

**Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto**  
**School of Engineering Science**  
**Tietotekniikan koulutusohjelma**

**Kandidaatintyö**  
**Ville Lavikka**

**Virtuaalilasit ja arkkitehtuurin visualisointi**

Työn tarkastaja(t): D.Sc. (Tech.) Ari Happonen

Työn ohjaaja(t): D.Sc. (Tech.) Ari Happonen

# TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan-Lahden teknillinen yliopisto  
School of Business and Management  
Tietotekniikan koulutusohjelma

Ville Lavikka

## Virtuaalilasit ja arkkitehtuurin visualisointi

Kandidaatintyö  
2019

21 sivua, 1 kuva, 1 liite

Työn tarkastajat: D.Sc. (Tech.) Ari Happonen

Hakusanat: Virtuaalilasit, Oculus Rift, arkkitehtuurin visualisointi

Keywords: Head mounted displays, Oculus Rift, architecture visualization

Tässä tutkielmassa tarkastellaan mitä ohjelmistoja, laitteistoja ja toimenpiteitä tarvitaan, jotta virtuaalilaseja voi hyödyntää arkkitehtuurin visualisoinnin välineenä. Käytetty laitteisto on Oculus Rift Development Kit 1. Virtuaalilasien hyödyntämiseksi tarvitaan 3D-grafiikkaa renderöivä ympäristö, jollaisena voi käyttää esimerkiksi pelimoottoria. Käyttöjärjestelmätason laitteistoajureita ei tarvita, koska lasit koostuvat näytöstä ja usb-syöttölaitteesta, joille tuki on kaikkien työasemakäyttöjärjestelmien perusomaisuus. Näin ollen tuen lisääminen on mahdollista mihin tahansa 3D-grafiikkaa renderöivään ohjelmistoon. Arkkitehtuurien visualisointikäytön näkökulmasta kynnyskysymys on kohteen 3D-mallin tuominen renderöivään ohjelmistoon, joka usein epäonnistuu, koska ohjelmistossa ei ole riittävän tasokasta tukea sille formaatille, jossa kohde on tallennettu.

# **ABSTRACT**

Lappeenranta-Lahti University of Technology  
School of Business and Management  
Degree Program in Computer Science

Ville Lavikka

## **Head mounted display and architecture visualization**

Bachelor's Thesis

21 pages, 1 figure, 1 appendix

Examiners: D. Sc. (Tech) Ari Happonen

Keywords: Head mounted displays, Oculus Rift, architecture visualization

This study investigates what kind of hardware, software and workflow is needed to enable the use of a head mounted display in architecture visualization. The hardware used is Oculus Rift Development Kit 1. In order to utilize a head mounted display a 3D graphics rendering environment, such as a game engine is needed. Hardware specific operating system level drivers are not needed, because head mounted display consists of a screen and usb-input device and support for both of these is a default feature of all workstation operating systems. Therefore support for head mounted display is possible to add to any 3D graphics rendering environment. Key hurdle for the use of the hardware for the purposes of architecture visualization is importing of the visualized object into the rendering environment, which often fails because of inadequate support for importing the specific format the object is stored in.

## **ALKUSANAT**

Työ on tehty Lappeenrannan-Lahden Teknillisessä Yliopistossa, ja haluan kiittää kaikki jotka ovat olleet tukenani tätä työtä tehdessä. Erityisesti haluan kiittää Ari Haposta työn ohjaamisesta, Kalle Ukonlinnaa omakotitalonsa 3D-mallin tarjoamisesta, Lappeenrannan seudun opiskelija-asuntosäätiötä LOASin Timpan 3D-mallin tarjoamisesta ja Tiina Lavikkaa tuesta ja oikoluvusta.

# SISÄLLYSLUETTELO

<b>1</b>	<b>JOHDANTO</b> .....	<b>1</b>
1.1	TAVOITTEET JA RAJAUKSET .....	2
<b>2</b>	<b>KIRJALLISUUSKATSAUS</b> .....	<b>3</b>
2.1	ARKKITEHTUURIN VISUALISOINTI .....	3
2.2	PELIMOOTTORIT VISUALISOINTIVÄLINEENÄ.....	4
2.3	VIRTUAALITODELLISUUS .....	5
<b>3</b>	<b>TUTKIMUSMENETELMÄN KUVAUS</b> .....	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>KÄYTETYT TEKNOLOGIAT</b> .....	<b>9</b>
4.1	OCULUS RIFT DEVELOPMENT KIT 1 .....	9
4.2	UNITY-PELIMOOTTORI .....	10
4.3	BLENDER 3D-MALLINNUS OHJELMA .....	11
<b>5</b>	<b>KÄYTÄNNÖN TOIMENPITEET VIRTUAALILASITUEN LISÄÄMISEKSI ....</b>	<b>12</b>
5.1	UNITY 2014 .....	12
5.2	BLENDER 2014 .....	13
5.3	VIRTUAALILASI TUEN TILANNE 2019 .....	13
<b>6</b>	<b>TYÖVAIHEET MALLIN SAATTAMISEKSI ESITYSKUNTOON</b> .....	<b>14</b>
6.1	OLKIKUJA .....	14
6.2	LOASIN TIMPPA.....	15
<b>7</b>	<b>TYÖN TULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET</b> .....	<b>16</b>
7.1	KEHITYS VUODEN 1994 JÄLKEEN.....	16
7.2	VIRTUAALILASIEN SOVELTUVUUS ARKKITEHTUURIN VISUALISOINTIIN .....	17
7.3	UNITYS SOVELTUVUUS ARKKITEHTUURIN VISUALISOINTI VÄLINEEKSI .....	17
7.4	BLENDERIN SOVELTUVUUS ARKKITEHTUURIN VISUALISOINNIN VÄLINEEKSI .....	17
7.5	VAIHTOEHTOSET TOTEUTUSTAVAT.....	18
<b>8</b>	<b>YHTEENVETO</b> .....	<b>19</b>

<b>9</b>	<b>LÄHTEET .....</b>	<b>20</b>
----------	----------------------	-----------

