



Laura Kankkunen

Käyttäjän ohjaaminen virtuaalitodellisuudessa valojen ja värien avulla

Metropolia Ammattikorkeakoulu

XR Design

Muotoilu

Opinnäytetyö

30.10.2022

Tiivistelmä

Tekijä(t):	Laura Kankkunen
Otsikko:	Käyttäjän ohjaaminen virtuaalitodellisuudessa valojen ja värien avulla
Sivumäärä:	48 sivua
Aika:	30.10.2022
Tutkinto:	Muotoilija AMK
Tutkinto-ohjelma:	Muotoilu
Suuntautumisvaihtoehto:	XR Design
Ohjaaja(t):	Markku Luotonen, Lehtori

Opinnäytetyössä käsitellään ihmisen ohjaamista kokonaisvaltaisesti valojen ja värien avulla virtuaalitodellisuudessa. Tavoitteena on tarjota aiheesta kiinnostuneelle lukijalle hyvä lähtökohta ohjaamisen keinoista. Työssä tutkitaan ihmisen näköaistia ja havaitsemiskykyä. Valojen ja värien avulla ohjaamista tarkastellaan elokuvissa ja todellisessa maailmassa. Työ sisältää projektiosuuden, jossa esitetään ohjaamisen keinoja valojen ja värien avulla virtuaalitodellisuudessa. Projektiosuuteen liittyen käydään läpi myös valojen ja värien käyttöä Unreal Engineissä.

Työssä käy ilmi, että todellisen maailman ohjaamisen keinoja voidaan hyödyntää virtuaalitodellisuuden ympäristössä. Virtuaalitodellisuuden ympäristön suunnittelussa on kuitenkin omia teknisiä puolia, joita tulee ottaa huomioon. Opinnäytetyössä käsitellään sitä, mitä virtuaalitodellisuuden ympäristöihin tulisi valojen ja värien käytössä ottaa huomioon.

Avainsanat: VR, virtuaalitodellisuus, valaistus, valo, väri

Abstract

Author(s): Laura Kankkunen
Title: Leading a User with Lights and Colours in Virtual Reality
Number of Pages: 48 pages
Date: 30 October 2022

Degree: Bachelor of Culture Arts
Degree Programme: Design
Specialisation option: XR Design
Instructor(s): Markku Luotonen, Senior Lecturer

The thesis examines how to lead a person holistically with lights and colours in virtual reality. The aim of this thesis is to provide the reader interested in the subject with a good starting point on the means of leading. The thesis examines the human sense of sight and perception. Leading using lights and colours is examined in movies and in the real world. The work includes a project section in which the means of leading using lights and colours in virtual reality is presented. In relation to the project section, the use of lights and colours in Unreal Engine is examined as well.

The work shows that the ways of leading in the real world can be used in a virtual reality environment. However, there are technical aspects to the virtual reality environment design that must be taken into account. The thesis discusses the aspects that should be considered in the use of lights and colours in a virtual reality environment.

Keywords: VR, virtual reality, light, lighting, colour

Sisällys

1 Johdanto	1
2 Miten ihminen havaitsee asioita	2
2.1 Värisokeus ja poikkeava värinäkö	2
2.2 Kontrastin havaitseminen	3
2.3 Hahmolait	4
2.4 Tarkkaavaisuus	7
3 Valon ja värien merkitys	8
3.1 Valo	9
3.2 Värit	10
4 Miten ihmistä voidaan ohjalla valon ja värien avulla	11
4.1 Ohjaaminen elokuvissa ja mediassa	11
4.2 Eri värien ja valojen käyttö	12
4.3 Valaistuksen ominaisuudet	15
5 Arkkitehtuurivalaistus	17
6 Miten virtuaalitodellisuudessa voidaan ohjalla ihmistä	21
6.1 Virtuaalitodellisuus	21
6.2 Ohjaaminen virtuaalitodellisuudessa	22
6.3 Valaistus virtuaalitodellisuudessa Unreal Enginellä	26
6.4 Värien käyttö Unreal Enginessä	31
7 Oma projekti	32
7.1 Tavoite ja suunnitelma	32
7.2 Työvaiheet	33
7.3 Testailu ja vertailu	35
8 Pohdinta	40
Lähteet	42

1 Johdanto

Hyvällä valaistuksella on merkitystä. Valojen ja värien avulla voidaan ohjalla esimerkiksi pelaajaa etenemään pelissä. Elokuviissa valaistuksen avulla voidaan määrittää katsojalle elokuvan tunnelma. Yhtä lailla virtuaalitodellisuudessa valaistuksella sekä värien käytöllä on tärkeä merkitys. Valojen ja värien käyttö on vain yksi tapa ohjata käyttäjää virtuaalisessa ympäristössä, ja usein sen lisäksi käytetään muitakin keinoja hyväksi. Esimerkiksi äänen ja musiikin käyttö on vahvasti mukana käyttäjän ohjaamisessa peleissä sekä elokuvissa. Nämä eri ohjaamisen keinot toimivat yhdessä kokonaisvaltaisemmin käyttäen hyväksi ihmisen eri aisteja.

Tässä opinnäytetyössä käsitellään käyttäjän ohjaamista vain valon ja värien avulla virtuaalitodellisuuden ympäristössä. Työssä pyritään käsittelemään kokonaisvaltaisesti käyttäjän kokemuksen ja toiminnan ohjaamista. Eli miten valojen ja värien avulla saadaan käyttäjä toimimaan tietyllä tavalla, tai miten saadaan käyttäjä kokemaan tiettyjä tunteita virtuaalitodellisuuden ympäristössä. Tätä opinnäytetyötä lukiessa on hyvä pitää mielessä myös ihmisten yksilölliset erot sen suhteen, miten kokee värien ja valojen vaikutukset. Työssä pyritään kuitenkin käsittelemään yleisesti toimiviksi koettuja ohjaamisen keinoja valojen ja värien avulla.

Opinnäytetyön alussa käydään läpi, miten ihminen havaitsee näkemäänsä, sekä valon ja värien merkitystä. Tämän jälkeen käsitellään lyhyesti myös, miten elokuvissa ja mediassa ohjataan katsojaa valojen ja värien avulla, sekä käsitellään valaistuksen ominaisuuksia. Työssä käydään läpi myös arkkitehtuurista ja tilan valaistusta. Lisäksi tutkitaan, miten virtuaalitodellisuudessa voidaan ohjalla käyttäjää valojen ja värien avulla, sekä käsitellään yleisesti valaistusta virtuaalitodellisuudessa. Lopuksi testillaan valojen ja värien suunnittelua Unreal Engine-pelimoottorissa ja pohditaan opinnäytetyössä opittua.

Suunnittelijana on hyvä olla peruskäsitys valaistuksesta ja värien käytöstä. Sen vuoksi tässä opinnäytetyön ohella on tarkoituksena oppia lisää valojen käytöstä yleisesti sekä 3D-ympäristöissä. Tavoitteena on myös oppia uutta värien merkityksistä ja siitä, miten erilaisia värejä voidaan käyttää hyväksi.

2 Miten ihminen havaitsee asioita

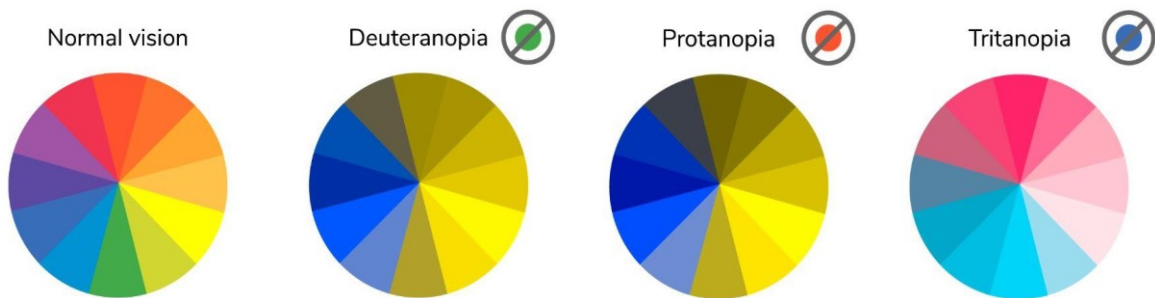
Käsittelen tässä luvussa sitä, miten ihminen havaitsee asioita. Näköaistin avulla ihminen näkee ja havaitsee ympäristöään. Ihminen käyttää näköaistin lisäksi muitakin aisteja hyväksi, kuten kuuloaistia. Keskityn opinnäytetyössäni kuitenkin vain näköaistiin. Havainnointiin vaikuttaa aistien lisäksi myös tarkkaavaisuus sekä muita toimintoja, joita käyn lyhyesti läpi. Käsittelen näitä havaitsemiseen liittyviä osa-alueita rajoitetusti opinnäytetyöni aiheen näkökulmasta. Käyn läpi myös näkökykyyn liittyen värisokeutta, sillä sen ymmärtäminen voi vaikuttaa värien käytön suunnitteluun virtuaalisessa ympäristössä.

Käyttäjän ohjaaminen valojen ja värien avulla on pääasiassa visuaalista ohjaamista, joten näkökyky on keskeisenä aistina vastaanottamassa vihjeitä ympäristöstä. Näköaisti on yksi viidestä ihmisen perusaistista ja myös yksi tärkeimmistä aisteista. Ihminen vastaanottaa ja käsittelee näköaistinsa avulla jatkuvasti valtavan määrän tietoa. Kaikesta aistitiedon käsittelystä jopa yli 80 prosenttia on varattu näköinformaation käsittelemiseen. (Papunet 2021.) Käyttäjän ohjaaminen pelkästään valojen ja värien avulla on rajoittavaa, sillä siinä ei oteta huomioon niitä, jotka eivät pysty käyttämään näköaistiaan. Sen vuoksi monesti käytetään muitakin ohjaamisen muotoja.

2.1 Värisokeus ja poikkeava värinäkö

Värien näkemiseen liittyen on hyvä ottaa huomioon värisokeus. Värisokealla ja poikkeavan värinäön omaavalla ihmisellä on vaikeuksia värien erottamisessa. Tavallisimmat värinäön häiriöt ovat periytyvät puna-viher- ja viher-

punaheikkoudet, joissa silmä toimii puutteellisesti erottamaan punaista ja vihreää valoa (ks. kuvio 1). Miehistä 8 %:lla ja naisista 0,5 %:lla esiintyy tätä. Tutkimusten mukaan jopa 40 % puna-viherheikoista miehistä on tietämättömiä tästä ominaisuudesta. Muut värisokeustyypit, esimerkiksi sinisen värin puutteellinen erottaminen, ovat huomattavasti harvinaisempia. (Saarelma 2021.)



Kuvio 1. Vertailu normaalin ja värisokean värinäön välillä (Ed place n.d.).

Värien avulla ohjaamisessa olisi hyvä huomioida värisokeat tai poikkeavan värinäön ihmiset, jos halutaan tehdä virtuaalisesta ympäristöstä saavutettavampi. Käyttäjän ohjaamisen kannalta tärkeintä olisi suunnitella värien käyttöä virtuaalisessa ympäristössä niin, että käytössä on värejä, joita suurin osa pystyy erottamaan. Esimerkiksi jos tavoitteena olisi viestiä käyttäjälle värien vaihtelulla, mihin virtuaalitodellisuuden ympäristössä saa kävellä ja mihin ei, olisi hyvä ottaa huomioon, mitä värejä värisokeat ja poikkeavasti värit näkevät ihmiset erottavat pääasiassa.

2.2 Kontrastin havaitseminen

Valon kirkkauden ja värin vaihteluista muodostuu visuaalinen informaatio. Ihminen erottaa kohteen taustastaan kohteen ja taustan välisen vaaleuseron tai värieron perusteella. Kohteiden vaaleuserot voivat riippua siitä, miten kohteet heijastavat valoa. Vaaleat kohteet heijastavat enemmän valoa kuin tummat kohteet. Kolmiulotteisissa kappaleissa varjot näkyvät vaaleuseroina ja sisältävät tietoa kohteen muodosta. (Näsänen 2007.) Värien ja valojen käytön suunnittelussa on hyvä ottaa huomioon kontrastin havaitseminen. Käyttäjän

huomion ohjaamiseen voi auttaa selkeän kontrastin luominen havaittavan asian ja taustan välillä. Kontrastin voi luoda eri väreillä tai käyttämällä valoja sekä varjoa. (Ks. kuvio 2.)

COLOR CONTRAST / VISIBILITY CHART

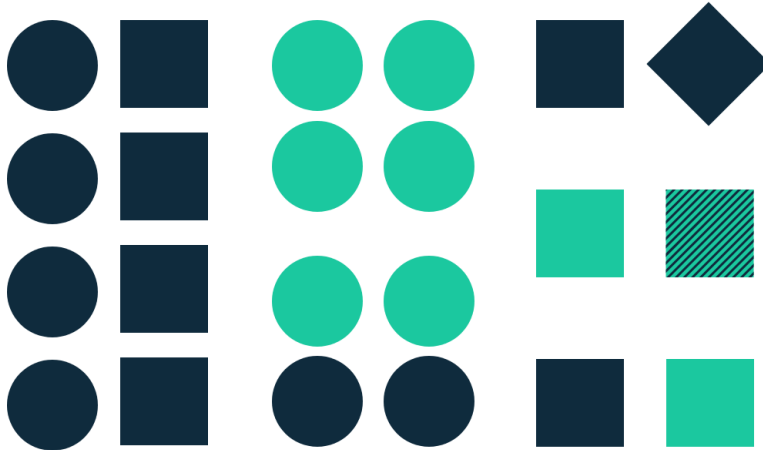
Best	Black / Yellow	Black / Yellow	Fair	Red / Yellow	Red / Yellow
	Black / White	Black / White		Red / Black	Red / Black
	Black / Orange	Black / Orange		Red / Orange	Red / Orange
	Blue / White	Blue / White	Poor	Red / Blue	Red / Blue
	Green / White	Green / White		Red / Green	Red / Green
	Red / White	Red / White			

Kuvio 2. Värien käytön kontrastieroja (Crawford 2015).

2.3 Hahmolait

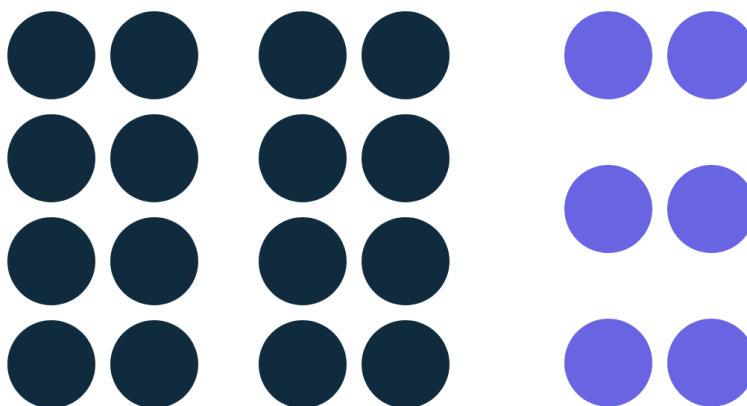
Kun tutkitaan havainnointia ja hahmottamista, liittyvät siihen vahvasti hahmolait. Hahmolait ovat periaatteita, joilla aivomme yhdistelevät kokonaisuuksia havaintojen yksityiskohdista. Niillä kuvataan ihmisten visuaalisten piirteiden hahmotus- ja yhdistelytapoja. Hahmolakeja käytetään esimerkiksi käyttöliittymän erilaisten kokonaisuuksien suunnittelussa niin, että saadaan käyttäjä hahmottamaan ne juuri toivotulla tavalla. (Laine 2004.) Anne Laineen verkkotutkielmassa *Hahmolait käytettävyyden parantajina* käsitellään hahmolakeja Gestalt-lakeihin keskittyen. Gestalt-teoria on saanut Laineen mukaan alkunsa jo 1890-luvulla Saksassa. Näitä teorioita on siis sovellettu jo pitkään erilaisissa suunnitteluissa. Gestalt-lakeja on useita, mutta esittelen lyhyesti käyttäjän ohjaamisen kannalta hyödyllisiä lakeja.

