

Eero Salminen

# Virtuaalitodellisuus ja immersio peleissä

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Mediatekniikan koulutusohjelma

Insinöörityö

16.5.2014

Tekijä Otsikko	Eero Salminen Virtuaalitodellisuus ja immersio peleissä
Sivumäärä Aika	46 sivua 16.5.2014
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Mediatekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Digitaalinen media
Ohjaajat	Lehtori Antti Laiho Yliopettaja Harri Airaksinen
<p>Insinööriyössä tutkittiin virtuaalitodellisuuden ja pelinkehityksen kohtaamisaluetta ja immersivisten peliympäristöjen kehitystä. Työn tavoitteena oli toteuttaa peliprototyyppi, joka mahdollistaa mielenkiintoisen ympäristön tutkimisen virtuaalitodellisuuslaitteen avulla, sekä tutkia pelimaailmojen immersiotekijöitä.</p> <p>Työssä tutkittiin virtuaalitodellisuuden mahdollistavia laitteita ja niiden tuomia mahdollisuuksia ja haasteita pelinkehityksessä. Työssä seurattiin näyttölaitteen toiminnallisuuksien integroimista pelimoottoriin. Integrointiprosessissa hyödynnetään laitevalmistajan ohjelmistorajapintaa muun muassa sensoritietojen lukemiseen ja stereoskooppisen näkymän renderointiin. Työssä selvitettiin myös, kuinka pelinkehittäjien tulee huomioida muun muassa simulaatiopahoinvointi ja liikkeentunnistus virtuaalitodellisuuslaitteita käytettäessä.</p> <p>Pelimaailmoille hyvin tärkeä piirre on immersivisyys eli pelimaailman kyky saada pelaaja uppoutumaan pelin tarinaan ja maailmaan. Työssä selvitettiin, kuinka tunnelma, äänimaailma, tarina ja muut tekijät vaikuttavat peliympäristön immersivisyyteen. Tunnelmalla välitetään pelaajalle pelimaailman atmosfääriä ja miljöötä, kun taas tarinalla annetaan pelaajalle syitä uskoa pelimaailmaan. Tunnelmalla ja tarinalla pyritään luomaan yhteys pelaajan ja pelimaailman välille.</p> <p>Peliprototyypin kehitysprosessi koostui pääasiassa ympäristön 3D-mallintamisesta Blender-ohjelmassa ja ympäristön kokoamisesta ja realisoinnista pelimoottorin työkaluilla. Ympäristö mallinnettiin perinteisin mallinnustekniikoin ja tyyliteltiin hyödyntäen Blenderin muokkaustyökaluja. Kokoamisen yhteydessä ympäristöön rakennettiin muun muassa rikas äänimaailma ja tunnelmallinen valaistus. Lopputuloksena syntyi toimiva virtuaalitodellisuuslaitetta hyödyntävä peliprototyyppi, jonka koettiin onnistuneen audiovisuaalisesti ja teknisesti.</p>	
Avainsanat	virtuaalitodellisuus, immersio, pelinkehitys, Oculus Rift

Author Title	Eero Salminen Virtual reality and immersion in games
Number of Pages Date	46 pages 16 May 2014
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Media Technology
Specialisation option	Digital Media
Instructors	Antti Laiho, Lecturer Harri Airaksinen, Principal Lecturer
<p>This thesis studies the crossing point of virtual reality techniques and game development, while also taking a look at the process of creating immersive game worlds. The purpose of the thesis was to create a game prototype, which allows players to explore an intriguing game environment using a virtual reality headset, and to research the creating process of said prototype.</p> <p>The thesis inspects different kinds of virtual reality devices and the possibilities and difficulties they bring to game development. The thesis follows the process of integrating the functionalities of a virtual reality headset into a game engine. The integration process involves reading sensor data and rendering stereoscopic views with the help of the manufacturer's software development kit and application programming interface. The thesis also studies simulation sickness, motion detection and other things game developers have to keep in mind when using virtual reality devices.</p> <p>Immersion is a very important aspect of game worlds. The thesis examines how ambience, sound, story and other factors contribute to the immersion of a game environment. Ambience elements are used to convey the feeling and atmosphere of the game world to the player while story elements give players a reason to believe in the world. Both ambience and story elements can be used to create an emotional connection between the player and the game world.</p> <p>The process of creating the game prototype and the workflows used in the project revolve around 3d modelling in Blender and constructing of the environment using a game engine. The game environment was modelled using traditional modelling techniques and stylized with the help of Blender's modifiers. In the process of assembling the environment, it was filled with a rich soundscape and atmospheric lighting. The resulting prototype successfully utilized the chosen virtual reality headset and allowed its users to explore an audiovisually pleasing and functioning environment.</p>	
Keywords	virtual reality, immersion, game development, Oculus Rift

# Sisällys

## Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Virtuaalitodellisuus	2
2.1	Virtuaalitodellisuuden soveltaminen	2
2.2	VR-laitteet	3
2.3	Oculus Rift -näyttölaite	8
2.4	VR-laitteiden käyttö peleissä	17
3	Pelin immersio	19
3.1	Tunnelma	20
3.2	Tarina	24
3.3	Käyttöliittymä	25
3.4	Flow	26
3.5	Immersion rikkojat	27
4	Virtuaalipeliympäristön toteutus	28
4.1	Työnkulku	28
4.2	Lopputulokset	37
5	Yhteenveto	40
	Lähteet	43

## Lyhenteet

ART	Adjacent Reality Tracker. Oculus Rift -näyttölaitteen sensorijärjestelmä.
DVI	Digital Visual Interface. Videoliitäntä.
HDMI	High-Definition Multimedia Interface. Audio- ja videoliitäntä.
HMD	Head-mounted display. Pään puettava virtuaalitodellisuusnäyttölaite.
LCD	Liquid Crystal Display. Nestekidenäyttö.
MSAA	Multisample anti-aliasing. Reunoja pehmentävä renderöintitekniikka.
SDK	Software Development Kit. Sovelluskehityspaketti.
UDK	Unreal Development Kit. Unreal-pelimoottorin yhteydessä käytettävä kehitystyökalu.
USB	Universal Serial Bus. Ohjeislaiteliitäntä ja standardi.
VR	Virtual Reality. Virtuaalitodellisuus.

## 1 Johdanto

Insinööriyössä tutkitaan virtuaalitodellisuustekniikoiden ja pelinkehityksen kohtaamisaluetta. Työn tavoitteena on luoda peliprototyyppi, jonka ympäristöä pelaaja voisi tutkia Oculus Rift -näyttölaitteella sekä kartoittaa erilaisia immersiota rakentavia pelinkehitystekniikoita.

Työssä perehdytään virtuaalitodellisuuteen ja sen sitomiseen pelinkehitykseen sekä virtuaalitodellisuuden mahdollistaviin VR- eli virtuaalitodellisuuslaitteisiin. Selvitän, millaisia haasteita VR-laitteet voivat tuoda mukanaan ja miten ne tulee ottaa huomioon pelinkehityksessä. Työssä painotetaan päähän puettavien VR-näyttölaitteiden tutkimista, mutta myös muunlaisia laitteita käydään lävitse.

VR-laitteet ovat kehittyneet vaiheeseen, jossa ne ovat herättäneet suurta mielenkiintoa pelialalla, ja niitä pidetään mahdollisena oheislaitteena tavalliselle pelaajalle. Nyt tekniikkaa vievät eteenpäin kehittäjät, jotka haluavat tuoda nämä laitteet tavallisten kuluttajien koteihin ja jotka haluavat käyttää niitä pelinkehityksen maailmassa. Tällä hetkellä pelaamiseen tarkoitettuja VR-laitteita kehittävät muun muassa Oculus VR, Sony ja Valve.

Lisäksi työssä tarkastellaan immersiota peleissä ja erilaisia tapoja luoda immersiiivistä pelisisältöä. Työssä tutkitaan, kuinka pelimaailman tunnelma, äännet, tarina ja muut tekijät vaikuttavat pelaajien kokemuksiin ja kuinka erästä psykologian konseptia voidaan hyödyntää pelaajien "kouruttamisessa".

Insinööriyön osana kehitetään virtuaalinäyttölaitetta hyödyntävä peliprototyyppi. Työssä tarkastellaan 3D-peliympäristön luomisen prosessia ja Oculus Rift -näyttölaitteen integrointia Unity-pelimoottorilla toteutettuun projektiin.

## 2 Virtuaalitodellisuus

Virtuaalitodellisuus (Virtual Reality, VR) on keinotekoinen, tietokoneella rakennettu ympäristö, joka koetaan keinotekoisen läsnäolon avulla. Keinotekoisella läsnäololla tarkoitetaan digitaalisesti rakennettua aistikokemusta, jonka erilaiset VR-laitteen mahdollistavat.

Virtuaalitodellisuus ja sen osa-alueet ovat vahvasti sidoksissa erilaisiin VR-laitteisiin ja niiden ominaisuuksiin. Tällaisia laitteita ovat esimerkiksi visuaalisesta kokemuksesta vastaava näyttölaite, äänentoistolaitteet, liikkeentunnistimet ja monimuotoiset ohjaimet.

### 2.1 Virtuaalitodellisuuden soveltaminen

Virtuaalitodellisuustekniikat ovat hyvin soveltuvia, ja niitä voidaan hyödyntää monilla sektoreilla, kuten terveydenhuollossa, kouluttamisessa, arkkitehtuurissa, sotilaallisilla aloilla ja tietysti viihdeteollisuudessa [1]. Tässä työssä keskitytään pelinkehityksen sovellutuksiin, mutta käsiteltävät teemat ovat käytännöllisiä myös muissa tapauksissa.

Viihdeteollisuudessa ja kulttuurialoilla virtuaalitodellisuus voi toimia rikkaana alustana interaktiiviselle medialle. Museoihin voidaan rakentaa virtuaalisia näyttelyitä, taidegallerioista voidaan luoda kokonaan digitaalisia kokemuksia, huvipuistoihin voidaan rakentaa uudenlaisia digitaalisia seikkailuja. Virtuaalitodellisuuden sovellutuksia on lukuisia, ja niitä keksitään jatkuvasti lisää. [2.]

Virtuaalitodellisuus sopii peliteollisuuden kumppaniksi. Pelinkehittäjät luovat uusia maailmoja, joita pelaajat tutkivat ja joissa he seikkailevat. VR-laitteiden avulla pelaajat pääsevät lähemmäksi näitä maailmoja ja niiden viehätys kasvaa entisestään. Peliteollisuus on huomannut virtuaalikokemusten potentiaalin, ja siitä onkin tullut huomattava VR-tekniikoiden kehittäjä ja eteenpäin viejä.

Virtuaalitodellisuutta käytetään paljon myös viihdeteollisuuden ulkopuolella, esimerkiksi erilaisiin koulutustarkoituksiin tai datan visualisointiin. Terveydenhuollon sektorilla voidaan hyödyntää esimerkiksi virtuaalisia leikkaussaleja ja potilaita kirurgien kouluttamisessa. Lentosimulaattoreilla voidaan harjoittaa lentäjiä riskittömästi ja kustannustehok-

kaasti. Tieteenaloilla virtuaalitodellisuutta voidaan käyttää haastavien konseptien esittämiseen mielenkiintoisilla ja helpommin lähestyttävillä virtuaalikokemuksilla. [1; 3.]

## 2.2 VR-laitteet

Virtuaalitodellisuuden kokeminen tapahtuu sitä varten kehitettyjen laitteiden avulla. Tällaisia laitteita ovat muun muassa erilaiset näyttölaitteet, liikkeentunnistimet, erikoisohjaimet ja niiden monimuotoiset yhdistelmät. Näitä laitteita on kehitetty pitkään, ja ne ovat olleet pääasiassa kalliita ja tavallisten kuluttajien ulottumattomissa.

Virtuaalikokemuksen välittämiseen tarvittavat laitteet ovat sisällöstä ja tarkoituksesta riippuvaisia. Interaktiivinen audiovisuaalinen virtuaaliympäristö, esimerkiksi peli, vaatii yleensä ainakin näyttölaitteen, äänentoistojärjestelmän ja jonkin ohjaimen.

### Katsaus VR-laitteiden historiaan

Virtuaalitodellisuutta on esiintynyt maailmassa eri muodoissa hyvin pitkään. VR-laitteiden synnyn voidaan ajatella alkaneen ensimmäisistä simulaattoreista, jotka mahdollistivat esimerkiksi lentämisen harjoittamisen maasta käsin [4].

**1920**-luvun loppupuolella Edwin A. Link kehitti maailman ensimmäisen lentosimulaattorin, Link Trainerin. Se koostui pääasiassa pienestä ohjaamosta ja sitä liikuttavista palkeista. Yhdysvaltain ilmavoimat käyttivät Link Traineria lentäjien kouluttamisessa. [5.]

Hieman myöhemmin, vuonna **1957**, Morton Heilig kehitti Sensorama Simulatorin, laitteen, jonka tarkoitus oli kehittää ja mullistaa perinteistä teatterikokemusta. Sensorama kykeni toistamaan stereoskooppista 3D-filmiä, jonka nauhoittamiseen Heilig kehitti myös oman kameran. Sensorama pyrki myös stimuloimaan kuulo-, haju- ja kosketusaistimuksia laitteeseen sisältyvillä tuuligeneraattoreilla, tärisevällä istuimella ja kemiallisilla hajusteilla. [6.]

Vuonna **1968** Ivan Sutherland rakensi maailman ensimmäisen puettavan VR-näyttölaitteen, joka tunnetaan nykyään nimellä Sword of Damocles (kuva 1). Sutherlandin keksintö oli suuri ja kömpelö, mutta kykeni näyttämään käyttäjälle yksinkertaisia kolmiulotteisia tiloja oikean, käyttäjän pään mukaisen, perspektiivin mukaisesti. [7.]



Kuva 1. Ivan Sutherlandin kehittämä Sword of Damocles [8].

**1980-luvun** lopulla alan pioneeri ja visionääri Jaron Lanier keksi ja yleistä termin virtuaaliodellisuus. Lanier perusti myös koko alan tietä raivaavan VPL Research -yrityksen, jonka saavutuksiin kuuluvat muun muassa ensimmäiset kaupalliset VR-laitteet ja ensimmäiset avatarit, käyttäjiä edustavat hahmot virtuaalisissa ympäristöissä. [9; 10.]

**1990-luvun** aikana tavallisten kansalaisten odotukset ja visiot ylittivät sen ajan teknologiset mahdollisuudet, mikä johti ihmisten pettymiseen ja kiinnostuksen laskuun. Virtuaaliodellisuustekniikoiden kehitys koki hidastumista ja sen näkyvyys mediassa laski huomattavasti.

Viime vuosina, pelialan kehittymisen ja uusien visioiden myötä, kiinnostus on herännyt taas ja ala on saanut uutta tuulta alleen. Teknologia on saavuttanut tilan, jossa kehittäjät kykenevät vastaamaan ihmisten odotuksiin paremmin ja tuomaan laitteet tavallisille kuluttajille.

