutosvyöhyke. Muutosvyöhyke on alue, johon hitsaus on aiheuttanut perusaineeseen

mikrorakennemuutoksia (SFS 2020, 9). Riippuen asetetuista toleransseista sekä valitusta tasosta, saadaan joko hyväksytty tai hylätty tulos.



Kuva 5. Hitsaussimulaation tuloskortti

Ohjelman sisäänrakennetut tasot etenevät loogisesti asteittain kohti haastavampia hitsaus-harjoitteita. Harjoiteltavat parametrit lisääntyvät tasojen edetessä ja hitsauksen toleranssit pienenevät. Kuvassa 6 havainnollistettu tasojen eteneminen. Tasojen avulla ohjelman käyttäjän on helppo edetä harjoituksissa ja edistää näin oppimista.



Kuva 6. Skillveri Classroom Series-ohjelman harjoitustasot (Skillveri 2021)

4.4 Hitsaussimulaation kyselytutkimus

Ohjelmaan tutustumisen jälkeen koehenkilöille esitettiin muutama hitsaussimulaatioon liittyvä kysymys liitteen 1 mukaisella kyselylomakkeella. Kyselylomake pyrittiin pitämään lyhyenä ja sen tavoitteena oli kartoittaa kohdehenkilöiden aikaisempaa kokemusta virtuaalitoimellisuuden sekä heidän mielipiteitään hitsaussimulaatiosta opetuskäytössä. Kysymyksiä oli yhteensä 5 kappaletta. Kysymyksissä 1-4 vastausasteikko oli numeerisesti välillä 1-5, jossa 1 kuvasi vastausta ” Ei lainkaan samaa mieltä” ja 5 kuvasi vastausta ” Ehdottomasti samaa mieltä”. Kysymyksessä 5 vastausasteikko oli kyllä/ei. Kyselyn lopussa oli vapaavalintainen palaute osio.

Koehenkilöille esitetyt väittämät olivat:

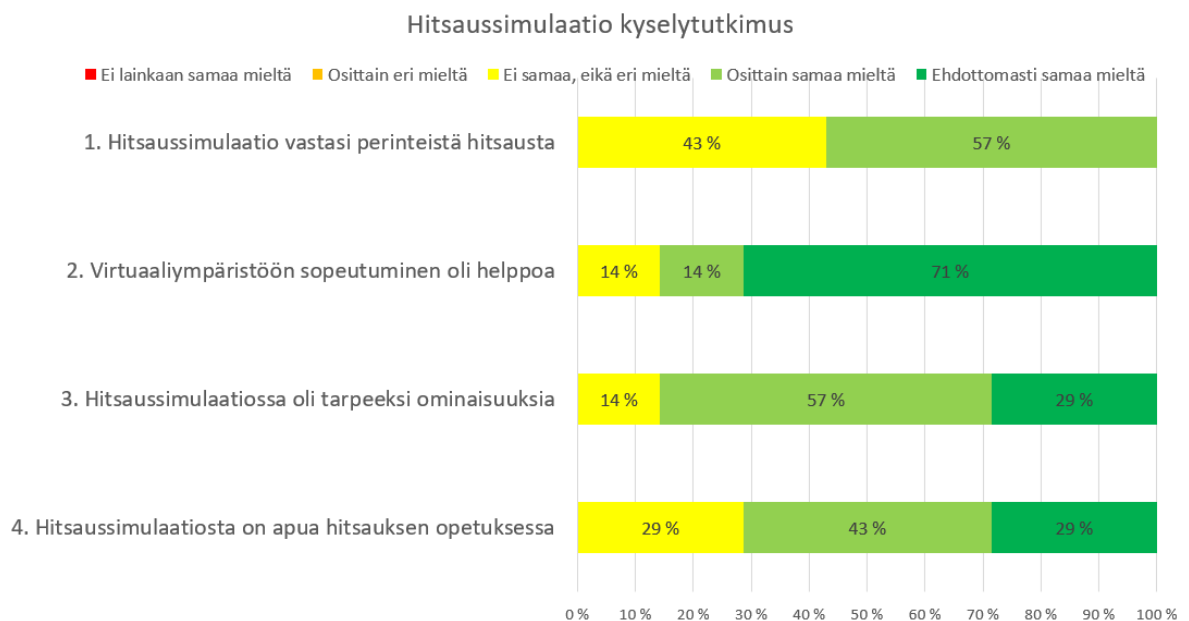
1. Hitsaussimulaatio vastasi perinteistä hitsausta
2. Virtuaaliympäristöön sopeutuminen oli helppoa
3. Hitsaussimulaatiossa oli tarpeeksi ominaisuuksia