Yksi näistä Gestalt-laeista on samanlaisuus (ks. kuvio 3), ja tämän lain mukaan muodoiltaan tai väreiltään samantapaiset kuviot mielletään yhteenkuuluviksi. (Laine 2004.) Saman väristen kappaleiden käyttöä virtuaalisessa ympäristössä voidaan hyödyntää esimerkiksi osoittamaan käyttäjälle, mitkä kappaleet liittyvät toisiinsa. Yhtä lailla sillä voidaan osoittaa käyttäjälle myös, mitkä asiat ympäristössä eivät liity toisiinsa.



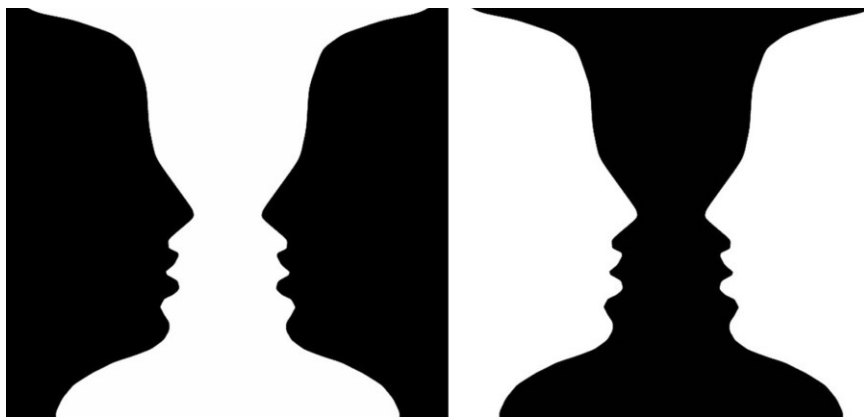
Kuvio 3. Samanlaisuuden laki (similarity) (Esmaeili 2020).

Toinen Gestalt-laki on läheisyyden laki (ks. kuvio 4). Läheisyyden lain mukaan toisiaan lähellä olevat kuviot mielletään yhteenkuuluviksi. Läheisyys on yleensä voimakkaampi tehokeino kuin samanlaisuus. Vahvimpia vaikutelmia ryhmittelyllä saadaan kuitenkin käyttämällä läheisyyden lakia samanlaisuuden lain kanssa. (Laine 2004.) Käyttämällä esimerkiksi saman värisiä tai muotoisia esineitä lähekkäin ympäristössä voidaan ryhmitellä esineet kuuluvan yhteen.



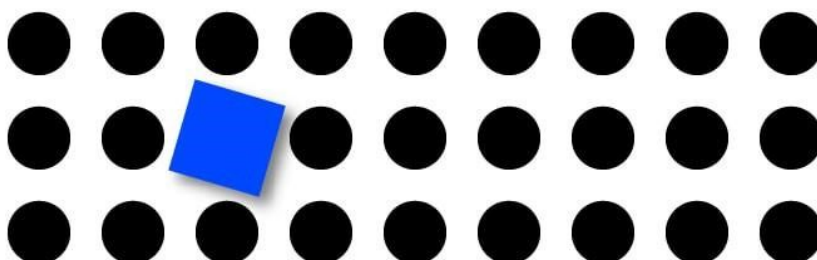
Kuvio 4. Läheisyyden laki (proximity) (Esmaeili 2020).

Kohde ja alustan laki liittyvät vahvasti kokonaisvaikutelman hahmottamiseen. Huonosti toteutettu tausta voi pilata kokonaisvaikutelman, ja se voi vaikuttaa hahmotuskykyyn. Termit kohde ja alusta selittävät, miten ihminen hahmottaa kuvioinniltaan ja ulkomuodoltaan samanlaiset taustan elementit yhtenä kokonaisuutena (ks. kuvio 5). Elementtejä verrataan toisiinsa, jotta saataisiin käsitys kokonaisuudesta sekä sen tasoista eli kohteista ja alustasta. (Laine 2004.)



Kuvio 5. Kohde ja alusta (figure and ground). Osa ihmisistä näkee heti vasin ja osa kaksi hahmoa taustaa vasten. (Chapman n.d.).

Yksi Gestalt-lakeihin liittyvä periaate on huomiopiste. Huomiopisteen lain mukaan visuaalisesti erottuva elementti kiinnittää ensimmäiseksi katsojan huomion (ks. kuvio 6). Huomiopisteen voi luoda useilla eri tavoilla, kuten mittasuhteilla, kontrastilla, väreillä tai muodoilla. (Kathryncodonnell 2021.) Virtuaalisessa ympäristössä voisikin esimerkiksi kiinnittää käyttäjän huomion käyttämällä visuaalisesti erottuvaa elementtiä hyväksi ympäristössä.



Kuvio 6. Huomiopisteen (focal point) lain mukaan sininen boksi erottuu heti mustien ympyröiden keskeltä (Garg 2019).

2.4 Tarkkaavaisuus

Tässä luvussa käydään tarkemmin läpi sitä, miten tarkkaavaisuus vaikuttaa ihmisen havainnointikykyyn. Ihmisen havaitsemisen kapasiteetti ympärillään tapahtuvaan on rajallinen, ja se olisi hyvä ottaa huomioon käyttäjän ohjaamisessa. Tarkkaavaisuus säätelee kykyämme vastaanottaa aisti-informaatiota, ja sen tehtävänä on säädellä, mitä informaatiota ympäristöstämme käsittelemme. Tarkkaavaisuuden voi jakaa kahteen eri suuntaukseen: tahaton ja tahdonalainen. Tahaton tarkkaavaisuuden suuntautuminen tapahtuu esimerkiksi ympäristössä esiintyviin merkityksellisiin tai uusiin ärsykkeisiin. Tahdonalaisessa tarkkaavaisuuden suuntaamisessa ihminen tietoisesti ja tavoitteellisesti suuntaa tarkkaavaisuuttaan ympäristöönsä. Molemmat tarkkaavaisuuden suuntautumiset toimivat yleensä vuorovaikutuksessa keskenään. Tarkkaavaisuuden voi jakaa vielä muihinkin teorioihin, kuten valikoivaan ja jaettuun tarkkaavaisuuteen. Valikoivassa tarkkaavaisuudessa ihminen valitsee kaikesta saadusta tiedosta, mihin kiinnittää tarkkaavaisuutensa. Jaetussa tarkkaavaisuudessa ihmisen huomio siirtyy nopeasti asiasta tai tehtävästä toiseen. (ThinkMath n.d.) Käyttäjän ohjaamisessa voidaan käyttää hyväksi eri tarkkaavaisuuden muotoja.

Tarkkaavaisuuteen liittyen on hyvä ottaa huomioon myös tarkkaamattomuussokeus. Tarkkaamattomuussokeuden tunnetuin tutkimus on tutkijoiden Daniel Simonsin ja Christopher Chabrisin kehittämä testi. Testiin liittyy video, jossa kehoitetaan katsojaa laskemaan, montako kertaa valkoisissa paidoissa olevat ihmiset syöttävät koripallon toisilleen. Kun katsoja keskittyy laskemaan syöttöjä, saattaa hän olla huomaamatta videossa esiintyvää gorillaa (ks. kuvio 7).



Kuvio 7. Moni ei huomaa videon keskelle ilmestynyttä gorillaa (Ennamorati 2014).

Testin kehittäneiden tutkijoiden mukaan puolet ei huomaa kuvan poikki kävelevää gorillaa. Ilmiössä on tavallaan kyse siitä, että havaitsemme jotain mutta emme näe sitä. On myös viitteitä siitä, että tarkkaamattomuussokeudessa ihminen ei tule tietoiseksi havaitsemastaan kohteestaan. Tätä ilmiötä voidaan kuitenkin käyttää hyödyksi katsojan hienovaraisessa ohjailussa. Elokuvantekijät ovatkin käyttäneet tätä pitkään jo hyväksi, ja näkymätön leikkaus kahden eri aikaan kuvatun otoksen välillä on siitä selkein esimerkki. (Sulopuisto 2012.)

3 Valon ja värien merkitys

Jotta saataisiin kokonaisvaltainen käsitys käyttäjän ohjaamisesta, on hyvä myös tutkia valon ja värien merkitystä ihmisille. Mikä merkitys näillä on ollut ihmisille, ja miksi valoa ja väriä käytetään nykyäänkin ohjailussa? Valon ja värien merkitys voi toki olla ihmisille yksilöllistä, ja niihin voi liittyä omat syynsä. Käsittelen tässä luvussa kuitenkin yleisesti osoitettuja merkityksiä näistä kahdesta elementistä. Värien ja valojen merkityksien tiedostaminen voi antaa uutta näkökulmaa virtuaalisen ympäristön suunnitteluun. Se voi myös lisätä käsitystä siitä, kuinka hyödyllisiä ja voimakkaita työkaluja ne ovat ohjaamaan katsojaa.

3.1 Valo

Valo symboloi universaalia elämänvoimaa. Esihistoriallisissa kulttuureissa vuosittaiset uskonnolliset ja yhteisölliset juhlat perustuivat auringon kiertoon ja valon määrään. Ihmiset kokivat metafyyssistä yhteyttä maailmankaikkeuteen valon ja taivaankappaleiden havainnoimisen kautta. Teatterin varhaishistorian aikana valolla oli kaksijakoinen rooli. Käytännöllinen merkitys liittyy konkreettisesti näköhavainnon mahdollistamiseen. Valon symbolinen merkitys perustuu ihmisten alitajuntaan syvälle juurtuneisiin käsityksiin valon ja pyhän yhteydestä. Teatterin varhaishistorian aikana valolla oli myös keskeinen sisällöllinen merkitys esityksissä. Valaistuksen monet yleiset, vielä tänä päivänä tunnetut periaatteet muotoutuivat vähitellen renessanssin ja barokin aikana ja vaikuttivat tiiviisti teatterirakennuksen ja lavastuksen kehitykseen. Valaisutekniikan tekniset ja sisällölliset vaikutuskeinot ovat muotoutuneet jo elävän tulen aikana. (Ervasti n.d.)

Ennen kaasun ja sähkön aikaa pääasiallinen valonlähtemme on aina ollut aurinko. Auringonvalo vaikuttaa vireystilaamme, ja valon määrä vaikuttaa mielialaamme. Auringonvalo on saanut ihmiset liikkumaan päivällä ja nukkumaan öisin. Valolla on myös suuri merkitys siinä, miten näemme ympäristömme. Ilman valoa ei olisi värejä, sillä näkeminen perustuu pintojen kykyyn heijastaa eriväristä valoa (Ylöjärvi n.d.). Hyvä valaistus auttaa ohjaamaan ihmistä tilan läpi ja ohjaamaan sitä, mitä ihminen näkee tilassa. Oikein kohdistettuna ja valon erilaisia tulokulmia hyödyntäen voidaan ohjailla sitä, mitä halutaan ihmiselle näyttää, ja vastaavasti sitä, mitä ei haluta näyttää. Esitettävän valon määrällä voidaan vaikuttaa myös ihmisten tunteisiin.

Valolla on aina ollut moninainen merkitys ihmisille. Tässä opinnäytetyössä keskityn kuitenkin valon merkitykseen ihmisen ohjailmisessa. Tämän merkityksen tuominen virtuaaliseen maailmaan vaatii ymmärrystä valaisutekniikoista ja valojen käytöstä niin virtuaalisessa kuin todellisessa maailmassa. Tätä tietoa hyödyntäen saadaan myös luotua virtuaalisesta ympäristöstä käyttäjälle todentuntuinen illuusio.

3.2 Värit

Väri on sekä ilmiö että visuaalisen havainnon ja viestinnän väline. Ilmiönä väri muotoilee sitä, miten ihminen kokee ympäristönsä visuaalisesti, kun taas välineenä se välittää ihmiselle merkitystä, tunnelmaa ja toiminnallista tietoa. Luonnossa värit ovat evoluution tuloksena muovautuneet sopiviksi ja tarpeellisiksi elämänmuotojen säilyttämistä varten. Värit kuuluvat luonnossa monimutkaisiin viestintäjärjestelmiin. Maapallon kaikista kasvilajeista yli 60 prosenttia on riippuvaisia mehiläisten pölytyksestä, joiden pitkän matkan suunnistus riippuu kukkien tietystä värispektristä. Väreillä ohjaamista on tapahtunut jo pitkään luonnossa, sillä ihmiset ja eläimet ovat värien avulla saaneet tietoa ympäristöstään. Värikkäät hedelmät ovat kiinnittäneet enemmän huomiota ympäristössä ja ovat sen vuoksi löytyneet helpommin ruokaa etsittäessä. Värien avulla on opittu myös tunnistamaan esimerkiksi myrkyllisiä kasveja, mikä on vaikuttanut niiden välttämiseen. (Buether 2014, 7—13.) Värit ovat pitkään ohjailleet ihmisten toimintaa, ja värien merkitys on ollut ihmisille tärkeä selviytymisen kannalta. Tästä voisi ajatella, että ihmiset ovat jo luonnostaan evoluution myötä tottuneet eri värien merkityksiin ja kiinnittämään huomiota ympäristönsä väreihin.

Kautta aikojen väreillä on ollut myös symbolisia merkityksiä. Vaikka suurin osa ihmisistä eri puolilla maailmaa näkee värit samalla tavalla, niin osalla väreistä voi silti olla eri merkityksiä eri kulttuureissa. (Trötches 2012.) Väreillä voi olla myös kulttuurien sisällä ristiriitaisia merkityksiä. Esimerkiksi länsimaissa kermankeltainen on liitetty viattomuuteen, kirkkaan keltainen onnellisuuteen, lämpöön ja viisauteen, mutta myös vaaraan ja sairauteen. Keltaisia lippuja on käytetty karanteenin ja epidemioiden symboleina, koska ihmisen ihon kellertävyys on vakavan sairauden merkki. Räikeä keltainen on yhdistetty usein mustasukkaisuuteen ja kateuteen. (Haapanen 2017.)