LIITTEET

# 1 JOHDANTO

Virtuaalitodellisuusteknologia otti suuria harppauksia eteenpäin saatavuuden parantumisen ja laitteistojen hintojen laskun myötä vuosien 2014 ja 2019 välillä. Alkuvuodesta 2014 tarjolla oli vain Oculus Rift:n kehittäjäversio. Koska työn käytännön toteutukset on tehty keväällä 2014 oli laitteistovalinta ilmeinen. Vuonna 2019 tarjolla on sen kuluttajaversioiden kanssa kilpalevat Sony:n PSVR ja HTC:n Vive. Näiden lisäksi halvemmassa hintaluokassa on tarjolla matkapuhelimille tarkoitettuja telineitä, jotka tarjoavat kevytversion samasta lupauksesta. Vuonna 2014 odotettiin uusien tuotteiden lunastavan virtuaalitodellisuuslaseille jo useita vuosikymmeniä kerrytetyt odotukset kotikäyttäjälle saavutettavissa olevalla hinnalla. Vuonna 2019 hype on käytännössä ohi, eikä virtuaalitodellisuudesta tullut pelaamisen valtavirtaa ainakaan vielä. PSVR on myynyt 25.3. menessä merkittävältä kuulostavat 4,2 miljoonaa kappaletta (<https://blog.us.playstation.com/2019/03/25/playstation-vr-the-next-wave-of-games-coming-in-spring-and-summer-2019/>), mutta se on vain 4,4 prosenttia maailman 94,2 miljoonasta Playstation 4:n omistajasta (<https://www.theburnin.com/lifestyle/sony-psvr-sales/>) ja on suuruusluokaltaan enemmän floppina pidetyn Nintendo Wii U:n kuin menestyksekkään Nintendo Switchin lukemissa.

Tavallisen kuluttajan näkökulmasta laitteen ympärillä oleva pöhinä on keskittynyt pääasiassa peliteollisuuden ympärille, mutta virtuaalitodellisuusteknologian uuden allon laitteilla on sovelluksia myös sen ulkopuolella. Kuluttajamarkkinoille suunnattuja laitteita käytetään suunnittelilla olevien rakennusten esittelyyn, mikä on luontevaa, jos arkkitehdin suunnitelma on jo valmiiksi kolmiulotteinen malleina. Mutta mitä toimenpiteitä tarvitaan, jotta malli on mahdollista esitellä virtuaalilasien avulla?

Toisaalta pelien kolmiulotteisten maailmojen suunnitellu muistuttaa arkkitehtien ja maisema-arkkitehtien työtä ja käytetyissä työkaluissakin on paljon yhtenäisyyksiä. Useille pelimoottoreille on jo olemassa virtuaalilasituki ja kolmiulotteisten mallien esittäminen on pelimoottorien keskeisin ominaisuus, joten luonteva väline virtuaalilasien muuttamiseksi arkkitehtuurin visualisointimediaksi on pelimoottori. Oculus Riftin valmistaja Oculus VR, Inc on valinnut pelimoottorikumpaniksi Unityn, joka sisältää myös monipuoliset

virtuaaliympäristön muokkaustyökalut, joista on suuri apu, jos rakennusten malleissa ilmenee muokattavaa, viilattavaa tai tuunattavaa. HTC ja PSVR eivät ole valinneet mitään tiettyä pelimoottoria kumppanikseen. Varteenotettavin vaihtoehto Unitylle kaikkien kolmen valmistajan laitteiden kanssa on Unreal, jota ei kuitenkaan tässä työssä tutkittu.

## 1.1 Tavoitteet ja rajaukset

Työn suunnittelu ongelma on laatia yhdelle tai useammalle valitulle rakennussuunnitelmalle esittely virtuaalilaseja ja Unity- tai Blender-pelimoottoria hyödyntäen. Työn tutkimuskysymyksiä ovat seuraavat:

- a) Miten virtuaalilasit soveltuvat arkkitehdin suunnitelman visualisoinnin välineeksi?
- b) Millä rajoituksilla Unity-pelimoottori soveltuu arkkitehdin suunnitelman visualisoinnin välineeksi?
- c) Millä rajoituksilla Blender soveltuu arkkitehdin suunnitelman visualisoinnin välineeksi?

Lisäksi tässä työssä kuvataan lyhyesti sitä, millaisia työvaiheita tarvitaan, että kohteesta tehtyä kolmiulotteista mallia voi esitellä virtuaalilasiensa avulla.



## 2 KIRJALLISUUSKATSAUS

Kirjallisuuskatsauksessa esitellään aiempaa tutkimusta kolmella aiheeseen liittyvällä alueella. Ensin kappaleessa 2.1 esitellään kaksi artikkelia, joissa käsitellään 3D-malleja arkkitehtuurin visualisoinnissa. Seuraavaksi kappaleessa 2.2 erityisesti pelimoottorien käyttöä visualisoinnin työkaluna. Ja lopuksi kappaleessa 2.3 virtuaalitodellisuutta visualisoinnin työkaluna.

### 2.1 Arkkitehtuurin visualisointi

Stefan Boeykens, Mario Santana Quintero ja Herman Neuckermans (2008) käsittelevät artikkelissaan ”Improving Architectural Design Analysis Using 3D Modeling And Visualization Techniques” 3D-mallien hyödyntämisen vuoden 2008 tilannetta ja sen ongelmia. Artikkelissa vertaillaan erilaisten mallinnusvälineiden hyviä ja huonoja puolia. Johtopäätöksissä myönnetään 3D-mallinnuksen edut, mutta todetaan mallien olevan usein suuria ja hankalia käsitellä. Osa mallintamisen hyödyistä menetetään kun lopputuote luodaan pelimoottorin tai visualisointityökalun avulla, koska tällöin osa suunnittelutiedosta menetetään muunnoksessa.

Campbell ja Wells (1994) ovat arvioineet virtuaalitodellisuustekniikoiden tuomaa lisäarvoa suunnitteluprosessin eri vaiheille. Arviointi on toteutettu arkkitehtuuriopiskelijan harjoitustyöprosessin ohessa. Käytössä on ollut Virtual Research Flight Helmet -niminen laitteisto, jonka resoluutio oli 360x240. Pään liikkeiden tunnistus oli toteutettu erillisellä magnetismiin perustuvalla laitteistolla. Artikkelissa todetaan virtuaalitodellisuuden antavan ruudulta katsomista paremman mielikuvan tilasta ja luontevamman tavan tarkkailla yksityiskohtia. Ruudulta katsomisen etuna oli näkymän siirtelyn helppous. Artikkelin mielenkiintoisinta antia on sen kaukonäköinen kehitystarvelista, jonka kohtien nykytilaa tarkasteellaan kappaleessa 7.1

Campbell ja Wells esittelevät listan suosituksia virtuaalitodellisuuden kehittämiseksi:

- a) Kehitettävä korkeampaan resoluutioon kykenevä laitteisto,

- b) Kehitettävä keinoja liikkua virtuaaliympäristössä, jotka eivät häiritse tilan kokemista.
- c) Kehitettävä algoritmeja, joiden avulla esitettyjen kohteiden esteettinen luonne ilmenee visualisoinnissa.
- d) Kehitettävä tietomuoto mallidatan käsittelyyn ja esittämiseen
- e) Kehitettävä hienostuneita virtuaaliympäristöjen rakennustyökaluja arkkitehtien ja suunnittelijoiden käyttöön.
- f) Kehitettävä edullisia virtuaalitodellisuuslaitteistoja, jotka mahdollistavat useat osallistujat ja reaaliaikaisen viestinnän.