4. Hitaussimulaatiosta on apua hitsauksen opetuksessa
5. Oliko sinulla aikaisempaa kokemusta VR-laseista?

Kyselyyn vastasi 7 henkilöä, joiden vastauksista saatu aineisto kirjattiin Excel-tilukkuun. Aineiston pohjalta muodostettiin analysointia helpottava kuvaaja, jossa on eritelty jokaisen kysymyksen vastaukset.

5 TULOKSET

Tässä luvussa esitetään liitteen 1 kyselytutkimuksen tulokset. Lisäksi analysoidaan saatuja kirjallisuuskatsauksen tuloksia ja vertaillaan näitä omakohtaisiin hitsaussimuloinnin käyttökokemuksiin. Kyselytutkimukseen osallistuneiden seitsemän koehenkilön antamat numeroarvot muutettiin visuaaliseen muotoon, josta saatua dataa on helppo analysoida. Kuvassa 7 vaalean vihreät ja tumman vihreät palkit kuvastavat positiivisia vastauksia, kun taas negatiivisia vastauksia oranssit ja punaiset palkit. Keltainen palkki kuvastaa neutraalia vastausta.



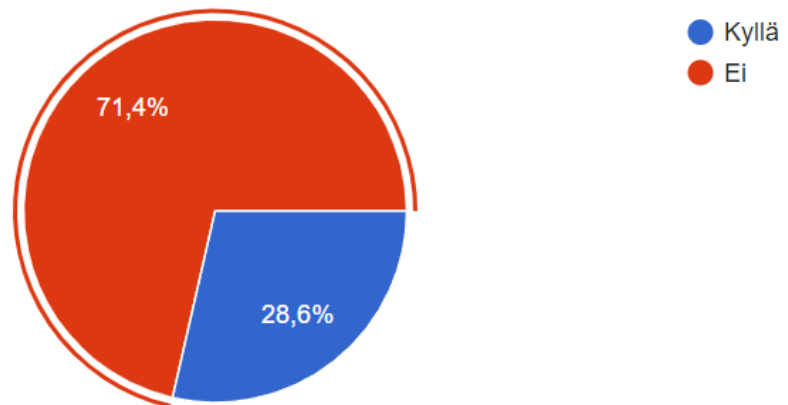
Kuva 7. Kyselytutkimuksen tulokset

Kuvan 7 visualisoinnin perusteella virtuaalilasien hyödyntämiseen hitsauksen opetuksessa suhtauduttiin positiivisesti. Neutraaleja vastauksia lukuun ottamatta yhteenkään kysymykseen ei vastattu negatiivisesti. Ensimmäinen kysymys liittyen virtuaalihitsauksen ja normaalin hitsauksen vastaavuuteen poikkesi muista, saamatta yhtäkään täysin samaa mieltä - vastausta. Vain 57 % oli osittain samaa mieltä. Toisessa kysymyksessä puolestaan jopa 71 % oli täysin samaa mieltä siitä, että virtuaaliympäristöön sopeutuminen oli helppoa. Kahdessa viimeisessä kysymyksessä liittyen hitsaussimulaation ominaisuuksiin sekä opetuskäyttöön

soveltavuuteen, vastaukset olivat pääasiassa osittain samaa mieltä. Kuvassa 8 on esitetty koehenkilöiden aikaisempaa kokemusta virtuaalilaseihin. Kaksi koehenkilöä oli aikaisemmin käyttänyt virtuaalilaseja, ja lopuille viidelle VR-lasit olivat uusi kokemus.