Patti Bellantonin kirjassa *If It's Purple, Someone's Gonna Die* käsitellään eri värien merkityksiä ja ominaisuuksia. Hän kertoo kirjassaan myös

tutkimuksestaan, jossa hän tutki, millainen käsitys ihmisillä oli väreistä ja miten värit vaikuttivat ihmisiin. Tutkimuksessa kävi ilmi, että värit herättivät ihmisissä pääasiassa samoja tunteita ja ihmiset yhdistivät värejä samoihin asioihin. Esimerkiksi punainen ympäristö sai ihmisissä aikaan raivoa ja levottomuutta. Punaiseen väriin yhdistettiin usein samoja asioita ja mielikuvia kuten vilkkuva paloauto, tulisen kastikkeen tuoksu ja rockmusiikki. Bellantoni tutki myös kulttuurin vaikutusta värien kokemiseen. Hän tuli tutkimuksessaan siihen lopputulokseen, että kulttuurista riippumatta ihmiset kokivat värit vaistonomaisesti hyvin samalla tavalla. Vaikka tietyillä väreillä olisi eri kulttuureissa eri symbolinen merkitys, niin se, miten ihmiset kokevat värit ja mitä tunteita eri värit herättävät, on hyvin universaali asia. Nämä merkitykset saattavat kantautua osittain myös luonnosta ja evoluutiosta. Värit merkitsevät ihmisille muutakin kuin vain eri pinnoista heijastuvaa näkyvää valoa. Kuten Bellantonin kirjasta käy ilmi, ihmiselle värit ja tunteet ovat vahvasti sidottuina toisiinsa. (Bellantoni 2005, luku 1.)

4 Miten ihmistä voidaan ohjalla valon ja värien avulla

Käsittelen tarkemmin tässä luvussa jo olemassa olevia ohjaamisen keinoja värien ja valojen avulla. Miten näitä elementtejä on käytetty esimerkiksi elokuvissa tai jokapäiväisessä elämässämme ihmisten ohjailuun? Käyn läpi myös valon ominaisuuksia.

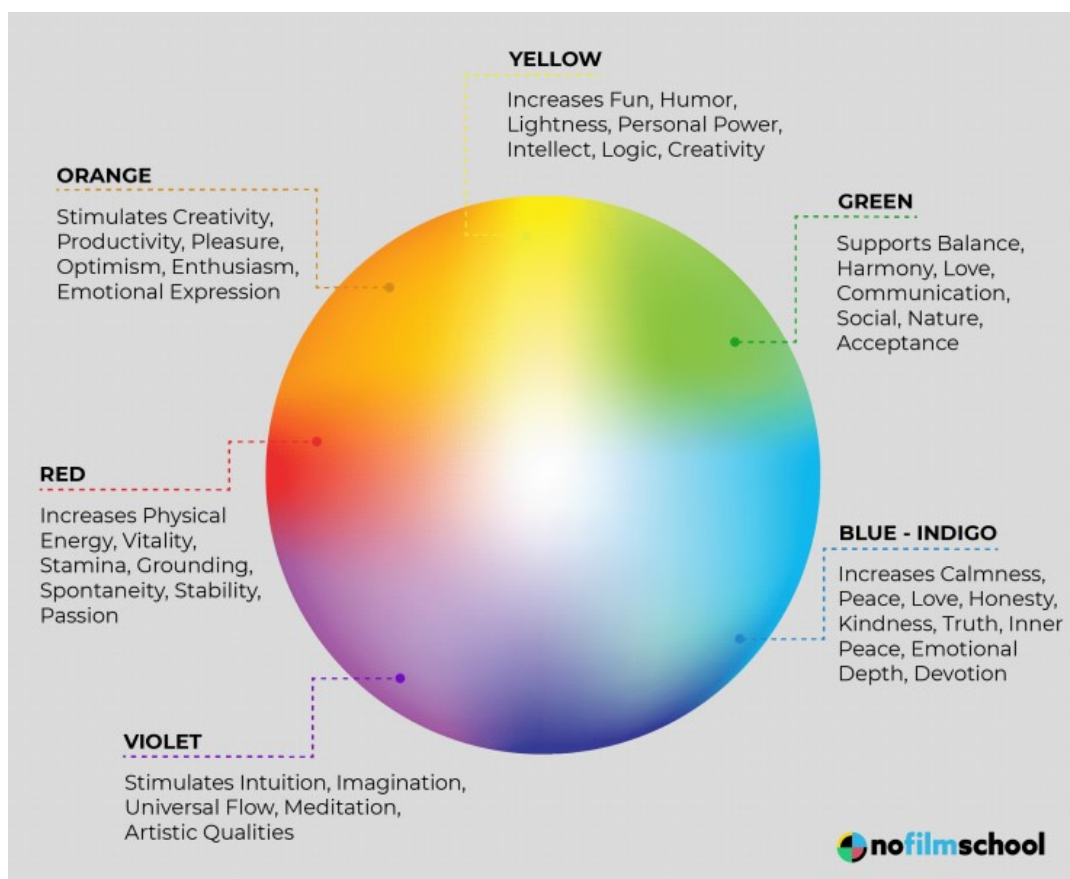
4.1 Ohjaaminen elokuvissa ja mediassa

Elokuville tärkeitä osa-alueita tarinan lisäksi ovat elokuvan äänimaailma, kuvakulmat ja valo, rajaukset ja leikkaus. Hyvissä elokuvissa kaikki nämä osa-alueet on mietitty tarkkaan. (Hallamaa 2017.) Tarkkaan mietityllä valaistuksella varmistetaan, että se, mitä halutaan jostain kohtauksesta näyttää, varmasti näkyy. Valaistuksella voidaan myös ohjalla katsojan katsetta ja välittää kohtauksen tunnelma. Elokuvan tunnelman välittämiseen käytetään usein myös erivärisiä valoja, valoja eri voimakkuuksilla sekä eri kulmista valaisevia valoja.

Elokuviissa katsojan tunteita voidaan ohjailia vaihtamalla valaistusta ja korostamalla tiettyjä värejä elokuvan eri kohtauksissa. Ohjaaminen tapahtuu usein myös ihmisen sitä tiedostamatta. Näitä elokuvissa jo pitkään käytettyjä ohjaamisen keinoja voidaan hyödyntää virtuaaliympäristöissä.

4.2 Eri värien ja valojen käyttö

Elokuviissa väreillä voidaan kuljettaa elokuvan tarinaa eteenpäin. Jotkut elokuvat ovat käyttäneet värin muutosta tai sen kehittymistä tukemaan hahmojen ja tarinan kehitystä koko elokuvan ajan. (Bellantoni 2005, 26.) Värien psykologiassa on tutkittu, miten eri värit vaikuttavat ihmiseen. Värien vaikutukset niin psyykkisesti kuin fyysisesti johtuvat enimmäkseen niihin liitetystä mielikuvista ja symboliikasta (Heinonen 2019). Värien herättämät tunteet ja mielleyhtymät vaihtelevat ihmisen mukaan. Siitä huolimatta tiettyjä värejä on käytetty eri medioissa luomaan tietynlaista tunnelmaa jo pitkään (ks. kuvio 8 & kuvio 9).



Kuvio 8. Esimerkki eri värien vaikutuksista katsojaan (Hellerman 2019).



Kuvio 9. Tässä väriympyrässä näkyy myös väreihin liittyviä tunteita (Hellerman 2019).

Koska väreillä on paljon eri merkityksiä, riippuvat niiden herättämät tunteet myös kontekstista, joissa niitä käytetään. Värien eri sävyjä voidaan käyttää hyväksi ilmaisemaan eri asioita. Väreillä voidaan myös kiinnittää katsojan katse johonkin tiettyyn asiaan, joka halutaan katsojan varmasti näkevän ympäristöstä.

Värien avulla ohjaamista tapahtuu elokuvien lisäksi myös jokapäiväisessä elämässämme. Esimerkiksi liikennettä ohjaillaan kansainvälisesti neljällä eri värillä: punainen, keltainen, vihreä ja sininen. Värejä käytetään informaation välityksenä liikennemerkkien lisäksi myös muun muassa varoituskylteissä ja palosammuttimissa. Värikoodaus ja värisignaalit pohjautuvat yhteisiin sopimuksiimme ja ovat muovautuneet ihmisen kehityksen myötä. (Trötches 2012.) Värikkäät valot näkyvät hyvin pimeässä ja kiinnittävät ihmisen huomion, jonka vuoksi niitä käytetään hyväksi eri tilanteissa. Kuten luvussa 2 käsiteltiin hahmolakeihin liittyen huomiopistettä, liittyy värikkäiden valojen käyttö

ympäristössä vahvasti ihmisen huomion kiinnittämiseen. Myös tahattoman tarkkaavaisuuden suuntauksen perusteella ihminen kiinnittää nopeammin huomiota ympäristössään poikkeavaan asiaan. Esimerkiksi hätäulospoistumisteiden yhteydestä usein sijaitsee vihreä valaistu kyltti, joka helpottaa poistumistien löytymisen tarvittaessa (ks. kuvio 10). Hätätilanteessa tarvitaan nopeaa havainnointikykyä ja reagointia, joita helpottavat jo odotuksiamme vastaavat merkit ympäristössä.

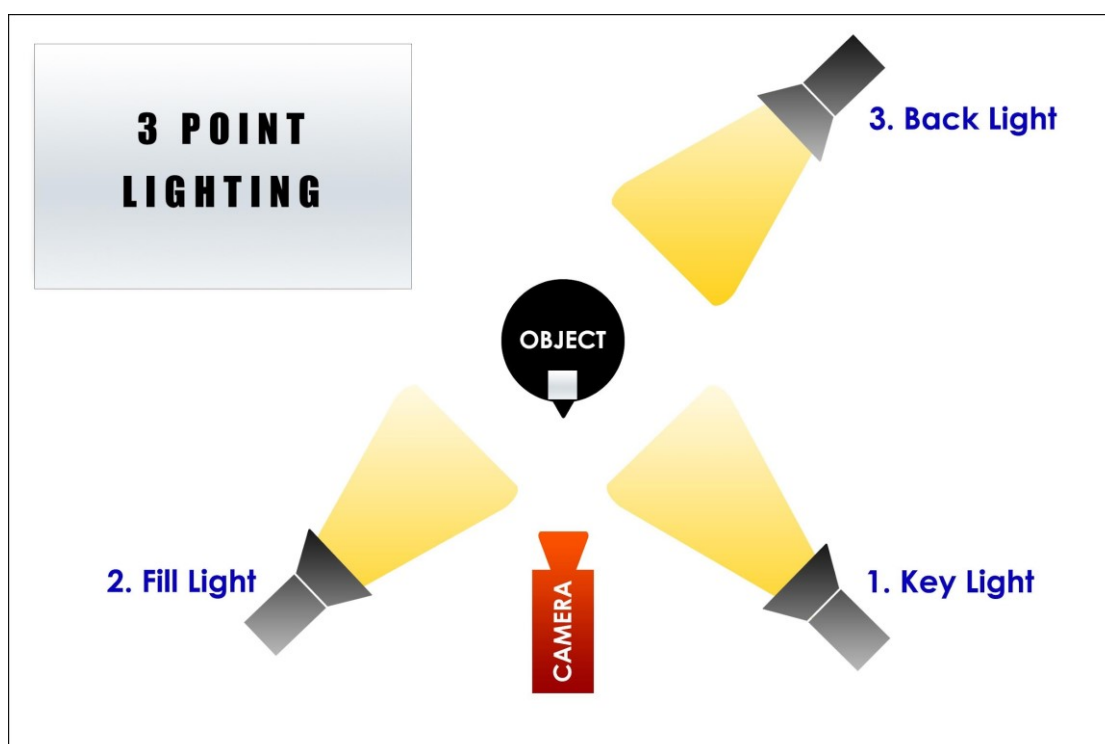


Kuvio 10. Laivan käytävillä on merkitty selvästi hätäulospoistumistiet (Cilla Maria Travel 2019).

Valoilla on tärkeä merkitys pimeässä ohjaamiseen, ja valoja käytetään myös esimerkiksi merillä alusten tunnistamiseen. Veneilijät voivat valoja seuraamalla nähdä toisen aluksen kulkusuunnan omaan veneeseen nähden. (Trötches 2012.)

4.3 Valaistuksen ominaisuudet

Valojen avulla ohjaamisessa on hyvä ymmärtää valaistuksen ominaisuuksia. Valaistuksessa tulee ottaa huomioon valojen tulokulma. Yleisin käytetty valaisutekniikka objektien ja henkilöiden valaistuksessa on kolmipistevalaistus (ks. kuvio 11). Sitä käytetään esimerkiksi elokuvissa, valokuvauksessa ja 3D-grafiikassa.



Kuvio 11. Perinteinen kolmipistevalaistus (Sholes 2018).

Kolmipistevalaistus koostuu kolmesta erillisestä valosta: päävalo, tasausvalo ja takavallo. Näitä kolmea valoa käytetään valaistuksen, varjostuksen ja varjojen kontrollointiin. (Lehtinen 2007.) Elokuvissa päävalo on yleensä ensisijainen ja kirkkain valonlähde, joka määrittää kohtauksen tunnelman. Tasausvalo pehmentää päävalon luomia varjoja ja tuo samalla esiin taustalla olevat yksityiskohdat. Takavallo sijoitetaan usein valaistavan kohteen taakse erottamaan kohde taustasta. (Tech 2020.) Vaihtelemalla valojen tulokulmia voidaan vaikuttaa kuvan tai kohtauksen tunnelmaan (ks. kuvio 12).



Kuvio 12. Valon tulokulma vaikuttaa kuvan tunnelmaan (Renee 2017).

Muita valaistukseen vaikuttavia ominaisuuksia ovat valon kovuus ja pehmeys sekä kirkkaus ja voimakkuus. Valonlähteen kovuus tai pehmeys ilmenee siitä, minkälaiset varjot se luo. Suora valo kohteeseen saa yleensä aikaan teräviä ja selkeitä varjoja. Jos valo heijastuu valoa hajottavan pinnan kautta tai kulkee hajottavan materiaalin kautta, varjoista tulee heikkoja ja pehmeitä. Asiaan vaikuttaa myös valonlähteen koko ja etäisyys. (Aaltomuoto n.d.) Valon kirkkaudella ja voimakkuudella on myös vaikutus kohtauksen tai kuvan tunnelmaan.

Film noir-elokuvat ovat hyvä esimerkki siitä, miten käyttämällä eri valon ominaisuuksia saadaan välitettyä elokuvan tunnelma katsojalle. Film noir-elokuvat ovat tyypillisesti mustavalkoisia elokuvia, joissa käytetään valaistuksessa kovia varjoja ja kontrastia hyväksi (ks. kuvio 13).



Kuvio 13. Elokuvan *Häikäilemättömät* (1955) trailerissa näkyy film noirin voimakas kontrasti ja tummat sävyt (Wikipedia n.d.).

5 Arkkitehtuurivalaistus

Virtuaalitodellisuuden ympäristöissä käyttäjä voi yleensä kävellä ja kulkea ympäriinsä. Käyttäjä näkee ympäristön eri suunnista kääntymällä ja vaihtamalla paikkaansa, joten ympäristön valaistus tulisi suunnitella ottamalla tämä puoli huomioon. Kun kyse on ympäristön ja tilan valaistuksen suunnittelusta, voi suunnittelua auttaa arkkitehtuurivalaistuksen tutkiminen.