## **2.2 Pelimoottorit visualisointivälineenä**

Dieter Fritsch ja Martin Kada (2004) kehuivat 15 vuotta sitten pelimoottorien mahdollisuuksia visualisoinnin välineenä kaupunkisuunnittelussa, mutta nostivat haasteeksi mallin saamisen sellaiseen tallennusmuotoon, että sen saa käyttöön pelimoottorissa. Artikkelin kuvaa myös virtuaaliympäristön luomisen työnkulun vaihteita.

Nijad Al-Najdawi (2007) totesi, että 12 vuoden takaisesta tilanteesta virtuaalitodellisuusmoottorit häviävät pelimoottoreille työnkulun helppoudessa, visuaalisissa tehosteissa, hinnassa, laadussa, käytettävyydessä ja kehityksen nopeudessa. Niinpä pelimoottorit ovat korvanneet virtuaalitodellisuusmoottorit virtuaaliympäristöjen toteutusalueina.

Adrian Herwig ja Philip Paar (2002) tutkivat pelimoottorin soveltuvuutta maisema-arkkitehtonisen suunnitelman visualisointivälineeksi 15 vuotta sitten. Suunnittelun kohteesta mallinnettiin useita toteusvaihtoehtoja ja malleista pyydettiin kommentteja useilta sidosryhmiltä. Artikkelissa todetaan, että tällaisen työkalun käyttö vaatii osaamista kolmiulotteisesta suunnittelusta ja useisiin iterointikierroksiin tulee varautua tuotaessa tietoa perinteisistä suunnitteluohjelmistoista. Toisaalta pelimoottorit voittavat perinteiset ohjelmistot hinnassa ja internetin kautta saatavilla olevassa käyttäjätuessa.

Shiratuddin ja Thabet (2002) käsittelivät Unreal-pelimoottorin etuja ja haittoja arkkitehtuurin visualisointivälineenä 15 vuotta sitten. Etuja olivat mm. interaktiivisuus, törmäysten tunnistus, valaistus ja avatarit, jotka kaikki tukevat mielikuvaa virtuaalisen ja todellisen vastaavuudesta. Lisäksi moniosallistujamahdollisuus tuo mahdollisuuden tutkia visualisoitavaa kohdetta yhdessä. Artikkelisi sisältää myös kuvauksen prosessista, jossa on syötteenä kaksiulotteiset suunnittelupiirustukset ja lopputuloksena virtuaalinen ympäristö.

Shiratuddin ja Fletcher (2007) esittelivät University of Southern Missisippissä opetuskäytössä olevan C4Engine-pelimoottoriin pohjautuvan virtuaaliympäristön suunnittelutyökalun BuildITC4. Käyttäjille kerätyn palautteen perusteella työkalussa on vielä parannettavaa, mutta toisaalta useat opiskelijat olivat tehneet sillä laadukasta jälkeä. Breland, J.S., Shiratuddin, M.F. ja Kitchens, K.M. (2008) ovat käyttäneet samaista työkalua arvioidessaan graafisten tekniikoiden käytön vaikutusta työkalun käyttökokemukseen. Työkalun pohjana toimivan pelimoottorin viimeisin versio on julkaistu 28.3.2015 ([https://en.wikipedia.org/wiki/C4\\_Engine](https://en.wikipedia.org/wiki/C4_Engine))

Valls, F., Redondo, E., Fonseca, D., Garcia-Almirall, P., & Subirós, J. (2016) tukivat Unreal pohjaisen soveltuvuutta arkkitehtuurin opetuksen välineeksi. Tukimuksessa saatiin tukea hypoteesille, jonka mukaan virtuaaliset ympäristöt auttavat opiskelijoita hahmottamaan arkkitehtoonisten tilojen funktiota, muotoja ja materiaalisia ominaisuuksia. Pelimoottoreihin viitataan artikkelissa tulevaisuuden teknologiana korvaamaan 3D-malleista renderöityjä saattisia kuvia tuottavia visualisointi työkaluja.

## **2.3 Virtuaalitodellisuus**

Mattiasson ja Lu (2013) tutkivat Emagin Z800 3DViso -laitteen käytön vaikutusta käyttäjien kokemaan pelinautintoon ja tyytyväisyyteen. Vaikutus todettiin positiiviseksi erityisesti niillä käyttäjillä, jotka eivät kärsineet pahoinvoinnista käytön seurauksena. Tuoreemman laitteiston kuten Oculus Riftin käyttöön vastaavassa tulevassa tutkimuksessa kehoitetaan.