5. Oliko sinulla aiempaa kokemusta VR-laseista?

7 vastausta



Kuva 8. Aikaisempi VR-kokemus

Omien kokemusten ja kyselytutkimuksen vapaan palautteen perusteella hitsaussimulaatio ei vielä täysin kuvasta oikeaa hitsaamista. Virtuaalisen ympäristön tuoma fyysisen kappaleen puute hankaloitti hitsaussuorituksen hahmottamista. Etäisyyksien arviointi oli haasteellista sekä vapaalla kädellä ilmassa hitsattaessa suoritus oli epävakaata. Kokemuksena hitsaaminen kuitenkin muistutti oikeaa hitsausta ja täten sitä voi pitää riittävänä lähtökohtana hitsauksen harjoitteluun.

6 POHDINTA

Tässä luvussa esitetään objektiivinen arvio suoritetusta tutkimuksesta. Saatuja tuloksia vertaillaan aikaisempiin tutkimuksiin ja pohditaan kriittisesti tuloksiin vaikuttaneita tekijöitä. Laadittuihin tutkimuskysymyksiin annetaan vastaukset ja tärkeimmät johtopäätökset koetaan yhteen.

6.1 Vertailu aikaisempiin tutkimuksiin

Tehdyn tutkimuksen tulokset vastasivat aikaisempia tutkimustuloksia. Wellsin ja Solomonsonin (2020), Huang et al. (2020) ja Chung et al. (2020) tekemissä tutkimuksissa todettiin myös hitsaussimulaation tuovan hyötyjä opetuskäytössä. Huang et al. (2020) suorittama tutkimus oli toteutettu kokeellisesti soveltamalla hitsaussimulaatiota opetuskäytössä 18 viikon ajan 34 oppilaalle. Tutkimuksessa käytettiin poikkeavasti varta vasten hitsaussimulaatiota varten suunniteltua guideWELD VR -laitteistoa, jossa ei hyödynnetty virtuaalitodellisuutta. Hitsaussimulaation vaikutuksia mitattiin välikokeilla sekä kyselytutkimuksella oppilailta. Välikokeiden havaittiin parantuneen ja kyselytutkimuksen perusteella hitsaussimulaatio koettiin tehokkaaksi sekä mieluisaksi opetusmuodoksi. Chung et al. (2020) tutkimus keskittyi hitsauksen opetukseen tarkoitetun kurssin suunnitteluun. Tutkimusta varten oli suoritettu asiantuntijahaastatteluja sekä kirjallisuusanalyysyjä. Hitsauksen opetuksen vaiheet jaoteltiin osiin ja nämä pisteytettiin näiden soveltuvuuden perusteella virtuaaliseen hitsaussimulaatioon. Lopuksi suunniteltua kurssia testattiin käytännössä. Myös tämän tutkimuksen perusteella hitsaussimulaatiota voidaan suositella.

Tässä työssä tehdyssä tutkimuksessa suoritettut kokeellisesti selvitetty hyödyt olivat linjassa myös kirjallisuuskatsauksessa esiin tulleisiin hyötyihin. Itse suoritettujen kokeellisten osuuden kyselytutkimuksen tulokset hitsaussimulaatiosta olivat myös samanlaisia. Hitsaussimulaation koettiin muistuttavan todenmukaista hitsausta, mutta silti myös oikean hitsauksen koettiin olevan vielä tärkeää eikä sitä voisi täysin korvata. Suoritettu työ oli kuitenkin aikaisempiin tutkimuksiin verrattuna suppeampi eikä käytännön opetusvaikutuksia kyetty

testaamaan. Tämä työ keskittyi itsenäisillä virtuaalilaseilla käytettäviin hitsaussimulaatio-ohjelmiin, joita ei tarkasteltu yhtä kriittisesti aikaisemmissa tutkimuksissa.