### Näyttölaitteet

Näköaistin stimuloiminen on yksi tärkeimmistä osista immerstiivisen virtuaalikokemuksen luomisessa. Virtuaalimaailman visuaalisesta esittämisestä vastaa yleisimmin jon-

kinlainen näyttölaite. Erilaiset näyttölaitteet ovat hyvin keskeisiä virtuaalitodellisuusala- la ja VR-laitteiden kehitys painottuukin melko vahvasti juuri niiden kehittämiseen.

Nykyään päähän puettavat VR-näyttölaitteet (Head Mounted Display, HMD), ovat muodostuneet eräänlaiseksi symboliksi VR-laitteille ja virtuaalitodellisuusalalle. Ne koostuvat perinteisesti päähineestä, johon on kiinnitetty stereoskooppinen näyttölaite ja mahdollisesti myös muita VR-laitteita (kuva 2).

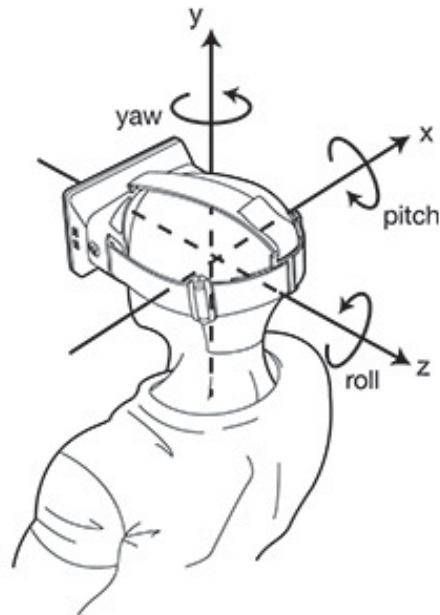


Kuva 2. Sonyn kehittämä, päähän puettava VR-näyttölaite, Project Morpheus [11].

Stereoskooppinen näyttölaite mahdollistaa kolmiulotteisen näkymän ja syvyysvaikutel- man virtuaalisen ympäristön sisällä. Stereoskooppinen kuva koostuu kahdesta erillisestä kuvasta, jotka esitetään käyttäjän silmille erikseen. Stereoskopia voidaan toteuttaa joko kahdella erillisellä näyttöruudulla tai yhdellä ruudulla ja kahdella linssillä. Miellyttävän ja uskottavan kokemuksen takaamiseksi on tärkeää, että näyttölaitteen mahdollis- tama aistimus vastaa ihmisen todellista näkökykyä mahdollisimman tarkasti. Näyttölait- teen näkökentän tulisi olla mahdollisimman laaja, jotta se vastaisi ihmisen näkökenttää. Mikäli käyttäjän näkökenttää ei voida täyttää keinotekoisella näkymällä kokonaan, tulisi loput näkökentästä peittää immersion takaamiseksi.

Itse näyttöjen lisäksi HMD:t sisältävät lähes poikkeuksetta jonkinlaisia paikka- ja liik- keentunnistukseen käytettäviä sensoreita. Sensoreilla pyritään seuraamaan laitteen liikkeitä mahdollisimman monipuolisesti. Parhaassa tapauksessa sensorit kykenevät

tarkkailemaan pään kääntämistä (kuva 3) ja siirtymistä. Tämä mahdollistaa visuaalisen näkymän ja käyttäjän pään liikkeiden synkronoinnin. [12.]



Kuva 3. Oculus Riftin sensorijärjestelmä tarkkailee pään liikkeitä monimuotoisesti [12].

Virtuaalisen näkymän ohjaaminen pään liikkeillä on hyvin luonnollisen tuntuista, ja hyvin toteutettuna se lisää virtuaaliympäristön immersiiivisyyttä. Huonosti toteutettuna se voi kuitenkin olla haitaksi, sillä esimerkiksi viiveellinen liikkeentunnistus voi aiheuttaa pahoinvointia. Viive onkin yksi virtuaalitodellisuustekniikoiden ja näyttölaitteiden kehityksen suurista haasteista. Viiveellä tarkoitetaan aikaväliä käyttäjän fyysisen liikkeen ja näyttöruudulla tapahtuvan muutoksen välillä. Miellyttävä virtuaalikokemus vaatii näyttölaitteelta hyvin lyhyen, mieluiten alle 50 ms:n vasteajan. [13.]

VR-näyttölaitteita vaivaa myös toinen haaste, laitteen käytöstä juontuva simulaatiopahoinvointi. Erityisesti pitkäaikainen käyttö voi aiheuttaa erilaisia epämiellyttäviä oireita, joista käytetään virtuaaliteollisuusalalla yhteistermiä simulaatiopahoinvointi. Tällaisia oireita ovat muun muassa silmien rasitus ja matkapahoinvoinnin kaltaiset oireet. Viivettä ja simulaatiopahoinvointia käsitellään myös luvussa 2.4 *VR-laitteiden käyttö peleissä*.

## Äänentoisto

Virtuaalisen ympäristön esittäminen visuaalisesti on tärkeää, mutta lähes yhtä tärkeää on ympäristön äänimaailman tuominen käyttäjän korviin. Äänien merkitys korostuu entisestään, kun tavoitellaan immersivisyyttä virtuaalisissa ympäristöissä.

Laitteiston puolella äänentoistosta vastaavat yleensä perinteiset kuulokkeet, jotka on harvoin kehitetty nimenomaan virtuaalitodellisuus mielessä. Tavalliset kuulokkeet kelpaavat riittävän miellyttävän virtuaalikokemuksen saavuttamiseen. Kuulokkeet voivat olla myös osa puettavaa VR-näyttölaitetta.

Usein virtuaalitodellisuuden kanssa käytettävät kuulokkeet ovat suljettuja, eli ne pyrkivät suodattamaan ulkopuoliset äänet pois käyttäjän kokemuksesta. Virtuaalisen ympäristön äänimaailma korostuu hyvin voimakkaasti, kun käyttäjä ei kuule muita ääniä.

## Ohjaimet

Audiovisuaalisen kokemuksen mahdollistavien näyttö- ja äänentoistolaitteiden lisäksi virtuaalitodellisuuden yhteydessä käytetään usein erilaisia ohjaimia. Näitä ohjaimia on lukemattomia erilaisia, ja ne vaihtelet aina klassisista datahanskoista interaktiivisiin juoksumattoihin ja nykypäivän liikkeentunnistusohjaimiin. Ohjaimet mahdollistavat erilaisia vuorovaikutuksia käyttäjän ja virtuaalisen ympäristön välillä. Ympäristössä liikkuminen, esineiden manipulointi ja monet muut toiminnot toteutetaan ohjainten avulla.

Liikkeentunnistus on muodostunut erittäin tavoitelluksi ominaisuudeksi ohjaimissa, joita käytetään virtuaalitodellisuuksien yhteydessä. Useiden VR-tekniikoita käyttävien pelien ja prototyyppien yhteydessä voidaan nähdä käytettävän erilaisia liikkeentunnistusohjaimia. Esimerkiksi Razer Hydra- tai PS Move -peliohjaimia on käytetty pelihahmon käsien hallintaan. [14; 15.]

Myös kameralla toteutettua liikkeentunnistusta voidaan käyttää virtuaalitodellisuuden yhteydessä. Microsoft Kinect -ohjainjärjestelmällä voidaan havaita käyttäjän kehon liikkeitä ja liittää ne osaksi virtuaalikokemusta. Muun muassa NASA on yhdistänyt Oculus Rift -näyttölaitteen ja Kinect-järjestelmän kokonaisuudeksi, jolla voidaan hallita robottikäyttä virtuaalisen käyttöliittymän avulla [16].

### 2.3 Oculus Rift -näyttölaite

Insinööriyön osana rakennettu virtuaalinen peliympäristö rakennettiin Oculus Rift -kehittäjäpakkauksen avulla. Projektin lopputulos on siis suunniteltu nimenomaan käytettäväksi Oculus Rift -näyttölaitteen kanssa ja se testattiin tällä laitteella.

Oculus Rift (tästä edespäin Rift) on puettava näyttölaite, jota kehittää Oculus VR. Sen tavoitteena on tuoda virtuaalikokemukset tavallisten kuluttajien markkinoille ja edistää virtuaalialustojen ja sovellusten kehittämistä. Rift on edelleen kehitysvaiheessa, eikä siitä ole vielä kaupallista versiota saatavilla. Kehittäjille ja harrastelijoille tarkoitettua kehittäjäpakkauksesta on olemassa vanhempi versio ja vastikään tilattavaksi valmistunut uusi versio (kuva 4).



Kuva 4. Oculus Rift -näyttölaitteen uudempi malli [17].

Riftin alkuperäinen kehittäjä, Palmer Luckey, yritti pitkään etsiä pelikäyttöön sopivaa puettavaa näyttölaitetta. Hän päätyi kuitenkin kehittämään omaa VR-laitettaan, josta myöhemmin muodostui Oculus Rift.

Riftin kehittäjien ajatukset helppokäyttöisestä ja tavallisen pelaajan ulottuvilla olevasta VR-laitteesta herättivät pelaajien ja median mielenkiinnon. Vuonna 2012 Oculus VR onnistui keräämään lähes kahden ja puolen miljoonan dollarin joukkorahoituksen Ocu-

lus Riftin kehittämiseksi. Rift on kuitenkin ansainnut saamansa mediahuomion ja ilmaisen mainonnan. Sen tekniset ominaisuudet, kuten näyttöruudun näkökentän laajuus ja monipuoliset sensorit, olivat laitteen julkistuksen aikaan kattavammat kuin muissa vastaavissa laitteissa. [18.]

#### Tekniset tiedot

Projektissa käytettiin Oculus Rift -kehittäjäpaketin vanhempaa versiota (1.1). Kehittäjäpaketti sisältää itse näyttölaitteen, ohjauslaatikon, kolme erilaista linssiparia, kiinnitysnauhan, HDMI-johdon, USB-johdon, virtalähteen ja DVI/HDMI-muuntajan.

Itse näyttölaite sisältää 32-bittisen, värillisen LCD-ruudun, jonka seitsemän tuuman pinnalle mahtuu 1280 x 800 -pikseliresoluution kuva. Ruudulle piirretyn kuvan horisontaalinen resoluutio jakautuu molemmille silmille, jolloin silmäkohtainen resoluutio on noin 640 x 800 pikseliä. Ruudun päivitystaajuus on 60 Hz, ja sen mahdollistaman näkökentän leveys on yli 90 astetta horisontaalisti. [19.]

Riftin kanssa voidaan käyttää silmälaseja tai piilolinssijä, mutta kehittäjäpaketti sisältää tästä huolimatta ylimääräiset linssiparit sekä kaukonäköisille että likinäköisille käyttäjille. Riftin lopullisen version on tarkoitus sisältää helposti säädettävät linssit, jotka sopivat kaikille. [20.]

Näyttölaitteessa on myös Oculus VR:n kehittämä sisäänrakennettu Adjacent Reality Tracker (ART) -sensorijärjestelmä. ART sisältää gyroskoopin, kiihtyvyyssanturin ja magnetometrin, jotka kaikki toimivat kolmella vapausasteella. ART:n sensorit kykenevät jopa 1000 Hz:n näytteenottoon. [19.]

Kehityspaketin mukana tuleva ohjauslaatikko toimii välikappaleena näyttölaitteen ja tietokoneen välillä. Ohjauslaatikko kytketään tietokoneeseen HDMI- tai DVI-kytkennällä ja USB-kytkennällä. Itse näyttölaite on pysyvästi kytkettynä ohjauslaatikkoon.

Riftin kehittäjäpakkauksen uudempi versio sisältää kokonaan uuden OLED-näyttöruudun, joka kykenee näyttämään suuremman resoluution kuvaa. Tämän lisäksi pakkauksen mukana tulee pieni infrapunakamera, jonka avulla voidaan seurata Riftin fyysistä sijaintia. Uudemman version kytkennät on suunniteltu niin, että erillistä ohjauslaatikkoa ei enää tarvita. [21; 22.]

Tietokoneen, jolla Rift-kehitystä tehdään, tulisi kyetä piirtämään stereoskooppista 3D-näkymää 60 kuvaa sekunnissa V-syncin kanssa. Rift-projekteja voidaan kehittää Windows-, MacOS- ja Linux-käyttöjärjestelmillä. [19.]

## SDK

Riftiä käytetään sovelluksissa Oculus VR:n kehittämän SDK:n (Software Development Kit) eli sovelluskehityspaketin avulla. SDK:n tarjoama LibOVR-kirjasto on tarkoitettu integroitavaksi kehittäjien omaan pelimoottoriin. Oculus VR kehittää erikseen työkaluja ja ohjeistusta, joiden avulla Rift voidaan integroida Unity- ja UDK-pelimoottoreihin. Prototyypin kehityksessä käytettiin Unityä ja sille tarkoitettuja resursseja.

SDK sisältää LibOVR-kirjaston lähdekoodeineen, dokumentaation ja esimerkkejä. Pakkauksen rakenne koostuu useista alihakemistoista, joihin sen sisältö on organisoitu. Taulukossa 1 näkyvät Oculus SDK:n hakemistorakenne ja jokaisen alihakemiston pääasiallinen sisältö.

Taulukko 1. Oculus SDK:n hakemistorakenne ja sisältö.

Hakemisto	Sisältö
3rdParty	esimerkkien käyttämiä, kolmannen osapuolen komponentteja
Doc	dokumentaatio
Firmware	ART-tunnistimen laiteohjelmisto (firmware)
LibOVR	kirjastot, lähdekoodi, projektit ja make-sääntötiedostot
LibOVR/Include	julkiset header-tiedostot
LibOVR/Lib	valmiiksi käännettyjä kirjastoja
LibOVR/Src	lähdekoodi
Samples	esimerkkejä
Tools	säätötyökalu

Oculus Rift SDK:n käyttöönotto on pyritty tekemään mahdollisimman helpoksi kehittäjille. Mukana tulevien ohjeiden ja esimerkkien avulla kirjastojen liittäminen projekteihin on suhteellisen mutkatonta. SDK:ssa on käyttövalmiita projektitiedostoja Visual Studio 2010- ja Xcode-kehitysympäristöjen käyttäjille.

Riftin integrointi kehittäjän omaan pelimoottoriin voidaan kiteyttää seuraavaa prosessiin:

- LibOVR-kirjaston alustaminen
- laitteiden ja sensorien määrittäminen
- liikkeentunnistuksen yhdistäminen pelimoottoriin
- sopivan stereoskopisen kuvan piirtäminen
- VR-näyttölaitteisiin soveltuvan käyttöliittymän lisäys [21].

LibOVR sisältää lukuisia luokkia ja funktioita, jotka helpottavat tätä prosessia huomattavasti. Valmiit luokat huolehtivat muun muassa laitteiden alustamisesta, sensoritietojen lukemisesta ja ennakoinnista, projektiomatriisien laskemisesta ja paljon muusta. SDK:n mukana tulevat ohjeet käyvät läpi tämän prosessin vaihe vaiheelta ja valaisevat eri vaiheisiin liittyvää ohjelmistosuunnitelun teoriaa kattavasti.

## Unity

Rift voidaan integroida Unityn versioon 2.4 ja uudempiin. Integroiminen Oculus VR:n tarjoamilla resursseilla vaatii toiminnallisuuksia, jotka ovat käytettävissä vain maksullisen Unity Pro -lisenssin avulla. Tämä on monien mielestä harmillista, ja muutamat Riftin käyttäjät ovatkin kehittäneet omia ratkaisujaan kiertääkseen tämän rajoitteen. [23.]

