



Erik Sindonen

VR-simulaation kehittäminen LVI-koulutukseen

Metropolia Ammattikorkeakoulu

XR Design

Muotoilun tutkinto-ohjelma

Opinnäytetyö

18.5.202

Tiivistelmä

Tekijä(t): Erik Sindonen
Otsikko: VR-simulaation kehittäminen LVI-koulutukseen
Sivumäärä: 26 sivua
Aika: 18.5.2023

Tutkinto: Muotoilija AMK
Tutkinto-ohjelma: Muotoilu
Suuntautumisvaihtoehto: XR Design

Ohjaajat: Ale Torkkel, tuntiopettaja, XR Design
Markku Luotonen, lehtori, XR Design

Tavoitteena on tutkia LVI-alueen (lämmitys, ilmanvaihto ja ilmastointi) VR-simulaation kehittämisen ja soveltamisen mahdollisuuksia. Tämä työ keskittyy VR-simulaation suunnitteluun, kehittämiseen ja arviointiin, jonka tarkoituksena on esittää LVI-järjestelmien peruseräitä ja käytäntöjä. VR-simulaatio tarjoaa opiskelijoille mahdollisuuden kokea ja ymmärtää LVI-järjestelmien toimintaa interaktiivisessa ja immersivisessä ympäristössä, joka lisää oppimisen tehokkuutta ja elämyksellisyyttä.

Projektin aikana kehitetään simulaatio, joka mahdollistaa LVI-järjestelmien eri komponenttien ja niiden toiminnan havainnollistamisen virtuaalisesti. Tavoitteena on, että simulaatio toimii sekä opetusvälineenä että keinona syventää opiskelijoiden ymmärrystä LVI-tekniikasta ja sen soveltamisesta käytännössä. Simulaation avulla voidaan myös testata ja arvioida opiskelijoiden osaamista ja oppimisen edistymistä.

Työssäni käsitellään VR-tekniikan soveltuvuutta opetuksen laatuun ja opiskelijoiden sitoutumiseen. Simulaation käyttäjäpalautteen perusteella pyritään ymmärtämään, miten VR-simulaatio voi tehostaa opetusta ja osallistavaa oppimista LVI-alalla. Tavoitteena on esittää uusia näkökulmia VR:n koulutuskäyttöön, keskittyen erityisesti käytännön soveltamiseen ja oppimiskokemukseen.

Avainsanat: VR-simulaatio, LVI-järjestelmät, opetustekniikka, interaktiivinen oppiminen, virtuaalitodellisuus

Abstract

Author(s): Erik Sindonen
Title: Development of VR Simulation for Training in HVAC
Number of Pages: 26 pages
Date: 18 May 2023

Degree: Bachelor of Culture and Arts
Degree Programme: Design
Specialisation option: XR Design

Instructor(s): Ale Torkkel, Lecturer
Markku Luotonen, Senior Lecturer

Objective:

This thesis investigates the potential of virtual reality (VR) simulations in HVAC (Heating, Ventilation, and Air Conditioning) education. It aims to create an interactive and immersive learning experience that clearly demonstrates HVAC principles and practices. The development process involved designing, developing, and evaluating a VR simulation, integrating technological innovations with pedagogical strategies. Feedback was continuously gathered from both students and professionals during development. The results show that the VR simulation effectively engages students, with positive responses particularly from those already familiar with VR technology, highlighting its potential to enhance understanding in HVAC education. The study concludes that VR simulations are a promising educational tool, especially in specialized fields like HVAC, combining technology and pedagogy to revolutionize traditional educational methods.

Keywords: VR simulation, HVAC systems, educational technology, interactive learning, virtual reality

Sisällys

1	Johdanto	1
1.1	Virtuaalitodellisuusteknologian yleiskatsaus koulutuksessa	2
1.2	VR:n yhteys pedagogisiin teorioihin	2
1.3	LVI-alan VR-simulaatioprojekti	3
2	VR-projektini merkitys ja asema koulutusteknologian kehityksessä	4
3	Vertailu muihin VR-oppimissovelluksiin	5
4	Teknologinen katsaus	6
5	Simulaation kohtaukset ja niiden esittely	8
6	Emergenssi VR-simulaatioiden kehittämisessä	13
6.1	Johdanto emergenssiin	13
6.2	Emergenssi VR-teknologiassa	15
6.3	Emergenssin esimerkit projektissa	16
6.4	Emergenssin merkitys opetusteknologiassa	17
6.5	Yhteenveto	18
7	VR-simulaation kehittäminen	19
8	VR-simulaation esittely ja arviointi	20
9	Reflektio	22
10	Johtopäätökset	24
	Lähteet	
	Liitteet	
	Esimerkkejä työstäni	
	Tekniset tiedot ja lähteet	

1 Johdanto



Kuva 1. Erik Sindonen, kehittäjä, testaa VR-simulaatiota yhdessä Washingtonin osavaltion opiskelijan kanssa.

1.1 Virtuaalitodellisuusteknologian yleiskatsaus koulutuksessa

Virtuaalitodellisuus (VR) on viime vuosina mullistanut opetusmaailman tarjoamalla ainutlaatuisia, vuorovaikutteisia ja immersiiivisiä oppimiskokemuksia. Teknologian nopea kehitys on avannut uusia mahdollisuuksia monilla aloilla, erityisesti koulutuksessa. VR:n käyttö lääketieteellisestä koulutuksesta insinööritieteisiin on osoittanut, kuinka monipuolinen ja tehokas työkalu se on oppimisprosessissa. (Xiaoqin & Zhe 2022, 4.) Opiskelijat voivat tutkia monimutkaisia käsitteitä ja ilmiöitä turvallisesti virtuaaliympäristössä, joka jäljittelee todellista maailmaa. Lisäksi teknologiset edistysaskeleet, kuten parannetut grafiikkamoottorit ja laitteiden parempi saatavuus, ovat johtaneet intuitiivisempien ja tehokkaampien koulutustyökalujen kehittämiseen. Näiden innovaatioiden myötä VR tarjoaa opiskelijoille mahdollisuuden ymmärtää monimutkaisia konsepteja käytännöllisesti. Haasteina ovat kuitenkin korkeat kustannukset ja teknisen tuen tarve. Tulevaisuuden näkymät ovat kuitenkin lupaavat, kun tekoälyä hyödynnetään opetuksen personointiin ja VR:n soveltamisalaa laajennetaan kattamaan erilaiset koulutusympäristöt.

1.2 VR:n yhteys pedagogisiin teorioihin

Virtuaalitodellisuusteknologia ei ainoastaan muuta digitaalisen maailman kanssa olemisen tapaamme, vaan se myös avaa uusia mahdollisuuksia opetukselle, erityisesti kun tarkastellaan nykyaikaisia pedagogisia menetelmiä. VR yhdistyy saumattomasti konstruktivistiseen oppimisteoriaan, joka korostaa opiskelijoiden aktiivista roolia omassa oppimisprosessissaan. (Hu-Au & Lee 2017, 223.) VR-ympäristössä opiskelijat voivat itse tutkia, kokeilla ja rakentaa ymmärrystään. Toisaalta behavioristisesta näkökulmasta katsottuna VR mahdollistaa välittömän palautteen ja toiston, jotka ovat keskeisiä oppimistaitojen kehittämisessä. VR-simulaatiot tarjoavat ainutlaatuisia tilaisuuksia arviointiin ja korjaukseen reaaliajassa. Lisäksi VR tukee sosiaalista ja kulttuurista oppimista mahdollistamalla opiskelijoiden vuorovaikutuksen virtuaalisissa tiloissa. Tämä edistää yhteisöllistä oppimista ja tiedon jakamista laajemmassa kontekstissa. VR tarjoaa myös

monimutkaisia skenaarioita ja ongelmia, jotka vaativat opiskelijoilta kriittistä ajattelua, analysointia ja päätöksentekoa.