Roope Siiroisen artikkelissa *Arkkitehtuurivalaistus – tekniikkaa vai estetiikkaa?* käsitellään valaistuskulttuuria ja sen eri puolia. Siiroinen käsittelee artikkelissaan kahta eri valaistuskulttuuria: teknis-taloudellinen valaistuskulttuuri ja esteettis-tekninen valaistuskulttuuri. Teknis-taloudellisessa valaistuskulttuurissa keskitytään nimensä mukaisesti enemmän taloudellisiin ja teknisiin puoliin valaistuksen suunnittelussa. Siiroisen mukaan suunnittelu on ohjautunut enemmän matemaattis-tekniseksi työksi, jossa laskentakaavoilla määritellään valaistuksen luminansseja ja etäisyyksiä. Esteettis-teknisessä valaistuskulttuurissa sen sijaan otetaan paremmin huomioon esteettisyys ja valaistus huomioidaan osana tilaa. Siiroinen mainitsee esteettis-teknisen

valaistuskulttuurin keskittyvän visuaaliseen kokonaisuuteen tunnepohjalta ja tavoittelevan oikeanlaisen tunnelman luomista. Hän mainitsee myös tämän valaistuskulttuurin pyrkivän jäsentämään tilaa valaistuksella ja korostamaan arkkitehtuuria. Virtuaalista ympäristöä suunniteltaessa tärkeämpää on yleensä teknis-taloudellisen näkökulman sijaan esteettis-tekninen näkökulma. Koska tila luodaan virtuaalisesti, eivät taloudelliset ja tekniset puolet kosketa samalla tavalla. Esteettisyydellä ja oikeanlaisen tunnelman luomisella on tärkeämpi merkitys käyttäjän ohjaamiseen virtuaalitodellisuuden ympäristössä. (Siironen 2019.)

Siironen artikkelissa *Arkkitehtuurivalaistus – mitä on laadukas valaistus?* käsitellään enemmän valon estetiikkaa ja hyvää valaistussuunnittelua. Siironen mukaan valaistus on vahvasti tunnetekijä. Kun miettii keinovalon sijaan luonnollisia valon esiintymismuotoja, kuten muun muassa kuutamoa, auringonlaskua, sateenkaarta ja tähtitaivasta, huomaa valon visuaalisen vaikutuksen olevan luonnollinen tosiasia. Elementtejä, joihin valon estetiikan ja instrumentin käyttö perustuvat, ovat Siironen mukaan esimerkiksi intensiteetti, väri, värikylläisyys, kontrasti, kirkkaus ja harmonia. Kun näihin elementteihin lisätään arkkitehtoniset käsitteet kuten muun muassa tila, paikka, tekstuuri, materia ja varjo, voidaan Siironen mukaan puhua jo valaistusarkkitehtuurin ja sen estetiikan muodostamista tekijöistä. Hyvältä valaistussuunnittelulta, muussakin kuin esteettisessä mielessä, vaaditaan Siironen mukaan havaintopsykologiaan, psykologiaan ja fysiologiaan liittyvien vaatimusten huomioiminen. Nämä olisi huomioitava Siironen sanoin pimeän ajan tilakokonaisuutena, jossa tulee olla mahdollista suunnistaa paikasta toiseen esteettömästi, mutta myös tunnelmoiden. Yksittäinen kohde tai idea ei ole tarpeeksi laadukkaan kokonaisuuden luomiseen. Valaistuksen tehtävänä on pimeän ajan tilan tai tilailluusion luominen. Mikäli kokonaisuus synnyttää virheettömyyden lisäksi tunnelmallisen mielikuvan tai herättää ylipäättään tunteita, on Siironen mukaan kyseessä esteettis-teknistä laatua edustava valaistus. Lopuksi Siironen lisää vielä, että jos tätä tunnetta voidaan verrata kokemukseen hyvästä taiteesta, on siinä onnistuttu paremmin kuin hyvin. Hyvää valaistusta voisi näin olla esimerkiksi pakkasyö ja sininen tähtitaivas. (Siironen 2019.)

Käyttäjän ohjaamiseen liittyen esteettinen valaistus todennäköisemmin miellyttää ihmisen silmää enemmän kuin valaistus, jossa esteettisyyttä ei ole tarkoin mietitty. Kuten Siirainen mainitsi, vaatii hyvä valaistussuunnitelma monen eri elementin ja vaatimuksen huomioimisen sekä sellaisen tilakokonaisuuden luomisen, josta pääsee esteettömästi tunnelmoiden tilan läpi. Toki esteettisyyden tavoittelun sijaan voi valaistuksesta tehdä tarkoituksella epämiellyttävän käyttäjälle tunteiden herättämisen toivossa, mutta vaatii senkin toteuttaminen valaistussuunnitelmaa. Kuten monessa luovassa suunnittelussa on hyvä muistaa, taiteellisia näkemyksiä on monia ja niitä jokainen voi toteuttaa miten haluaa ja oman tavoitteensa mukaisesti.

Tilan valaistuksen suunnittelu riippuu tilan käyttötarkoituksesta ja siitä, mitä sillä haetaan. Pääasiassa tilan valaistuksen tarkoituksena on tuoda näkyvyyttä, mutta myös luoda tietynlaista tunnelmaa. Valaistuksella voidaan korostaa tilan arkkitehtuuria sekä ohjalla ihmisten huomio haluttuihin esineisiin tilassa. Eri paikoissa valaistuksella voi olla tietty rooli sen tilan suhteen luomaan haluttua vaikutusta.

Esimerkiksi ravintoloissa valaistus näyttelee suurta osaa. Ravintolan onnistuneen valaistuksen kaksi tärkeää tekijää ovat tunnelma ja alueet. Kokonaisuudessaan ravintolan valaistuksen tulee olla hienovaraista, mutta eri toiminnolliset alueet, kuten kulkureitit ja tarjoilualueet, tulisi valaista kirkkaammin. Riippumatta siitä, millainen ravintola on kyseessä, tulisi valaistuksen aina soveltua tilan arkkitehtuuriin ja sisustukseen. Valon määrän tarve vaihtelee paljon vuorokaudenajan mukaan. Aamupalalla käytetään yleensä enemmän valoa, sillä se saa ihmiset tuntemaan itsensä virkeämmäksi, kun taas illalla hämärä valaistus saa ihmiset rentoutumaan. Baaritiskeillä korostetaan halutut tuotteet valoilla (ks. kuvio 14), jotta saataisiin ihmisten huomio kiinnittymään niihin. (Saarelainen 2019.)



Kuvio 14. Baaritskeillä korostetaan valoilla halutut tuotteet, jotta kävijä varmasti huomaa ne (Saarelainen 2019).

Tilojen valaistuksessa käytetään yleensä erilaisia ja useita valonlähteitä hyödyksi. Tilojen valaistuksen suunnittelussa tulevat usein vastaan termit yleisvalo, kohdevalo ja tunnelmavallo. Yleisvalon tehtävänä on valaista laajasti ja tehokkaasti tila. Kohdevalo suunnitellaan yleisvalon jälkeen ja sillä valaistaan yksittäisiä kohteita tilassa. Tunnelmavalolla luodaan nimen mukaisesti tunnelmaa tilaan ja sillä voidaan korostaa myös haluttuja asioita tilassa. (Vihinen 2020.) Virtuaalisen tilan valaistuksen suunnittelussa voidaan ottaa mallia todellisen maailman tilojen valaistuksista.

6 Miten virtuaalitodellisuudessa voidaan ohjailia ihmistä

Käsittelen tässä luvussa lyhyesti virtuaalitodellisuutta ja miten virtuaalitodellisuudessa ohjailaan käyttäjää valojen ja värien avulla. Käsittelen myös valojen ja värien käyttöä Unreal Enginessä.

6.1 Virtuaalitodellisuus

Virtuaalitodellisuus (lyhyesti VR, virtual reality) on keinotekoinen ympäristö, joka koetaan tietokoneen tuottamien aistiärsykkeiden kautta ja jossa käyttäjän toiminta osittain määrittää, mitä ympäristössä tapahtuu. Se viittaa myös teknologiaan, jonka avulla voidaan käyttää tai luoda virtuaalitodellisuutta. (Merriam-Webster.com 2017.)

VR:ää käytetään paljon viihteessä kuten peleissä, mutta myös esimerkiksi teollisuudessa, terveydenhuollossa ja opetuksessa. VR:lle ominaista on käyttäjän uppoutuminen (immersio) esitettävään sisältöön ja interaktiivisuus. Käyttäjän immersioon vaikuttaa, miten hyvin todellinen maailma saadaan eristettyä VR-maailmasta. (Laine & Dufva 2019.)

VR-lasien avulla ihminen voi katsoa ympärilleen ja liikkua virtuaalitodellisuudessa. VR-lasit ovat päähän puettavia näyttölaitteita (HDM, Head Mounted Display), jotka toimivat esimerkiksi tietokoneeseen liitettynä. Nykyään on myös VR-laseja, jotka eivät vaadi erillistä tietokonetta toimiakseen (ks. kuvio 15). VR-laseissa voidaan käyttää päänseurantatekniikkaa (head-tracking), joka mahdollistaa näkökentän muuttumisen pään kääntyessä. Myös silmäseuranta (eye-tracking) määrittää infrapunavälillä kuvan syvyyden. (Gera 2020.) Ihminen voi liikkua VR-ympäristössä kävelemällä VR-lasit päässä liikkeentunnistimien avulla. Liikkuminen onnistuu myös käyttämällä VR-lasien ohella käytettäviä ohjaimia. VR-laseja kehitetään koko ajan lisää, ja uusia ominaisuuksia varmasti syntyy ajan myötä.



Kuvio 15. HTC Vive Cosmos käyttää kameroita ympäristön ja ohjainten seurantaan (Gsmarena 2019).

VR-ympäristöjen ja sovellusten luominen onnistuu pelimoottoreilla. Kaksi suosituinta ja käytetyintä pelimoottoria ovat Unity ja Unreal Engine.

6.2 Ohjaaminen virtuaalitodellisuudessa

Käsittelen ohjaamista VR:ssä tutkimalla VR-pelejä ja sitä, miten niissä on käytetty valoja ja värejä käyttäjän ohjaamiseen. VR-peleissä ja -ympäristöissä käytetään yhtä lailla valoja ja värejä käyttäjän ohjaamiseen kuin muissakin medioissa.

Hämärästi valaistussa VR-ympäristössä voidaan käyttää erivärisiä valoja kiinnittämään pelaajan huomio pelin kannalta oleellisiin objekteihin tai osoittamaan pelaajalle tietty pelin ympäristössä oleva alue (ks. kuvio 16). Hämärällä valaistuksella saadaan aikaan kontrastia valaistuihin kohtiin, mikä saa pelaajan nopeammin huomaamaan valaistut objektit tai alueet VR-ympäristössä.

Tämä helpottaa pelaajaa etenemään pelissä sekä löytämään pelin tarinan kannalta oleellisia objekteja.



Kuvio 16. *Rise of Tomb Raider*-pelissä hämärä valaistus vaikuttaa pelin tunnelmaan. Ympäristössä erikseen valaistut objektit ohjaavat pelaajan huomiota (PlayStation Europe 2016).

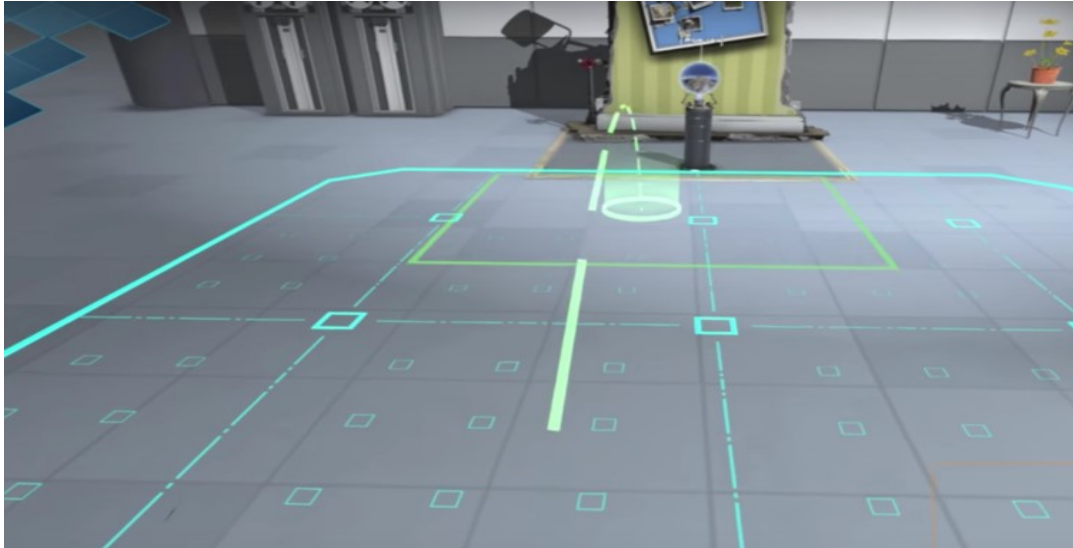
VR-peleissä voidaan usein käyttää värejä elokuvien tapaan kuljettamaan tarinaa ja hahmojen kehitystä eteenpäin. Erivärisellä valaistuksella voidaan muuttaa tunnelmaa dramaattisesti pelin tarinan mukaan. Kuten elokuvissa, myös peleissä voidaan eri kohtauksilla tai pelin eri vaiheissa muuttaa valaistuksen väriä määräämään sen hetken ympäristön tunnelman ja ohjaamaan pelaajan tunteita. Värien psykologiaa käyttäen voidaan vaihdella VR-pelin ympäristön värejä sen mukaan, mitä tunteita halutaan pelaajalle herättää. Väreillä voidaan myös esimerkiksi viestiä pelaajalle tämän saaneen iskun viholliselta tai ottaneen osun ympäristöstä (ks. kuvio 17). Usein punaisella värillä viitataan pelaajan saaneen elämää alentavan iskun pelissä. Punaista väriä käytetään peleissä myös kuvaamaan esimerkiksi vihollisia.



Kuvio 17. Kuvakaappaus pelistä *Resident Evil 7: Biohazard* (2017). Kun pelaajaa haavoittuu, valaistus muuttuu punaiseksi (P.B.Horror Gaming 2017).

Valoilla voidaan VR-peleissä ja -ympäristöissä osoittaa käyttäjälle, mihin suuntaan tulisi liikkua. VR-peleissä yleensä liikutaan ohjaimen avulla osoittamalla siihen suuntaan, mihin halutaan mennä, ja painamalla samalla ohjaimen näppäintä. Monet VR-pelit ja -ympäristöt käyttävätkin esimerkiksi ohjaimesta lähtevää valonsädettä tai muuta värikästä elementtiä osoittamaan käyttäjälle, mihin hän on liikkumassa. (ks. kuvio 18). Tämä helpottaa käyttäjää näkemään minne hän on seuraavaksi VR-ympäristössä menossa. Valonsäteen avulla käyttäjä voi myös tarkemmin valita, mihin kohtaan ympäristössä hän haluaa seuraavaksi asettua.