Oculus VR:n tarjoama Unity-paketti sisältää kaikki Riftin integroimiseen tarvittavat komponentit, esimerkisovelluksen ja integrointioppaan. Integrointikomponentit ja esimerkisovellus ovat pakattuina helppokäyttöiseen unityPackage-formaattiin. Paketin oheen on lisätty myös OculusConfigUtil-työkalu, jolla voidaan luoda ja hyödyntää henkilökohtaisia Oculus Rift -käyttäjäprofiileja. Näillä profiileilla voidaan määrittää erilaisia arvoja, esimerkiksi käyttäjän pituus ja silmien välinen etäisyys, joita hyödynnetään Rift-sovelluksissa.

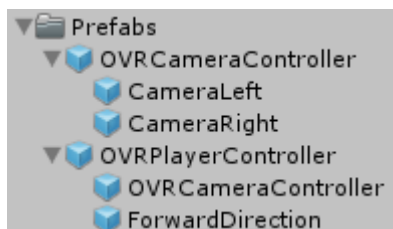
Riftin integroimiseen käytettäviin komponentteihin kuuluu monimuotoisia resursseja, kuten materiaaleja, shadereitä, tekstuureja ja useita C#-skriptejä. Taulukkoon 2 on koottu selvitys integrointikomponenttien hakemistorakenteesta ja sen sisällöstä.

Taulukko 2. Unity-integraatiopakkauksen rakenne ja sisältö.

Hakemisto	Sisältö
OVR	komponenttien ylähakemisto
Editor	skriptejä, jotka lisäävät ominaisuuksia Unity Editoriin
Materials	graafisten komponenttien vaatimia materiaaleja
OVRImageEffects	skriptejä, joilla Rift-yhteensopivan kuva saadaan aikaan sekä shader linsseistä johtuvien ongelmien korjaamiseen
Prefabs	valmiiksi määriteltyjä objekteja, joilla integraatio toteutetaan
Resources	erinäisiä resursseja, joita muut komponentit käyttävät
Scripts	C#-skriptit, joilla Rift-keskeiset toiminnallisuudet liitetään Unity-komponentteihin
Shaders	graafisten komponenttien vaatimia shadereita
Textures	muiden komponenttien vaatimia kuvatiedostoja
Plugins	Riftin ja Unityn väliseen kommunikointiin vaaditut ohjelmalisäkkeet

Ennen Riftin käyttämistä Unity-kehityksessä on suositeltavaa määrittää Rift tietokoneen päänäytöksi, jotta projektin testaus laitteella olisi vaivatonta. Tämä määrittäminen tehdään käyttöjärjestelmän kautta samoin kuin muiden näyttölaitteiden tapauksissa.

Riftin integroiminen Unity-moottoriin on prosessina huomattavasti yksinkertaisempi kuin SDK:n liittäminen omaan pelimoottoriin. Integrointi tehdään Unityssä käytettävien prefab-objektien avulla. Nämä prefabit ovat valmiiksi koottuja objekteja, joihin on liitetty kaikki tarpeelliset komponentit. Kuvassa 5 voidaan nähdä Unity-integraatiopakkauksen sisältämät prefabit.



Kuva 5. Unity-integraatiopakkauksen sisältämät prefabit.

Integroitukomponenttien mukana on kaksi eri tarkoitukseen koottua prefabiä, **OVRCameraController** ja **OVRPlayerController**. Yksinkertaisimmillaan Rift integroidaan omaan Unity-projektiin liittämällä toinen näistä prefabeista työstettävään sceneen eli

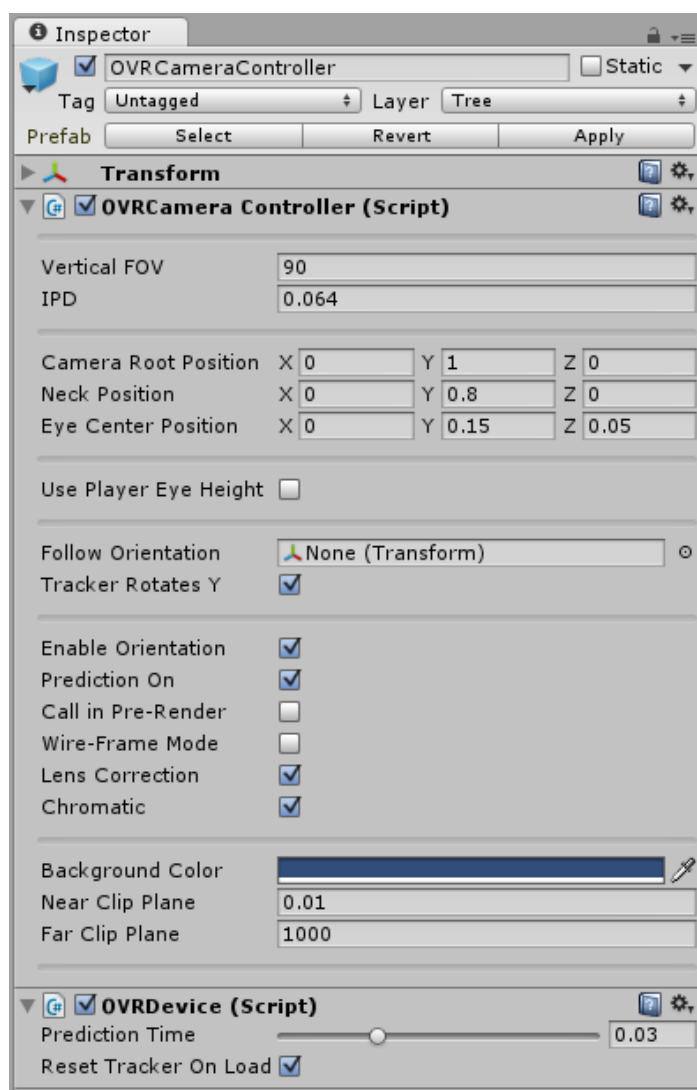
Unityssä pelikenttänä toimivaan rakenteeseen. Seuraavaksi käydään läpi näiden prefabien rakennetta ja käyttötarkoituksia.

**OVRCameraController** (OVRCC) -prefab toimii stereoskooppisen kuvan mahdollistavana korvikkeena Unityn tavalliselle kameraobjektille. OVRCC:ssä on valmiiksi liitettyinä kaksi skriptiä, **OVRCameraController** ja **OVRDevice**. Lisäksi se sisältää kaksi tavallista kameraobjektia, jotka molemmat sisältävät **OVRCamera-** ja **OVRLensCorrection-**skriptit. [24.]

**OVRCameraController**-skripti toimii ylemmän tason ohjaajana muille OVRCC-prefabin kameraobjekteille. Tämä skripti helpottaa kameraobjektien käyttöä omalla rajapinnallaan ja paljastaa useita OVRCC-kokonaisuutta kontrolloivia muuttujia, joilla sen toiminnallisuuksia voidaan säätää (kuva 6). [24.]

**OVRDevice** toimii pääasiallisena rajapintana Unityn ja itse laitteen välillä. Se mahdollistaa Oculus SDK:n C++ -funktioiden käytön Unityssä ja helpottaa laitteen käyttöä erilaisilla apufunktioilla. OVRDevice-skripti voidaan liittää mihin vain peliobjektiin, mutta sitä ei tulisi liittää useampaan kuin yhteen. [24.]

**OVRCamera** huolehtii Riftin sensoritietojen lukemisesta ja yksittäisen kameraobjektin liikuttamisesta luettujen tietojen mukaisesti. OVRCamera on myös vastuussa lopullisen kuvan renderöinnistä ja vääristämisestä OVRLensCorrection-skriptin avulla. [24.]



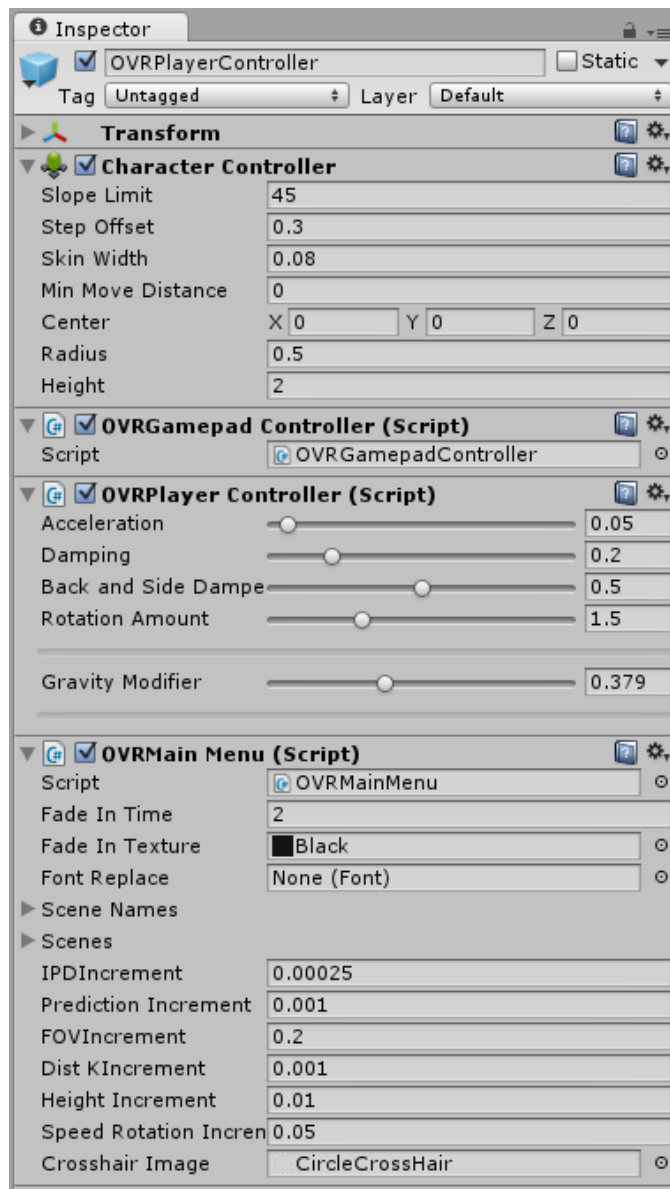
Kuva 6. Unity Inspector -näkyvä OVRCameraController prefabistä.

**OVRPlayerController** (OVRPC) on toinen tarjolla olevista käyttövalmiista prefabeista. Se on kokonaisuus, joka on tarkoitettu käytettäväksi pelaajaobjektina. Pelaajaobjektilla tarkoitetaan objektia, jota käyttäjä kontrolloi peliä pelatessaan. OVRPC koostuu Unityn sisäänrakennetusta Character Controller -komponentista, edellä mainitusta OVRCC-kokonaisuudesta ja neljästä skriptistä: **OVRPlayerController**, **OVRGamepadController** ja **OVRMainMenu**.

**OVRPlayerController**-skripti toteuttaa ohjattavan pelihahmon ominaisuuksia ja hallinnoi alemman tason komponentteja. Se mahdollistaa navigoinnin scenessä Character Controller -komponentin avulla ja huolehtii hahmon ja kameroiden yhteistyöstä. Tämän skriptin ulkoistamalla muuttujilla voidaan muokata muun muassa pelihahmon liikkeen kiihtymistä ja painovoimaa (kuva 7). [24.]

**OVRGamepadController** toimii rajapintana peliohjaimia hallinnoiville funktioille. Tämä skripti ei hyödynnä Unityn omia funktioita ohjainsyötteiden lukemiseen. [24.]

**OVRMainMenu** toteuttaa graafisen valikkorakenteen, jonka avulla pelaaja voi muokata Riftin käyttöön liittyviä muuttujia. OVRMainMenu mahdollistaa myös siirtymisen scenestä toiseen ja huolehtii operaation vaatimasta logiikasta. Lisäksi skripti lisää stereoskooppisen tähtäinobjektin lopulliseen renderöityyn näkymään OVRCrosshair-skriptiä hyödyntäen. [24.]



Kuva 7. Unity Inspector -näkyä OVRPlayerController prefabistä.

Riftin ja Unityn välinen yhteistyö tapahtuu siis useampien komponenttien yhteistyönä, mutta valmiiden prefabien ja kattavan ohjeistuksen avulla prosessi on tehty virtaviivaiseksi ja helpoksi kehittäjille. Unityn ja Rift-integraation relatiivinen helppokäyttöisyys antaa esimerkiksi taiteilijoille mahdollisuuden toteuttaa virtuaalitodellisuusteoksia ilman laajaa ohjelmistonkehityksen tuntemusta.

Lopullisen virtuaalikokemuksen toteuttaminen vaatii tietysti lisäkehitystä ja valmiiden prefabien muokkausta projektin tarpeiden mukaan. Unityn komponentteihin perustuvan rakenteen ansiosta tarjolla oleviin resursseihin voidaan liittää tarvittavat ominaisuudet pala palalta. Valmiit prefabit toimivat siis perustuksina, joiden päälle kattava virtuaalikokemus voidaan rakentaa.

Unity-integraation mahdollistava kokonaisuus on tietysti vielä kehityksen alla, aivan kuten Oculus SDK itsekin. Tämä tarkoittaa sitä, että Riftin ja Unityn välinen kumppanuus ei ole vielä ongelmaton ja että tässä osiossa esitellyt komponentit ja niiden käyttötarkoitukset voivat muuttua uusien versioiden myötä.

Ongelmia Rift-komponenttien ja Unityn välillä ilmenee esimerkiksi Unityn sisäänrakennettujen skyboxien kanssa. Unityn skyboxit, eli pelimaailman ympäröivät taustat, eivät toimi odotetusti Riftin kanssa. Unity-integraatiopakettin mukana tuleva esimerkkisovellus sisältää esimerkin toimivien skyboxien toteutuksesta.

## UDK

SDK:n ja Unity-työkalujen lisäksi Oculus VR pyrkii kehittämään Riftin kanssa yhteensopivaa versiota Epic Gamesin Unreal Development Kitistä, UDK:sta. UDK on kehitystyökalu, jolla rakennetaan Unreal Engine 3 -pelimoottoria käyttäviä pelejä. Oculus VR ja Epic Games ovat kehittäneet tätä erillistä UDK-versiota, Oculus UDK:ta, yhteistyössä. Erilaisten ongelmien ja haasteiden vuoksi Oculus UDK:n kehitys ei ole ollut yhtä sujuvaa kuin itse Oculus SDK:n tai Unity-työkalujen [25]. Oculus UDK käyttää vanhempaa versiota SDK:sta, ja sitä varten ei ole olemassa erillistä dokumentaatiota [26].

Oculus UDK:n kehitystä monimutkaistaa myös Epic Gamesin uudemman, Unreal Engine 4 -pelimoottorin julkistus ja päätös siirtyä sen kehittämiseen. Tämä uusi pelimoottori tukee jo valmiiksi Oculus Riftiä ja virtuaalitodellisuuskehitystä [27; 28]. Epic Games suosittelee, että Unreal-kehittäjät siirtyisivät uudemman pelimoottorin pariin, mikäli

mahdollista [27]. Osa Rift-kehittäjistä onkin ennustanut vanhempaa moottoria hyödyntävän Oculus UDK:n kehityksen lopettamista [29].