Kuva 2. Infografiikka, joka näyttää VR-teknologian vaikutuksen oppimiseen ja koulutukseen, luotu käyttäen tekoälyä DALL-E.

1.3 LVI-alan VR-simulaatioprojekti

Tämän projektin ydin on LVI-alan opetukseen suunnatun VR-simulaation kehittäminen. Projekti pyrkii parantamaan opiskelijoiden ymmärrystä ja soveltamis-kykyä lämmityksen, ilmanvaihdon ja ilmastoinnin alueilla. VR-simulaatio tarjoaa turvallisen ja hallitun ympäristön, jossa opiskelijat voivat. Tällainen immersii-venen oppimisympäristö parantaa koulutuksen laatua ja tehostaa oppimispro- s- sia. Projektin myötä opiskelijat saavat mahdollisuuden ymmärtää LVI-

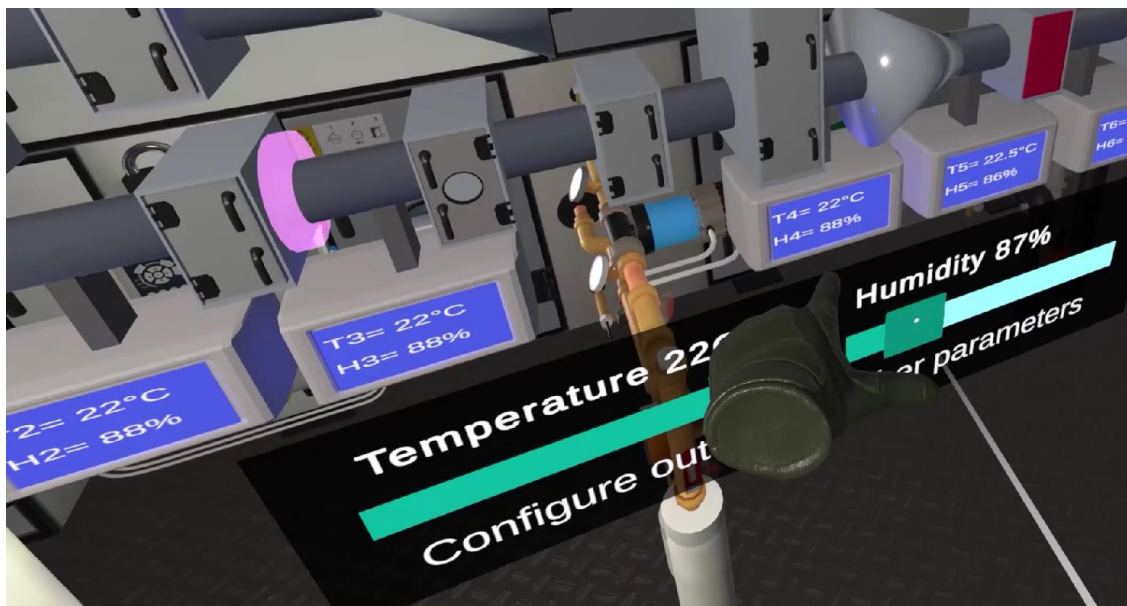
järjestelmiä käytännöllisesti ja syvällisesti, mikä edistää heidän valmiuksiaan tulevaisuuden ammatillisissa tehtävissä.

2 VR-projektini merkitys ja asema koulutusteknologian kehityksessä

Projektini virtuaalitodellisuuden (VR) alalla on askel eteenpäin koulutusteknologian kehittämisessä. Tämän projektin avulla olen pystynyt tutkimaan ja osoittamaan, miten VR-teknologia voidaan sovittaa yhteen tehokkaasti nykyaikaisten pedagogisten metodien kanssa, erityisesti LVI-alan koulutuksessa. Tämä yhdistelmä ei pelkästään vastaa koulutuksen nykyisiin haasteisiin, vaan luo myös uusia mahdollisuuksia ja sovellusalueita sekä VR-teknologialle että LVI-koulutukselle. Projektini on esimerkki siitä, kuinka voidaan kehittää syvällisiä ja merkityksellisiä oppimiskokemuksia, jotka hyödyntävät VR:n tarjoamia ainutlaatuisia interaktiivisia ja immersivisiä ominaisuuksia.

Erittäin merkittävää projektissani on, kuinka se auttaa muovaamaan koulutusteknologian tulevaisuutta. Olen suunnitellut ja toteuttanut VR-sovelluksia, jotka tuovat konkreettisia hyötyjä opiskelijoille, kuten parantunut kyky ymmärtää monimutkaisia LVI-järjestelmiä ja niiden toimintaa. Tämä ei ainoastaan lisää opiskelijoiden tietoa ja taitoja, vaan myös rohkaisee heitä soveltamaan oppimaansa käytännön ongelmanratkaisuun. Projektini osoittaa, kuinka teknologiset innovaatiot voivat tukea ja parantaa oppimista tehden siitä saavutettavampaa ja monipuolisempaa.

Projektini on myös esimerkki siitä, kuinka VR voi toimia tehokkaana työkaluna koulutuksessa mukautuen eri oppimistyyliin ja tarpeisiin. Se tarjoaa opiskelijoille mahdollisuuden oppia interaktiivisesti ja omassa tahdissaan, mikä on erityisen tärkeää teknisten ja ammattitaitoa vaativien alojen, kuten LVI:n, opetuksessa. Lisäksi projektini on rohkaissut muita koulutuksen ja teknologian ammattilaisia hyödyntämään VR:ää innovatiivisilla tavoilla edistäen näin koulutusteknologian jatkuvaa kehitystä.



Kuva 3. Opiskelija tutkii 3D-toimintakaavion avulla reaaliajassa, miten erilaiset sääolosuhteet vaikuttavat laitteiston toimintaan, seuraten anturien muuttuvia arvoja.

Tämän luvun tarkoituksena on korostaa, kuinka projektini on osa laajempaa koulutusteknologian kehityksen kokonaisuutta ja kuinka se edistää VR-tekniikan käyttöä opetuksessa tuoden esiin sen potentiaalin ja mahdollisuudet tulevaisuudessa.

3 Vertailu muihin VR-oppimissovelluksiin

VR-simulaatioprojektiani vertailemalla muihin markkinoilla oleviin VR-oppimissovelluksiin olen havainnut huomattavia eroja immersiossa ja käyttäjien osallistumisessa. Useat perinteiset sovellukset keskittyvät ainoastaan 2D-sisällön esittämiseen 3D-muodossa jättäen huomiotta mahdollisuuden vuorovaikutukseen ja aktiiviseen oppimiseen. Tällainen lähestymistapa ei tue opiskelijoiden "lihaskuistin" kehittymistä tai tarjoa heille kattavaa oppimiskokemusta.

Projektissani olen sen sijaan keskittynyt syvälliseen immersioon ja tehtävien aktiiviseen suorittamiseen. Tämä lähestymistapa mahdollistaa opiskelijoille realistisen ja vuorovaikutteisen kokemuksen, joka jäljittelee LVI-järjestelmien todellista käyttöä. Opiskelijoiden palautteesta on käynyt ilmi, että virtuaalinen koke-

mus on antanut heille arvokasta käytännön kokemusta, joka on siirrettävissä suoraan todellisiin työympäristöihin.

Lisäksi projektini on osoitus siitä, kuinka VR-teknologiaa voidaan käyttää koulutuksen laadun parantamiseen. Sen sijaan, että VR toimisi vain visuaalisena työkaluna, se tarjoaa dynaamisen ja interaktiivisen oppimisalustan, jossa opiskelijat voivat harjoitella ja oppia eläväisessä ympäristössä. Tämä aktiivinen osallistuminen ja immersio tekevät projektistani erottuvan perinteisistä VR-oppimissovelluksista.