6.2 Tutkimuksen objektiivisuus ja luotettavuus

Tutkimus oli onnistunut ja saatuja tuloksia voidaan pitää luotettavina. Tutkimus on tehty yksityiskohtaisesti sekä lähdekriittisesti. Luotettavuus on pyritty takaamaan yhdistelemällä teoreettista tietoa ja kokeellisia tuloksia. Työn suppeuden vuoksi tulokset edustavat kuitenkin vain rajattua osuutta kokonaiskuvasta. Työn rajaus vain itsenäisiin virtuaalilaseihin rajasi pois kaikki monimutkaisemmat sekä kehittyneemmät hitsaussimulaattorit. Tämän lisäksi suoritetun kyselytutkimuksen otanta sekä kysymysmäärä jäi pieniksi Koronaviruksen aiheuttamien rajoitusten sekä testilisenssin tuomien aikataulullisten rajoitteiden vuoksi.

6.3 Keskeiset johtopäätökset

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää kuinka hitsausta sisältäviä kurseja voisi kehittää hyödyntämällä virtuaalitodellisuutta ja näin edistää opiskelijoiden oppimista sekä valmiuksia hitsausharjoituksia varten. Ensimmäisenä tutkimuskysymyksenä oli selvittää, kuinka virtuaalitodellisuutta voidaan hyödyntää hitsaussimuloinnissa. Virtuaalilasit tekevät hitsauksesta aidomman oloista ja ohjelman tuomat äänet sekä grafiikat syventävät immersiota virtuaalimaailmaan. Virtuaalista hitsaamista voisi pitää hyvänä lähtökohtana hitsauksen opetteluun, sillä se auttaa ymmärtämään hitsauksen peruseräät ja parametrit. Hitsaussimulaatiossa oppilas oppii oikean hitsaus suorituksen reaaliaikaisen palautteen ansiosta, jota ei normaalissa hitsauksen opetuksessa ole mahdollista saada. Tämän lisäksi ohjelmalla pystytään arvioimaan hitsauksen sisäistä laatua, jota ei ole mahdollista havaita todellisesta hitsistä ilman lisälaitteita.

Toinen tutkimuskysymys käsitteli, miten hitsaussimulaatio edistää opiskelijoiden oppimista ja kuinka se soveltuu opetuskäyttöön. Kyselytutkimuksen perusteella hitsaussimulaatio koettiin positiiviseksi lisäksi hitsauksen opetukseen. Käytetyn ohjelman ominaisuudet olivat

riittävät ja virtuaalihitsaus muistutti koehenkilöiden mukaan perinteistä hitsausta. Uusiin laitteisiin sekä ohjelmistoihin totuttelu vie aikaa. Tämän vuoksi kyselytutkimuksen tuloksen kannalta oli tärkeä kysyä myös koehenkilöiden aikaisempaa kokemusta VR-teknologiasta. Koehenkilöistä 71 % virtuaalilasit itsessään oli uusi tuttavuus, mutta tästä huolimatta virtuaaliympäristöön sopeutuminen koettiin erittäin helpoksi. Opetuskäytössä ohjelman käyttöajat tulisivat jäämään yksilötasolla pieniksi, jonka vuoksi sopeutuminen ohjelmaan on tärkeässä roolissa. Tämän takia virtuaalilasiin hyödyntäminen hitsauksen opetuksessa suuremmissa mittakaavassa voisi olla toimiva ratkaisu. Opetuskäytössä itsenäisiä virtuaalilaseja voidaan pitää helpoimpana ja kustannustehokkaimpana tapana hitsauksen harjoitteluun. Laitteinvestoinnit ovat pienet ja virtuaalilaseja on helppo käyttää. Toisin kuin monimutkaisemat ja varta vasten hitsaukseen suunnitellut laitteistot, itsenäiset virtuaalilasit ovat monipuoliset ja yksinkertaiset. Riittää, kun vain laittaa virtuaalilasit päähän, ja valitsee halutun ohjelman. Tämän vuoksi niitä voidaan hyödyntää myös muissa ohjelmissa ja käyttötarkoituksissa.