## 2.4 VR-laitteiden käyttö peleissä

Koska virtuaalitodellisuus ja sen hyödyntäminen ovat vahvasti liitoksissa käytössä olevaan laitteistoon, on helppoa ajatella sen olevan yksinkertaisesti uudenlainen oheislaitte tai peliohjain. Virtuaalitodellisuutta voidaan hyödyntää olemassa olevan sisällön kanssa, mutta sen todellisen potentiaalin saavuttaminen vaatii prosessin, jossa sisältö rakennetaan VR-laitteet huomioon ottaen alusta asti.

Virtuaalitodellisuuskokemukseen vaikuttavat monet tekijät, joita ei perinteisen pelin kehityksessä tarvitse ottaa huomioon. Tähän on koottu erilaisia virtuaalitodellisuuteen liittyviä, hyväksi todettuja käytäntöjä ja huomioitavia seikkoja. Luettelo otaksuu tilanteen, jossa kehitettävä peli tähtää hyödyntämään puuttavaa, liikkeentunnistukseen ja stereoskopiseen kuvaan kykenevää VR-näyttölaitetta:

- simulaatiopahoinvoinnin minimointi
- liikkeentunnistuksen täsmällisyys
- liikkeiden ja näkymän yhteys
- pelaajan liikkeen hallinta
- peliympäristön vakaus
- kameraperspektiivin muutokset
- visuaalisten erikoistehosteiden käyttö.

**Simulaatiopahoinvoinnin minimoinnilla** tarkoitetaan erilaisia tapoja vähentää VR-laitteiden käyttämisestä johtuvaa pahoinvointia ja epämukavuutta. Kehitettäessä peliä virtuaalilaitteelle tulisi kehittäjien pyrkiä minimoimaan silmien rasitus ja muu virtuaalilaitteen käyttämisestä johtuva pahoinvointi. Simulaatiopahoinvointi on termi, joka kattaa kaikki virtuaalikokemuksesta johtuvat epämiellyttävät oireet.

**Liikkeentunnistuksen täsmällisyys** viittaa liikkeentunnistuksen tarkkuuteen ja viiveettömyyteen. Pelaajan liikkeiden seuraaminen ja välittäminen peliin tulisi toteuttaa mah-

dollisimman tarkasti. Erityisen tärkeää on minimoida pelaajan fyysisen liikkeen ja pelinäkökuvassa tapahtuvan liikkeen aikaväli eli motion-to-photon-viive. Minimaalinen viive on vaatimus immersiiiviselle VR-kokemukselle, ja se parantaa käyttömukavuutta huomattavasti. Myös viiveen pysyminen vakiona on tärkeää, sillä vaihteleva viive aiheuttaa epämukavuutta. Vaikka viive on suureksi osaksi näyttölaitteen vastuulla, voidaan siihen puuttua myös sovelluksen kehittämisen lomassa. Viivettä voidaan kompensoida ennustamalla pelaajan liikkeitä olemassa olevan datan pohjalta. [30.]

**Liikkeiden ja näkymän yhteyden** tulisi olla jatkuva. Pelaajan liikkeiden ja pelissä tapahtuvien liikkeiden yhteyttä ei tulisi rikkoa lainkaan. Vaikka peli siirtyisi taukotilaan tai videokohtaukseen, tulisi pelaajan kyetä ohjaamaan kameraa. Tämän yhteyden katkaiseminen rikkoo immersiota ja voi aiheuttaa pahoinvointia. [30.]

**Pelaajan liikkeiden hallinnalla** tarkoitetaan erilaisia tapoja vähentää itse pelihahmon liikkumisesta johtuvaa epämukavuutta. Pelinäkökuvan tulisi seurata pelaajan liikkeitä mahdollisimman identtisesti, sillä pienetkin erot liikkeiden välillä tuntuvat epämiellyttäviltä. Esimerkiksi tavanomaista pään heilumista imitoivaa kameran keikkumista ei tulisi käyttää. Myös pelihahmon törmäyksistä johtuvat kameran tärinät voivat aiheuttaa pahoinvointia. Pelaajan liike on muutenkin suotavaa pitää mahdollisimman tasaisena. Epätasaiset pinnat aiheuttavat ylimääräistä vertikaalia liikettä, joka tuntuu usein epämiellyttävältä. Pinnan muodon ei välttämättä tarvitse olla tasainen, riittää että muodolle määritelty törmäysmalli on tasainen. Yleisesti kannattaa pitää kaikki törmäysmallit mahdollisimman yksinkertaisina, kuitenkin niin, että näkyvän mallin kanssa vuorovaihtaminen ei tunnu kummalliselta. [30.]

Myös pelihahmon liikkumisnopeus voi vaikuttaa virtuaalikokemuksen miellyttävyyteen. Keskivertoitohmisen kävelynopeuden imitoiminen tuntuu luonnolliselta eikä aiheuta pahoinvointia. Myös liikkeiden hidas kiihtyminen voi aiheuttaa ristiriitaisia tunteita pelaajassa. Liikkeiden tulisi tapahtua mahdollisimman nopeasti, ja ylimääräisiä liikkeitä tulisi välttää. [30.]

**Peliympäristön vakaus** on myös tärkeää. Ympäristössä olevien suurten objektien, kuten rakennusten tai maaston, tulisi pysyä enimmäkseen vakaina. Peliympäristön tai sen osien liikkuminen tai pyöriminen voi saada pelaajan tuntemaan olonsa epävakaaksi. Tasapainon puute ja epävakaus voi aiheuttaa vaivaantuneisuutta. Peliympäristön

muuttumista voidaan käyttää esimerkiksi kerronnallisena voimakeinona, mutta se tulisi tehdä varoen ja maltillisesti. [30.]

**Kameraperspektiivin muutokset** aiheuttavat sekä hämmennystä että epämukavuutta. Pelinäkömman ei pitäisi esimerkiksi siirtyä kamerasta toiseen, eikä kameran tulisi myöskään irtaantua pelaajasta. Virtuaalilaitteille tarkoitetuissa peleissä tällaiset kerrontaa korostavat tai ympäristöä selventävät tekniikat tulisi toteuttaa toisin. [30.]

**Visuaalisten erikoistehosteiden käytössä** tulee olla varovainen. Koko näkymään vaikuttavia visuaalisia efektejä tulisi käyttää niin, että efekti vaikuttaa molempiin kameranäkymiin samalla tapaa, jotta stereoskooppinen näkymä toimisi oikein.

### 3 Pelin immersio

Pelinkehityksen maailmassa immersiollla tarkoitetaan pelaajan uppoutumista peliin sekä läsnäolon tuntemista pelissä. Peli on immerstiivinen, kun pelaaja tuntee olevansa osa sen maailmaa. Immersio ei ole tärkeää kaikkien pelien tapauksessa, mutta suurimassa osassa tapauksista se on tavoiteltua. Abstraktimmat pelit, esimerkiksi yksinkertaiset pulmapelit, eivät välttämättä tarvitse immersivisiä pelimaailmoja. Keskityn tässä työssä kuitenkin peleihin, joissa pelaajan uppoutuminen pelimaailman on toivottua ja positiivista.

Pelaajien uppoutuminen peliin ei ole välitöntä, vaan se tapahtuu ajan myötä ja vaiheittain. Nämä immersoitumisen vaiheet ovat sitoutuminen, syventyminen ja täydellinen immersoituminen. Pelaajat siirtyvät vaiheesta toiseen huomaamattomasti, mutta kuitenkin aina tässä järjestyksessä. Näiden vaiheiden käsitteellistäminen on hankalaa, koska ne ovat hyvin henkilö- ja pelikohtaisia. [31.]

Sitoutumisella tarkoitetaan immersoitumisen alkuvaihetta, jossa pelaaja on riittävän kiinnostunut pelistä, kykenee omaksumaan pelin kontrollit ja on halukas käyttämään aikaansa pelin pelaamiseen. Nämä ovat edellytyksiä pelaajan mielenkiinnon ylläpitämiseksi ja immersivisen kokemuksen luomiseksi. [31.]

Syventyminen on immersion vaihe, jossa pelaaja kokee mielenkiintoa pelin eri aspekteja kohtaan. Syventyessään peliin pelaaja huomaa nauttivansa pelin haasteista, mielek-

käästä visuaalisesta ulkomuodosta ja mukaansatempaavasta juonesta. Pelaaja tuntee pelin olevan laadukas kokonaisuus ja tunnistaa pelinkehittäjien ponnistukset. [31.]

Täydellinen immersoituminen kuvaa pelaajan tuntemusta läsnäolosta. Tämä on vaihe, jossa pelaaja uppoutuu pelimaailmaan ja saattaa menettää ajantajunsa. Pelin on oltava hyvin tunnelmallinen, ja sen on kyettävä rakentamaan empatianomainen yhteys pelaajaan. [31.]

Näiden immersion tasojen saavuttaminen vaatii tarkkaa suunnittelua pelinkehittäjiltä sekä intohimoa luoda pelimaailma, josta pelaajat voivat nauttia täysin siemauksin. Erilaisia tapoja rakentaa immersiota on monia, ja niitä keksitään jatkuvasti lisää, pelialalla on vielä reilusti tilaa kehittyä tällä osa-alueella.

Erilaiset tekniikat ja tavat rakentaa immersiota voidaan kategorisoida kolmeen seuraavaksi käsiteltävään osa-alueeseen: tunnelma, tarina ja käyttöliittymä [32]. Näiden lisäksi selvitän, kuinka flow, eräs psykologian konsepti, voi olla hyödyksi pelinkehittäjille.

### 3.1 Tunnelma

Tunnelma tarkoittaa pelimaailman atmosfääriä, syvyyttä, rikkautta ja sen välittämiä tuntemuksia. Tunnelmaelementeillä pyritään välittämään pelaajalle pelin miljöötä ja vakuuttamaan pelaaja pelimaailman todellisuudesta. Erilaisilla tunnelmaelementeillä voidaan punoa yhteen pelimaailman erilliset osat ja sitoa ne tarinaan. Tunnelmaa voidaan rakentaa muun muassa elävillä ympäristöillä, rikkaalla äänimaailmalla ja valaistuksella. [32.]

#### Elävä maailma

Pelaajat uppoutuvat pelin maailmaan, kun he kokevat sen olevan elossa. Maailma, joka pursuaa historiaa, draamaa, syvyyttä ja yksityiskohtia, on mielenkiintoinen ja täten siihen on helppo osallistua. Yksinkertaisetkin lisäykset maailmaan voivat herättää sen eloon. Esimerkiksi Formula-peleistä harvoin löytyy maailmasta kertovia taustatarinoita, mutta niihinkin voidaan luoda tunnelmaa hurraavalla yleisöllä tai kisasta puhuvilla kommentaattoreilla.

Tietysti suurin tekijä elävän maailman laatimisessa on itse kenttäsuunnittelu ja pelaajalle näkyvän ympäristön rakentaminen. On tärkeää, että ensin luodaan maailmasta visio, jota voidaan seurata pelimaailman rakentamisen aikana. Visiotaan kootessaan pelisuunnittelijat ovat huomanneet konseptitaiteen arvon tunnelmallisen maailman luomisprosessissa. Konseptitaiteella voidaan muodostaa yleinen kuva maailmasta ja viestittää miljöiden pääpiirteittäistä tunnelmaa (kuva 8). [32.]



Kuva 8. Dead Space -pelin tunnelmaa välittävä konseptikuva [33].

Pelimaailman uskottavuutta voidaan korostaa kenttäsuunnittelijoille tutuilla, ympäristöä koristavilla yksityiskohdilla: pakenevat pieneläimet metsässä, huonekalut pelihahmojen kodeissa, luukasat hirmuliskon luolassa. Tällaiset yksityiskohdat antavat todellisen, elävän maailman kuvan pelaajalle, mutta niillä voidaan tehdä paljon muutakin. Niitä voidaan myös käyttää tarinan sitomisessa maailmaan, pelaajan johdattelussa pelimaailmassa, tuntemuksien, kuten jännityksen, pelon tai empatian, herättämisessä. Parhaassa tapauksessa nämä yksityiskohdat ovat myös osana pelimekaniikkoja, jolloin niiden arvo immersion luomisessa korostuu entisestään.

Tällaiset yksityiskohdat voivat esiintyä monissa muodoissa, esimerkiksi esineinä pelimaailmassa, atmosfääriä korostavina efekteinä, pelihahmojen dialogina tai tekoälyn käytöksenä. Yksinkertaisetkin yksityiskohdat, joilla ei ole minkäänlaista vuorovaikutusta pelaajan kanssa, voivat saada pelaajan uskomaan maailmaan vahvemmin. Parhaassa tapauksessa nämä yksityiskohdat on jollain tapaa sidottu pelimekaniikkoihin, kuten

esimerkiksi The Elder Scrolls V: Skyrim -pelin metsissä lentelevät perhoset ja villieläimet, joita pelaaja voi kerätä tai metsästä (kuva 9).



Kuva 9. The Elder Scrolls V: Skyrim -pelin maailma on täynnä elämää [34].

Yksityiskohtien arvo voidaan tuoda esiin tarkastelemalla seuraavanlaista yksinkertaista vertailua: kolme erillistä tilannetta, joissa esiintyy eri määrä yksityiskohtia:

**Tilanne 1.** Pelaaja löytää luolan metsästä ja astuu sisään. Valtava peikko hyökkää pelaajan kimppuun ja taistelu alkaa.

**Tilanne 2.** Pelaaja löytää luolan metsästä ja huomaa luolan suussa kasoittain ihmisten luita ja kalloja. Pelaajan astuessa luolaan pelihahmo yskii ja ilmaisee inhoa luolan täyttävää hajua kohtaan, kun varjoista hyökkää valtava peikko.

**Tilanne 3.** Pelaaja löytää luolan metsästä ja huomaa luolan suussa kasoittain ihmismäisiä luita ja kalloja sekä läjän sammuneita soituja. Pelaajan astuessa luolaan pelihahmo yskii ja ilmaisee inhoa luolan täyttävää hajua kohtaan, kun varjoista hyökkää valtava peikko. Pelaaja muistaa kuulleensa peikkojen kammoksuvan tulta ja iskee peikkoa sytyttämälläan soihdulla. Peikko pakenee kauhuissaan.

Ensimmäinen tilanteista on suoraviivainen ja suhteellisen tylsä pelaajan näkökulmasta. Toisessa versiossa tilanne on huomattavasti mielenkiintoisempi ja tunnelmallisesti rik-

kaampi. Luolan suulle kasaantuneet luut antavat vihjeitä vaarasta ja lisäävät jännitystä tilanteeseen. Pelihahmon reaktio luolan iljettävää atmosfääriä kohtaan nostattaa tunnelmaa entisestään. Kolmas tilanne on ideaali, koska siinä luolan suusta löytyville soihtuille on rakennettu pelimekaaninen funktio. Pelaaja voi poimia soihtun ja karkottaa tulta kammoavan peikon ja säästä veriseltä taistelulta.