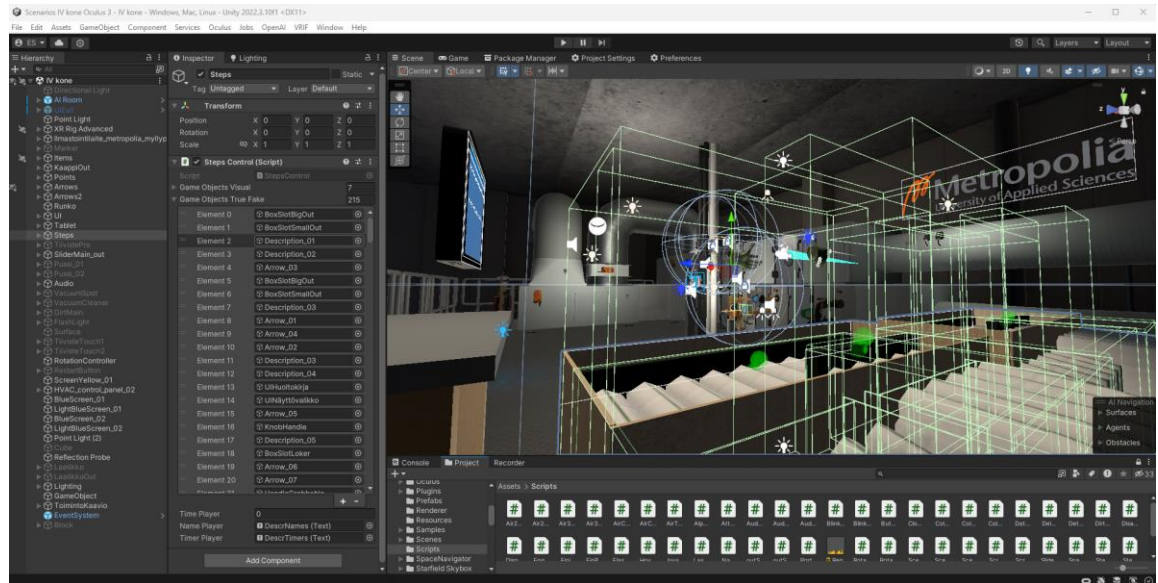
Yhteenvetona, projektini korostaa VR-teknologian merkitystä opetusalaalla tuoden esille sen kyvyn tarjota opiskelijoille todellista arvoa. Projektini lähestymistapa erottaa sen perinteisistä VR-oppimissovelluksista osoittaen immersiota ja aktiivista osallistumista koulutuksessa ei ainoastaan mahdolliseksi, vaan myös välttämättömiksi osiksi tehokkaassa VR-pohjaisessa opetuksessa.

4 Teknologinen katsaus

Teknologiat ja työkalut, joita on käytetty VR-simulaation kehittämisessä, edustavat alan huippua ja on valittu niiden kyvyn perusteella tukea korkealaatuisen VR-simulaation luomista. Valitut työkalut ovat osoittautuneet ratkaiseviksi luomaan interaktiivista ja immersiiivistä oppimiskokemusta virtuaalitodellisuudessa, ja niiden avulla on mahdollistettu teknisen innovaation ja pedagogisen tehokkuuden yhdistäminen. (Bailenson 2018, 18.)

Unity

Unity on monipuolinen ja tehokas kehitysympäristö, joka mahdollistaa interaktiivisten 3D- ja 2D-sovellusten luomisen. Tämä alusta on erityisen suosittu VR-sovellusten kehittäjien keskuudessa sen joustavuuden ja laajan tukiyhteisön ansiosta.



Kuva 4. Unity-moottorin käyttöliittymän näyttökuvaa, jossa on yksi projektini koh-
tauksista

C#

C# on moderni ohjelmointikieli, jota käytetään simulaation vuorovaikutus-
logiikan ja objektien hallinnan toteuttamiseen. Se on valittu sen tehok-
kuuden ja monipuolisuuden vuoksi, ja se integroituu saumattomasti Uni-
tyn kanssa.

VR Interaction Framework

Tämä on VR-sovellusten kehittämiseen suunnattu kehys, joka mahdollis-
taa intuitiivisten ja luonnollisten vuorovaikutusten luomisen virtuaalisessa
ympäristössä. Kehyksen avulla voidaan nopeasti ja helposti toteuttaa
käyttäjän toimintaa ohjaavia mekaniikkoja.

Visual Studio

Visual Studio on tehokas kehitysympäristö, joka tarjoaa kattavat työkalut
ja resurssit C#-koodin kirjoittamiseen ja debuggaamiseen. Sen edisty-
neet toiminnot tukevat tehokasta ja virheetöntä koodin kehittämistä.

Copilot

Copilot on Visual Studion tekoälyavustaja, joka auttaa koodin kirjoittamisessa tarjoamalla suosituksia ja parannuksia, mikä tehostaa koodausprosessia ja vähentää virheiden määrää.

Narakeet

Narakeet on tekoälytyökalu, jota käytettiin simulaation ääniraidan luomiseen. Tämä työkalu mahdollistaa laadukkaiden ja realististen äänitehosteiden tuottamisen, mikä parantaa VR-simulaation immersivisyyttä.

ChatGPT

ChatGPT on tekoälypohjainen työkalu, joka on ollut korvaamaton apu monessa projektin vaiheessa. Sen käyttö ei rajoittunut pelkästään kuvausten ja muiden tekstisisältöjen tuottamiseen simulaatiolle, vaan se auttoi myös laajemmin projektin hallinnassa. ChatGPT on tukenut minua ajatusten ja ideoiden järjestämisessä, tarjonnut ohjeita ja neuvoja sekä auttanut dokumentaation ja esitysmateriaalien luomisessa. Sen kyky käsitellä monimutkaisia kysymyksiä ja tarjota selkeitä vastauksia on ollut erityisen hyödyllistä esitysten ja raporttien valmistelussa, mahdollistaen sujuvamman kommunikaation ja projektin esittelyn. Tämä on ollut arvokasta tukea simulaation kehittämisprosessissa sekä projektin kokonaisvaltaisessa hallinnassa.

Näiden työkalujen yhdistelmä on mahdollistanut korkealaatuisen ja immerstiivisen VR-simulaation kehittämisen, jossa yhdistyvät visuaalinen laatu, käyttäjäväläinen vuorovaikutus ja tekninen tarkkuus.

5 Simulaation kohtaukset ja niiden esittely

Tässä osassa näytän erilaisia simulaatiomme kohtauksia oheisten kuvien avulla. Jokainen kuva näyttää yhden simulaation kohtauksen ja siihen liittyvän teh-

tävän, joka opiskelijan pitää tehdä. Tämä näyttää, kuinka simulaatio auttaa opiskelijoita ymmärtämään LVI-alaa interaktiivisesti ja syvällisesti.

On hyvä muistaa, että nämä kohtaukset ovat vain osa simulaation koko sisällöstä. Ne on valittu näyttämään simulaation eri puolia ja sitä, kuinka se yhdistää tekniset taidot ja teorian hyvään oppimiskokemukseen. Nämä kohtaukset ja tehtävät näyttävät, kuinka syväsimulaatio on ja miten se opettaa opiskelijoille LVI-järjestelmistä käytännössä.

Jokaisessa kohtauksessa on lyhyt selitys tehtävästä ja kuvia siitä, miten se näkyy VR-ympäristössä. Tämä antaa kattavan kuvan siitä, miten simulaatio toimii ja sopii opetukseen.



Kuva 5. Simulaatio tukee sekä suomea että englantia. Tässä kohtauksessa opiskelijan pitää valita, kummalla kielellä hän haluaa tehdä oppimistehtävät. Minun sovellukseni on tehty kiinnostamaan käyttäjiä Yhdysvalloista.