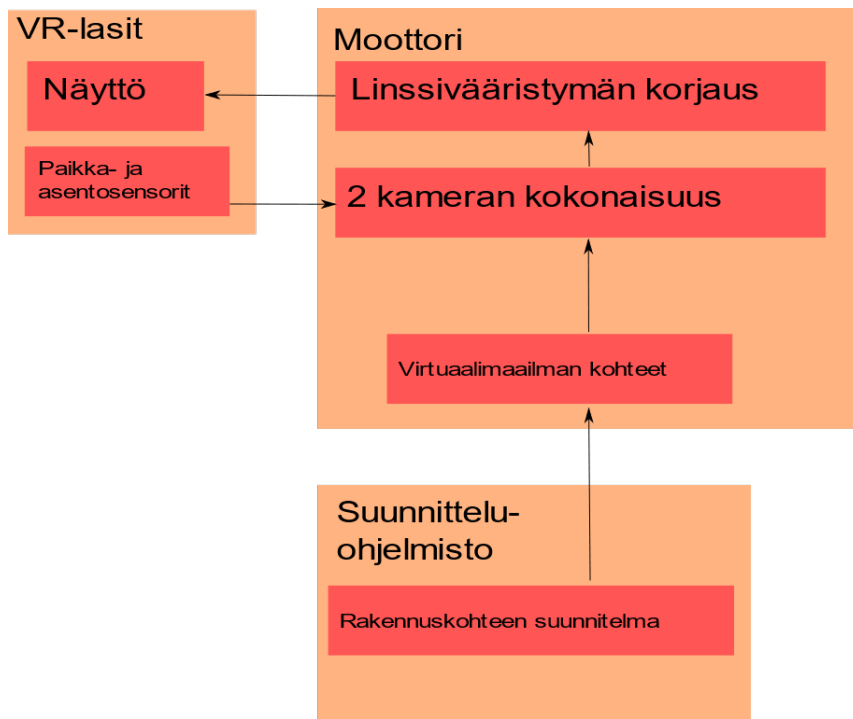
Herumurti, D., Yuniarti, A., Kuswardayan, I., Nurul, W., Hariadi, R. R., Suciati, N., & Manggala, M. G. (2017) tutkii yhdistetyn todellisuuden teknologiaan perustuvat ympäristön soveltuvuutta virtuaalisen huoneen sisustuksen suunnitteluun. Näyttölaitteena on käytetty Goolge Card Boardia ja syöte on toteutettu käyttäjän sormien seuraamiseen perustuen. Sovelluksella oli mahdollista lisätä huonekaluja huoneeseen ja liikuttaa niitä onnistuneesti.

### 3 TUTKIMUSMENETELMÄN KUVAUS

Tämä tutkimus asettuu siihen tietoteknisen tutkimuksen syvään ja kansainväliseen traditioon, jossa tutkimusmenetelmiä on ollut vaikea asettaa perinteisten tutkimusmenetelmien viitekehyksiin. Hassani (2017) käsittelee tätä ongelmaa, sen syitä ja historiaa kattavasti, mutta ei varsinaisesti esitä ratkaisua. Ratkaisu tähän ongelmaan on suunnittelutiede (engl. design science tai constructive research), jonka Hassani kyllä mainitsee, mutta ei pidä sitä vanhempaan lähteeseen viitaten vakiintuneena tieteenä.

Suunnittelutieteen näkökulman käyttöä erityisesti tietotekniikan alalla käsitellään Roel J. Wieringán kirjassa Design Science Methodology for Information Systems and Software Engineering. Suunnittelutiede on kohteen tutkimista omassa kontekstissään. Tutkittavat kohteet on suunniteltu vuorovaikuttamaan kontekstinsä kanssa parantaakseen jotain siinä. Suunnittelutieteessä on kaksi osaa, suunnittelu ja tutkiminen, joilla kummallakin on omat ongelmansa. Suunnittelulla suunnittelu ongelmia ja tutkimisella tutkimuskysymyksiä. Huomionarvoista on, että samaan suunnitteluongelmaan voi olla useita ratkaisuja, joiden paremmuus ei ole objektiivinen fakta vaan riippuvainen asetetuista tavoitteista. Tutkimuskysymysten sen sijaan on tarkoitus muodostaa siten, että niihin on vain yksi vastaus. Tämän työn suunnitteluongelma ja tutkimuskysymykset on esitelty kappaleessa 1.1

Kuvassa 1 on esitetty mitä osa-alueita tarvitaan, jotta suunniteltua rakennusta voidaan esitellä virtuaalilasien avulla. Itse laitteistossa on näyttö sekä paikka- ja asentosenorit. Ytimessä on laseihin renderöitävän kuvan tuottamiseen tarvittava ohjelmisto, josta on pelimaailmassa käytetty termiä moottori. Käytetystä moottoriratkaisusta riippumatta tuki laitteistolle muodostuu kahdesta osasta. Ensinnäkin lasien paikka- ja asentoinformaation tuottamisesta moottoriin, jotta virtuaalista kamerakokonaisuutta voidaan liikuttaa mallissa vastaavalla tavalla. Kamerakokonaisuudessa on oma kamera molemmille silmille. Ensin kummankin kameran kuvaamasta virtuaalimaailman näkymästä muodostetaan oma kuva samaan tapaan kuin 3D-grafiikkaa tuotettaessa näytölle tehdään. Kameroiden kuvat asetetaan vierekkäin ja niille tehdään muunnos, jolla kompensoidaan laseissa käytettävien linssien aiheuttamaa vääristymää. Tilavaikutelman luonnista huolehtivat käyttäjän aivot.



*Kuva 1*

## 4 KÄYTETYT TEKNOLOGIAT

Tässä kappaleessa esitellään työssä käytettävät teknologiat. Näistä tärkeimpänä itse virtuaalilasilaitteisto. Molempien valittujen visualisointiympäristöjen oleelliset ja pääasiallinen käyttötarkoitus kuvataan.

### 4.1 Oculus Rift Development kit 1

Oculus Riftin tuli julkisuuteen vuonna 2012 julkistetun Kickstarter-joukkorahoituspalveluun perustetun kampanjan myötä. Sen tarkoituksena oli kerätä rahoitus ensimmäisen kehitysversion toteuttamiseen. 300 dollarin lahjoitusta vastaan sai itselleen kyseisen laitteen, suuremmilla lahjoituksilla useampia ja pienemmillä julisteita ja t-paitoja. Keräys alkoi 1.8.2012 ja 250 000 dollarin tavoite täyttyi nopeasti. Kun rahan kerääminen lopetettiin 1.9.2012 kasassa oli 2 437 429 dollaria. Keräyksen jälkeen ensimmäisen kehitysversion saattoi tilata valmistajan verkkosivuilla olevan kaupan kautta samaan 300 dollarin hintaan. (<https://www.kickstarter.com/projects/1523379957/oculus-rift-step-into-the-game>)

Laite voidaan yhdistää tietokoneeseen, joko HDMI- tai DVI-liitännällä ja tietokoneen näkökulmasta se on kuten mikä tahansa näyttö. Näytön kokonaisresoluutio on 1280 x 800 eli 640 x 800 per silmä ja fyysinen koko 7 tuumaa. Näytön kuvaa suurennetaan näytön ja silmän välissä olevilla linsseillä, jotta saadaan suurempi osa näkökentästä peitettyä. Laitetta testattaessa havaittiin, että valittu rakenne aiheuttaa näytön reuna-alueille merkittävää vääristymää verrattuna todellisuuteen, mikä on erityisen helppo havaita näkymää liikutellessa. Lähes kaikissa demoissa ja sovelluksissa näytön koko alaa ei kuitenkaan käytetä, vaan reuna-alueita peittämässä on mustat reunat. Tämä ratkaisu estää vääristymää häiritsemästä käyttökokemusta, mutta hukkaa käytössä olevaa resoluutiota.