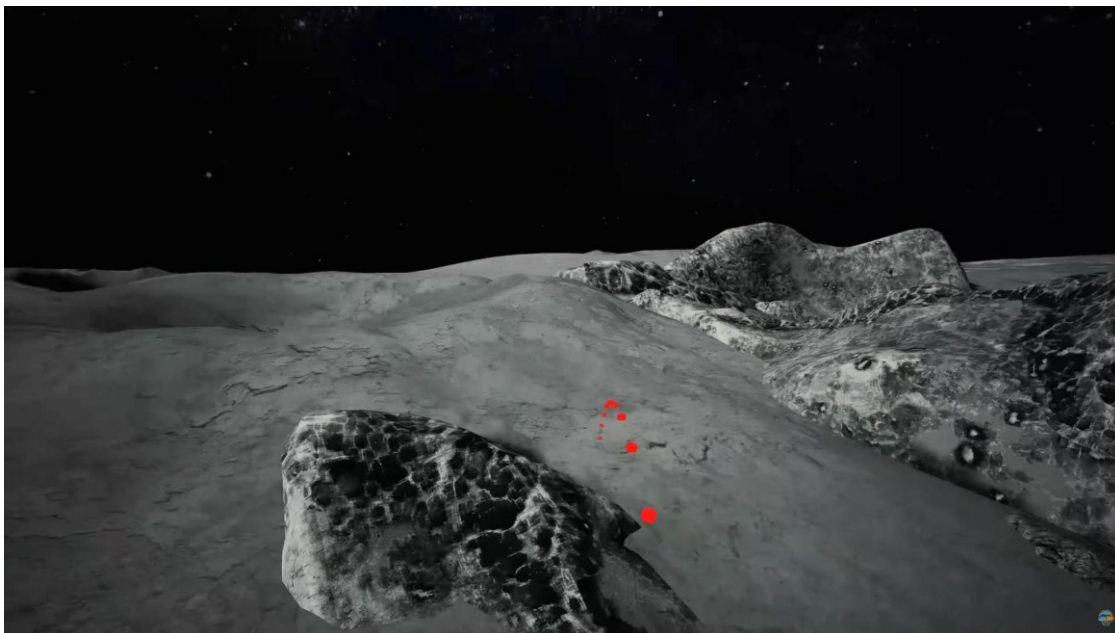
Samaa värikästä valonsädettä voidaan käyttää myös liikkumisen sijaan VR-peleissä ja -ympäristöissä esineiden nappaamiseen ohjaimella. Tämän tapainen osoitin helpottaa yhtä lailla käyttäjää näkemään visuaalisesti, mitä on tekemässä, sekä helpottaa esineen nappaamista kohdistamalla valonsäde siihen.



Kuvio 18. Valven *The Lab*-VR-pelissä voidaan liikkua eteenpäin ohjaimen osoittaman valonsäteen avulla (Outlaw 2016).

Liikkumista voidaan myös rajoittaa ja ohjailta VR-ympäristöissä muuttamalla valonsäteen väriä tai käyttämällä liikkumista rajoittavia seiniä (ks. kuvio 19). Erityisesti laajoissa VR-ympäristöissä voidaan estää käyttäjän poistuminen tietyltä alueelta rajoittamalla liikkumisen mahdollisuutta. VR-peleissä ja -ympäristöissä käytetään usein punaista väriä myös osoittamaan käyttäjälle, että jotakin toimintoa ei ole mahdollista suorittaa.

Liikkumista ja toimintoja sallivat värit, joita VR-peleissä ja ympäristöissä on käytetty, ovat tutkimani mukaan vaihdelleet. Yleisiä käytössä olevia värejä ovat olleet sininen, vihreä ja keltainen. VR-ympäristön värien suunnittelussa olisi hyvä ottaa huomioon liikkumista ja toimintaa ohjaavien värien näkyvyys ja erottaminen taustasta. Värisokeiden ja poikkeavan värinäön omaavilla ihmisillä voi esiintyä vaikeuksia erottaa peleissä varsinkin yleisesti käytössä olevia punaisia ja sinivihreitä värejä taustasta.



Kuvio 19. Wanderer-pelissä liikkumista osoittavat pisteet muuttuvat punaisiksi, kun alueeseen ei voi mennä. (The VP PR 2022).

VR-peleissä voidaan käyttää myös valon määrää ohjaamaan pelaajaa. Pelin ympäristö voi olla aluksi hämärä, mutta valon määrä voi lisääntyä pelin edetessä. Valon määrä vaikuttaa käyttäjän kokemukseen VR-ympäristössä, ja sitä voi käyttää tehokeinona ympäristön tai pelin tunnelman luomiseen. Esimerkiksi kauhupelissä on usein hämärä valaistus, joka lisää pelaajan jännitystä ja pelkoa.

6.3 Valaistus virtuaalituodellisuudessa Unreal Engineillä

Valaistuksen rakentaminen virtuaaliseen ympäristöön on luova prosessi, jossa päätetään, mihin asetetaan valot, valojen värit, käytettävät valotyypit ja valojen suuntaukset. Kaikki nämä tekijät vaikuttavat lopputulokseen ja käyttäjän kokemukseen. Luovan prosessin lisäksi valaistuksen rakentaminen on myös hyvin tekninen aihe, sillä siinä on hyvä tietää eri valon tyypeistä, muodoista ja suorituskyvystä sujuvan kokemuksen takaamiseksi. (Moniem 2016.)

VR:ssä valaistus ja valojen käyttö eroaa jonkin verran elokuvissa käytetyistä valaisutekniikoista. Käyttäjä näkee VR:ssä esitettävän ympäristön eri kulumista,

joten valaistus on suunniteltava myös sen mukaisesti. Interaktiivisessa VR-ympäristössä valaistus voi vaihtua tai muuttua esimerkiksi käyttäjän toimien vuorovaikutuksesta. Keskityn opinnäytetyössäni käsittelemään valaistuksen suunnittelua ja käyttöä pelimoottori Unreal Engineissä. Vastaavia valoja ja valaistuksen työkaluja löytyy myös muista pelimoottoreista kuten Unitysta, joten käsittelemiäni asioita voi soveltaa myös muihin ohjelmiin.

Se, millaista valaistusta kannattaa käyttää, riippuu yleensä siitä, millaista projektia on tekemässä, sillä osa valaistuksista vaatii tietokoneelta enemmän tehoa kuin toiset. Tähän voi vaikuttaa myös, mille laitteistoille VR-ympäristö tai -projekti on suunniteltu. Vaativa valaistus voi tehdä koko VR-ympäristöstä raskaan tiedoston laitteelle suoritettavaksi. Tämä taas voi johtaa projektin toimivuuden hidastumiseen, mikä vaikuttaa käyttäjän käyttökokemukseen. Valaistukseen vaikuttaa myös se, onko VR-ympäristössä liikkuvia osia. Pienet liikuteltavat objektit eivät vaikuta niin paljon VR-ympäristön valaistukseen kuin suuret liikuteltavat osat.

Unreal Engineissä valaistuksen rakentamiseen käytetään erilaisia valotyypppejä. Jokaista valotyyppiä pystyy pelimoottorissa muokkaamaan ja säätämään oman tarpeen mukaan. Valotyyppien asetuksissa pystyy esimerkiksi muokkaamaan valon väriä, voimakkuutta ja kokoa. Unreal Enginen neljä yleisintä valotyyppiä ovat directional-, point-, spot- ja sky-valo.

Directional-valoa käytetään yleensä ensisijaisena ulkovalona tai valona, jonka on tarkoitus näyttää ikään kuin se loistaisi hyvin kaukaisesta etäisyydestä. Directional-valoa käytetään useimmiten aurinkona (ks. kuvio 20).



Kuvio 20. Directional-valo (Unreal n.d.).

Point-valot ovat hehkulampun tapaisia valoja, jotka säteilevät valoa eri suuntiin yhdestä pisteestä (ks. kuvio 21).



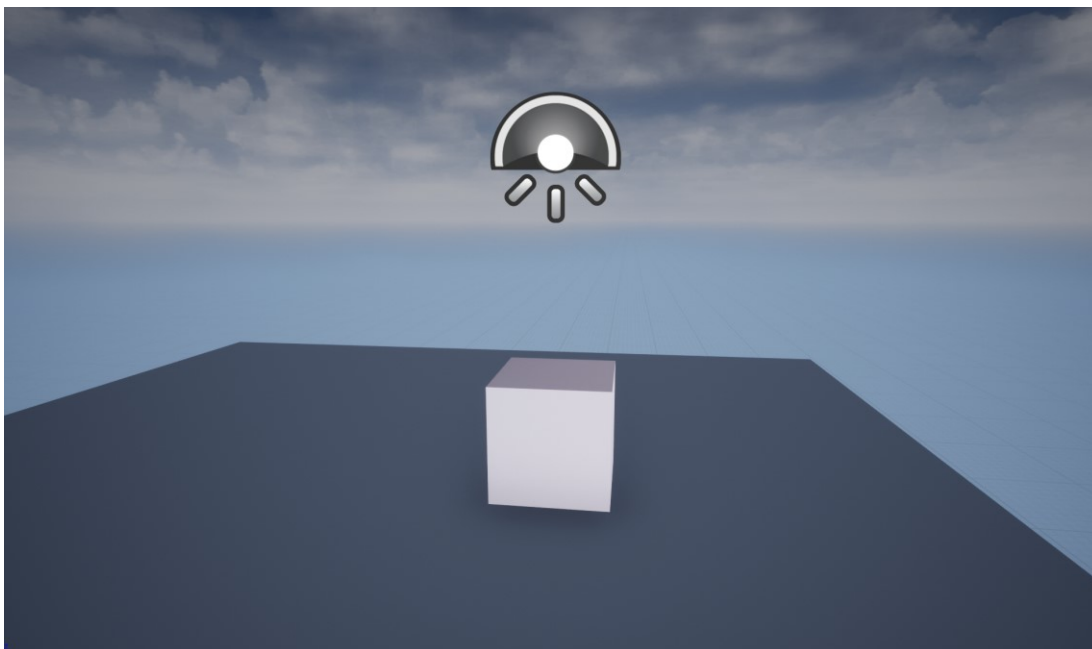
Kuvio 21. Point-valo (Unreal n.d.).

Spot-valot eli kohdevalot tuottavat valoa yhdestä pisteestä ja niiden valaisema alue on kartionmuotoinen (ks. kuvio 22).



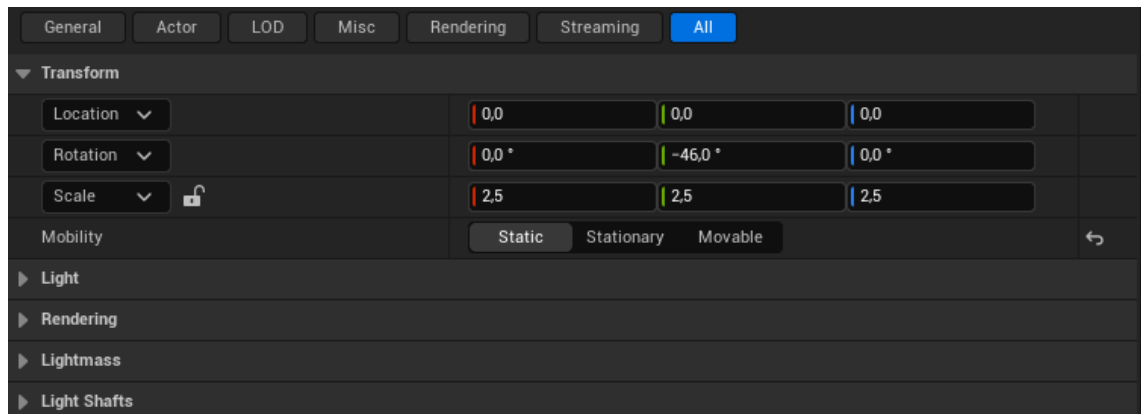
Kuvio 22. Spot-valo (Unreal n.d.).

Sky-valo valaisee ympäristöä Unrealin Sky-Spheren (ks. kuvio 23) tai taustalle sijoitetun 360-asteisen HDRI-kuvan avulla. Sky-valo simuloi siis taivaan valoa, ja sitä voidaan käyttää esimerkiksi ulkoympäristöjen valaistuksessa. (Unreal Engine n.d.)



Kuvio 23. Sky-valo käyttää Sky-Sphereä valaisussaan.

Unreal Enginen valot voidaan jakaa vielä kolmeen eri tyyppiin: staattinen (static), kiinteä (stationary) ja liikkuva (movable) (ks. kuvio 24).



Kuvio 24. Valojen asetuksista pystyy muuttamaan valotyyppiä.

Staattisia valoja ei voi muuttaa tai liikuttaa reaaliajassa. Staattiset valot eivät myöskään varjosta liikkuvia esineitä. Staattisia valoja käytetään esilasketun valaistuksen rakentamiseen. (Unreal n.d.) Kiinteät valot omaavat staattisten ja liikkuvien valojen ominaisuuksia. Kiinteä valo valaisee liikkuvia esineitä ja luo dynaamisia varjoja, mutta valoa ei voi staattisen valon tapaan liikuttaa. Kiinteät valot toimivat myös reaaliajassa. Liikkuvia valoja käytetään reaaliajassa laskettavaan valaistukseen eli dynaamiseen valaistukseen (dynamic lighting). Liikkuvat valot valaisevat liikkuvia esineitä ja luovat myös dynaamisia varjoja.

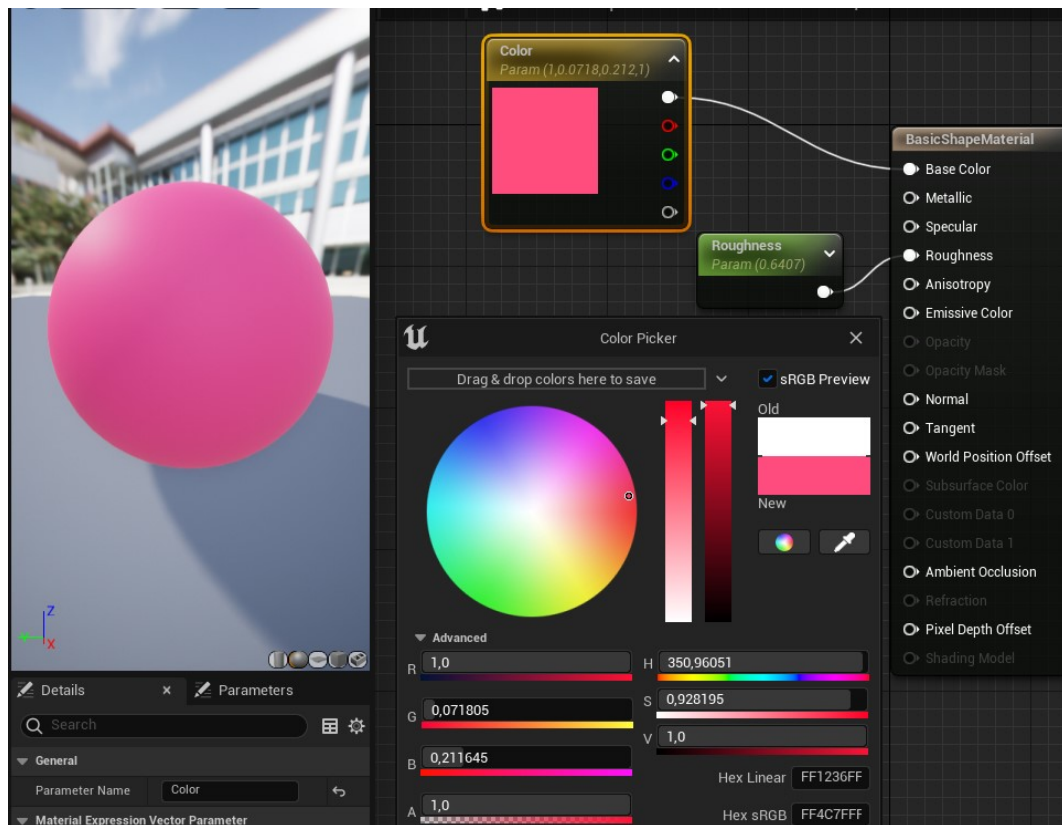
Unreal Enginessä voidaan käyttää esilaskettua tai reaaliajassa laskettavaa valaistusta. Reaaliajassa laskettava valaistus koostuu dynaamisista valoista. Dynaaminen valo on tarkka, ja sen avulla pystyy VR-ympäristöä luodessa suoraan näkemään, mihin valo vaikuttaa siinä ympäristössä. Dynaaminen valo voi muuttaa esimerkiksi pelissä olevaa valaistusta pelaajan valintojen ja liikkumisen mukaan tai kameran liikkeen mukaan. Dynaaminen valaistus sopii hyvin interaktiivisuutensa vuoksi esimerkiksi peleihin ja ympäristöihin, jossa valaistusta käytetään pelimekaniikkana. Dynaamiset valot ovat kuitenkin raskaita tietokoneelle laskettavaksi, sillä tietokone joutuu jatkuvasti reaaliajassa päivittämään valoja ja varjoja. Unreal Enginellä on hyvä dynaaminen valaistus-systeemi, mutta useimmille VR-ympäristöille se on ylilyönti ja liian kallis käyttää. (Hillmann 2019.) VR-projekteissa suositetaan tämän vuoksi esilasketun

valaistuksen käyttöä. Esilaskettu valaistus pitää niin sanotusti rakentaa tai leipoa ympäristöön. Tätä kutsutaan yleisesti valojen beikkaamiseksi (baking). Valojen beikkaus ennalta laskee ympäristön valotuksen eikä muuta sitä reaaliajassa. Tämä säästää tietokoneen tehoa eikä tee VR-ympäristöstä niin raskasta suorittaa. VR-ympäristön valaistuksessa olisi hyvä käyttää beikattuja valoja aina kun mahdollista. (Unreal n.d.)