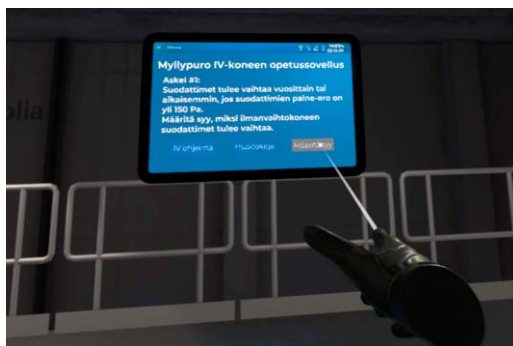
Kuva 6. Opiskelijan täytyy rekisteröityä sovellukseen, jotta voimme seurata hänen pelikokemustaan ja saada tietoa siitä, kuinka hyvin hän suoriutui. Rekisteröityminen auttaa myös keräämään tietoa siitä, missä opiskelijat menestyvät ja missä he tarvitsevat lisää

harjoitusta. Lisäksi rekisteröityminen mahdollistaa henkilökohtaisen oppimiskokemuksen räätälöinnin ja tarjoaa opiskelijoille mahdollisuuden tallentaa edistymistään ja palata myöhemmin jatkamaan siitä, mihin jäivät.



Kuva 7. Tähän pitää lisätä, että kohtauksessa tehtävät näkyvät myös

monitorilla, joka muistuttaa tablet-laitetta. Tällainen laite on yleensä asennettu todellisissa laitoksissa tai ilmanvaihtokoneissa. Tämä on pääkohtaus. Paikka, johon opiskelijan pitää mennä, on merkitty numerolla. Numero vaihtuu jokaisen tehtävän jälkeen.



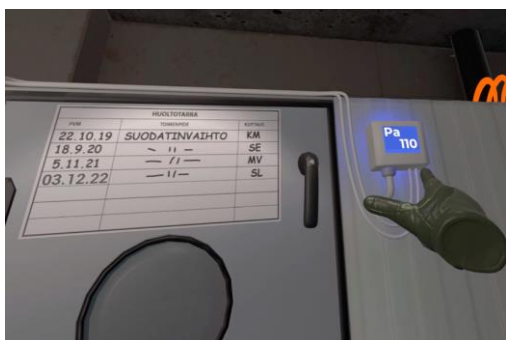
Kuva 8. Tehtävät näyttävät yleensä samanlaisilta kuin kuvassa esitetään.

Lisäksi kaikki ohjeet annetaan ääniavustajan toimesta. Tässä tapauksessa on ensimmäinen tehtävä, jossa opiskelijan pitää päättää, tarvitseeko suodattimet vaihtaa. Olemme valmistelleet

useita skenaarioita, jotka ilmestyvät satunnaisessa järjestyksessä joka kerta.

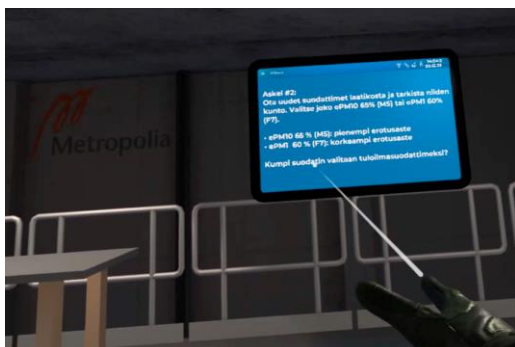


Kuva 9. Tässä on esimerkki siitä, kuinka pyydämme opiskelijaa valitsemaan oikean vastauksen esittämällä eri vaihtoehtoja. Tarjoamme myös mahdollisuuden etsiä vastauksia esitettyihin kysymyksiin suoraan simulaation sisältä.

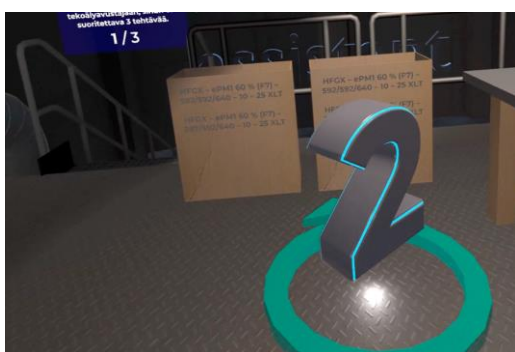


Kuva 10. Opiskelija voi löytää kaikki tarpeelliset tiedot päätöksentekoa varten. Kukin skenaario sisältää erilaiset olosuhteet ja tiedot, jotka antavat opiskelijalle mahdollisuuden kokea erilaisia tilanteita. On tärkeää huomata, että opiskelijalla on käytössään erilaisia tietolähteitä vastausten etsimiseen.

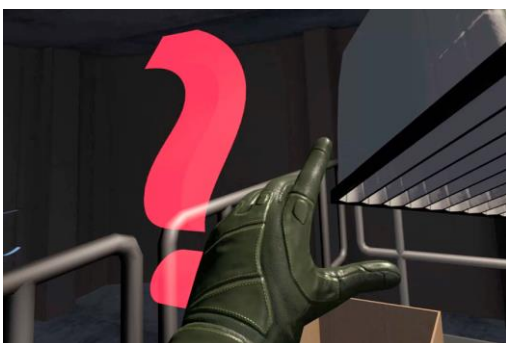
Tarvittava tieto on saatavilla monissa paikoissa, mikä vastaa todellisen maailman tilanteita.



Kuva 11. Tässä esimerkissä haluan korostaa, että kiinnitämme huomiota eri asioihin. Esimerkiksi tässä tapauksessa haluamme, että opiskelija kohtaa tehtävän valita oikeat merkinnät laitteiden osissa. Tämä on kriittisen tärkeää turvallisuuden ja laitteiden häiriöttömän toiminnan kannalta.



Kuva 12. Suodatinlaatikoissa on eri merkintöjä eri käyttöolosuhteita varten. Näytöllä kerromme, minkä tyyppistä suodatinta käytetään missäkin tilanteessa. Opiskelijan täytyy tehdä päätös ja valita oikea suodatin.



Kuva 13. Tässä esimerkissä opiskelija valitsi väärän suodattimen. Ääniavustaja ehdottaa palauttamaan väärän suodattimen, ja teemme väärän valinnan selväksi visuaalisella efektillä.



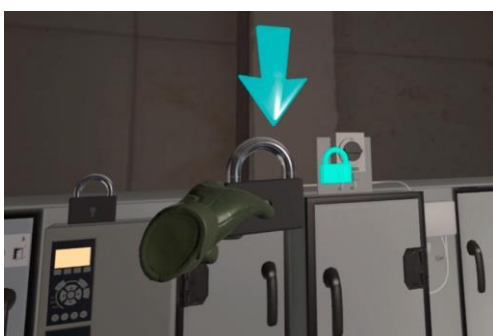
Kuva 14. Ääniavustaja vahvistaa oikean suodattimen valinnan, ja väri-indikaattori osoittaa valinnan oikeellisuuden. Korostamme myös suodattimeen tarttumisen tärkeyttä tietyistä kohdista, mikä on olennaista asennuksen kannalta.



Kuva 15. Tärkeä osa on sähköinen huoltokirja, joka täytyy täyttää kaikissa työvaiheissa. Työpäiväkirjan täyttäminen auttaa myös muistamaan toimenpiteiden järjestyksen.



Kuva 16. Tässä tehtävässä opiskelijan tulee sammuttaa ilmanvaihtokone ennen suodattimien vaihdon aloittamista. Turvakytkimien kääntäminen tehdään samalla tavalla kuin todellisessa maailmassa.



Kuva 17. Tässä esimerkissä korostamme työn tekemisen tärkeyttä ohjeiden mukaan painottaen tarvittavia turvatoimenpiteitä. Opiskelijan tulee asentaa lukko, jotta vältetään laitteiston tahaton käynnistyminen.