Laitetta on tarpeen säätää kullekin käyttäjälle sopivaksi. Fyysisesti säädettäviä ominaisuuksia ovat vaihdettavat linssit, joita tulee laitteen mukana 3 paria ja mahdollisuus säätää linssikehikon ja näytön välistä etäisyyttä kummaltakin reunalta erikseen. Lisäksi

ohjelmallisesti voidaan kullekin silmälle tarkoitettu kuva piirtää näytöllä hieman eri kohtaan sen perusteella miten kaukana käyttäjän pupillit ovat toisistaan.

Näytön ohella laitteen toinen keskeinen ominaisuus on kyky kertoa mihin suuntaan laite ja sen myötä oletettavasti käyttäjän silmät ja pää osoittavat. Tämä perustuu kiihtyvyy-, magneettisiin- ja gyroskooppisiin antureihin. Tieto laitteen asennosta välitetään tietokoneelle USB-väylää pitkin ja laite on USB 2.0-standardin mukainen syöttölaite.

Koska näyttö näyttää tietokoneen käyttöjärjestelmän näkökulmasta näytöltä ja anturipuoli syöttölaitteelta laitteen liittämiseksi tietokoneeseen ei tarvita käyttöjärjestelmätason ajureita.

## **4.2 Unity-pelimoottori**

Unity (<https://unity3d.com/>) on oman markkinointimateriaalinsa mukaan pelinkehitysekosysteemi, jonka keskeiset osat ovat varsinainen pelimoottori, joka huolehtii valmiin pelin tai pelinkaltaisen ohjelman graafisesta renderöinnistä, äänien mallinnuksesta, fysiikkamallinnuksesta ja syötteiden käsittelystä ja peliympäristöjen muokkaamiseen tarkoitettun editorin, jolla on verrattaen helppo muokata virtuaaliympäristöjä. Uusien kappaleiden lisääminen ja vanhojen muokkaaminen, logiikan liittäminen kappaleisiin eri ohjelmointikielillä toteutettujen koodinpätkien muodossa on verrattaen helppoa. Tämän työn kannalta keskeisiä ominaisuuksia ovat ympäristöjen ja erityisesti niiden graafisten ominaisuuksien muokkaaminen, mahdollisuus tuoda kolmiulotteisten kappaleiden suunniteluun paremmin sopivista ohjelmistoista kappaleiden geometria tietoja ja tietysti itse renderöinti. Unitystä on saatavilla maksuton ja maksullinen versio. Maksutonta ei saa käyttää sellaisten oikeushenkilöiden toimesta, joiden liikevaihto ylittää 100 000 dollaria ja sen ominaisuudet on muutenkin rajattu juuri siten, että editorin ympäristön ominaisuuksita saa hyvän kuvan, mutta kaupallisen tasolla laadun tuottaminen ilman maksullista lisenssiä on käytännössä mahdotonta.



### **4.3 Blender 3D-mallinnus ohjelma**

Blender (<https://www.blender.org/>) on ilmainen avoimen lähdekoodin 3D-mallinnusohjelma. Joissain Blenderin versioissa esim. 2.79b on mukana pelimoottori, jonka varaan tämän työn toteutus voidaan rakentaa, mutta se on ominaisuuksiltaan suppeampi kuin Unity ja tulevasta 2.80 ominaisuus on kuitenkin poistumassa. Blenderissä 3D-kappaleiden muokkaamisominaisuudet ovat laajemmat kuin Unityssä ja sitä voi käyttää myös animointiin ja animaatiopohjaisten videoiden editointiin.

## **5 KÄYTÄNNÖN TOIMENPITEET VIRTUAALILASITUEN LISÄÄMISEKSI**

Tässä kappaleessa kuvataan onnistuneita ja epäonnistuneita yrityksiä saada virtuaalilasituki toimimaan eri ympäristöissä. Kappale 5.1 käsittelee Unityn tuen tilannetta keväällä 2014 ja Kappale 5.2 vastaavasti Blenderin tilannetta samaan aikaan. Kappaleessa 5.3 kuvataan integraatioiden tilannetta yleisesti keväällä 2019. Tukeen tarvittava kokonaisuus on kuvattu teoreettisella tasolla kappaleessa 3. Käyttöjärjestelmätason ajureita ei laitteistotuen lisäämiseksi tarvita, koska lasien näyttö on täysin normaali näyttö ja sensorit täysin normaali usb-syöttölaite. Integraation toteuttaminen mihin tahansa olemassa olevaan 3D-grafiikan renderointiin tarkoitettuun ympäristöön. Linssivääristymän korjaus on kaikissa toteutuksissa tehty jälkikäsitteily shaderillä.

### **5.1 Unity 2014**

DK1:n julkistuksen yhteydessä vuonna 2014 Oculus VR Inc. tarjosi rekisteröityneille kehittäjille valmiit elementit Oculus Riftin integroimiseksi Unityyn sekä Unreal-pelimoottoriin, DK1:n kylkiäsenä sai lisenssin Unityn maksulliseen versioon. Maksullinen versio olikin tarpeen, koska jälkikäsitteilyshader-tuki ei tässä vaiheessa kuulunut osaksi maksutonta versiota. Valmiit elementit sisälsivät myös kamerakokonaisuuden, asentosensoritietojen käsittelyn ja kamerakokonaisuuden liikuttamisen sensoritietojen perusteella. Kaiken piti olla kunnossa, mutta koska käytetylle tietokoneelle oli asennettu maksuton versio ennen maksullisen asentamista meni Unityn sisäisessä lisenssin hallinnassa jotain katastrofaalisesti pieleen. Lopputuloksena virtuaalilaseihin Unityn kautta renderöityi vain ilmoitus siitä, että jälkikäsitteilyshaderit eivät ole lisensoitujen ominaisuuksien joukossa.