## Äänet

Äänillä ja musiikilla on todella suuri vaikutus pelimaailman tunnelmaan ja pelaajan immersoitumiseen. Äänien avulla pelaaja voidaan vetää pelimaailmaan hänen sitä edes huomaamatta. Äänien avulla pelimaailma saadaan jatkumaan näkyvän kuvan ulkopuolelle.

Sander Huibertsin käyttäjäkyselyt osoittavat, että lähes kaikki pelaajat kokevat äänien vaikuttavat pelien immersioon. Huibertsin tutkimuksen tulokset paljastavat, että musiikki ja äänet lisäävät pelin tunnelmaa ja läsnäolon tunnetta, vaikuttavat pelaajan tunteisiin ja lisäävät pelaajien keskittymistä. Valtaosa kyselyyn vastanneista koki äänimaailman lisäävän immersiota, kun se on liitoksissa pelitapahtumien rytmiin eli pelitapahtumien nopeuden muutoksiin. [35.]

Huibertsin kyselyistä selviää myös, että äänet voivat heikentää pelin tunnelmaa ja laskea immersiota. Vääränlainen tai liian toistuva musiikki, epärealistiset tai irralliset äänet, ongelmat ääninäyttelyssä ja tietysti äänien tai musiikin puuttuminen, kaikki voivat toimia tekijöinä immersiota laskevalle äänimaailmalle. [35.]

Äänimaailman vaikutukset tehostuvat entisestään pelaajan käyttäessä kuulokkeita. Jotkin pelit jopa ohjeistavat pelaajia käyttämään kuulokkeita, jotta pelikokemus olisi optimaalinen. Kuulokkeiden vaikutus tehostuu entisestään, kun se liitetään liikkeentunnistukseen ja VR-näyttölaitteisiin.

VR-laitteita käytettäessä äänimaailman tulisi olla kolmiulotteinen. Kolmiulotteisessa äänimaailmassa jokaisella äänilähteellä on sijainti, ja niitä toistetaan eri kaiuttimista tai kuulokkeista käyttäjän sijainti ja orientaatio huomioon ottaen. On tärkeää huomioida, että kaiutinten tapauksessa käyttäjän orientaatiota ei pidä ottaa huomioon.

## Valaistus

Peliympäristön valaistus on olennainen osa sen lopullisen visuaalisen ulkomuodon rakentamista. Valaistuksella ympäristöön tuodaan kontrastia ja väri vaihteluita, joiden puuttuessa lopputulos on usein tylsä ja lattea. Hyvin toteutettu valaistus voi myös luoda tunnelmaa ja vahvistaa ympäristön välittämää mielialaa.

Kontrastilla ja väreillä pyritään yleensä muokkaamaan ympäristön visuaalista ulkomuotoa näyttävämmäksi, mutta niitä voidaan hyödyntää myös muin keinoin. Kontrastilla voidaan johdatella pelaajan katsetta ympäristössä, esimerkiksi korostamalla halutun alueen valoisuutta. Valon puute voi myös toimia vahvana keinona rakentaa jännitystä ja epävarmuutta.

Värillisillä valoilla voidaan tehostaa ympäristön vallitsevaa mielialaa. Punaiset sävyt herättävät usein vaaran tunteita, kun taas sinisillä sävyillä voidaan välittää rauhallisempia tuntemuksia. Värillisiä valoja tulee käyttää maltillisesti, jotta ympäristö ei muovaannu mauttomaksi ilotulitukseksi.

### 3.2 Tarina

Tarinat antavat pelaajille syyn uskoa pelimaailmaan. Pelimaailman tunnelma ja atmosfääri koskettavat pelaajaa merkityksellisemmin, jos hän haluaa uskoa maailmaan. [32.]

Tarinalla voidaan konkretisoida pelien abstraktiutta. Pisteiden keräämisen, pelikentän läpi juoksemisen tai persoonattomien hahmojen surmaamisen sijaan pelaaja voisi kerätä historiallisesti merkittäviä artefakteja, pyrkiä pakenemaan synkän tekoälyn murhanhimoisia juonia tai pelastamaan kylän pahuuden voimilta. Tarinalla ja kerronnalla voidaan myös saada pelaaja uppoutumaan peliin tunnetasolla. Usein pyritään luomaan yhteys pelaajan ja pelattavan pelihahmon välille. Pelaaja, joka tuntee yhtenäisyyttä pelihahmoonsa, kokee pelin tarinan ja maailman henkilökohtaisemmin ja syvällisemmin. [36.]

Perinteisen draaman tapaan pelin tarina alkaa lähes poikkeuksetta premissistä. Premissi on tarinan lähtökohta, jonka tarkoituksena on herättää pelaajan mielenkiinto tari-

naa ja maailmaa kohtaan. Premississä asetellaan maailman tilannetta ennen pelin alkua ja alustetaan konfliktin taustaa. [36.]

Konfliktit ovat pelaajan ja hänen tavoitteidensa väliin asettuvia esteitä ja haasteita. Niillä luodaan jännitystä ja epävarmuutta tarinan lopputuloksesta. Konflikti kärjistyy tarinan edetessä, kunnes se saavuttaa kliimaksin, huipentuman, ja ratkeaa jollain tapaa. Konfliktin selvittyä tarina voi alkaa liukua kohti loppuratkaisua tai uutta konfliktia. Konfliktilla pelaaja saadaan osallistumaan tarinaan, ja ne ovatkin hyvin tärkeä osa tarinoissa. [36.] Konfliktit toimivat parhaiten, kun ne kohdistuvat pelaajan hahmoon. Muodostamalla pelimaailmaa uhkaavasta vaarasta henkilökohtainen saadaan pelaaja välittämään siitä. Tämä voidaan toteuttaa esimerkiksi muiden, pelaajan hahmolle tärkeiden hahmojen uhkaamisella. [32.]

Vanhemmissa peleissä lähes koko tarina saattoi esiintyä premissin muodossa. Ilkeä kilpikonnakuningas kaappaa sienivaltakunnan prinsessan ja jahti voi alkaa. Tällaisissa tapauksissa tarinan premissi ja konflikti esitellään hyvin suoraviivaisesti.

### 3.3 Käyttöliittymä

Käyttöliittymät ovat osa ikkunaa pelaajan ja pelimaailman välillä. Usein ne ovat tarpeellinen paha, joka syö immersiota läsnäolollaan. Ideaali käyttöliittymä on siis huomaamaton tai kokonaan näkymätön. Jos käyttöliittymää ei voida piilottaa, se tulisi yhdistää osaksi pelimaailmaa käyttämällä yhteisiä temaattisia elementtejä. [32.]

VR-laitteita käytettäessä käyttöliittymän merkitys immersiolle on erilainen kuin perinteisesti. Laitteet voidaan mieltää osaksi käyttöliittymää, ja niiden vaatimukset ja mahdollisuudet vaikuttavat hyvin vahvasti pelaajan läsnäolon tunteeseen.

Virtuaalilaitteelle tarkoitettussa pelissä tulisi välttää perinteisiä kaksikulotteisia, näkymään kiinnitettyjä käyttöliittymiä. Ne pakottavat pelaajan tekemään nopeita liikkeitä silmillään, mikä johtaa rasitukseen ja silmien väsymiseen. Käyttöliittymiin yleisesti asetettavat elementit tulisi pyrkiä upottamaan itse peliympäristöön. Esimerkiksi pelaajan käytettävissä oleva ammusmäärä voisi näkyä käytössä olevan aseiden mallissa. Tällaista ideaa käyttivät muun muassa Visceral Gamesin kehittäjät Dead Space -pelisarjassa, jossa hahmon terveydentilaa kuvasi pelihahmon 3D-malliin integroitu mittari.

### 3.4 Flow

Pelinkehityksen ja psykologian aihepiirien kohtaamisesta ei kuulu puhuttavan kovin usein. Flow, virtauskokemus tai optimaalinen tila [37], on kuitenkin yksi pelinkehittäjien omaksumista psykologisista konsepteista, ja sitä pidetäänkin yhtenä perimmäisistä pelaamisen syistä [38].

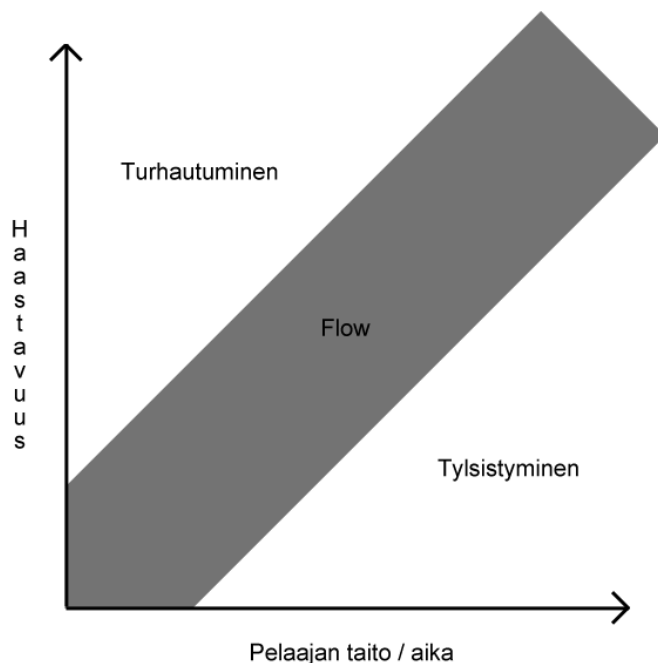
Flow-konseptin isä, Mihály Csíkszentmihályi, on tutkinut tätä positiivisen psykologian teemaa 1970-luvulta saakka. Csíkszentmihályi [39] määrittelee Flow'n olevan ”tunnetila, jossa ihminen sitoutuu aktiviteettiin niin voimakkaasti, että millään muulla ei tunnu olevan merkitystä”. Flow'n osatekijöitä ovat muun muassa keskittyminen, toiminnan ja tietoisuuden sekoittuminen, hallinnan tunne ja muuntunut ajan tunne [40].

Pelinkehityksen näkökulmasta Flow siis kuvastaa tilaa, jossa pelaaja uppoutuu pelaamiseen itseensä. Flow'ta voidaan siis hyödyntää apukeinona immerstiivisen pelimaailman luomisessa.

Flow-tilaan uppoutuminen vaatii tiettyjä edellytyksiä aktiviteetilta, eli tässä tapauksessa peliltä:

- Pelaaja tarvitsee ymmärrettävät tavoitteet pelissä.
- Pelin on annettava selkeää palautetta pelaajan etenemisestä.
- Pelin tavoitteiden tulee olla tasapainossa haasteiden kanssa.
- Pelin ei tulisi häiritä pelaajan keskittymistä esimerkiksi tunkeilevalla käyttäytymällä tai muilla häiriöillä. [38.]

Merkittävin edellä mainituista vaatimuksista pelinkehityksen kannalta on haastavuuden ja pelaajan kykyjen välinen tasapaino [41]. Pelin tehtävien on kyettävä antamaan pelaajalle tarpeeksi haasteita, jotta tämä ei kyllästyisi. Samalla tehtävien ei tulisi olla liian vaikeita, jotta pelaaja ei tuntisi turhautumista tai ahdistusta. Huomioon on otettava myös pelaajan oppiminen ja kehittyminen pelin edetessä. Pelin tehtävien haastavuuden on siis kasvatettava suhteessa pelaajan kykyihin, eli pelin etenemiseen (kuva 10).



Kuva 10. Flow-tila vaatii pelin haastavuuden ja pelaajan kykyjen välistä tasapainoa [36].

### 3.5 Immersion rikkojat

Immersion lisäämiseksi on keksitty monia keinoja, työläitä ja helppoja. Mutta myös immersion rikkominen on helppoa, jos ei tiedä, minkälaisia tilanteita tulee varoa. Peleille hyvin tavanomaiset elementit, kuten pelikenttiä rajaavat abstraktit rajat tai järjettömästi käyttäytyvät tekoälyn ohjaamat hahmot, voivat helposti murtaa pelaajan tunnelman.

Useiden pelaajien mukaan yksi yleisimpiä immersion rikkojia ovat peliympäristön osat, joihin pääsy rajataan selittämättömin keinoin. Tällaisia voivat olla esimerkiksi maailmassa olevat rakennukset, joihin pääsy estetään selittämättömästi lukituilla ovilla. Vielä pahempia immersion rikkojia ovat saavutettavissa olevat näkymättömät seinät tai pelaajalle hyvin selvät rajat maailmassa. [42.]

Tekoälyn ohjaamat hahmot ovat myös melko yleinen immersiota rikkova tekijä. Ongelma ei juonnu hahmoista itsestään, vaan useammin tekoälyn puutteista, dialogista tai ääninäyttelystä. Esimerkiksi samaa dialogia toistavat tusinahahmot tai useammat hah-

mot, joiden puheista on vastuussa sama ääninäyttelijä, rikkovat immersiota monissa roolipeleissä. [42.]

## 4 Virtuaalipeliympäristön toteutus

Insinööriyön tavoitteena oli luoda peliprototyyppi, jonka pääpainona on immersiiivinen ja mielenkiintoinen ympäristö. Tarkoituksena oli tutkia, minkälaisin tekniikoin voidaan luoda mielekäs kokemus virtuaalilaitteille, ja pyrkiä toteuttamaan se Unity-pelimootorilla.

Pelin suunnittelu ja tuottaminen yksinomaan virtuaalilaitteelle vaatii erilaista lähestymistapaa kuin perinteinen pelinkehitys. Mielessä on pidettävä lukuisat virtuaalilaitteiden aiheuttamat ongelmat ja haasteet, ja immersion luomiseen on panostettava enemmän. Prototyyppiin pyrittiin rakentamaan erilaisia tunnelmaa lisääviä immersioelementtejä, jotka todentuivat kenttäsuunnittelun, äänityöskentelyn ja 3D-mallintamisen tuloksina. Ympäristön haluttiin herättävän pelaajassa kunnioittavaa ihmetystä ja uteliaisuutta. Maaston korkeuserot ja ympäristön keskellä kasvava valtava puu ohjaavat pelaajan katsetta ylöspäin, jolloin tämä voi huomata puun latvuston läpi kuultavat auringon säteet. Tämän tarkoitus on luoda tunnelmaa ja herättää pelaajassa mielenkiintoa ympäristöä kohtaan.

Ympäristöön rakennettiin myös kattava äänimaailma, joka koostui monista erilaisista metsään sopivista ympäristöäänistä. Pelaaja voi kuulla lintujen laulua, heinäsiirkojen ja laulukaskaiden viserrystä, sammakoiden kurnutusta ja puron solinaa. Äänimaailmaa hallittiin erilaisin ohjelmakoodein, jotka muun muassa arpoivat käytettäviä ääniä tai soittivat niitä reaktiona pelaajan tekemisiin.