Kuva 18. Tässä siirrymme kohtaukseen, jossa on tekoälyavustaja. Tässä simulaatiossa teen kokeilua LLM:n (Large Language Model) käytöstä opetuksessa. Tämä tekoäly on koulutettu erityisellä tiedolla, joka liittyy ilmanvaihtojärjestelmiin. Testit ovat osoittaneet, että vastaukset ovat relevantteja ja hyödyllisiä opetuksessa. Tämän teknologian arvo on korvaamaton opiskelijoiden oppimiskokemuksen parantamisessa. Tekoälyavustaja tarjoaa räätälöityä tukea ja ohjeistusta auttaen opiskelijoita

ymmärtämään ilmanvaihtojärjestelmiä syvällisemmin ja soveltamaan opittua käytännön tilanteissa. Tämä teknologia mahdollistaa myös joustavamman ja interaktiivisemmän oppimisen, joka vastaa kunkin opiskelijan yksilöllisiin tarpeisiin.



Kuva 19. Mestari-versionamme käytämme tekoälyn kanssa kommunikointia virtuaalisen näppäimistön kautta. Kuitenkin testiversiossani on jo käytössä äänikomennoin toimiva tekoälyavustaja. Eli meillä on täysiverinen ääniavustaja. Lisäksi kehitämme tekoälyavustajaa, joka toimii autonomisesti ilman internet-yhteyttä ja paikallisesti.

6 Emergenssi VR-simulaatioiden kehittämisessä

6.1 Johdanto emergenssiin

Emergenssin konsepti on keskeinen ymmärtääksemme, miten yksinkertaisista komponenteista ja ideoista voi syntyä monimutkainen ja toimiva VR-simulaatio. Emergenssi on monitieteinen käsite, joka viittaa siihen ilmiöön, kun suuret järjestelmät ja rakenteet syntyvät pienten, yksinkertaisten osien vuorovaikutuksesta tuottaen kokonaisuuksia, jotka ovat enemmän kuin osiensa summa. (Burmaoglu, Sartenaer & Porter 2019)

Tämä ilmiö on havaittavissa monilla eri aloilla, mutta se on erityisen merkittävä teknologian ja ohjelmistokehityksen kontekstissa. VR-simulaatioiden kehityksessä emergenssi tulee esille, kun erilliset tekniset komponentit, kuten grafiikka, käyttöliittymä ja ohjelmakoodi, yhdistyvät luomaan kokemuksen, joka on syvällisempi ja monimutkaisempi kuin mikään yksittäinen osa erikseen.

Emergenssin ymmärtäminen on tärkeää, sillä se auttaa kehittäjiä ja suunnittelijoita näkemään, miten eri elementtien vuorovaikutus voi johtaa odottamattomiin ja innovatiivisiin ratkaisuihin. Tämä näkemys on keskeinen niin luovissa proses-

seissa kuin teknisen suorituskyvyn optimoinnissa. Se opettaa meille, että jopa pienimmät yksityiskohdat ja päätökset voivat vaikuttaa merkittävästi lopputulokseen ja että suurempien kokonaisuuksien luomiseksi on ymmärrettävä ja hallittava näiden yksityiskohtien vuorovaikutusta.

Emergenssin tutkiminen VR-simulaatioiden kehittämisessä antaa meille työkaluja ja ymmärtää, miten yksinkertaisista ideoista voidaan kehittää monimutkaisia ja tehokkaita opetustyökaluja. Se auttaa tunnistamaan mahdollisuudet ja haasteet, joita projektissa voi kohdata, ja tarjoaa perspektiiviä siitä, miten eri osa-alueet yhdessä muodostavat merkityksellisen ja vaikuttavan oppimiskokemuksen.



Kuva 20. SWOT-analyysi, joka esittää VR-simulaation kehityksessä ilmeneviä vahvuuksia, heikkouksia, mahdollisuuksia ja uhkia.

6.2 Emergenssi VR-teknologiassa

Emergenssi VR-teknologiassa on ilmiö, joka havainnollistaa, kuinka erilliset tekniset elementit, kuten grafiikka, käyttöliittymä ja ohjelmakoodi, yhdessä luovat rikkaan ja immersiiivisen kokemuksen. Tämä prosessi on yhtä paljon taiteellinen kuin tekninenkin, ja siinä jokainen elementti toimii omalla tavallaan, mutta yhdessä ne synnyttävät jotakin paljon suurempaa. (Goldstein 2014, 123.)

Grafiikka VR-sovelluksissa toimii enemmän kuin pelkästään visuaalisena elementtinä; se on portti uuteen todellisuuteen. Grafiikan yksityiskohtaisuus ja realistisuus ovat ensimmäisiä askeleita immersiiivisen kokemuksen luomisessa, jossa käyttäjä viedään toiseen maailmaan. Grafiikan laatu ja suunnittelu ovat ratkaisevia tekijöitä virtuaalimaailman uskottavuuden ja houkuttelevuuden kannalta.

VR-sovellusten käyttöliittymä on kriittinen osa käyttäjän kokemuksesta. Se toimii välineenä, jonka kautta käyttäjä vuorovaikuttaa virtuaalimaailman kanssa. Hyvin suunniteltu käyttöliittymä on intuitiivinen ja helppokäyttöinen, mikä mahdollistaa saumattoman siirtymisen virtuaalimaailman ja todellisen maailman välillä. Sen avulla käyttäjä kokee täysin immersiiivisen kokemuksen.

Ohjelmakoodi on VR-sovelluksen sydän. Se määrittää, miten sovellus reagoi käyttäjän toimiin ja miten virtuaalimaailma käyttäytyy. Hyvä koodaus luo perustan, jolle rakentuu koko VR-kokemus. Se mahdollistaa monimutkaisten toimintojen suorittamisen, kuten fysiikan mallintamisen, interaktiivisuuden ja tekoälyn käytön, jotka kaikki ovat välttämättömiä immersiiivisen kokemuksen aikaansaamiseksi.

Nämä erilliset elementit – grafiikka, käyttöliittymä ja ohjelmakoodi – eivät ole itsenäisiä osia, vaan ne toimivat yhdessä luoden kokonaisuuden, joka on paljon enemmän kuin pelkästään osiensa summa. Tämä emergentti prosessi VR-teknologiassa mahdollistaa sen, että voimme luoda ympäristöjä ja kokemuksia, jotka ovat sekä uskottavia että vaikuttavia. Se on osoitus siitä, kuinka teknologi-

an eri osa-alueiden yhdistäminen voi johtaa uusiin innovaatioihin ja rikastuttaa kokemusta tavalla, joka ei olisi mahdollista yksittäisten elementtien avulla.

6.3 Emergenssin esimerkit projektissa

Projektissani emergenssi ilmenee monella tasolla ja on keskeinen osa sen menestystä. Käsittelen, kuinka eri komponentit ja kehitysvaiheet ovat yhdessä luoneet jotakin ainutlaatuista ja tehokasta.

Realistisen virtuaaliympäristön luominen: Yksi selkeä esimerkki emergenssistä projektissani on realistisen virtuaaliympäristön luominen. Tämä saavutetaan yhdistämällä erillisiä 3D-malleja ja tekstuurielementtejä, jotka yksinään ovat vain osia, mutta yhdessä ne luovat uskottavan ja elävän virtuaalimaailman. Jokainen malli, tekstuurin yksityiskohta ja valaistusefekti vaikuttaa siihen, miten käyttäjä kokee ja vuorovaikuttaa simulaation kanssa.

Käyttöliittymän suunnittelussa olen soveltanut emergenttejä periaatteita luodakseni intuitiivisen ja helppokäyttöisen rajapinnan. Käyttöliittymä toimii yhdessä ohjelmiston muiden osien kanssa, jotta käyttäjä voi saumattomasti vuorovaikuttaa virtuaalisen ympäristön kanssa. Tämä ei ole vain toiminnallinen ratkaisu, vaan se myös lisää oppimiskokemuksen immersiota ja tehokkuutta.

Kehitysprosessissa olen nivaunut yhteen erilaisia vuorovaikutusmekanismeja, joiden avulla käyttäjä voi kokea ja oppia virtuaaliympäristössä. Tämä sisältää kaiken fyysikaalisista vuorovaikutuksista tekoälyyn perustuviin käyttäytymismalleihin. Emergenssi ilmenee siinä, miten nämä erilaiset vuorovaikutustavat yhdessä muodostavat monipuolisen ja dynaamisen oppimisympäristön.