## 5.2 Blender 2014

Blenderin virtualilasi tuki toteutettiin Lubosz's Blog -nimisen blogin kirjoituksen Oculus Rift Support In Blender Game Engine (<https://lubosz.wordpress.com/2013/06/26/oculus-rift-support-in-blender-game-engine/>) perusteella. Moottorina toimi Blender Game Engine. Kahden kameran rinnakkainen renderöinti on Blenderin perusominaisuus, kuten myös linssivääristymän korjaukseen tarvittava jälkikäsitteleshadertuki. Syötteen käsittelyyn tarvittiin OpenHDM-kirjastoa, sen python-rajapintakirjastoa ja lyhyttä python-koodin pätkää, jolla Oculus Rift DK1:n asento tieto saatiin kamera järjestelmän asennoksi. Myös jälkikäsitteleshaderin koodi on peräisin OpenHDM-projektista, mutta sen silmien välin etäisyyttä oli tarpeen säätää mahdollisesti käyttäjän henkilökohtaisista ominaisuuksista johtuen. Oppimiskokemuksena tämän toteutuksen vahvuutena voi pitää sitä, että kaikki osat ovat toteuttajan nähtävissä ja muokattavissa sekä jaeltavissa vapaan lähdekoodin lisenssillä.

## 5.3 Virtuaalilasi tuen tilanne 2019

Vuoteen 2019 mennessä tuon tilanne on kypsynyt huomattavasti. Unityn osalta kaikki tarvittavan palikat ovat siirtyneet osaksi maksutonta versiota. Tuen sekä virtuaalilaseille, että niiden kanssa käytettäville osoitinlaitteille voi rakentaa 5 minuutin video tutoriaalin pohjalta (<https://www.youtube.com/watch?v=sxvKGVDmYfY>). Blenderille on olemassa kaksi vaihtoehtoista pluginia, jotka toteuttavat vastaavat ominaisuudet. BlenderVR (<https://blendervr.limsi.fr/doku.php>) ja BlenderXR (<https://www.marui-plugin.com/blender-xr/>), joista jälkimmäisen taustalla oleva yritys on toteuttanut vastaavan kaupallisen integraation myös Maya ja 3dsMax 3D-mallinnus ohjelmistoihin nimellä MARUI (<https://www.marui-plugin.com/>).

## **6 TYÖVAIHEET MALLIN SAATTAMISEKSI ESITYSKUNTOON**

Kun tavoitteena on esitellä rakennussuunnitelmaa graafiikkamoottorin avulla se täytyy ensin muuttaa kyseisen moottorin ymmärtämään muotoon. Tässä muunnoksessa voi osa alkuperäisen mallin informaatiota jäädä tuomatta tai alkuperäinen malli itsessään voi olla visualisoinnin kannalta turhan rujo. Kumpikin johtaa tarpeeseen muokata mallia graafiikkamoottorin ymmärtämässä muodossa, joko palauttamalla tai lisäämällä sen esteettisiä ominaisuuksia. Työvaiheiden vaatima työmäärä on merkittävässä osassa kun arvioidaan grafiikkamoottorin ja virtuaalilasien tai pelkästään grafiikkamoottorin soveltuvuutta arkkitehtuurin visualisoinnin välineeksi, koska työvaiheet on toisettava kunkin rakennussuunnitelman kohdalla uudestaan. Sen sijaan kappaleessa 5 esitelly vaiheet ovat kopioitavissa rakennussuunnitelmasta toiseen ilman muutoksia.

### **6.1 Olkikuja**

Malli oli .3ds formaatissa ja tiedoston koko oli 6,23 megatavua. Geometriadatan tuonti onnistui sekä Unityyn että Blenderiin vaikeuksista ja alle kymmenessä sekunnissa, mutta pintojen tiedoista ainostaan väri oli saatavilla. Malli oli kooltaan aivan liian pieni ja sitä piti skaalata 50-kertaiseksi. Kaikki ikkunat olivat samaa materiaalia, mutta kyseinen materiaali ei ollut läpinäkyvää ilman muutoksia. Identtisinä toistuvat elementit, lähinnä puut, pensaat ja tuolit olivat tuodussa mallissa toisistaan erillisiä kappaleina, mikä saattaa johtua tiedostomuodon aiheuttamista rajoituksista, mutta johtaa tarpeettomaan muistin käyttöön kun täsmälleen sama kappale täytyy tallentaa moneen kertaan. Mallissa käytettyjen puiden lehdistöosa oli toteutettu uhuina levyinä, jolloin katsottaessa levyjen suuntaan ne näyttivät katoavan. Tekstuurien lisääminen tuntui edistävän tilavaikutelman syntymistä, joten sellaiset lisättiin kaikille mahdollisille pinnoille sen mukaan mikä Unityn Bootcamp demon valmiista tekstuureista tuntui kullekin materiaalille sopivimmalta.

## 6.2 LOASin Timppa

Malli oli AutoCadin .dxf-formaatissa ja tiedosto koko 426 megatavua. Mallin tuominen Unityyn ja Blenderiin oli hidasta. Unityyn tuonti kesti noin 2.5 tuntia. Käyttöjärjestelmän antamien tietojen perusteella Unity-prosessi käytti tuonnin aikana laitteiston suoritintehoa 25-30 % ja levytiedonsiirtoa vain ajoittain eikä koskaan yli 12 % kapasiteetista. Koska käytetyssä laitteistossa oli 4 ydintä voidaan pitää todennäköisenä, että varsinainen tuontiosa ohjelmistosta pystyi hyödyntämään niistä vain yhtä, koska koko laitteiston suoritin tehosta vain vähän yli neljännes oli käytössä. Prosessia voisi siis nopeuttaa laitteiston puolesta yksittäisen ytimen suorituskykyä lisäämällä tai ohjelmiston sisällä muuttamalla toteutusta siten, että se kykynee hyödyntämään samanaikaisesti useampaa suoritinydintä. Unityyn geometrian palaset tulivat onnistuneesti, mutta niiden keskinäiset sijainnit olivat niin pahasti pielessä, että lopputulos oli käyttökelvoton.

## 7 TYÖN TULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tässä kappaleessa käsitellään ensin kirjallisuuskatsauksessa esitellyn artikkelien esille nostamien kehitystarpeiden tilannetta vuonna 2019. Tämän jälkeen kunkin tutkimuskysymyksen tuloksia käsitellään omassa kappaleessaan. Lisäksi pohditaan mitä vaihtoehtoja tässä tutkimuksessa käytetyille grafiikkamoottoreille voisi olla tarjolla.