Viimeisessä tutkimuskysymyksessä pohdittiin hitsaussimulaation oppimiskokemuksen kehitystä. Opetuskokemusta voisi kehittää tekemällä hitsaussimuloinnista realistisempaa. Hyödyntämällä todellisia hitsausvarusteita saataisiin oppilaalle luotua oikea mielikuva hitsaamisesta. Kehittämällä ohjelman ääniä ja haptiikan kautta saatavaa hitsaustuntumaa olisi helpompaa reagoida hitsauksen aikaisiin hitsin muutoksiin. Lisäämällä virtuaalilasiin ohjaimen painoa ja integroimalla tähän todellinen hitsauspoltin sekä kaapeli, saataisiin virtuaalisesta hitsaamisesta huomattavasti vakaampaa sekä aidomman tuntuista. Vakautta lisäisi myös fyysinen työpöytä sekä työkalut.

6.4 VR-hitsauksen opetuskokemuksen parantaminen

Tutkimuksen perusteella hitsaussimulaation opetuskokemuksessa on vielä kehityskohteita. Kehityskohteet koskevat pääasiassa hitsauksen tuntumaa ja hitsaus suoritteiden vastaavuutta todelliseen hitsaukseen. Käytetyssä simulointilaitteistossa hitsauspoltinta vastaava ohjain oli erittäin kevyt. Tämä teki hitsaamisesta vapaalla kädellä erittäin epävakaa. Tämä saataisiin korjattua lisäämällä ohjaimen painoa tai vastaavasti integroimalla realistinen hitsauspoltin

ohjaimen. Myös hitsauskaapelin paino ja liikkuvuusrajoitteet voitaisiin huomioida näin simuloinnissa. Tämä lisäisi suorituksen vakautta sekä tekisi siitä aidomman tuntuista.

Fyysisen kappaleen puuttuminen myös hankaloitti hitsausta. Tämän takia hitsatessa ei voinut tukea poltinta työkappaleeseen eikä työpöytään. Tämä koettiin kokeellisessa osuudessa haasteelliseksi. Kokeellisessa osuudessa käytetyssä ohjelmistossa oli käytettävissä työkappaleen korkeuden säätö, mutta se oli hankala saada säädettyä toimimaan todellisen maailman ympäristön kanssa. Lisäämällä ohjelmaan mahdollisuus säätää virtuaalinen työpöytä samalle tasolle kuin todellisessa maailmassa, voisi pöytään nojata hitsatessa tuoden vakautta hitsaus suoritukseen. Samalla työpöytään voisi lisätä todellisen työkappaleen, jolloin kappaleeseen voisi tuntea fyysisesti kuten oikeassakin hitsauksessa.

Opetuskäytössä oikean mielikuvan luominen on tärkeässä roolissa. Tämän takia hitsaussimuloinnissa tulisi panostaa todenmukaiseen tuntumaan sekä työympäristöön. Tätä saataisiin lisättyä vielä entisestään käyttämällä todenmukaisia hitsausvarusteita. Oikean hitsausmaskin sekä työvaatteiden käyttö veisi mielikuvaa lähemmäksi oikeaa suoritusta. Lisäksi ohjelman äänet olisivat voineet olla todellisemmän kuuloisia, jolloin äänen perusteella olisi helpompi tehdä korjauksia hitsaus suoritukseen. Myös ohjelman tuomassa värinässä olisi parantamisen varaa, sillä haptiikka oli käytetyssä ohjelmassa ja laitteistossa ainut kontakti virtuaalisen työkappaleeseen.

6.5 Tulosten uutuusarvo ja hyödynnettävyys

Samantapaisia tutkimuksia on suoritettu jo aikaisemmin ulkomailla, mutta suomessa kyseessä on vielä melko tutkimaton aihe. Hitsaussimuloinnin hyödyntämisestä opetuskäytössä löytyy tutkimuksia, mutta näissä ei keskitytä itsenäisiin virtuaalilaseihin. Tutkimuksen tulokset ovat hyödynnettävissä laajalti opetuskäyttöön niin peruskouluihin kuin myös ammatilliseen opetukseen. Kyselytutkimuksen perusteella voidaan hitsaussimulaatiota suositella opetuskäyttöön ja näin edesauttaa toimialojen investointipäätöksiä kyseisiin laitteistoihin. Näin ollen yliopistotasolla voidaan suositella siirryttävän hitsauksen hybridiopetusmalliin,

jossa hitsauksen opetuksessa yhdistetään virtuaalista hitsaussimulaatiota ja perinteistä kaa-sukaarihitsausta. Hitsaussimulaatiota voidaan myös jatkossa hyödyntää niin sanottuna läm-mittelynä ennen normaalia hitsausta, jolloin oikeaoppiset liikeradat muistuvat mieleen.