Projektissani olen yhdistänyt 3D-mallinnusta, käyttöliittymäsuunnittelua ja vuorovaikutuslogiikkaa luodakseni monipuolisen, immerstiivisen ja tehokkaan opetusvälineen. Vaikka jokainen näistä elementeistä yksinään edustaa erillistä osa-aluetta, niiden yhdistelmä synnyttää jotakin paljon suurempaa. Emergentti kokonaisuus, joka projektissani ilmenee, on enemmän kuin sen osien summa; se on esimerkki siitä, miten eri elementtien hienovarainen yhdistäminen ja tasapai-

nottaminen voi johtaa lopputulokseen, joka ylittää alkuperäiset odotukset ja tavoitteet. Tämä osoittaa emergenssin voiman ja sen merkityksen VR-simulaatioiden kehittämisessä.

Emergenssin ymmärtäminen ja soveltaminen projektissani on mahdollistanut sen, että olen voinut luoda jotakin ainutlaatuista ja arvokasta. Se on opettanut minulle, että vaikka jokainen osa on tärkeä, niiden yhteisvaikutus luo lopulta sen kokemuksen ja oppimisympäristön, joka tekee VR-simulaatiosta tehokkaan ja mieleenpainuvan.

6.4 Emergenssin merkitys opetusteknologiassa

Emergenssin konsepti on erityisen merkityksellinen opetusteknologian alalla, erityisesti VR-sovellusten kehityksessä. Tarkastelen, kuinka emergenssi vaikuttaa opetusvälineiden suunnitteluun ja kehitykseen sekä miten se auttaa luomaan entistä tehokkaampia ja interaktiivisempia oppimiskokemuksia. (Fein & Jones 2015, 39.)

Emergenssi opetusteknologiassa ei ole vain teknisten komponenttien summa, vaan se on yhdistelmä, joka johtaa uusiin, odottamattomiin ja tehokkaisiin oppimiskokemuksiin. Kun erilaiset tekniset elementit, kuten grafiikka, käyttöliittymä, äänisuunnittelu ja ohjelmointi, yhdistetään, syntyy synergia, joka edistää monipuolista ja syvällistä oppimista.

Emergenssin avulla voidaan luoda VR-sovelluksia, jotka eivät ainoastaan tarjoa visuaalisesti houkuttelevia ympäristöjä, vaan myös interaktiivisia ja immersiiivisiä oppimiskokemuksia. Käyttämällä hyväksi eri elementtien vuorovaikutusta opetusteknologian sovellukset voivat tarjota opiskelijoille mahdollisuuksia kokeilla, kysellä ja oppia aktiivisesti, mikä on keskeistä syvällisen ymmärryksen ja taitojen kehittymisessä.

Emergenssi mahdollistaa opetusvälineiden luomisen, jotka eivät vain välitä tietoa, vaan myös innostavat opiskelijoita osallistumaan aktiivisesti oppimispro-

sessiin. Kun opiskelijat ovat mukana immersiiivisessä ja vuorovaikutteisessa ympäristössä, oppimisprosessi muuttuu passiivisesta aktiiviseksi, ja se edistää syvällisempää käsitystä opeteltavasta aiheesta.

Emergenssi opetusteknologiassa rohkaisee kehittäjiä ja suunnittelijoita ajattelemaan luovasti ja innovatiivisesti. Se ei rajoitu vain olemassa oleviin ratkaisuihin, vaan kannustaa kokeilemaan uusia yhdistelmiä ja lähestymistapoja, joilla voidaan saavuttaa parannuksia oppimiskokemuksessa. Tämä avaa oven jatkuvien parannusten ja uusien innovaatioiden kehittämiseksi opetusteknologiassa.

Emergenssin merkitys opetusteknologiassa, erityisesti VR-sovelluksissa, on kiistaton. Se ei ainoastaan luo perustaa teknisille innovaatioille ja edistyneille oppimisympäristöille, vaan myös mahdollistaa tehokkaampien, interaktiivisempien ja immersiiivisempien oppimisympäristöiden kehittämisen. Tämä lähestymistapa edistää aktiivista osallistumista ja syvällistä ymmärrystä, mikä on keskeistä nykyaikaisessa opetuksessa.

6.5 Yhteenveto

Olemme tutkineet emergenssin käsitettä ja sen soveltamista VR-simulaatioiden kehityksessä. Tämä tutkimus on tuonut esiin, kuinka kompleksiset ja monipuoliset opetusvälineet voivat kehittyä suhteellisen yksinkertaisista ideoista ja komponenteista.

Emergenssi VR-simulaatioiden kehityksessä osoittaa, että vaikka yksittäiset komponentit voivat olla yksinkertaisia, niiden yhdistelmä voi luoda jotain monimutkaista ja syvällistä. Tämä prosessi kuvastaa, kuinka erilaiset elementit, kuten grafiikka, äänisuunnittelu, käyttöliittymä ja ohjelmointi, voivat yhdessä muodostaa rikkaan ja immersiiivisen virtuaalitodellisuuden kokemuksen.

Menestyksenkäs VR-simulaatioiden kehitys edellyttää teknistä asiantuntemusta, mutta myös ymmärrystä siitä, miten erilaiset tekniset ja suunnittelulliset elementit vaikuttavat kokonaiskokemukseen. Tämä tarkoittaa, että kehittäjien on oltava

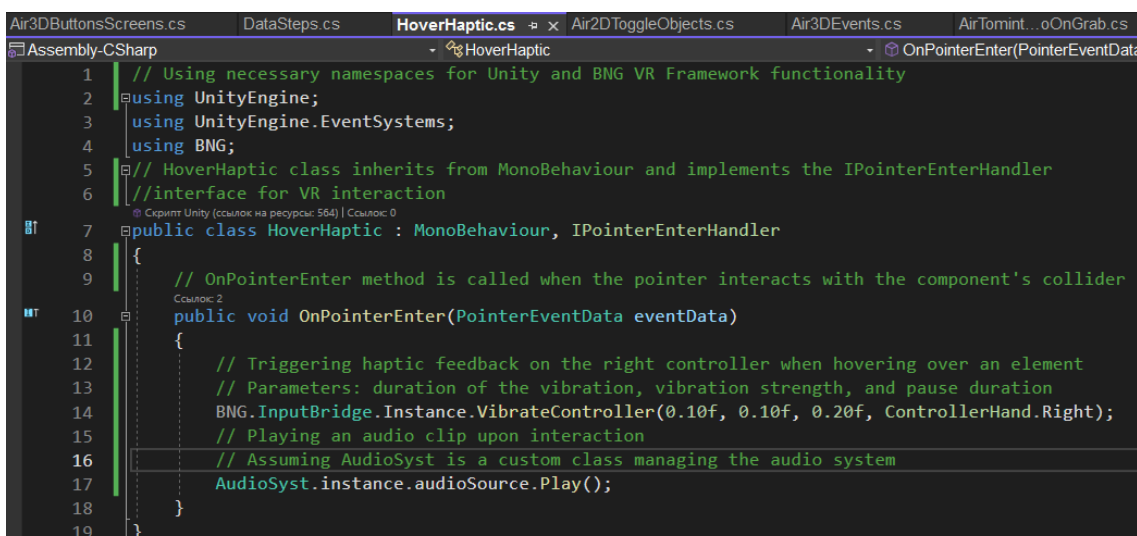
tietoisia paitsi teknologian toiminnallisista aspekteista, myös siitä, miten ne yhdessä luovat merkityksellisen ja vaikuttavan oppimisympäristön.