### 7.1 Kehitys vuoden 1994 jälkeen

Luvussa 2.1 esiteltyjen vuonna 1994 havaittujen virtuaalilasien kehitystarpeiden osalta voidaan todeta seuraavaa:

Tarpeen kehittää korkeampaan resoluutioon kykenevä laitteisto (a) ja yhdessä modernin PC laitteiston ja pelimoottorien verkkopeliominaisuuksien avulla tarpeen kehittää edullisia useat osallistujan ja reaaliaikaisen viestinnän mahdollistavia virtuaalitodellisuuslaitteistoja (f) ratkaisee Oculus Rift ja sen jälkeen julkaistut virtuaalilasit.

Tarve kehittää algoritmeja, joiden avulla voi esitettyjen kohteiden esteettinen luonne ilmenee ratkennut tietokonegrafiikan algoritmien kehityksen myötä.

Tarve kehittää hienostuneita virtuaaliympäristöjen rakennustyökaluja arkkitehtien ja suunnittelijoiden käyttöön (e) on ratkennut Unityn, Blenderin ja muiden vastaavilla ominaisuuksilla varustetut ohjelmistojen toimesta. Samalla kukin mallinnusympäristö on ratkaissut tarpeen tietomuodolle mallidatan käsittelyyn ja esittämiseen (d) omalla tavallaan. Tarve on siis ratkennut kunkin ohjelman sisäisenä ongelmana, mutta suunnitteluohjelmistojen ja pelimoottorien erilaisten tiedostoformaattien kanssa tulee edelleenkin tarpeen yrittää ja erehtyä useita kertoja kuten Shiratuddin ja Thabetkin (2002) toteavat. Kappaleessa 6.2 kuvattuihin ongelmia voi odottaa tulevan vastaan, jos käyteen tallennusformaatteja, joita ei ole etukäteen todettu toimiviksi.

Edistystä tarpeen kehittää keinoja liikkua virtuaaliympäristössä tilan kokemuksen häiriintymättä (b) ei tässä työssä arvioitu

## **7.2 Virtuaalilasien soveltuvuus arkkitehtuurin visualisointiin**

Työn perusteella voidaan todeta, että virtuaalilaseja on mahdollista käyttää arkkitehtuurin visualisointiin. Valitettavasti varsinaista soveltuvuutta ei voi vielä tämän perusteella arvioida, vaan sitä varten tutkimuksen kohdetta pitäisi tutkia laajemmassa kontekstissaan. Tämä konteksti muodostuu arkkitehdistä, hänen asiakkaistaan ja käyttämästään suunnitteluohjelmistosta

## **7.3 Unityn soveltuvuus arkkitehtuurin visualisointi välineeksi**

Unityn käyttöön on runsaasti tukea kirjallisuudessa ja sen maailman muokkausominaisuudet vastaavat Missisippin yliopiston (Shirattudin & Fletcher 2007) käyttämän työkalun vastaavia, mutta suunnittelu työkalujen kehitys on saavuttanut myös vastaavat ominaisuudet. Unityn rasitteena on mahdolliset ongelmat 3D-mallin, sen tekstuurien ja muodon materiaalitietojen siirtämisessä suunnitteluohjelmistosta Unityyn. Jos tämä rasite saadaan vältettyä kehittämällä toistettava ja vakaa prosessi, jossa tarvittavat tiedot siirtyvät suunnitteluohjelmasta Unityyn, on soveltuvuus merkittävästi parempi.

## **7.4 Blenderin soveltuvuus arkkitehtuurin visualisoinnin välineeksi**

Myös Blender-pohjainen vaihtoehto täyttää tarpeen, mutta ei välttämättä pärjää vertailussa Unityyn ja seuravassa kappaleessa esiteltyihin vaihtoehtoihin. Unityn rasite on myös Blenderin rasite ja vastaavan prosessin kehittäminen parantaa yhtäläillä myös sen soveltuvuutta tähän tarkoitukseen. Blender pohjaisen toteutuksen hyvänä puolena voi pitää sitä, että kaikki osat ovat toteuttajan näkyvillä ja muokattavissa, mikä on hedelmällistä oppimiskokemuksen kannalta, mutta ei vastaavasti johda loppukäyttäjän kannalta helpokäyttöisimpään tulokseen.

## 7.5 Vaihtoehtoiset toteutustavat

Kirjallisuudessa pelimoottoreita on pidetty varteenotettava (kappale 2.3) vaihtoehtona arkkitehtuurin visualisointiin edelliset lähes 20 vuotta. Osittain kysymys vaikuttaa olevan siitä, että vertailukohtana ovat staattisesti renderöidyt kuvat. Kun vertailukohta on suunnittelu työkalujen visualisointiominaisuudet, todetaan niiden graafisilta ominaisuuksiltaan seuraavan pelimaailmaa aina askeleen pari perässä. Pelimoottorit tulevat kuitenkin jatkossakin olemaan ensisijaisesti pelien ja pelien tekijöiden tarpeiden ja työnkulujen mukaisiksi sovitettuja. Tämä tarkoittaa, että arkkitehtuurin visualisointiin liittyvät työnkuluongelmat erityisesti mallien tuomisessa eivät tule olemaan pelimoottorien kehittämisen keskiössä. Pelimoottorit voivat kuitenkin toimia inspiraationa sille mihin arkkitehtuurin visualisoinnin pitäisi kulloinkin graafisten ominaisuuksien puolesta pyrkiä.

Pelimoottorin tilalla voi tulla kysymykseen myös erityisesti arkkitehtuurien reaaliaikaiseen visualisointiin tarkoitettu ohjelmisto kuten Enscape (<https://enscape3d.com/>). Siinä on valmis tuki sekä tarvittavalle laitteistolle, että tarvittavat ominaisuudet mallien tuottamiseksi ohjelmistoon. Luvussa 5.3 mainittu MARUI yhdistettynä joko Maya tai 3dsMax ohjelmistoihin mahdollistaa myös vastaavat ominaisuudet. Molemmat ovat erittäin varteenotettavia vaihtoehtoja erityisesti, jos suunnittelu tehdään samassa ohjelmistossa, jolloin vältytään kaikilta niiltä ongelmilta, jotka tulivat esiin mallin importoinnin yhteydessä. Ei ole mitään teknistä estettä sille, että kaikkiin käytössäoleviin suunnittelutyökaluihin voisi lisätä tukea virtuaalilaseille.