Staattiset valot, joita käytetään valojen beikkaamiseen, tukevat globaalia valaistusta (global illumination). Globaali valaistus on termi, jota käytetään kuvaamaan valoa, jonka valonsäteet kimpoavat pinnoista toisiin pintoihin. Globaali valaistus simuloi oikean valon käyttäytymistä, jonka vuoksi sitä käytetään realistisen valaistuksen luomiseen Unreal Enginellä. Liikkuvat valot eivät tue globaalia valaistusta, jonka vuoksi pelkästään niistä valoista koostuva valaistus voi näyttää epäaidolta. Kiinteät valot voivat tukea globaalia valaistusta, jos käytetään säteen jäljityksen (ray tracing) toimintoa. (Unreal n.d.)

6.4 Värien käyttö Unreal Enginessä

VR-ympäristössä värejä voidaan käyttää käyttäjän ohjaamiseen vaihtamalla valojen värejä tai käyttämällä värikkäitä objekteja ympäristössä. Valojen värien vaihtaminen onnistuu valojen omista asetuksista, mutta objektien värit voidaan asettaa materiaaleilla. Unreal Enginessä objektien materiaalit voidaan yksinkertaisimmillaan määrätä pelimoottorin oman visuaalisen Blueprint-ohjelmointijärjestelmän avulla (ks. kuvio 25).



Kuvio 25. Blueprint-järjestelmässä voidaan muokata materiaaleja.

Objektien materiaalien muokkauksella voidaan myös määrittää esimerkiksi miten kyseinen materiaali reagoi valoon. Unreal Engineen kuten myös muihin pelimoottoreihin on mahdollista tuoda lisäksi valmiita materiaaleja objekteja varten.

7 Oma projekti

7.1 Tavoite ja suunnitelma

Tavoitteena omalle projektille oli luoda VR-ympäristö Unreal Engineen, jossa testailen valojen ja värien käyttöä käyttäjän ohjaamisen kannalta. Halusin opinnäytetyön ohella päästä kokeilemaan opinnäytetyössäni oppimaani sekä kokeilla valaistuksen ja värien suunnittelua VR-ympäristöön Unreal Enginellä. Tavoitteena oli myös selvittää, ovatko jotkut näistä testailmistani ohjaamisen

keinoista tehokkaampia kuin toiset. Käytin projektissani Oculus Quest 2-VR-laseja ja Unreal Enginestä tämänhetkistä uusinta versiota eli Unreal Engine 5:tä.

VR-ympäristön ideana oli tehdä sisätila, jossa on kolme huonetta. Tavoitteena on yksinkertaisesti mennä huoneesta toiseen käytäviä pitkin. Kahdessa ensimmäisessä huoneessa vaihtoehtoina on kaksi käytävää, mutta vain toinen käytävistä vie toiseen huoneeseen. Tarkoituksena on siis päästä ensimmäisestä huoneesta viimeiseen. Suunnitelmani oli tehdä varsin yksinkertainen VR-ympäristö yksinkertaisella idealla, sillä halusin keskittyä valojen ja värien käyttöön ympäristössä.

VR-ympäristön valaistuksen suhteen suunnittelin aluksi, millaista tunnelmaa halusin ympäristöön. Käytin inspiraationa pakohuonemaista hämärää valaistusta. Hämärä valaistus on itsessään toimiva ohjaamisen keino ja siihen on myös helppo lisätä muitakin elementtejä. Vertailun vuoksi tein VR-ympäristöstä vielä toisen version, jossa sama valaistus oli kirkkaampi. Värien suhteen käytin pääasiassa värikkäitä valoja ympäristössä. Värit valitsin sen perusteella, mitä halusin niiden viestivän. Käytin värien suhteen hyväksi myös värien psykologiaa.

7.2 Työvaiheet

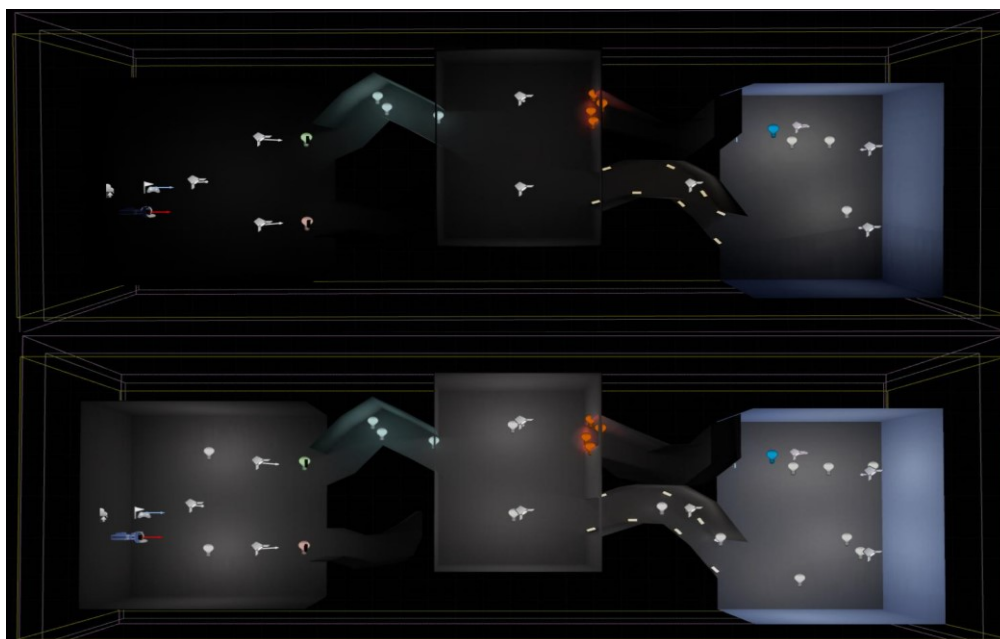
Lähdin liikkeelle mallintamalla 3D-ympäristön Blenderin 3D-mallinnusohjelmalla. Koska tavoitteena oli testaila valojen ja värien käyttöä käyttäjän ohjailun keinoina, en tuhlannut hirveästi aikaa ympäristön mallintamiseen. Olisin voinut käyttää myös jotain valmista 3D-mallia, mutta koin nopeampana mallintaa yksinkertaisen 3D-ympäristön, joka sopisi projektini tarpeisiin.

Mallintamisen jälkeen loin Unreal Enginessä uuden projektin, jonne toin mallintamani 3D-ympäristön. Kun olin saanut materiaalit ja kaikki tarvittavat toiminnot paikoilleen, lähdin rakentamaan valaistusta ympäristöni. Lähdin liikkeelle hämärästä valaistuksesta ja lisäilin valoja sen mukaan, mikä näytti mielestäni hyvältä. Käytin pääasiassa spot- ja point-valoja VR-ympäristössäni.

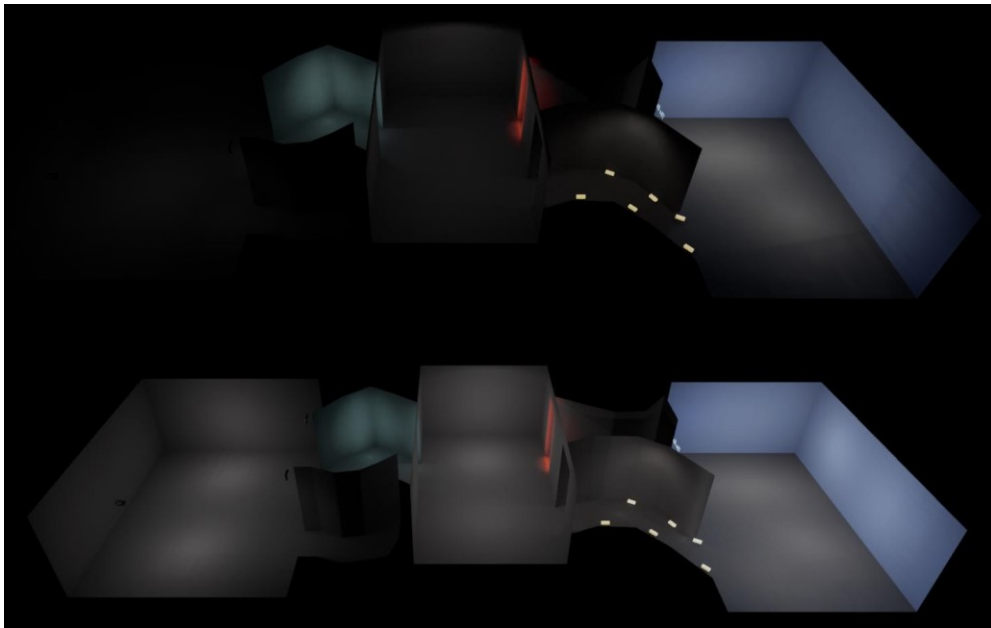
Koin, että niillä sai hyvin rakennettua sisätiloihin sopivaa valaistusta ja niitä oli helppo hallita.

Tässä vaiheessa testailin myös VR-laseilla, miltä valaistus näytti samalla, kun lisäilin valoja. Huomasin, että tietokoneen näytöltä valaistus näytti Unreal Enginessä hieman tummempana kuin miltä se näytti VR-laseilla katsottuna. Tämän vuoksi on hyvä tarkistaa välillä miltä valot ja värit näyttävät VR:ssä VR-laseilla. Vaihdoin kaikki käyttämäni valot staattisiksi, sillä se helpotti huomattavasti tietokoneen kykyä suorittaa ympäristöä Unreal Enginessä. Minulla ei myöskään ollut tarvetta muille kuin staattisille valoille, sillä VR-ympäristössäni ei ole liikkuvia osia, ja valaistus pysyy samana käyttäjästä riippumatta.

Kun olin saanut haluamani lopputuloksen, niin kopioin ympäristön ja käytin sitä toista versiota varten. Toisessa versiossa on samat valot ja värit, mutta valaistusta on muutettu kirkkaammaksi, sekä valoja on lisätty enemmän. (ks. kuvio 26 & kuvio 27).



Kuvio 26. Ylempänä näkyy ensimmäinen versio VR-ympäristöstä, jossa on hämärämpi valaistus. Alempana toinen versio, jossa on kirkkaampi valaistus.

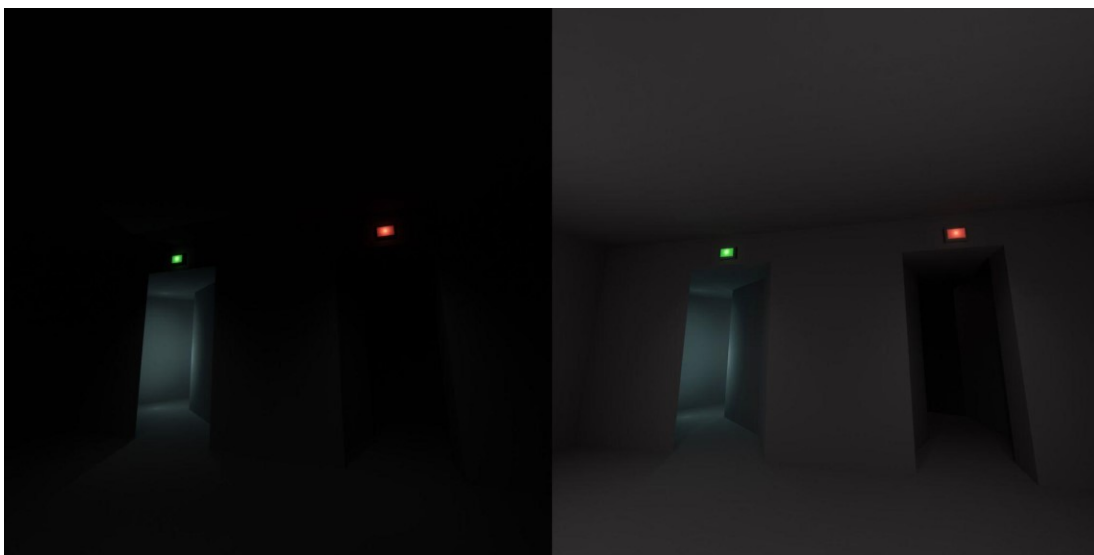


Kuvio 27. VR-ympäristöt sivulta kuvattuna.

7.3 Testailu ja vertailu

Kun olin saanut valaistukset ja värit VR-ympäristöissä valmiiksi, oli testailun ja vertailun vuoro. Ensimmäinen huone, josta käyttäjä lähtee liikkeelle, on valaistukseltaan pimein molemmissa versioissa. Valaistus lisääntyy käyttäjän edetessä huoneesta toiseen. Ensimmäisessä huoneessa tunnelma on pimeämmässä versiossa jopa vähän ahdistava. Tunnelmasta tulee mieleen vahvasti kauhupelit ja -elokuvat, joissa usein käytetään hyvin hämärää valaistusta. Toisen version huoneessa on enemmän valoa, milloin tunnelma ei ole niin ahdistava. Huoneissa on kaksi oviaukkoa, joista toisesta pääsee käytävää pitkin toiseen huoneeseen.