Emergenssin ymmärrys auttaa kehittämään VR-simulaatioita, jotka eivät vain toimi teknisesti, vaan jotka myös tarjoavat syvällisen ja mieleenpainuvan oppimiskokemuksen. Tämä lähestymistapa mahdollistaa innovatiivisten ja tehokkaiden opetusvälineiden luomisen, jotka vastaavat nykypäivän opetuksen haasteisiin ja tarpeisiin.

Emergenssi on keskeinen käsite VR-simulaatioiden kehityksessä, ja se tarjoaa uuden näkökulman siihen, miten monimutkaisia ja tehokkaita opetusvälineitä voidaan kehittää. Se korostaa, että menestys VR-kehityksessä ei ole pelkästään tekniikan hallintaa, vaan myös ymmärrystä siitä, miten eri elementit yhdessä muodostavat kokonaisuuden, joka ylittää yksittäisten osiensa arvon.

7 VR-simulaation kehittäminen

VR-simulaation kehittämisprosessi alkoi prototyypin luomisella, joka osoitti VR:n potentiaalin opetuskäytössä. Rakennusalan opettajien ja yliopettaja Rauno Holopaisen kanssa käytyjen keskustelujen perusteella päätettiin keskittyä tiettyyn prosessiin LVI-alalla, mikä ohjasi myöhempää kehitystä. Päälogiikan, joka hallitsee simulaation vaiheiden kulkua, toteutin StepsControl-luokan avulla. Tämä luokka käyttää GameObject-objektien taulukkoa aktivoimaan ja deaktivoimaan kohteita skenaariossa riippuen simulaation nykyisestä vaiheesta. Luokka myös hallitsee käyttäjän viettämää aikaa kussakin vaiheessa ja kirjaa tämän ajan.



```

Air3DButtonsScreens.cs  DataSteps.cs  HoverHaptic.cs  Air2DToggleObjects.cs  Air3DEvents.cs  AirTomint...oOnGrab.cs
Assembly-CSharp  HoverHaptic
1  // Using necessary namespaces for Unity and BNG VR Framework functionality
2  using UnityEngine;
3  using UnityEngine.EventSystems;
4  using BNG;
5  // HoverHaptic class inherits from MonoBehaviour and implements the IPointerEnterHandler
6  //interface for VR interaction
7  public class HoverHaptic : MonoBehaviour, IPointerEnterHandler
8  {
9      // OnPointerEnter method is called when the pointer interacts with the component's collider
10     public void OnPointerEnter(PointerEventData eventData)
11     {
12         // Triggering haptic feedback on the right controller when hovering over an element
13         // Parameters: duration of the vibration, vibration strength, and pause duration
14         BNG.InputBridge.Instance.VibrateController(0.10f, 0.10f, 0.20f, ControllerHand.Right);
15         // Playing an audio clip upon interaction
16         // Assuming AudioSyst is a custom class managing the audio system
17         AudioSyst.instance.audioSource.Play();
18     }
19 }

```

Kuva 21. Visual Studio -näyttökuvassa on esimerkki käyttämästäni skriptistä.

Kehitin VR-simulaation skriptit itse C#-ohjelmointikielellä Visual Studio -kehitysympäristössä käyttäen apuna Copilot-työkalua, mikä nopeutti koodausprosessia. Pääskriptit sisältävät vaiheiden hallintalogiikan, käyttäjän vuorovaikutuksen käsittelyn ja simulaation datanhallinnan, mikä varmistaa sujuvan ja yhteisen kokemuksen simulaation aikana. Tämän lisäksi luotu DataSteps-luokka on staattinen luokka globaalien muuttujien ja simulaation tilojen tallentamiseksi ja sisältää tietoa simulaation nykyisestä vaiheesta ja muista hallinnollisista elementeistä.

Kehitysprosessin aikana Unityn ja VR Interaction Frameworkin avulla loimme interaktiivisia elementtejä käyttöliittymän simulaation kanssa vuorovaikutukseen. Simulaation päätoiminnallisuuden kehittämisen jälkeen suoritettiin testaus ja optimointi, jotta varmistettiin simulaation vakaus ja kaikkien elementtien oikea toiminta. Saadun palautteen perusteella, jota kerättiin opettajilta ja yliopettaja Rauno Holopaiselta, tehtiin tarvittavat muutokset ja parannukset simulaatioon. Kaikki kehitysvaiheet, mukaan lukien koodi, arkkitehtoniset ratkaisut ja hyväksytyt teknologiset ratkaisut, dokumentoitiin tulevaa tukea ja projektin kehittämistä varten. Tämä prosessi korostaa kehitystäni yksinkertaisesta suunnittelijasta monimutkaisempaan kehittäjän rooliin, mukaan lukien simulaation logiikan ja arkkitehtuurin suunnittelun sekä ohjelmoinnin.

8 VR-simulaation esittely ja arviointi

VR-simulaation esittelyprosessi sisälsi useita merkittäviä tapahtumia. Simulaatio esiteltiin monissa tärkeissä tilaisuuksissa, kuten FrEE-hankkeen päätösseminaarissa, Espoo-päivässä Aalto Design Factoryssä, WDBE 2023 SUMMITissa, Match XR:ssä ja Rakennusalan uudet ulottuvuudet 2023 -tapahtumassa sekä useissa esittelyissä HXRC:ssä. Nämä tapahtumat tarjosivat sekä alustan VR-simulaation esittelylle että mahdollisuuden saada arvokasta palautetta kohdeyleisöltä ja alan asiantuntijoilta.



Kuva 22. Match XR 2023 -tapahtuman vieraiden kanssa tehty testaus.

Palautteen keräämiseksi ja VR-simulaation tehokkuuden arvioimiseksi laadittiin kyselylomake. Yksi keskeisistä kyselykysymyksistä koski VR-simulaatioiden käyttöönoton tarvetta opetusprosessissa. Vastaajien reaktio oli erittäin positiivinen: kaikki vastaajat tukivat VR-tekniologioiden integroimista opetukseen. Tämä vahvisti kehitetyn VR-simulaation potentiaalia ja arvoa tehokkaana välineenä LVI-alan opetuksen laadun parantamiseksi.

Esitetyistä VR-simulaatioista saadut palautteet ja kyselytiedot eivät ainoastaan vahvistaneet tämän projektin onnistumista, vaan tarjosivat myös suuntaviivoja jatkotutkimuksille ja kehitykselle. Suunnitelmissa on tehdä lisäanalyyskejä VR-simulaatioiden vaikutuksesta opetusprosessiin tulevaisuudessa tutkimuksissa. Tämä prosessi pyrkii syväällisesti ymmärtämään, kuinka VR-tekniologiat voivat rikastuttaa opetusta ja parantaa opiskelijoiden tuloksia, sekä määrittämään mahdollisia alueita VR-simulaation jatkokehittämiseksi ja optimoinniksi.

Palautteen ja reaktioiden, jotka saatiin VR-simulaation esittelyjen aikana, vaikutus projektin nykytilaan ja käsitykseen oli huomattava. Osallistujien mielipiteet ja

kommentit antoivat arvokasta tietoa siitä, miten loppukäyttäjät kokevat simulaation, mikä on erityisen tärkeää sen jatkokehityksen ja parantamisen kannalta.

Eräs merkittävimmistä palautteen vaikutuksista oli vahvistunut usko VR-tekniikan arvoon ja käytännöllisyyteen koulutuksessa. Osallistujien positiiviset kommentit simulaation interaktiivisuudesta ja immersioista vahvistivat näkemyksemme siitä, että VR voi olla tehokas opetusväline, erityisesti teknisissä ja insinööritieteissä.

Lisäksi osallistujien ehdotukset ja kommentit auttoivat meitä tunnistamaan kehitysalueita. Esimerkiksi käyttöliittymän ja vuorovaikutusominaisuuksien puutteet tarjosivat arvokkaita suuntaviivoja teknisille parannuksille. Tämä mahdollisti keskittymisen intuitiivisempaan ja helpommin lähestyttävään VR-ympäristön konfigurointiin.