## 8 YHTEENVETO

Tässä työssä tutkittiin virtuaalilasien soveltuvuutta arkkitehtuurin visualisoinnin välineeksi, mitä ohjelmistota laitteiston tueksi tarvitaan, jotta muodostuu käyttökelpoinen kokonaisuus ja millaisia työvaiheita tarvitaan suunnitelmasta siihen, että sen tarkastelu virtuaalilaseilla on mahdollista. Erityisesti tarkasteltiin valittujen ohjelmistojen sopivuutta tämän kokonaisuuden osaksi.

Tätä tutkittiin, koska vakiinnuttaakseen paikkansa virtuaalilasit ja laajemmin virtuaalitodellisuus tarvitsevat monipuolisia sovelluksia eri elämän osa-alueilta ja arkkitehtuurin visualisointi työkaluilla on ennestään tiettyjä teknisiä yhtymäkohtia virtuaalilasien kotikenttään eli 3D-grafiikkaan. Myös henkilökohtainen kiinnostus kyseiseen teknologiaan ja toisaalta ensimmäisen esiteltävän mallin helppo saatavuus toimivat liikkeelle sysävinä voimina.

Virtuaalitodellisuuden käyttäminen arkkitehtuurin visualisointiin on tehtyjen toteutusten ja olemassa olevien kaupallisten tuotteiden perusteella selvästi mahdollista. Virtuaalilasien osalta integraatio mihin tahansa ohjelmistoon, joka pystyy tuottamaan erillisen kuvan kummallekin silmälle on mahdollista ja työmäärä laskettaneen ennemminkin henkilötyöviikoissa kuin -kuukausissa tai -vuosissa. Kynnyskysymykseksi muodostuu suunnitelmaa esittävän 3D-mallin siirtäminen suunnitteluohjelmistosta esittävään ohjelmistoon tekstuureineen ja varsinkin materiaalmäärityksineen. Jos siihen saa kehitettyä siedettävällä vaivalla vakaan ja toistettavan prosessin tai kiertää ongelman lisäämällä tuen virtuaalilaseille suoraan suunnitteluohjelmistoon ei muita esteitä käyttöönotolle ole näköpiirissä.

Ilmeinen jatkotutkimuskysymys on, saako virtuaalilasien käytöstä lisäarvoa muiden visualisointitapojen sijaan tai rinnalla. Jos vastaus edelliseen osoittautuisi myönteiseksi, olisi syytä selvittää kuinka paljon lisätyötä verrattuna käytössä oleviin visualisointitapoihin se vaatisi ja edelleen onko vaiva saatujen hyötyjen arvoista. Vastausta näihin lienee mahdotonta saada ilman arkkitehtuurin visualisoinnin parissa työskentelevien ihmisten haastattelemista.

## 9 LÄHTEET

Stefan Boeykens, Mario Santana Quintero, Herman Neuckermans (2008) ,  
[https://lirias.kuleuven.be/bitstream/123456789/202384/5/improving\\_arch.pdf](https://lirias.kuleuven.be/bitstream/123456789/202384/5/improving_arch.pdf)

Campbell, DA and Wells, M (1994), A Critique of Virtual Reality in the Architectural Design Process. Technical Report: R-94-3.,  
<http://papers.cumincad.org/data/works/att/0e58.content.pdf>

Dr Nijad Al-Najdawi (2007), Introduction to Visualization using Game Engines,  
<http://www.arts-humanities.net/files/gameenginedevelopments-1.pdf>

Shiratuddin, M.F. and Thabet, W. (2002) Virtual office walkthrough using a 3D game engine. International Journal of Design Computing, 4  
[http://researchrepository.murdoch.edu.au/7372/1/Virtual\\_office\\_walkthrough.pdf](http://researchrepository.murdoch.edu.au/7372/1/Virtual_office_walkthrough.pdf)

Shiratuddin, M.F. and Fletcher, D. (2007) Utilizing 3D games development tool for architectural design in a virtual environment. In: 7th International Conference on Construction Applications of Virtual Reality CONVR 2007, 22 - 23 October, Pennsylvania, USA.  
[http://researchrepository.murdoch.edu.au/7266/1/3D\\_games\\_development\\_tool.pdf](http://researchrepository.murdoch.edu.au/7266/1/3D_games_development_tool.pdf)

Breland, J.S., Shiratuddin, M.F. and Kitchens, K.M. (2008) A study of user perceptions of the relationship between bump-mapped and non-bump-mapped materials, and lighting intensity in a real-time virtual environment. Electronic Journal of Information Technology in Construction, 13 . pp. 594–619.  
[https://researchrepository.murdoch.edu.au/id/eprint/3922/1/bump-mapped\\_materials.pdf](https://researchrepository.murdoch.edu.au/id/eprint/3922/1/bump-mapped_materials.pdf)

Dieter Fritsch , Martin Kada (2004) Visualisation Using Game Engines, ISPRS commission V,

<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.75.8821&rep=rep1&type=pdf>

Adrian Herwig , Philip Paar (2002) Game Engines: Tools for Landscape Visualization and Planning, Trends in GIS and Virtualization in Environmental Planning and Design, Wichmann Verlag 2002 s151–172,

<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.134.75&rep=rep1&type=pdf>

Valls, F., Redondo, E., Fonseca, D., Garcia-Almirall, P., & Subirós, J. (2016). Videogame technology in architecture education. In International Conference on Human-Computer Interaction (pp. 436-447). Springer, Cham.

Mattiasson Jesper, Lu Dongsheng (2013) How does Head Mounted Displays affect users' expressed sense of in-game enjoyment, Bachelor Thesis, <http://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2:632858>

Herumurti, D., Yuniarti, A., Kuswardayan, I., Nurul, W., Hariadi, R. R., Suciati, N., & Manggala, M. G. (2017). Mixed reality in the 3D virtual room arrangement. In 2017 11th International Conference on Information & Communication Technology and System (ICTS) (pp. 303-306). IEEE.

Hassani, H. (2017). Research methods in computer science: The challenges and issues. arXiv preprint arXiv:1703.04080.

Wieringa, R. J. (2014). Design science methodology for information systems and software engineering. Springer.

LIITE 1. Käytetty laitteisto suoritusaikojen taustatiedoksi

Processor	Inter(R) Core(TM) i3-7100 CPU 3.90GHz, 3912 MHz, 2 Core(s), 4 Logical Processors(s)
Installed Physical RAM	8.00 GB
System Type	64-bit operating system, x64-based processor
Disk	
Model	ST1000DM003-1SB102
Media Type	Fixed hard disk
Size	931.51 GB (1,000,202,273,280 bytes)