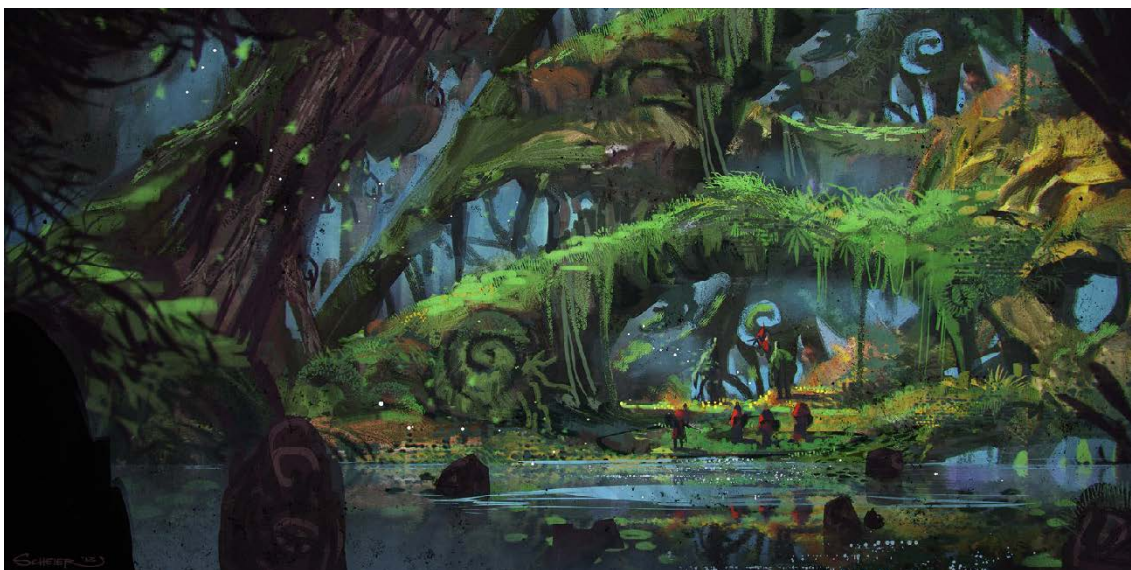
### 4.1 Työnkulku

Projektin työvaiheet voidaan jakaa esituotantoon, 3D-mallinnukseen, ympäristön koostamiseen, valaistukseen, äänimaailman rakentamiseen, pelaajan integrointiin ja muiden interaktiivisten osien lisäämiseen. Projektin kehitys ei seurannut näitä vaiheita kromologisesti, mutta ne kuvaavat hyvin työn kokonaisuutta.

## Esituotanto

Esituotantovaiheessa peliympäristöstä pyrittiin luomaan visiota ja suunnittelemaan ympäristön rakennetta. Graafisten elementtien tuottamisen helpottamiseksi kerättiin visuaalisia referenssejä internetistä ja luonnosta. Referensseinä käytettiin sekä valokuvia että konseptitaidetta (kuva 11).

Suunnittelun alkuvaiheilla ympäristöksi valittiin jonkinlainen metsä. Metsän koettiin olevan sopiva ympäristö, koska metsät ovat kohtalaisen yleisiä pelimaailmoissa ja metsissä on luonnostaan monia elementtejä, joilla voidaan luoda tunnelmaa. Myöhemmin visio kallistui hieman fantasiamaailmojen suuntaan ja haki inspiraatiota muun muassa elokuvista Avatar ja Croods. Tavanomaisen ja realistisen metsän sijaan alettiin harkita luonnottoman suuria puita ja eriskummallisia metsäneläimiä.



Kuva 11. Jason Scheierin konseptikuva Ancient Forest [43].

Lopulta visio ympäristöstä asettui kahden edellä mainitun suunnan välimaastoon. Metsän koettiin olevan ympäristö, joka vaati suurta alaa oikean tunnelman luomiseksi, mikä tarkoitti suurta työmäärää. Ympäristöksi valittiin lopulta kasvien täyttämä, jättimäistä hiidenkirnua muistuttava kuoppa tai luola. Kuopan pohjalta kasvaa ontto mammuttipetäjä. Referensseinä käytettiin valokuvia maailman suurimman, Vietnamissa sijaitsevan luolan Sơn Đoòngin ympäristöstä.

Ympäristöä suunniteltaessa siihen pyrittiin integroimaan erilaisia immersiota lisääviä elementtejä. Maasto rakennettiin niin, että sen koko ja korkeuserot herättäisivät pelaajassa kunnioitusta ja jännitystä. Ympäristön tunnelman tarkoituksena on välittää pelaajalle tunteita maagisesta ja ihmeellisestä paikasta.

Vision kartoittamisen ja ympäristön suunnittelun lisäksi esituotantovaiheessa pohdittiin visuaalista tyyliä. Tyylin valinnassa jouduttiin huomioimaan 3D-mallintamisesta syntyvää työmäärää yhden hengen projektissa. Lopulta päädyttiin hyvin tyyliin, väriin ja geometriaan nojautuvaan tyyliin. Inspiraation lähteinä toimivat muun muassa taiteilijat J. R. Schmidt, Timothy Reynolds ja Erwin Kho (kuva 12).



Kuva 12. Erwin Khon Island Still Life inspiroi projektin visuaalista tyyliä [44].

## 3D-mallinnus

Vision, suunnitelmien ja visuaalisen tyylimäärittelyn muodostuttua siirryttiin tuottamaan ympäristön rakentamiseen vaadittavia 3D-malleja. Kaikki projektin 3D-mallit luotiin Blender-mallinnusohjelmalla. 3D-mallin tuottamisen työvaiheet projektin aikana:

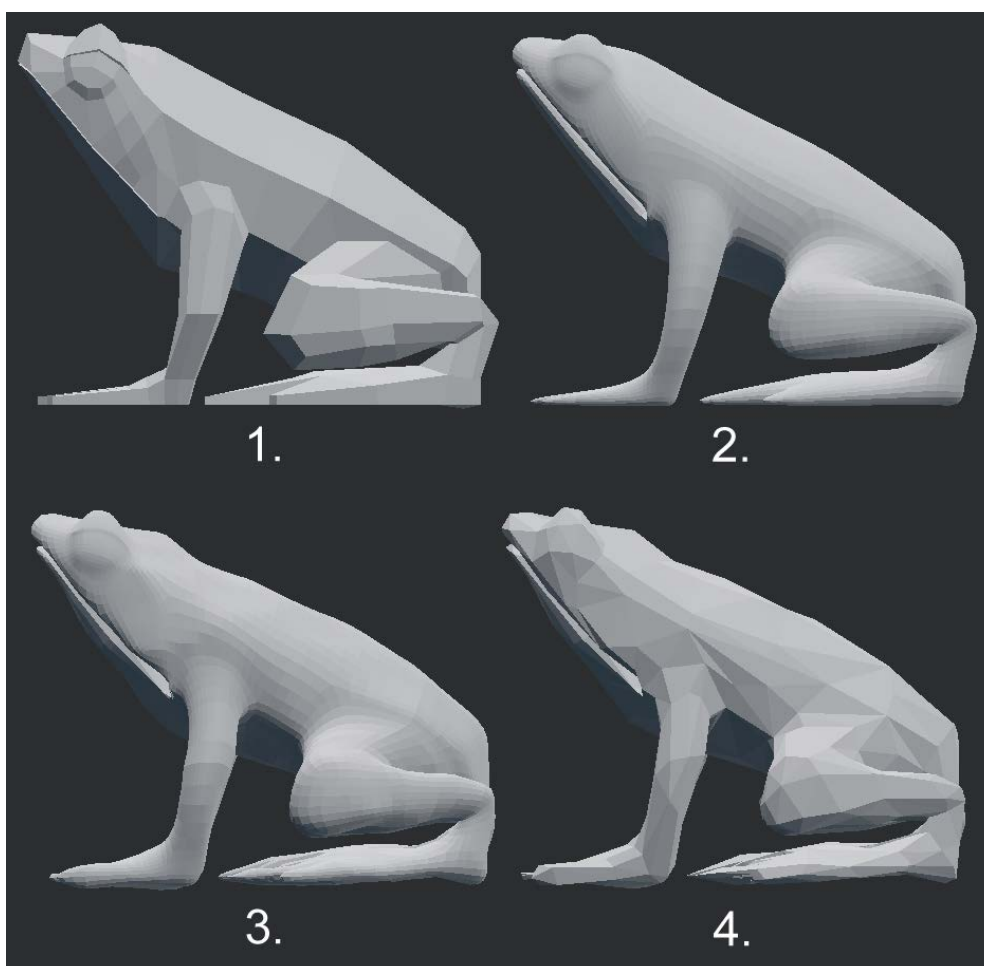
- ensimmäinen mallinnusiteraatio
- mallin tyyllittely
- tyylin yhtenäisyyden tarkastaminen
- mallin ja modifierien hienosäätö.

**Ensimmäinen mallinnusiteraatio** tarkoittaa alustavan mallin rakentamista tavallisin mallinnustyökaluin. Tavoitellusta muodosta riippuen käytettiin joko laatikkomallinnus- tai reunamallinnustekniikkaa. Muutamien mallien tapauksessa hyödynnettiin myös algoritmeilla avustettua mallinnusta.

**Mallin tyyllittely** toteutettiin hyödyntämällä Blenderin modifier-ominaisuuksia. Modifierit ovat mallia muokkaavia operaatioita, joita voidaan liittää malliin halutun lopputuloksen saavuttamiseksi. Kantava osa tätä prosessia on Decimate-modifier, joka vähentää mallin polygonimäärää valitun algoritmin avulla. Tällä operaatiolla mallin pinta saadaan yksinkertaistettua selkeiksi geometrisiksi muodoiksi, mikä on hyvin tärkeä osa tavoiteltua tyyliä.

Jotta Decimate-modifierin tulos olisi mielenkiintoisempi, lisättiin malliin myös Displacement-modifier rikkomaan mallin pinnan rakennetta kohinatekstuurin avulla. Ennen displacement-modifierin käyttöä, malliin pinta jaettiin useampiin polygoneihin Subdivision surface -modifierilla. Pinnan polygonimäärän lisääminen, tekstuurilla muokkaaminen ja lopuksi yksinkertaistaminen johtaa mielenkiintoisten geometrinen kuvioiden muodostumiseen.

Tyylittelyprosessissa käytettyjen modifierien vaikutukset näkyvät kuvassa 13: 1. Alustava malli. 2. Subdivision surface. 3. Displacement. 4. Decimate.



Kuva 13. Mallin tyylittelyprosessin vaiheet.

Lopuksi malli sijoitettiin osaksi ympäristöä joko Blenderissä tai Unityssä, jotta voitaisiin varmistaa sen sopivan osaksi kokonaisuutta. Mallin modifier-sarjaa voitiin muokata vielä, mikäli se ei tuntunut sopivan muiden mallien rinnalle sellaisenaan.

Pelaajan kehon virkaa toimittava malli muokattiin Blendswap-palvelusta ladatusta ilmaisesta, Creative Commons -lisensoidusta pohjamallista. Malli sovitettiin visuaaliseen tyyliin ja siltä poistettiin pää, jotta se ei peittäisi kameranäkymää.

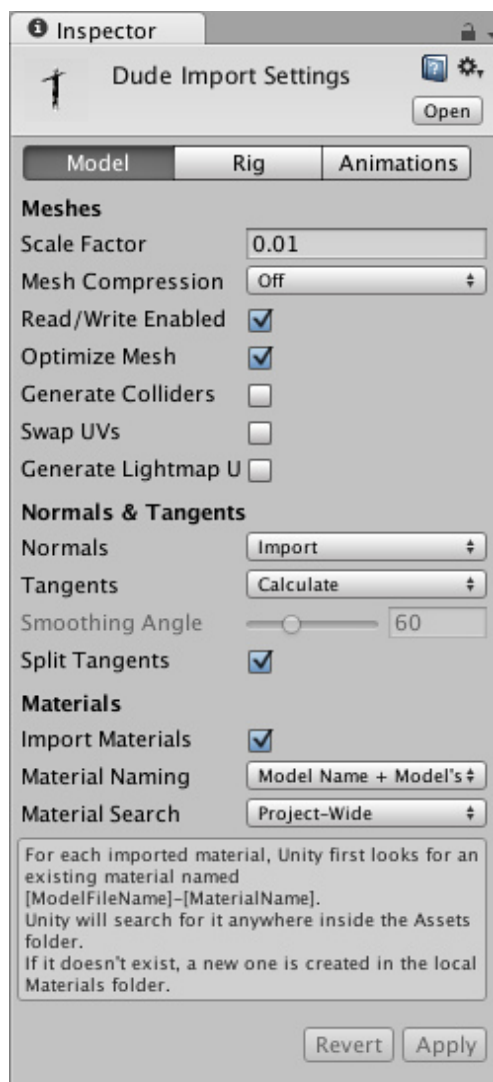
## Ympäristön kokoaminen Unityssä

Tämä osio havainnollistaa prosessia, jossa valmis 3D-malli tuodaan Unityyn ja liitetään osaksi ympäristökokonaisuutta. Tämän prosessin vaiheet ovat hyvin häilyviä ja riippuvaisia 3D-mallista ja sen tarkoituksesta, mutta pääasiassa prosessin vaiheet ovat seuraavat:

- mallin siirtäminen Blenderin ja Unityn välillä
- mallin asettelu
- materiaalien ja shaderien asettaminen ja säätäminen
- tarvittavien skriptien liittäminen
- testaus.

**Mallin siirtäminen Blenderin ja Unityn välillä** kannattaa tehdä Unityn suosimassa fbx-formaatissa. Myös Blenderin natiivia blend-formaattia voidaan käyttää, mutta silloin Unity muuntaa mallin fbx-formaattiin, mikä voi joissain tapauksissa aiheuttaa muun muassa orientaatio-ongelmia. Mallia Blenderistä vietäessä on syytä ottaa huomioon Blenderin ja Unityn käyttämien koordinaatistojen erot.

3D-malli tuodaan Unityyn siirtämällä se projektin Assets-kansioon, minkä jälkeen tuomisen asetuksia voidaan muokata Unityn inspectorilla (kuva 14). Unityssä määritetään tuontiasetukset mallikohtaisesti. Asetuksilla voidaan vaikuttaa muun muassa mallin skaalaan, pinnan normaaleihin ja tangentteihin, materiaaleihin, luurankomalliin ja animaatioon. Tuontiasetuksissa voidaan myös pyytää Unityä luomaan mallille törmäysmalli.



Kuva 14. Mallin tuonnin asetukset Unityssä.

**Mallin asettelu** sceneen tapahtuu raahaamalla se ensin scenen hierarkiaan tai suoraan editointinäkömään, jolloin siitä muodostuu peliobjekti. Peliobjekti asetellaan ympäristöön Unityn siirtämis- ja pyöritystyökaluilla.

**Materiaalien ja shaderien asettaminen ja säätäminen** on vaihe, jossa mallin pinnan käyttäytymistä hallitaan. Shaderit ovat näytönohjaimen suorittamia ohjelmia, jotka määrittävät, kuinka mallin pinta renderöidään. Materiaalit ovat komponentteja, joiden avulla voidaan määrittää, kuinka malli käyttää haluttua shaderiä.

Projektissa käytettiin Unityn mukana tulevia shadereita, koska ne olivat riittävät tavoitellun visuaalisen tyylin saavuttamiseksi. Materiaaleilla määriteltiin pääasiassa mallien värejä ja joissain tapauksissa kiiltävyyttä tai tekstuureja.