Esittelyjen aikana saadut reaktiot auttoivat meitä ymmärtämään, kuinka käyttäjät näkevät VR-simulaation merkityksen koulutuksessa. Osallistujien erityinen kiinnostus simulaation yksityiskohtiin, kuten sen interaktiivisuuteen ja visuaaliseen laatuun, korosti sitä, miten tärkeää on jatkaa sen kehittämistä. Heidän palautteensa osoitti, että VR-simulaatio voi olla arvokas työkalu opetuksessa tarjoten uusia tapoja ymmärtää ja kokea opetettava aineisto.

9 Reflektio

Tämän projektin myötä sain arvokasta kokemusta ja ymmärrystä sekä VR-tekniikan mahdollisuuksista että sen soveltamisesta LVI-alan koulutuksessa. Projektin alussa minulla ei ollut selkeää visiota siitä, mitä asiakas halusi, joten aloitin omasta näkemyksestäni ja loin alustavan prototyypin. Prototyypin esittely rakennustekniikan opettajille ja yliopettaja Rauno Holopaisen ehdotus keskittyä tarkemmin tiettyyn prosessiin avasivat tien tarkemmin suunnitellulle ja kohdenetulle VR-simulaatiolle.

Tämä projekti avasi silmäni monille uusille näkökulmille ja opetti minulle paljon ohjelmoinnista, projektinhallinnasta ja itse LVI-alasta. Aiemmin näin itseni enemmän suunnittelijana, mutta tämän projektin myötä olen alkanut nähdä itseni myös kehittäjänä ja ohjelmoijana. Kehitysprosessi, vaikka se olikin haastava, oli erittäin palkitseva. Pystyin näkemään, kuinka alustavat ideat ja konseptit muuttuivat toimivaksi VR-simulaatioksi, joka sai positiivista palautetta sekä kohdeyleisöltä että asiantuntijoilta.



Kuva 23. Kehittäjä Erik Sindonen Myllypuron AMK:n rakennusalan opettajien kanssa.

Kohtasin projektin aikana monia haasteita, erityisesti ohjelmointiin ja arkkitehtuurin suunnitteluun liittyen. Ensimmäinen kokonaisvaltainen simulaationi sisälsi paljon "hardcodea", mikä teki siitä hieman vaikeasti ylläpidettävän ja skaalattavan. Tämä opetti minulle, kuinka tärkeää on suunnitella arkkitehtuuri huolellisesti ja ottaa huomioon jatkokehitysmahdollisuudet alusta alkaen.

Simulaation esittely eri tapahtumissa ja HXRC:ssä oli myös erittäin opettavaista. Sain arvokasta palautetta, mutta tajusin, että teknologian uutuuden ja korkean teknologian vuoksi saadut tiedot eivät soveltuneet tutkimuksiin niiden subjektiivisuuden vuoksi. VR-aspektien parannettiin perustuen alan asiantuntijoiden palautteeseen.

10 Johtopäätökset

Tämä oppinäytetyö keskittyi ensisijaisesti VR-simulaattorin luomisprosessiin, ei sen vaikutusten tutkimiseen opetusprosessiin. Työn aikana keräsin palautetta opiskelijoilta ja opettajilta, mutta tajusin, että nämä tiedot eivät soveltuneet teolliseen tutkimukseen. VR-simulaation uutuuden ja "vaikutuksen" (wow effect) vuoksi osallistujat eivät kyenneet keskittymään oppimismekanismien analysointiin. He kokivat simulaation pikemminkin kiehtovana pelinä kuin opetusvälineenä, mikä sai heidät haluamaan jatkaa pelaamista sen sijaan, että he keskittyisivät oppimisen analysointiin. (Slater & Sanchez-Vives 2016, 38.)

Kuitenkin henkilöt, jolle VR-teknologia oli jo tuttua, arvioivat simulaatiomme positiivisesti koulutusalueena. Esimerkiksi 30. marraskuuta 2023 pidetyssä rakennusalan näyttelyssä simulaatiota testasi rakennustekniikan alumni, jolla oli aiempaa kokemusta ilmanvaihtojärjestelmistä. Hän ilmaisi kateutensa tuleville opiskelijoille, jotka saavat mahdollisuuden käyttää simulaatiotamme opiskelussa, ja totesi, että hän olisi itse hyötynyt suuresti tällaisesta teknologiasta omien opintojensa aikana. Lisäksi hän korosti, kuinka tehokkaasti materiaali voidaan omaksua käyttämällä tällaista simulaatiota.

Tämä ilmiö - osallistujien keskittyminen enemmän kokemuksen uutuuteen ja viihteellisyyteen kuin pedagogiseen arvoon - heijastaa VR-teknologian vaikutusta opetusalueella. Se osoittaa, että VR-sovellusten käyttöönotossa on tärkeää tasapainottaa teknologian innostavuus ja sen opetukselliset tavoitteet. Tulevissa tutkimuksissa on keskityttävä siihen, miten VR voidaan integroida opetusprosesseihin niin, että se sekä säilyttää viihteellisen vetovoimansa että saavuttaa opetukselliset tavoitteensa.

Tämä oppinäytetyö valaisee, miten VR-teknologia voi vaikuttaa opetusalueella. Se tarjoaa tietoa ja näkemyksiä, jotka ovat hyödyllisiä tulevissa tutkimuksissa, joissa tutkitaan VR-simulaatioiden vaikutusta opetusprosessiin. Tämä työ korostaa myös sitä, kuinka tärkeää on jatkaa VR-teknologian soveltamisen tutkimista koulutusalueella.

Lähteet

Bailenson, J. N. 2018. Experience on Demand: What Virtual Reality Is, How It Works, and What It Can Do. W. W. Norton & Company.

Burmaoglu, S., Sartenaer, O., & Porter, A. 2019. Conceptual definition of technology emergence: A long journey from philosophy of science to science policy. *Technology in Society*, 59, 101126.

Elliot Hu-Au* and Joey J. Lee 2017. Virtual reality in education: a tool for learning in the experience age.

https://www.researchgate.net/publication/324704089_Virtual_reality_in_education_a_tool_for_learning_in_the_experience_age (viitattu 15.04.2023)

Fein, L., & Jones, D. 2015. "Using Emergence Theory-Based Curriculum to Teach Compromise Skills to Students with Autistic Spectrum Disorders." *Administrative Issues Journal: Connecting Education, Practice, and Research*, Spring 2015, Vol. 5, No. 1, pp. 35-54, DOI: 10.5929/2015.5.1.4.

Goldstein, J. A. 2014, January. "Complexity and Philosophy: Reimagining emergence, Part 3: Uncomputability, transformation, and self-transcending constructions". ResearchGate. <https://www.researchgate.net/> (viitattu 03.06.2023)

Slater, M., & Sanchez-Vives, M. V. 2016. Enhancing Our Lives with Immersive Virtual Reality. *Frontiers in Robotics and AI*, 3, 74.

www.frontiersin.org/articles/10.3389/frobt.2016.00074 (viitattu 12.07.2023)

Xiaoqin Ding, Zhe Li (2022). Education and Innovative Perspectives in Higher Education. www.frontiersin.org/articles/10.3389/feduc.2022.1048816

(viitattu 12.06.2023)

Liitteet

Liitteen otsikko: Esimerkkejä työstäni

<https://youtu.be/U8-VA6Xl4zE?si=VXO2UtpD137qlbBG>

<https://youtu.be/H7K43lxDS-Q?si=J5WNBem99GyvxYhl>

<https://github.com/ericoinen/Laskuri-LVI>

Liitteen otsikko: Tekniset tiedot ja lähteet

<https://www.suodatinkeskus.com/pussisuodatin-592x592-6358-epm1-65-f7>

https://www.suodatinkeskus.com/m5-pussisuodattimet_1

https://talotekniikkainfo.fi/sites/default/files/eurovent_rec_4-23_-_selection_of_en_iso_16890_rated_air_filter_classes_-_second_edition_-_2018_-_fi_-_web.pdf