6.6 Jatkotutkimusaiheet

Tehty työ vastasi tutkimukselle asetettuihin tavoitteisiin, mutta siinä olisi vielä paljon jatko-tutkimusmahdollisuuksia. Tässä työssä keskityttiin vain Skillveri Classroom Series -ohjel-mistoon, sillä koululla oli tähän jo valmiiksi testilisenssi. Vastaavia kilpailevia ohjelmia on markkinoilla. Kokeellisen osuuden sekä kyselytutkimuksen koehenkilömäärä oli suhteelli-sen pieni koronaviruksen tuomasta etätyösuosituksesta johtuen. Myös testilisenssin tuoma aikataulurajoite karsi koeryhmän kokoa. Lisäksi koeryhmä koostui vain LUT yliopiston hit-saustekniikan laboratorion henkilöstöstä, joten tutkimukseen saatiin vain niin sanottu opet-tavan henkilöstön näkemys. Näin ei saatu ollenkaan oppilaiden omakohtaisia kokemuksia hitsaussimulaatiosta. Tutkimusta voisi jatkaa kasvattamalla koeryhmää sekä laajentamalla kyselyä. Tämä kasvattaisi tutkimuksen reliabiliteettia. Koeryhmä voisi kokeilla eri laitteis-toja sekä ohjelmistoja ja näin ollen tuoda esiin myös ohjelmakohtaisia eroja. Aikaisemmin suoritetuissa tutkimuksissa eikä tässä työssä huomioitu ohjaimen painoa, joten jatkossa voisi tutkia olisiko todellisen hitsauspolttimen ja kaapelin integroinnista hyötyä. Näiden lisäksi kokeeseen voitaisiin tuoda mukaan oikean hitsauksen tarkastelu ja suorittaa hitsauskokeita ennen hitsaussimulaation hyödyntämistä sekä sen jälkeen. Näin voitaisiin saada kvalitatiivi-sia tuloksia esimerkiksi hitsin kestosta ja laadusta. Tämä myös konkretisoisi hitsaussimulaa-tiosta saadut hyödyt todelliseen ympäristöön.

6.7 Hitsaussimulaation tulevaisuuden näkymä

Tulevaisuuden näkymät virtuaalitodellisuuden hyödyntämiselle hitsauksen opetuksessa ovat kirkkaat. Teknologian kehittyessä yhä monipuolisemmat ominaisuudet tulevat mahdolli-siksi. Niin sanotut ”älyhanskat” voisivat lisätä hitsauksen todentuntuvuutta ja näin mahdol-listaa yhä vahvemman immersion virtuaalimaailmaan. Haptiikan avulla käyttäjä tuntisi hit-sauspistoolin sekä sen liikkeen eikä käsissä tarvitsisi pitää ylimääräisiä ohjaimia.

Hitsaamisesta saataisiin näin lähes aidon tuntuista. Tulevaisuudessa moni muukin ammatti ja ala tulee siirtymään virtuaalimaailmaan. Metaversumin eli virtuaalisen maailman yleistyessä yhä useampi fyysinen kanssakäyminen tullaan kokemaan internetin välityksellä. Tämän vuoksi tullaankin varmasti näkemään vielä paljon kehitystä virtuaalitodellisuuden laitteistoissa sekä näiden mahdollistamissa ominaisuuksissa.