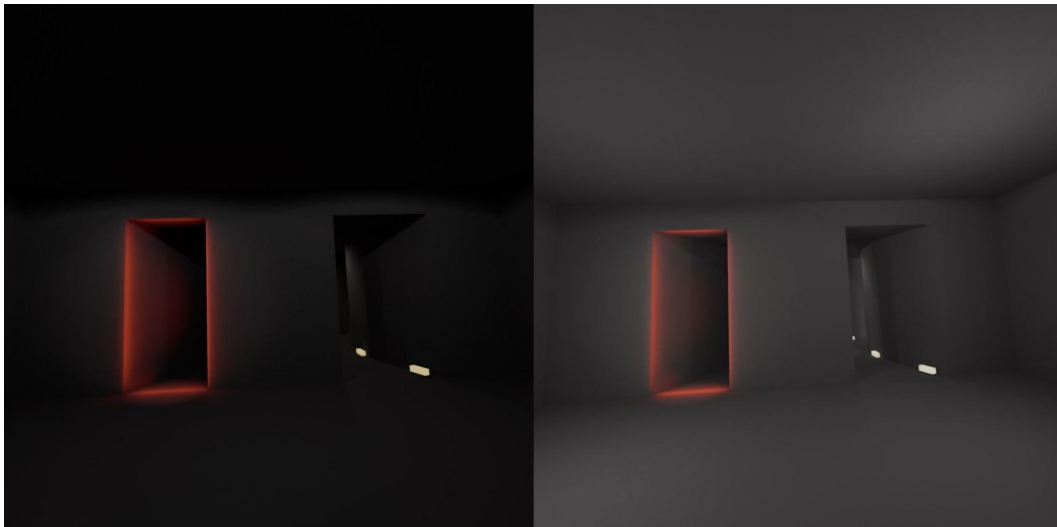
Oviaukkojen päällä on valokyltit: toinen vihreä ja toinen punainen. Valokyltit pistävät heti silmään, sillä ne luovat selkeän kontrastin hämärään tilaan. Toinen käytävistä on valaistu ja toinen ei (ks. kuvio 28).



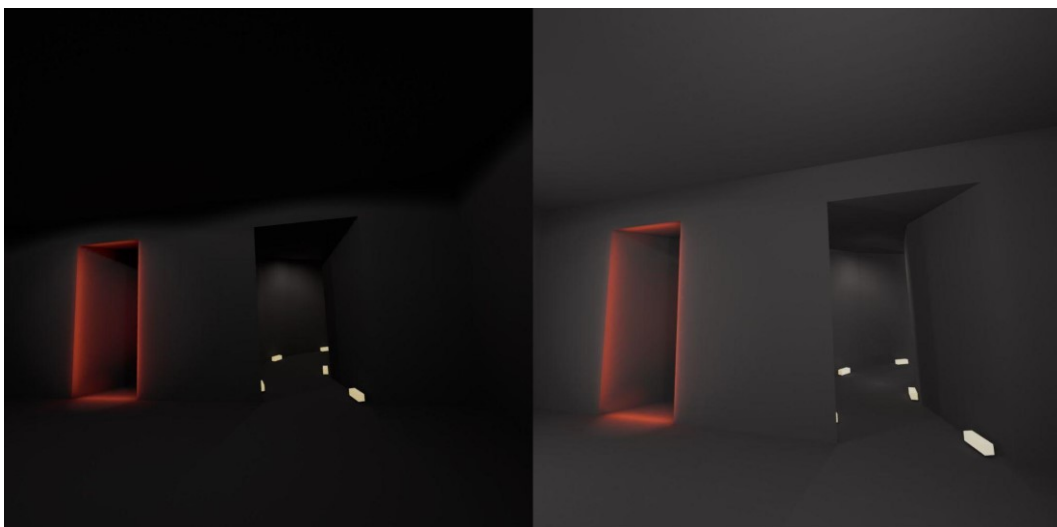
Kuvio 28. Vasemmalla pimeämmän valaistuksen VR-ympäristö ja oikealla kirkkaamman valaistuksen versio.

Vihreästä valokyltistä tulee mieleen hätäpoistumisteiden kyltti, joka osoittaa uloskäynnin. Punaisen valokyltin pystyy sen sijaan helposti yhdistämään kieltomerkkiin. Tässä käytin värien psykologiaa hyväksi punaisella ja vihreällä värillä sekä toisen käytävän sinertävällä värillä. Näitä värejä on käytetty usein myös VR-peleissä käyttäjän ohjaamiseen. Vain toinen käytävistä on valaistu, joka osoittaa selkeästi kumpi käytävistä johtaa toiseen huoneeseen. Arkkitehtuurisen ja tilan valaistuksen mukaan tärkeät alueet tilasta, kuten käytävä, on valaistu selkeästi.

Toisessa huoneessa on taas sama idea, eli on kaksi oviaukkoa, joista toinen käytävä vie seuraavaan huoneeseen. Toisessa oviaukossa on käytetty jälleen punaista valoa, joka on helppo yhdistää edelliseen punaiseen valoon ja sen merkitykseen. Johdonmukaisuus värien käytössä helpottaa käyttäjää yhdistämään tiettyjen värien merkitys siinä ympäristössä. Toisesta oviaukosta näkee sen sijaan valaistun käytävän ja valaistuja laatikoita (ks. kuvio 29 & kuvio 30).



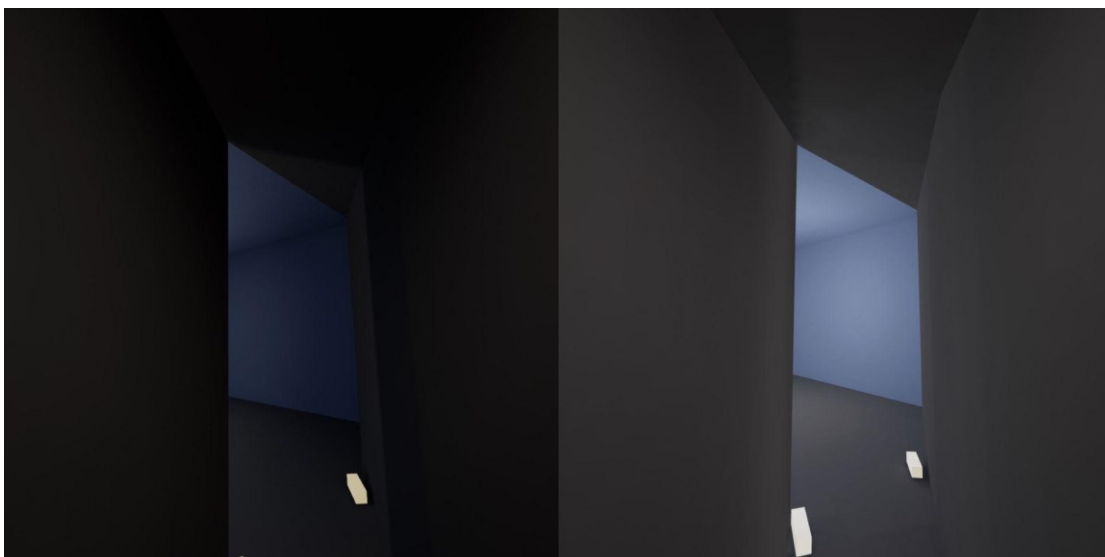
Kuvio 29. Toisen huoneen näkymä.



Kuvio 30. Valaistut laatikot osoittavat käytävän jatkuvan eteenpäin.

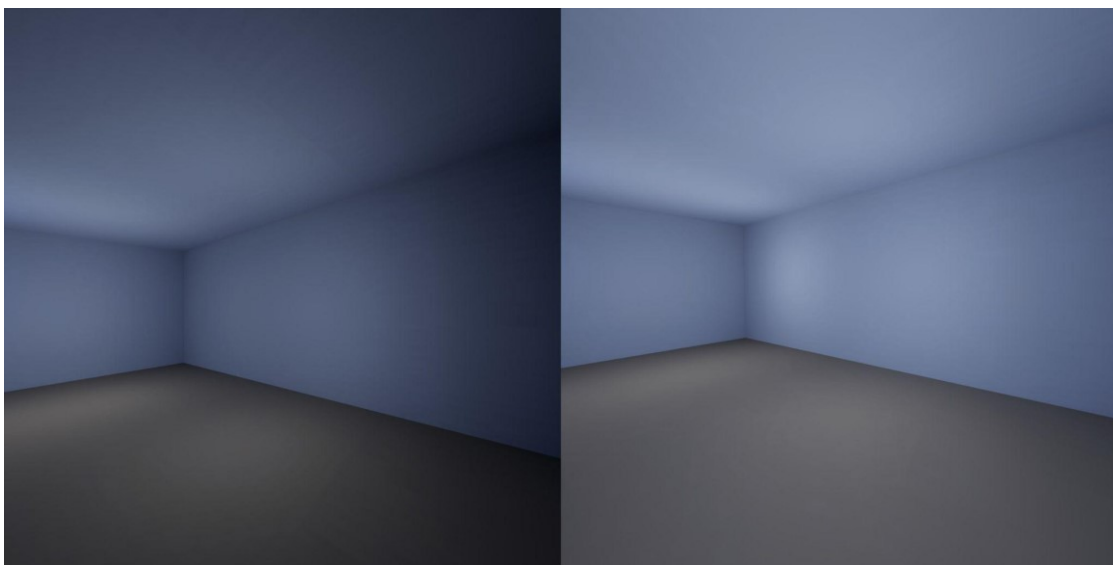
Valaistut laatikot kiinnittävät huomiota, sillä ne erottuvat selkeästi ympäristön taustaan verrattuna. Gestalt-lakien mukaan käyttäjä pystyy yhdistämään boksit toisiinsa samanlaisuuden ja läheisyyden lain mukaan. Boksit osoittavat käyttäjälle, että käytävä jatkuu eteenpäin. Boksien väri on neutraali kellertävä vaalea, joka muistuttaa yleisesti lampun väriä. Valaistu käytävä osoittaa selkeästi käyttäjälle, minne pitää mennä.

Viimeisen käytävän päästä paljastuu viimeinen huone. Viimeisessä huoneessa näkyy jotain erilaista, sillä huoneen seinät ovat siniset (ks. kuvio 31).



Kuvio 31. Viimeisen käytävän päästä paljastuu viimeinen huone.

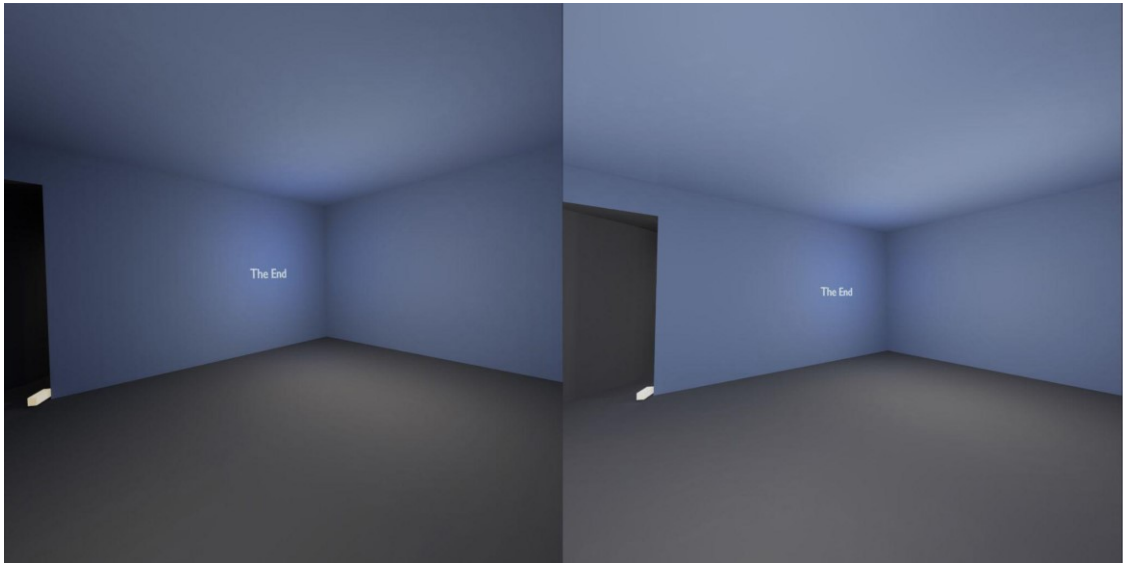
Päätin laittaa viimeiseen huoneeseen eri väriset seinät, jotta käyttäjälle käy ilmi, että tämä huone eroaa muista. Sinisen värin valitsin sen rauhoittavan ja seesteisen vaikutuksen vuoksi. Tässä olisin voinut käyttää jotain muutakin väriä, mutta valitsin sinisen värin sen merkityksen vuoksi, johon itse sen pääasiassa yhdistän. Kun huoneen sisään astuu, avautuu huone paremmin käyttäjän silmille (ks. kuvio 32).



Kuvio 32. Näkymä viimeisestä huoneesta.

Muihin huoneisiin verrattuna tässä huoneessa ei ole oviaukkoja, josta pääsisi jatkamaan matkaa eteenpäin. Luonnollisesti käyttäjälle tulee tarve kääntyä katsomaan ympärilleen. Huone on valaistu suhteellisen tasaisella yleisvalolla,

mutta huoneen toisessa päädyssä on käytetty kohdevaloja valaisemaan tarkemmin huoneen kulmaa. Tämä kiinnittää paremmin käyttäjän huomion ja saa käyttäjän kääntymään ja katsomaan valaistua kohdetta. Huone on muuten tyhjä, mutta huoneen valaistun kulman seinällä on teksti *“The End”* (ks. kuvio 33).



Kuvio 33. Seinällä oleva teksti on kohdevalaistu.

Tekstillä ei ole sen kummempaa merkitystä kuin vain vahvistaakseen käyttäjälle huoneen olevan viimeinen. Ilman tekstiäkin käyttäjälle käy tyhjästä huoneesta ilmi, että se on viimeinen huone. Tarkoituksena tässä oli testilla kohdevalojen käyttöä tilassa valaistaessa jotain oleellista aluetta.

Valot ovat pääroolissa luomassa tunnelmaa ja ohjaamassa käyttäjää. VR-laseilla katsoessa VR-ympäristöä huomasi, kuinka rajoittunut katseltava alue on. Aluetta pystyy tietenkin katsomaan joka kulmasta päätä kääntämällä, mutta alue, jonka näet kerralla, on vain pieni osa koko tilasta. Tekemäni VR-ympäristön pystyi kulkemaan hyvin nopeasti läpi. Ympäristö on suoraviivainen ja käytävät huoneisiin näkyvät aina suoraan edessä. Valaistuksen hämäryys sai valaistut alueet kuten käytävät erottumaan myös paremmin. Mielestäni valoisuuden kasvaminen huoneesta toiseen oli toimivaa ja hienovaraista ohjailua. Sanoisin kuitenkin, että valojen ja värien avulla ohjaileminen tuli paremmin esille ensimmäisessä VR-ympäristössäni, jossa käytin pimeämpää valaistusta. Hyvin merkittävää eroa ei kuitenkaan ollut toiseen valoisampaan ympäristöön. Käytin eri värejä määrällisesti vähän, mutta ottaen huomioon VR-ympäristön koon, oli

värejä mielestäni sopivasti. En ottanut värisokeutta erityisesti huomioon projektissani, mutta varjojen ja valojen avulla ohjaaminen tilan läpi onnistuu helposti. Vaikka käyttäjä ei erottaisi joitain käyttämiäni värejä ympäristössä, pystyy silti valoja seuraamalla päättelemään kulkureitin huoneesta toiseen. Laajemman testailu- ja vertailutuloksen saamiseksi olisin voinut käyttää ihmisryhmää, jolla testata VR-projektiani.

Opin tässä projektissa, että valaistukseen todella kannattaa panostaa ja sitä kannattaa miettiä tarkkaan. Vaikka väritkin ovat tärkeitä, niin valot ovat yleensä lopulta päävastuussa koko kokemuksen esittämisestä käyttäjälle. Koitin tässä projektissa käyttää tutkimuksessani oppimiani ohjaamisen keinoja. En ihan jokaista keinoa saanut tämän projektin aikana kokeiltua, mutta koitin ottaa sieltä täältä erilaisia tapoja käyttäjän ohjaamiseen valoilla ja väreillä. Käyttäjän ohjaaminen VR:ssä onnistuu siinä missä pelaajan ohjaaminen pelissä. Asioita, joita tulisi ottaa huomioon VR:ssä ohjaamisessa on käyttäjän näkökenttä VR-laseilla. Tärkeintä on muistaa testaila itse omaa VR-projektiaan VR-laseilla valaistusta rakentaessa ja värien valinnassa.

8 Pohdinta

Ihmisten ohjaamista valoilla ja väreillä on käytetty jo pitkään eri tarkoituksiin. Niin elokuvien kuin tilojen valaistuksiin on omat tekniikkansa, jotka ovat juurtuneet hyvin pitkältä nykyhetkeen. Valoilla ja väreillä on tärkeit merkitykset ihmisille, ja olemme jo luontaisesti tottuneet etsimään niiden merkityksiä ympäriltämme. Monet ohjaamisen keinot jokapäiväisessä elämässämme ovat niin arkisia, että emme edes kiinnitä niihin erityistä huomiota vaan toimimme luonnostaan oppimallamme tavalla. Kokonaisvaltaisen ohjaamisen kannalta on hyvä ymmärtää, mitkä asiat vaikuttavat ihmisen ohjautuvuuteen, ja tutkia kaikenkattavista valojen ja värien ohjaamisen keinoja.

Käyttäjän ohjaaminen VR:ssä valoilla ja väreillä on tärkeässä roolissa myös immersion luomiseen. Käyttäjän ohjaamisen suunnittelussa voidaan hyvin

käyttää hyödyksi jo hyväksi koettuja ohjaamisen keinoja niin arkkitehtuurisesta valaistuksesta kuin pelien suunnittelusta. Valojen ja värien käyttö VR:ssä voi riippua myös siitä, millaista projektia on tekemässä ja mihin tarkoitukseen. Hienovarainen ohjailu tekee VR-kokemuksesta käyttäjälle entistä sujuvamman ja mieluisan. On hyvä ottaa huomioon valojen ja värien käytön suunnittelussa VR:ssä käyttäjän näkökentän laajuus VR-laseilla.

VR on tulossa koko ajan ajankohtaisemmaksi, ja käyttäjiä on nykyään paljon enemmän kuin aiemmin. VR avaa monia mahdollisuuksia ihmisille kokea elämyksiä, joita ei ehkä muuten pystyisi kokemaan. Mielestäni ei ole oikeaa tai väärää tapaa käyttää värejä ja valoja VR:ssä, vaan jokaisella on vapaus toteuttaa omaa näkemystään. Toivon kuitenkin opinnäytetyöni herättävän lukijalle ideoita valojen ja värien käytöstä VR:ssä ja kenties avaavan uusia näkemyksiä käyttäjän ohjaamisesta.

Lähteet

Bellantoni, Patti 2012. If It's Purple Someone's Gonna Die. Lontoo: Routledge. Luettavissa O'reilly-palvelussa <<https://www.oreilly.com>> (luettu 22.11.2021)

Buether, Axel 2014. Colour. München: Detail Business Information GmbH. Luettavissa Ebook Central-palvelussa <<https://ebookcentral.proquest.com/lib/metropolia-ebooks/home.action>> (luettu 7.12.2021)

Ervasti, Tarja n.d. Valaistuksen historiaa. Disco.teak.fi <<https://disco.teak.fi/valo/1-elavan-tulen-aika/>> (luettu 16.5.2021)

Gera, Ishaan 2020. Techsplained: What is virtual reality and how does it work. Financialexpress.com <<https://www.financialexpress.com/industry/technology/techsplained-what-is-virtual-reality-and-how-does-it-work/1940285/>> (luettu 16.5.2021)

Haapanen, Lauri 2017. Kaiken maailman värit. Maailmankuvalehti.fi <<https://www.maailmankuvalehti.fi/2007/6/pitkat/kaiken-maailman-varit/>> (luettu 21.10.2021)

Hallamaa, Malviina 2017. Miksi elokuvat vaikuttavat meihin niin paljon?. Hiff.fi <<https://hiff.fi/kulissien-takaa/2017/10/02/miksi-elokuvat-vaikuttavat-meihin-niin-paljon/>> (luettu 15.5.2021)

Harju, Matias n.d. Valon ominaisuuksia. Aaltomuoto.wordpress.com <<https://aaltomuoto.wordpress.com/valo/nayttamovalaisun-perusteet/valon-ominaisuuksia>> (luettu 15.5.2021)

Heinonen, Riikka 2019. Haluatko rauhoittua? Tämä väri auttaa! Kotiliesi.fi <<https://kotiliesi.fi/terveys/hyvinvointi/haluatko-rauhoittua-tama-vari-voi-auttaa/>>

(luettu 15.5.2021)

Hillmann, Cornel 2019. Unreal for Mobile and Standalone VR: Create Professional VR Apps Without Coding. Apress. Luettavissa O'reilly-palvelussa <<https://www.oreilly.com>> (luettu 25.11.2021)

Kathryncodonnell 2021. Gestalt and Design: Focal Point. Medium.com <<https://katecodonnell.medium.com/gestalt-and-design-focal-point-ec05a8c47053>> (luettu 6.9.2022)

Laine, Anne 2004. Hahmolait käytettävyyden parantajina. Mit.jyu.fi <<http://www.mit.jyu.fi/opetus/opinnayte/LuK/Hahmolait/>> (luettu 1.9.2022)

Laine, Hannele & Dufva, Pilvi n.d. 7 Kysymystä virtuaalitodellisuudesta. Virtual.outdoorsfinland.com <<https://virtual.outdoorsfinland.com/2018/03/7-kysymysta-virtuaalitodellisuudesta/>> (luettu 16.5.2021)

Lehtinen, Antti 2007. Kolmipistevalaistus 3DS MAXissa. SecondPicture.com <http://www.secondpicture.com/tutoriaalit/3d/kolmipistevalaistus_3ds_max_01.html> (luettu 15.5.2021)

Näsänen, Risto 2007. Visuaalisen käytettävyyden opas. <<http://nasanen.info/Opas2007.pdf>> (luettu 31.8.2022)

Moniem, Muhammad A 2016. Mastering Unreal Engine 4.X. Packt Publishing. Luettavissa O'reilly-palvelussa <<https://www.oreilly.com>> (luettu 24.11.2021)

Merriam-Webster n.d. Virtual reality definition. Merriam-webster.com <<https://www.merriam-webster.com/dictionary/virtual%20reality>> (luettu 5.10.2021)

Papunet n.d. Näköaisti vuorovaikutuksessa. Papunet.fi

<<https://papunet.net/tietoa/nakoaisti-vuorovaikutuksessa>> (luettu 19.10.2021)

Saarelainen, Joonas 2019. Hotellin ja ravintolan valaistus. Winled.fi

<<https://www.winled.fi/blogi/artikkeli/Hotellin-ja-ravintolan-valaistus>> (luettu 17.9.2022)

Saarela, Osmo 2021. Värisokeus ja poikkeava värinäkö. Terveyskirjasto.fi

<<https://www.terveyskirjasto.fi/dlk00347>> (luettu 19.10.2021)

Siironen, Roope 2019. Arkkitehtuurivalaistus – tekniikkaa vai estetiikkaa? Valoa.com

<<https://valoa.com/arkkitehtuurivalaistus-tekniikkaa-vai-estetiikkaa/>> (luettu 14.9.2022)

Siironen, Roope 2019. Arkkitehtuurivalaistus – mitä on laadukas valaistus?

Valoa.com <<https://valoa.com/arkkitehtuurivalaistus-mita-sitten-on-laadukas-valaistus/>> (luettu 14.9.2022)

Sulopuisto, Olli 2017. Silmät huijaavat meitä koko ajan. Yle.fi

<<https://yle.fi/aihe/artikkeli/2012/03/20/silmat-huijaavat-meita-koko-ajan>> (luettu 8.9.2022)

Tech, Jameses 2020. How lighting affects the mood of films. Medium.com

<<https://medium.com/age-of-awareness/how-lighting-affects-the-mood-of-films-8509e8eb1e18>> (luettu 15.5.2021)

ThinkMath n.d. Tarkkaavaisuus ja muisti ovat merkittäviä toiminnanohjauksessa. Blogs.Helsinki.fi

<<https://blogs.helsinki.fi/thinkmath/tietopalvelu/toiminnanohjaus/tarkkaavaisuus-ja-muisti-ovat-merkittavia-toiminnanohjauksessa/>> (luettu 12.9.2022)

Trötches, Rita 2016. Värit ovat ikivanha visuaalinen kieli. Yle.fi
<<https://yle.fi/aihe/artikkeli/2012/12/10/varit-ovat-ikivanha-visuaalinen-kieli>>
(luettu 20.10.2021)

Unreal Engine n.d. Types of Lights. Docs.Unrealengine.com
<<https://docs.unrealengine.com/4.27/en-US/BuildingWorlds/LightingAndShadows/LightTypes/>> (luettu 20.09.2022)

Virtual Reality Society 2017. What is Virtual Reality? Vrs.org.uk
<<https://www.vrs.org.uk/virtual-reality/what-is-virtual-reality.html>> (luettu
16.5.2021)

Vihinen, Eevi 2020. Kodin valaistus. Decofeast.fi
<<https://decofeast.fi/kodin-valaistus/>> (luettu 17.9.2022)

Ylöjärvi n.d. Miksi esineet näyttävät eri valossa eri värisiltä? Peda.net
<<https://peda.net/yl%C3%B6j%C3%A4rvi/peruskoulut/viljakkalan-koulu/aineet/fysiikka/vja/valo-ja-v%C3%A4ri/v%C3%A4rit>> (luettu 15.5.2021)

Kuvalähteet

Kuvio 1. EdPlace n.d. What is colour blindness? Edplace.com
<<https://www.edplace.com/blog/send/what-is-colour-blindness>> (katsottu
19.10.2021)

Kuvio 2. Crawford, Michael 2015. How To Use Colors In Graphic Design For Impact. Designhill.com <<https://www.designhill.com/design-blog/how-to-use-colors-in-graphic-design-for-impact/?amp=1>> (katsottu 23.9.2022)

Kuvio 3. Esmaeili, S. Mostafa 2020. Gestalt Laws. Medium.com
<<https://medium.com/fof-tehran/gestalt-laws-66a5cbd90024>> (katsottu 5.9.2022)

Kuvio 4. Esmaeili, S. Mostafa 2020. Gestalt Laws. Medium.com
<<https://medium.com/fof-tehran/gestalt-laws-66a5cbd90024>> (katsottu 5.9.2022)

Kuvio 5. Chapman, Cameron n.d. Exploring the Gestalt Principles of Design. Toptal.com <<https://www.toptal.com/designers/ui/gestalt-principles-of-design>> (katsottu 5.9.2022)

Kuvio 6. Garg, Charchit 2019. Principles of Design: Visual Perception and Gestaltism. Medium.com <<https://charchitgarg27.medium.com/principles-of-design-visual-perception-and-gestaltism-2b0c4206834a>> (katsottu 5.9.2022)

Kuvio 7. Ennamorati, Maria 2014. What's the number to 9-1-1? A study on inattentive blindness and how exercise helps. Web.colby.edu helps.
<<https://web.colby.edu/cogblog/2014/11/21/whats-the-number-to-9-1-1-a-study-on-inattentive-blindness-and-how-exercise-helps/>> (katsottu 12.9.2022)

Kuvio 8. Hellerman, Jason 2019. How a film color palette can make you a better filmmaker [W/ Infographics]. Nofilmschool.com <<https://nofilmschool.com/Film-color-theory-and-color-schemes>> (katsottu 15.5.2021)

Kuvio 9. Hellerman, Jason 2019. How a film color palette can make you a better filmmaker [W/ Infographics]. Nofilmschool.com <<https://nofilmschool.com/Film-color-theory-and-color-schemes>> (katsottu 15.5.2021)

Kuvio 10. Cilla Maria Travel 2019. Eurotrip: Kipeänä Virossa. Rantapallo.fi
<<https://www.rantapallo.fi/cillamaria/2019/09/09/eurotrip-kipeana-virossa/>> (katsottu 12.9.2022)

Kuvio 11. Sholes Simon 2018. 3 point lighting. perceptionstudios.co.uk
<<https://perceptionstudios.co.uk/how-to-light-your-live-videos/3-point-lighting/>>
(katsottu 15.5.2021)

Kuvio 12. Renee, V 2017. A guide on how to use light to communicate emotion for film. Nofilmschool.com <<https://nofilmschool.com/2017/06/guide-how-use-light-communicate-emotion-film>> (katsottu 15.5.2021)

Kuvio 13. Wikipedia 2022. Film noir. Wikipedia.org
<https://fi.wikipedia.org/w/index.php?title=Film_noir&oldid=20832684> (katsottu 15.5.2021)

Kuvio 14. Saarelainen, Joonas 2019. Hotellin ja ravintolan valaistus. Winled.fi
<<https://www.winled.fi/blogi/artikkeli/Hotellin-ja-ravintolan-valaistus>> (katsottu 17.9.2022)

Kuvio 15. Gsmarena 2019. HTC Vive Cosmos hands-on. gsmarena.com
<https://www.gsmarena.com/htc_vive_cosmos_handson-news-39591.php>
(katsottu 16.5.2021)

Kuvio 16. PlayStation Europe 2016. Flickr.com
<<https://www.flickr.com/photos/playstationblogeurope/29561952690/>> (katsottu 16.5.2021)

Kuvio 17. P.B. Horror Gaming 2017. Resident Evil 7 | PSVR + PS4Pro | Full Playthrough | Gameplay Walkthrough No Commentary 1080P. Katsottavissa osoitteessa <<https://www.youtube.com/watch?v=Akvi5VfDGsk>> (katsottu 16.5.2021). 5:58:58.

Kuvio 18. Outlaw Jessica 2016. Reality is what you do (Not what you see). Extendedmind.io <<https://extendedmind.io/blog/2016/10/18/reality-is-what-you-do-not-what-you-see>> (katsottu 16.5.2021)

Kuvio 19. The VR PR 2022. Wanderer VR - Full Walkthrough Gameplay Part 1 in 4K. Katsottavissa osoitteessa

<<https://www.youtube.com/watch?v=uqj8Vihld6c>> (katsottu 17.9.2022).
3:03:30.

Kuvio 20. Unreal n.d. Directional Light. Docs.Unrealengine.com

<https://docs.unrealengine.com/4.27/en-US/Resources/ContentExamples/Lighting/1_3/> (katsottu 16.2.2022)

Kuvio 21. Unreal n.d. Point Light. Docs.Unrealengine.com

<https://docs.unrealengine.com/4.27/en-US/Resources/ContentExamples/Lighting/1_1/> (katsottu 16.2.2022)

Kuvio 22. Unreal n.d. Spot Light. Docs.Unrealengine.com

<https://docs.unrealengine.com/4.27/en-US/Resources/ContentExamples/Lighting/1_2/> (katsottu 16.2.2022)

Kuviot 23–33. Laura Kankkunen 2022.