Kun peliobjekti on aseteltu paikalleen ja se on saatu halutun näköiseksi materiaaleilla, voidaan prosessi mieltää valmiiksi. Jotkin ympäristön osat vaativat kuitenkin monimutkaisempia ominaisuuksia, jotka toteutettiin liittämällä peliobjektiin skriptejä prosessin lopuksi. Esimerkiksi vesiputousobjekti vaati skriptin, jolla sen tekstuuria voitiin animoida niin, että se antoi mielikuvan virtaavasta vedestä.

Taulukkoon 3 on koottu projektissa käytetyt 3D-mallit. Jotkin näistä malleista ovat järjestäytyneisyyden vuoksi koottuja kokonaisuuksia, jotka koostuvat useammista osista. Esimerkiksi *Environment* sisältää koko projektin maaston, kivet ja jättimäinen puu mukaan lukien.

Taulukko 3. Projektissa käytetyt 3D-mallit.

Malli	Kuvaus
Environment	pääasiallisen maaston sisältävä kokonaisuus
Cone	käpy
Frog	sammakko
Plants	erilaisia kasveja
Water	vesiputous ja altaat
Player	pelihahmon ruumis
Mushrooms	erilaisia sieniä

### Valaistus

Valtaosa ympäristön valaistuksesta toteutettiin aurinkoa ja taivasta imitoivin valoin. Nämä valot eivät riittäneet valaisemaan jättimäisen puun onttoa sisätilaa, minkä vuoksi puun sisään lisättiin erillisiä valoja.

Auringon valon roolista vastasi yksi Unityn *directional light* eli tietyn suunnan omaava valo. Valon väri asetettiin hieman kellertäväksi, ja se suunnattiin valaisemaan ylhäältä alaspäin pienessä kulmassa. Vastapainoksi auringon valolle ympäristöön lisättiin toinen suunnattu valo imitoimaan taivaan sinistä kajoa. Tämä sinertävä valo suunnattiin myös ylhäältä alaspäin, mutta eri kulmassa kuin auringon valo.

Jättimäisen puun sisätila valaistiin erikseen Unityn *point light*teilla eli tietyistä pisteestä kaikkiin suuntiin loistavilla valoilla. Nämä valot värjättiin sinisiin ja vihreisiin sävyihin ja aseteltiin puun sisällä olevien sienten läheisyyteen. Näin valot eivät tunnu irrallisilta ja abstrakteilta, vaan ne luovat kuvan bioluminoivasta kasvustosta.

## Äänimaailma

Ympäristöön lisättiin useita äänilähteitä toistamaan erilaisia metsäiseen ympäristöön sopivia äänitiedostoja. Äänien toistamiseen käytettiin Unityn Audio Source -komponenttia. Audio Source -komponentti liitetään tyhjäan peliobjektiin, jotta sille voidaan antaa sijainti kolmiulotteisessa ympäristössä. Audio Source -komponentin muuttujilla voidaan määrittää muun muassa äänenvoimakkuus ja äänen käyttäytyminen tilassa. Säättämällä näitä muuttujia voidaan hallita esimerkiksi, kuinka pitkälle vesiputouksesta kuuluva meteli kantautuu.

Projektissa hyödynnettiin ilmaisia, Creative Commons -linsessin eri muodoilla lisensoituja äänitiedostoja Freesound.org-verkkosivulta. Taulukoon 4 on koottu projektissa käytetyt äänet.

Taulukko 4. Projektissa käytetyt äänet.

Ääni	Kuvaus
Nightingale-song 1 - 4	useita äänitteitä lintujen laulusta
Cicada	laulukaskaiden ääniä
Grasshopper	heinäsirkkojen ääniä
Frog 1- 7	useita äänitteitä sammakoiden kurnutuksesta
Waterfall loop	vesiputouksen meteliä
Lively forest river	puron solinaa
River loop	hieman vilkkaamman virtauksen ääniä
Splash	äänite veteen putoavasta esineestä
Footsteps	askelten ääniä ruohikossa
Footsteps wood	askelten ääniä puisella alustalla

Äänimaailman parantamiseksi ohjelmoitiin muutamia skriptejä. Sammakoille luotiin skripti, joka toisti kurnutusääniä satunnaisin väliajoin samalla toistaen 3D-mallin animaatioita synkronisoidusti. Lintujen laulusta huolehti toinen skripti, joka arpoi äänitiedostojen listalta erilaisia nauhoituksia laulavista linnuista. Lisäksi äänien sijaintien siirtämiseen luotiin yksinkertainen skripti. Pelihahmon askelten äänistä huolehti erillinen skripti, joka ottaa huomioon pelaajan liikkumisnopeuden ja hänen tallomansa pinnan materiaalin.

## Pelaaja ympäristössä

Ympäristön lisäksi peli vaatii tavan, jolla ympäristöä voidaan tutkia interaktiivisesti. Tämä todentui projektissa perinteisen pelihahmon muodossa. Pelihahmo on peliobjekti,

joka sisältää useita peliobjekteja ja skriptejä eri funktionaalisuuksien toteuttamiseen. Oculus Rift -projekteissa suuren roolin saavat laitteen integrointiin käytettävät komponentit, jotka vastaanottavat tietoja laitteelta ja pitävät huolta stereoskooppisen kuvan piirtämisestä.

Pelihahmon komponentteja ja niiden funktionaalisuuksia:

- kaksi kameraa, jotka mahdollistavat stereoskooppisen kuvan
- OVR-skriptit (Oculus Virtual Reality), jotka huolehtivat muun muassa laitteeseen liittyvistä toiminnallisuuksista
- pelaajan ohjaamiseen sekä peliohjaimen lukemiseen käytettävät skriptit
- audiokuuntelija, joka toimii mikrofonin tavoin. Tämä mahdollistaa kolmiulotteisen äänimaailman toistamisen suhteessa pelaajan sijaintiin ja orientaatioon.
- 3D-malli, joka hoitaa pelihahmon ruumiin virkaa.

Lisäelementit

Peliympäristöön lisättiin pelaajan lisäksi myös muita lisäelementtejä. Niitä ovat muun muassa vesiputouksen luona kurnuttavat sammakot, heiteltävät jättikävyt ja lintujen laulu. Kaikkien näiden tarkoitus on lisätä pelin immersiota ja värittää sen ympäristöä eloisammaksi. Osa ympäristöön ripotelluista tunnelmanluojista on passiivisia siinä mielessä, että ne eivät reagoi pelaajaan. Ne kuitenkin tuovat ympäristöön elämää audiovisuaalisin keinoin, animaatioilla ja äänillä. Toiset ympäristön ainesosista ovat interaktiivisia, kuten heiteltävät jättikävyt. Kävyillä ei ole varsinaista pelimekaanista tarkoitusta, mutta ne toivat ympäristöön lisäelementin, jota pelaaja voi tutkia.

## 4.2 Lopputulokset

Insinööriyössä pyrittiin toteuttamaan Oculus Rift -virtuaalinäyttölaitetta hyödyntävä peliprototyyppi Unity-pelimootorilla. Tavoitteena oli myös tutkia, millaisin sisältöelementein virtuaalisista peliympäristöistä voidaan rakentaa immersivisempiä ja rikkaampia. Prototyypin pääasialliset tavoitteet saavutettiin ja syntyneet tulokset toimivat kokonaisuutena hyvin.

Prototyypin ympäristö toteutui visuaalisesta näkökulmasta miellyttävästi. Ympäristöstä onnistuttiin rakentamaan mielenkiintoa herättävä ja eksoottinen, vaikka valittu visuaalinen tyyli painottui yksinkertaisuuteen. Geometriaan, väreihin ja valoihin nojautuva tyyli toimi hyvin, eikä realistisen grafiikan tavoittelua koettu tarpeelliseksi (kuva 15). Ympäristön navigoimisessa ei huomattu ongelmia, ja se toimisi hyvin osana valmista pelimaailmaa.

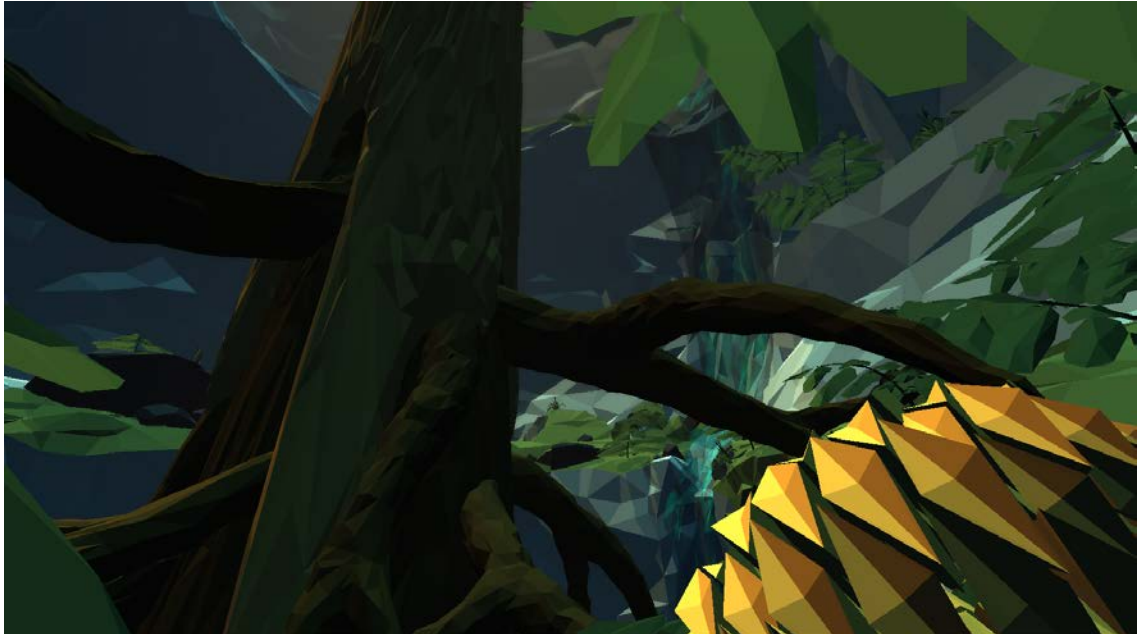
Ympäristön kokoaminen Unityssä oli intuitiivista, eikä prosessissa tullut vastaan suuria hankaluuksia. 3D-mallien, äänien ja muidenkin ulkopuolisten osien tuonti Unityyn on yksinkertaista ja mutkatonta. Vaivaton työskentely grafiikkatyökalujen ja pelimoottorin välillä nopeuttaa ja helpottaa kehitystyötä huomattavasti. Tämä on erityisen tärkeä ominaisuus, jos projektin parissa työskentelee artisteja, joilla ei ole aikaisempaa kokemusta pelimoottoreista.



Kuva 15. Lehvästön läpi puskeva auringonvalo valaisee jättimäisen puun ympäristöä.

Myös prototyypin äänimaailma toimi hyvin. Ympäristö on täynnä hyönteisten, lintujen, sammakoiden ja luonnon ääniä. Kuulokkeita käytettäessä äänet muodostavat kolmiulotteisen äänimaiseman, jolloin pelaaja kuulee äänet oikeista suunnista päänsä liikkeen mukaisesti. Pelihahmon askeläänien huomattiin nostavan immersion tasoa huomattavasti.

Vaikka ympäristön kävyt (kuva 16) ja sammakot eivät tuoneet prototyypin pelimekaanisia ominaisuuksia, niiden koettiin olevan positiivisia lisäelementtejä. Tällaisten ympäristöä rikastavien yksityiskohtien vaikutus immersioon on hienovarainen, mutta kuitenkin tärkeä.



Kuva 16. Pelaaja voi poimia ja heittää suuria käpyjä.

Oculus Rift -näyttölaite saatiin integroitua lopulliseen peliprototyypin onnistuneesti, ja pelihahmon hallinta toimi intuitiivisesti. Pelaaja voi katsella ympärilleen pään liikkeillä ja liikkua vapaasti peliohjaimen kontrolleilla. Pelihahmo kykenee myös hyppäämään eteenpäin lyhyen matkan.

Oculus VR:n tarjoaman dokumentaation ja helppokäyttöisten prefabien avulla yksinkertaisen pelihahmon toteutus oli helppoa ja nopeaa. Pelihahmon hiominen prototyypin sopivaksi ja sen iteratiivinen jatkokehittäminen oli sujuvaa Unityn komponenttipohjaisen arkkitehtuurin ansiosta. Myös prototyypin testaaminen Riftillä toimi odotetusti ja ongelmitta Unityn editorissa.

Kehittäminen ei ollut tietenkään haasteetonta. Suurimmat ongelmat liittyivät ajan hallintaan. Uusien asioiden opetteleminen ja tutkimustyö kehityksen yhteydessä veivät sen verran aikaa, että prototyypin ei ehditty lisätä kerronnallisia tarinaelementtejä. Tarinaelementit olisivat vahvistaneet immersiota tunnetasolla. Suunniteltu tarina olisi vaa-

tinut prototyypiltä monia edistyneitä funktionaalisuuksia, kuten monipuolisesti animoituja hahmoja, dialogijärjestelmän ja interaktiivisia välikohtauksia.

Insinööriyön tutkimusosan koin hyvin mielekkäänä ja opettavaisena. Taustatutkimuksien aikana opin hyvin paljon uutta immersioista, mielenkiintoisten pelimaailmojen rakentamisesta ja virtuaalitodellisuustekniikoiden huomioimisesta pelinkehityksessä. Tutkimus ja sen ohessa opitut taidot ovat inspiroineet runsaasti uusia pelinkehitysideoita ja visioita.

Työn tutkimusosan aihepiiri rajattiin kuitenkin hieman liian laajaksi, minkä vuoksi taustatutkimuksiin kului hyvin paljon aikaa. Suppeammin rajattu aihe olisi mahdollistanut yksittäisten osa-alueiden syvällisemmän ja kattavamman analysoinnin. Työssä olisi voitu keskittyä yksinomaan virtuaalitodellisuuslaitteiden käyttöön tai sisältörikkaisiin pelimaailmoihin yhdistämättä niitä laajaksi kokonaisuudeksi.

Kokonaisuutena prototyyppi koettiin onnistuneeksi ja tärkeimmät projektin tavoitteet saavutetuiksi. Jatkokehityksellä prototyypistä voisi rakentaa toimivan ja mielenkiintoisen pelin.

## 5 Yhteenveto

Virtuaalitodellisuus on ohjelmistonkehityksestä, teknisistä laitteista, virtuaalisten ympäristöjen rakentamisesta ja hyvin monista muista aihepiireistä koostuva kokonaisuus, johon voidaan törmätä lukemattomilla aloilla. Virtuaalitodellisuutta hyödynnetään muun muassa terveydenhuollossa, arkkitehtuurissa, viihdeteollisuudessa ja monilla muilla sektoreilla.

Virtuaalitodellisuuksia koetaan erilaisten VR-laitteiden – puettavien näyttölaitteiden, ohjainten ja sensoreiden – avulla. VR-laitteet ovat kehittyneet monimuotoisiksi järjestelmiksi, joiden avulla käyttäjät voivat tutkia virtuaaliympäristöjä kolmiulotteisen näkymän lävitse ja ohjata kokemusta kehonsa liikkeillä. Stereoskooppisen 3D-näkymän ja liikkeentunnistuksen yhdistelmä toimii laadukkaiden virtuaalikokemusten kantavana tekniikkana.

Insinöörityön osana kehitetty virtuaalipeliympäristö suunniteltiin käytettäväksi Oculus Rift -näyttölaitteen kanssa. Oculus VR:n kehityksen alla oleva Oculus Rift -näyttölaite on stereoskooppisen näkymän ja monipuolisen liikkeentunnistuksen mahdollistava päähän puettava virtuaalinäyttölaite. Rift on saanut maailmalla erityisen innokkaan vastaanoton, eikä syyttä. Riftin kehittäjille suunnatut prototyypit ovat päteviä laitteita, ja Oculus VR:n tarjoamat kattavat ohjeistukset antavat hieman kokemattomammillekin kehittäjille mahdollisuuden rakentaa mielekkäitä virtuaalikokemuksia.

Virtuaalitodellisuuden ja VR-laitteiden ymmärtämisen lisäksi virtuaalisten pelikokemusten kehittäminen vaatii tuntemusta pelien immersioista. Immersiolla tarkoitetaan pelaajan uppoutumista peliin. Pelin immersion kantavia tekijöitä ovat pelimaailman tunnelma, tarina ja peli käyttöliittymä. Pelimaailman tunnelmalla – elävillä ympäristöillä, rikkaalla äänimaailmalla ja tunteellisella valaistuksella – on hyvin merkittävä vaikutus pelin immersion. Tarinalla konkretisoidaan pelin abstraktiutta ja annetaan pelaajille syy uskoa pelimaailmaan. Mielenkiintoinen tarina luo pelaajaan yhteyden tunnetasolla ja lisää näin pelin immersiota. Käyttöliittymät ovat peleissä usein tarpeellinen paha. Ne voivat helposti häiritä peliin uppoutumista, ja usein ideaali käyttöliittymä onkin huomaamaton. VR-laitteet ovat itsessään myös osa virtuaalikokemuksen käyttöliittymää.

Pelin immersiota voidaan tukea hyödyntämällä psykologiasta lainattua virtauskokemuskonseptia, flow'ta. Flow on tunnetila, jossa ihminen uppoutuu aktiviteettiin, esimerkiksi pelaamiseen, hyvin voimakkaasti. Flow on hyvin yksilöllinen kokemus, eivätkä kaikki ihmiset välttämättä tunne sitä samalla tapaa. Flow-tilaan uppoutuminen vaatii peliltä muun muassa sopivan tasapainon haasteiden ja pelaajan kykyjen välille ja selkeät tavoitteet. Pelaajien immersoitumiseen voidaan siis vaikuttaa positiivisesti pitämällä pelin haasteet juuri sopivan vaikeina koko pelin ajan.

Insinöörityön tavoitteena oli rakentaa Oculus Rift -näyttölaitetta ja tutkimustyöstä opittua teoriaa hyödyntävä prototyyppi immersivisestä peliympäristöstä. Prototyypin kehitys todentui monipuolisena työskentelynä suunnittelun, 3D-mallintamisen, äänien ja ohjelmoinnin parissa.

Prototyyppiä varten mallinnettiin mielenkiintoinen metsäympäristö, joka koostui erikoisista maan muodoista, jättimäisestä mammuttipetäjästä ja monipuolisesta kasvistosta. Se koottiin Unity-työkaluilla, joiden avulla se voitiin myös täyttää rikkaalla äänimaailmalla ja erilaisilla immersiota lisäävillä lisäelementeillä.

Oculus Riftin ja Unityn välinen yhteistyö mahdollisti peliympäristön tutkimisen intuitiivisella ja mielenkiintoisella tavalla. Riftin integroiminen Unityyn on tehty kehittäjille mahdollisimman helpoksi, eikä sen suhteen ilmennyt suuria ongelmia prototyypin kehityksen aikana.

Kokonaisuutena prototyypin kehitys onnistui hyvin, ja se vastasi työlle asetettuja tavoitteita. Työ osoittaa, että virtuaalisten pelikokemusten luominen on tänä päivänä mahdollista jopa yksin. Immersiivisen pelimaailman rakentaminen on työläs prosessi, ja VR-laitteiden huomioiminen tuo uusia haasteita pelinkehitykseen. Pelialan suurimpien toimijoiden (Sony, Valve) kiinnostus virtuaalitodellisuutta kohtaan antaa kuitenkin olettaa, että virtuaalitodellisuudella voi olla melko suuri rooli tulevaisuuden pelikehityksessä.

## Lähteet

- 1 How is Virtual Reality Used? 2009. Verkkodokumentti. Vrs.org.uk.  
<<http://www.vrs.org.uk/virtual-reality/how-is-it-used.html>>. Luettu 26.2.2014.
- 2 Virtual Reality in Entertainment. 2009. Verkkodokumentti. Vrs.org.uk.  
<<http://www.vrs.org.uk/virtual-reality-applications/entertainment.html>>. Luettu 26.3.2014.
- 3 Virtual Reality and Scientific Visualisation. 2009. Verkkodokumentti. Vrs.org.uk.  
<<http://www.vrs.org.uk/virtual-reality-applications/scientific-visualisation.html>>. Luettu 28.3.2014.
- 4 How did virtual reality begin? 2009. Verkkodokumentti. Vrs.org.uk.  
<<http://www.vrs.org.uk/virtual-reality/beginning.html>>. Luettu 26.2.2014.
- 5 U.S. Air Force Fact Sheet: LINK TRAINER. 2009. Verkkodokumentti. National Museum of the US Air Force.  
<<http://www.nationalmuseum.af.mil/factsheets/factsheet.asp?id=3371>>. 29.7.2009. Luettu 28.2.2014.
- 6 Turi, Jon. 2014. The sights and scents of the Sensorama Simulator. Verkkodokumentti. Engadget. <<http://www.engadget.com/2014/02/16/morton-heiligs-sensorama-simulator/>> 16.2.2014. Luettu 28.2.2014.
- 7 Sutherland, Ivan. 1968. A head-mounted three dimensional display. Proceedings of the December 9-11, 1968, fall joint computer conference, part I, s. 757–764.
- 8 Ivan Sutherland Photographs. Verkkodokumentti. Association for Computing Machinery. <[http://amturing.acm.org/photo/sutherland\\_3467412.cfm](http://amturing.acm.org/photo/sutherland_3467412.cfm)>. Luettu 28.2.2014.
- 9 The virtual curmudgeon. 2010. Verkkodokumentti. The Economist.  
<[http://www.economist.com/node/16909935?story\\_id=16909935](http://www.economist.com/node/16909935?story_id=16909935)>. 2.9.2010. Luettu 28.2.2014.
- 10 Savage, Emily. 2010. Renaissance man: Berkeley resident is a musician, a Web guru and the father of virtual reality. Verkkodokumentti.  
<<http://www.jweekly.com/article/full/59622/renaissance-man-berkeley-resident-is-a-musician-a-web-guru-and-the-father-o/>>. 21.10.2010. Luettu 28.2.2014.
- 11 McWhertor, Michael. 2014. Sony announces Project Morpheus, a virtual reality headset coming to PlayStation 4. Verkkodokumentti. Polygon.  
<<http://www.polygon.com/2014/3/18/5524058/playstation-vr-ps4-virtual-reality>>. 18.3.2014. Luettu 26.3.2014.

- 12 Building a Sensor for Low Latency VR. 2013. Verkkodokumentti. Oculus VR. <<http://www.oculusvr.com/blog/building-a-sensor-for-low-latency-vr/>>. 4.1.2013. Luettu 20.3.2014
- 13 Abrash, Michael. 2012. Latency - the sine qua non of AR and VR. Verkkodokumentti. <<http://blogs.valvesoftware.com/abrash/latency-the-sine-qua-non-of-ar-and-vr/>>. 29.12.2012. Luettu 26.3.2014.
- 14 Kuchera, Ben. 2014. Project Morpheus, Sony's PlayStation 4 virtual reality helmet, is much better than expected. Verkkodokumentti. Polygon. <<http://www.polygon.com/2014/3/19/5526966/project-morpheus-sonys-playstation-4-virtual-reality-helmet-is-much>>. 19.3.2014. Luettu 23.3.2014.
- 15 Lang, Ben. 2013. Exclusive: Hands-on With the Oculus Rift Tuscany Razer Hydra Demo – The Most Fun I've Had in VR Yet. Verkkodokumentti. Road to VR. <<http://www.roadtovr.com/gdc-2013-oculus-rift-razer-hydra-tuscany-unity-demo/>>. 30.3.2013. Luettu 23.3.2014.
- 16 Jackson, Leah. 2013. NASA Uses Kinect And Oculus Rift To Control A Robotic Arm. Verkkodokumentti. IGN. <<http://www.ign.com/articles/2013/12/31/nasa-uses-kinect-and-oculus-rift-to-control-a-robotic-arm>>. 31.12.2013. Luettu 27.3.2014.
- 17 Kuchera, Ben. 2014. New Oculus Rift dev kit goes on sale for \$350 today, likely ships in July. Verkkodokumentti. Polygon. <<http://www.polygon.com/2014/3/19/5524336/new-oculus-rift-dev-kit-price-july>>. 19.3.2014. Luettu 27.3.2014.
- 18 MacManus, Christopher. 2012. Gamers go ga-ga over Oculus Rift virtual-reality headset. Verkkodokumentti. CNET. <<http://www.cnet.com/news/gamers-go-ga-ga-over-oculus-rift-virtual-reality-headset/>>. 3.8.2012. Luettu 25.3.2014.
- 19 Antonov M., Mitchell N., Reisse A., Cooper L., LaValle S. & Katsev M. 2013. Oculus Software Development Kit Overview. Oculus VR.
- 20 Mallory, Jordan. 2013. A bespectacled look at the Oculus Rift. Verkkodokumentti. Joystiq. <<http://www.joystiq.com/2013/05/24/a-bespectacled-look-at-the-oculus-rift/>>. 24.5.2013. Luettu 25.3.2014.
- 21 Development Kit 2. 2014. Verkkodokumentti. Oculus VR. <<http://www.oculusvr.com/dk2/>>. Luettu 27.3.2014.
- 22 Announcing the Oculus Rift Development Kit 2 (DK2). 2014. Verkkodokumentti. Oculus VR. <<http://www.oculusvr.com/blog/announcing-the-oculus-rift-development-kit-2-dk2/>>. 19.3.2014. Luettu 27.3.2014.

- 23 Setting up the Oculus Rift in Unity Free. 2013. Verkkodokumentti. Oculus Developer Forums. <<https://developer.oculusvr.com/forums/viewtopic.php?f=37&t=4496>>. 2.10.2013. Luettu 21.3.2014.
- 24 Giokaris, Peter. 2013. Oculus Unity Integration Guide. Oculus VR.
- 25 Nate Michell. 2013. Lack of UDK support. Verkkodokumentti. Oculus Developer Forums. <<https://developer.oculusvr.com/forums/viewtopic.php?f=44&t=2110#p29151>>. 4.7.2013. Luettu 21.3.2014.
- 26 New oculus-ready UDK (September 2013) is released! 2013. Verkkodokumentti. Oculus Developer Forums. <<https://developer.oculusvr.com/forums/viewtopic.php?f=44&t=4332>>. 20.9.2013. Luettu 21.3.2014.
- 27 Frequently Asked Questions. 2014. Verkkodokumentti. Epic Games. <<https://www.unrealengine.com/faq>>. Luettu 23.3.2014.
- 28 Epic Games creates new Unreal Engine 4 multiplayer demonstration for Oculus VR hardware. 2014. Verkkodokumentti. Epic Games. <<https://www.unrealengine.com/news/epic-games-creates-new-unreal-engine-4-multiplayer-demonstration-oculus-vr>>. 20.3.2014. Luettu 24.3.2014.
- 29 Is this the end for OUDK? 2014. Verkkodokumentti. Oculus Developer Forums. <<https://developer.oculusvr.com/forums/viewtopic.php?f=44&t=6995#p96392>>. 21.3.2014. Luettu 24.3.2014.
- 30 Yao, R., Heath, T., Davies, A., Forsyth, T., Mitchell, N. & Hoberman, P. 2014. Oculus VR Best Practices Guide. Oculus VR.
- 31 Brown, E. & Cairns, P. 2004. A Grounded Investigation of Game Immersion. CHI '04 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems, s. 1297–1300.
- 32 Rollings, A. & Morris, D. 2000. Game Architecture and Design. Arizona: The Coriolis Group, LLC.
- 33 Courtney, Jason. Electronic Arts Concept Art – Dead Space. Verkkodokumentti. <<http://www.perdador.com/deadspace.html>>. Luettu 17.3.2014.
- 34 The Elder Scrolls V: Skyrim – Screenshots. Verkkodokumentti. Bethesda Softworks LLC. <<http://www.elderscrolls.com/skyrim/media/screenshots/forest-hunt/>>. Luettu 23.3.2014.
- 35 Huiberts, Sander. 2010. Captivating Sound – The role of audio for immersion in computer games. Thesis. Utrecht School of the Arts.

- 36 Fullerton, T., Swain, C. & Hoffman S. 2004. Game Design Workshop. San Francisco: CMP Books.
- 37 Löyttyniemi, Raili. Oudot tunteet: Flow. Verkkodokumentti. Yle. <<http://oppiminen.yle.fi/psykologia-ihmissuhteet/oudot-tunteet/oudot-tunteet-flow>>. Luettu 12.3.2014.
- 38 Murphy, Curtiss. 2011. Why Games Work and the Science of Learning. Verkkodokumentti. <[http://www.goodgamesbydesign.com/Files/WhyGamesWork\\_TheScienceOfLearning\\_CMurphy\\_2011.pdf](http://www.goodgamesbydesign.com/Files/WhyGamesWork_TheScienceOfLearning_CMurphy_2011.pdf)>. Luettu 4.3.2014.
- 39 Csikszentmihalyi, Mihaly. 2008. Flow: The Psychology of Optimal Experience. United States of America: HarperCollins Publishers.
- 40 Csikszentmihalyi, M., Abuhamdeh, S. & Nakamura, J. 2005. Flow. Teoksessa Handbook of Competence and Motivation. Elliot, Andrew (ed.). New York: The Guilford Press.
- 41 Rutledge, Pamela. 2012. The Positive Side of Video Games: Part III. Verkkodokumentti. <<http://en.paperblog.com/the-positive-side-of-video-games-part-iii-294723/>>. Luettu 12.3.2014.
- 42 Gamers of Reddit, what breaks immersion in a video game for you? 2013. Mieli-pidekeskustelua Reddit -sivustolla. <[http://www.reddit.com/r/AskReddit/comments/1kk1ec/gamers\\_of\\_reddit\\_what\\_breaks\\_immersion\\_in\\_a\\_video/](http://www.reddit.com/r/AskReddit/comments/1kk1ec/gamers_of_reddit_what_breaks_immersion_in_a_video/)>.
- 43 Scheier, Jason. 2014. Portfolio – Sketches. Verkkodokumentti. <<http://www.parallaxinfinite.com>>. Luettu 27.2.2014.
- 44 Kho, Erwin. Island Still Life. Verkkodokumentti. <<http://www.zerbamine.nl>>. Luettu 26.2.2014.