Lähteet

- Chung, C. et al. 2020 Research on Optimization of VR Welding Course Development with ANP and Satisfaction Evaluation. *Electronics (Basel)*. 9 (10), 1–. 28 s.
- Huang, C. et al. 2020 Research on Teaching a Welding Implementation Course Assisted by Sustainable Virtual Reality Technology. *Sustainability (Basel, Switzerland)*. 12 (23), 10044–. 21 s.
- Ionix. 2021. MIG/MAG-hitsaus [Verkkosivu]. [Viitattu 17.3.2022]. Saatavissa: <https://www.ionix.fi/teknologiat/kaarihitsaus/migmag-hitsaus/>
- Jo, D. et al. 2011. Welding representation for training under VR environments, in Proceedings of the 10th International Conference on virtual reality continuum and its applications in industry. [Online]. 2011 ACM. 339–342 s.
- Kemppi. 2022a. Käsinhitsaus. [Verkkosivu]. [Viitattu 20.3.2022]. Saatavissa: <https://www.kemppi.com/fi-FI/tuotteet/category/laitteet/kasinhitsaus/mig/>
- Kemppi. 2022b. Hitsausturvallisuus. [Verkkosivu]. [Viitattu 20.3.2022]. Saatavissa: <https://www.kemppi.com/fi-FI/tuki/hitsausaapinen/hitsausturvallisuus/>
- Kuusisto, T. 2014. Käytännön ohjeita MIG/MAG-hitsaukseen. 4. uudistettu painos. Oy AGA Ab. 24 s.
- Lepola, P. & Makkonen, M. 2005. Hitsaustekniikat ja teräsrakenteet. 1. painos. Helsinki: WSOY. 429 s.
- Lukkari, J. 2002. Hitsaustekniikka : perusteet ja kaarihitsaus. 4. tarkistettu painos. Helsinki: Opetushallitus. 291 s.
- Peltonen, S. 2018. Tekoäly opettaa hitsaamaan helsingissä – opetus paranee ja rahaa säästyy. [Verkkosivu]. [Viitattu 11.3.2022]. Saatavissa: <https://forumvirium.fi/uutta-opetusteknologia-hitsaukseen/>
- Pronius. 2018. Virtual welding / Tulevaisuuden hitsaus. 5 s.

SFS 3052. 2020. Hitsaussanasto. Yleistermit. 6. painos. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto SFS. 128 s.

Skillveri. 2021. eXtended Reality (XR) 3-D training simulators for Welding, Spray Painting, Blasting & Sealant Application. 8 s.

Virtual Reality Society 2017. How did virtual reality begin? [Verkkosivu]. [Viitattu 19.2.2022]. Saatavissa: <https://www.vrs.org.uk/virtual-reality/beginning.html>

Wells, T. & Solomonson, J. 2020. Using Virtual Reality (VR) Technology in School-Based Agricultural Education Programs. The Agricultural Education Magazine. 93 (1), 12–15 s.

Kyselytutkimuksen lomake

Hitsaussimulaatio kyselytutkimus

Tämä kyselytutkimus on osa Joel Piispasen kandidaatin työtä. Kyselytutkimuksessa kartoitetaan kohderyhmän kokemuksia hitsaussimulaatiosta virtuaalilaseja hyödyntämällä.

1. Hitsaussimulaatio vastasi perinteistä hitsausta

Merkitse vain yksi soikio.

	1	2	3	4	5	
Ei lainkaan samaa mieltä	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Ehdottomasti samaa mieltä

2. Virtuaaliympäristöön sopeutuminen oli helppoa

Merkitse vain yksi soikio.

	1	2	3	4	5	
Ei lainkaan samaa mieltä	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Ehdottomasti samaa mieltä

3. Hitsaussimulaatiossa oli tarpeeksi ominaisuuksia

Merkitse vain yksi soikio.

	1	2	3	4	5	
Ei lainkaan samaa mieltä	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Ehdottomasti samaa mieltä

4. Hitsaussimulaatiosta on apua hitsauksen opetuksessa

Merkitse vain yksi soikio.

	1	2	3	4	5	
Ei lainkaan samaa mieltä	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	Ehdottomasti samaa mieltä

5. Oliko sinulla aiempaa kokemusta VR-laseista?

Merkitse vain yksi soikio.

Kyllä

Ei

6. Vapaa palaute:
