

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU

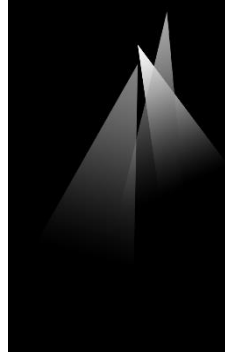
Muotoilun koulutusohjelma

Satu Hanhineva

3D-VISUALISOINTI VALAISTUSSUUNNITTELUN TYÖKALUNA

Opinnäytetyö

Toukokuu 2015





OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2015
Muotoilun koulutusohjelma

Sirkkalantie 12 A
80100 JOENSUU
Puhelinnumero (013) 260 6880

Tekijä
Satu Hanhineva

Nimeke
3D-visualisointi valaistussuunnittelun työkaluna

Toimeksiantaja
Perhe Haapala-Nikula

Tiivistelmä

Opinnäytetyön aiheena on tutkia, miten 3D-visualisointeja voi hyödyntää valaistussuunnittelussa. Työn tavoitteena oli selvittää luonnolliseen lopputulokseen pyrkivien visualisointien luomiseen ja käyttöön liittyviä hyötyjä ja haittoja osana valaistussuunnitteluprosessia. Työssä pohditaan visualisointien käyttöä ja valaistussuunnittelua erityisesti sisustussuunnittelijan näkökulmasta.

Opinnäytetyössä käytettiin kvalitatiivista tutkimusmenetelmää ja aihetta lähestyttiin havainnoimalla, haastattelemalla sekä alan dokumentteja tutkimalla. Työn toiminnallinen osio toteutettiin case-tutkimuksena ja se sisälsi kahden erilaisen valaistustunnelman visualisoinnin toimeksiantajan uuden kodin kellaritilaan.

Opinnäytetyöprosessin päätelmänä voidaan todeta, että visualisoinnit havainnollistavat tilaa ja tilan valaistusta erittäin hyvin. Lisäksi visualisointien käyttö tuo varmuutta suunnittelutyöhön ja lisäarvoa asiakkaalle. Luonnolliseen lopputulokseen tähtäävien visualisointien luominen vaatii kuitenkin sisustussuunnittelijalta perehtymistä aiheeseen, teknisiä taitoja ja resursseja sekä erityisesti aikaa. Olennaista olisikin löytää tasapaino laadukkaiden visualisointien tuottamisen ja kannattavuuden välillä.

Kieli
suomi

Sivuja 35
Liitteet 1
Sivuja liitteissä 1

Asiasanat

kolmiulotteisuus, 3D-mallinnus, visualisointi, valaistussuunnittelu



THESIS
May 2015
Degree Programme in Design
Sirkkalantie 12 A
FI-80100 JOENSUU
FINLAND
Telephone number +358 (0)13 260 6880

Author
Satu Hanhineva

Title
3D Visualization as a Tool for Lighting Design

Commissioned by
Family Haapala-Nikula

Abstract

This thesis studies how 3D visualizations can be utilized in lighting design. The purpose of this thesis was to examine the pros and cons when creating and using visualizations aiming at natural-looking outcome as a part of lighting design process. This work discusses the use of visualizations and the lighting design especially from the interior designer's point of view.

Qualitative method was used in this thesis and the subject was examined by observing, interviewing and studying documents of the field. The functional part of the thesis was conducted as a case study. It consisted of creating visualizations of two different lighting schemes for the basement space of a newly acquired property of the family Haapala-Nikula.

As a result of the process it can be stated that quality 3D visualizations demonstrate the space and lighting extremely well. The use of visualizations brings confidence to the design work and added value to the client. However, in order to create a natural-looking outcome the creation process of visualizations requires interior designer's familiarization with the topic as well as technical skills, resources and most of all, time. Finding the balance between creating high-quality visualizations and profitability would be of great importance.

Language

Finnish

Pages 35

Appendices 1

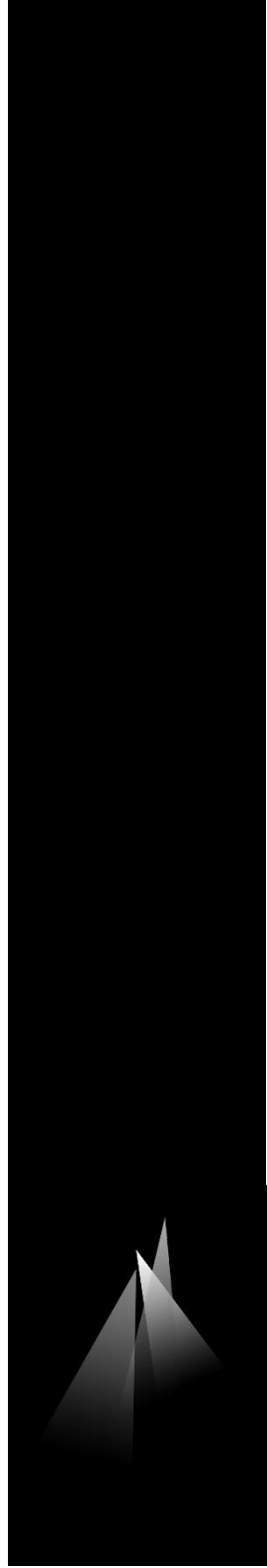
Pages of Appendices 1

Keywords

three-dimensional, 3D modeling, visualization, lighting design

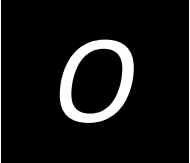
Sisältö

1	Johdanto.....	5	6	Kohde	24
1.1	Aiheen valinta	5	6.1	Kohteen esittely.....	24
1.2	Viitekehys ja toiminta-asetelma	6	6.2	Kohteen ensimmäisen valaistustunnelman visualisointi	25
2	Valo ja valaisin	7	6.3	Kohteen toisen valaistustunnelman visualisointi.....	29
2.1	Yleistä valosta	7	7	Pohdinta	31
2.2	Valon spektri.....	7	Lähteet		34
2.3	Valon värilämpötila.....	9			
2.4	Valoon liittyviä muita termejä	10	Liite		
2.5	Valaisin, valonjakokäyrä ja IES-tiedosto	11	Liite 1	Luettelo visualisoinneissa käytetyistä iGuzzinin valaisimista	
3	Valaistus sisustussuunnittelussa	12			
3.1	Valaistuksen suunnittelu ja valaistussuunnittelu	12			
3.2	Kodin valaistuksen suunnittelu	13			
4	Valaistuksen 3D-visualisointi.....	15			
4.1	Yleistä 3D-suunnittelusta	15			
4.2	Valaistus 3D-suunnittelussa.....	16			
4.3	Valotyypit 3D-suunnittelussa.....	16			
4.4	3D-mallin renderöinti ja visualisointien käyttö	17			
5	Pallokoe	19			
5.1	Pallokokeen valokuvaus.....	19			
5.2	Pallokokeen 3D-mallinnus ja visualisointi	21			



1 Johdanto

1.1 Aiheen valinta

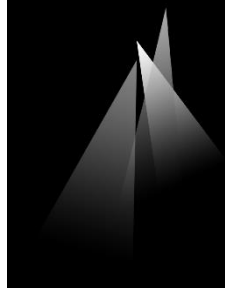
 pinnäytetyössäni on kysymys sisustussuunnittelun yhden osa-alueen – valaistuksen suunnittelun – saattamisesta helpommin havainnollistettavaan muotoon 3D-mallintamisen ja -visualisoinnin avulla. 3D-mallintaminen visualisoinnin apuvälineenä on lyönyt itsensä läpi jo mm. keittiöiden kiintokalustesuunnittelussa ja muillakin sisustussuunnittelun osa-alueilla sen hyödyntäminen on selkeästi kasvussa. Tekniikan, ohjelmien ja suunnittelijoiden taitojen kehittyessä sekä asiakkaiden suunnittelijoilta ja suunnitelmilta vaatiman tason noustessa on mielestäni vain ajan kysymys, milloin myös laadukkaammat 3D-visualisoinnit tulevat pysyväksi osaksi sisustussuunnittelua.

Olen aiemmalta koulutukseltani kuvankäsittelijä ja edellisiin opintoihini liittyen valokuvasin paljon sekä tuotin, katselin, arvioin ja käsittelin lukuisia sekä perinteisiä paperisia että digitaalisia valokuvia. Ehkä juuri tästä syystä yksi itseäni kiehtovin ja samalla häiritsevin asia 3D-visualisointikuvissa on valo. Usein 3D-mallinnuksen avulla visualisoiduissa sisustussuunnitelmissa valon elementti on jätetty kokonaan pois tai valo näyttyy niissä

epäluonnollisena. Haluan tutkia asiaa tarkemmin ja ymmärtää, että mistä se johtuu.

Opinnäytetyöni lähtökohta on toiminnallinen, ja sen tavoitteena on 3D-mallinnuksen avulla tuottaa visualisoituja kuvia vaihtoehdoista valaistustilanteista ja -tunnelmista toimeksiantajan päätöksenteon pohjaksi. Toimeksiantajanani toimii juuri uuden kodin hankkinut perhe, joka toivoo saavansa 3D-visualisointien myötä varmuutta ja perusteluja mittavahkon remontin yhteydessä tehtäville valaistusratkaisuvalinnoilleen. Perhe kertoi, että heillä on vaikeuksia hahmottaa, että millaisena tila tulisi näyttymään eri tavoilla valaistuna. Valaistuksen perusteellinen uusiminen on myös rahallisesti merkittävä kustannus, joten he eivät haluaisi tehdä päätöksiä ymmärtämättä valon käyttäytymistä tilassa.

Toivon, että opinnäytetyöprosessini kuluessa pystyn kehittämään 3D-mallinnustaitojani ja parantamaan osaamistani visualisointikuvien luomisessa. Työssäni pohdin 3D-visualisointikuvien avulla saatavia hyötyjä sekä 3D-mallintamisen hyödyntämisen haasteita valaistuksen suunnittelussa. Samalla testaan minulle uutta toimintatapaa valaistuksen suunnittelussa. Tarkoitukseni ei ole luoda asiakkaan käyttöön perinteistä valaistussuunnitelmaa vaan haluan tarjota eri valaistustunnelmia havainnollistavia visualisointikuvia, joiden pohjalta asiakas tekee valinnan haluamastaan valaistuksesta.

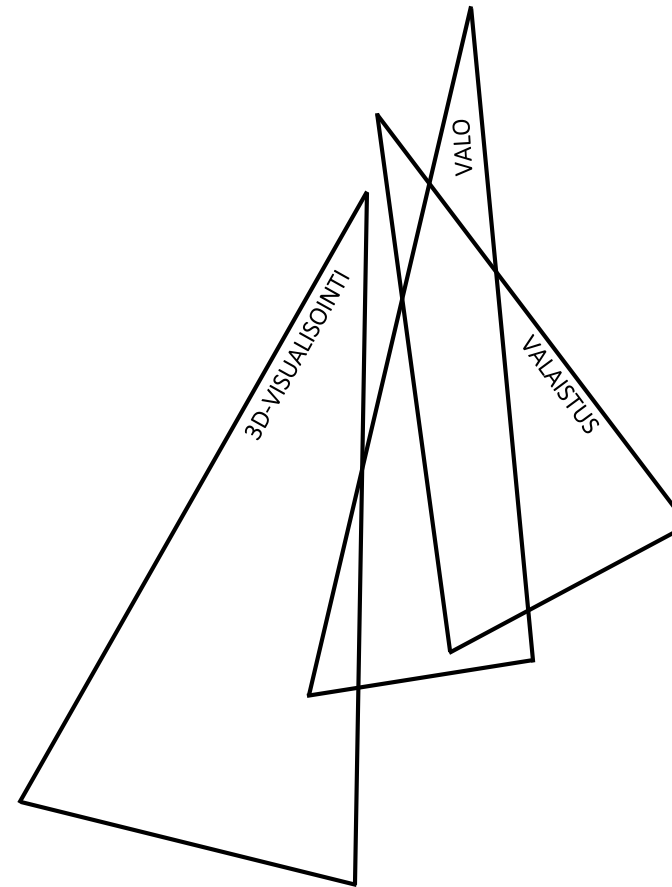


1.2 Viitekehys ja toiminta-asetelma

Opinnäytetyöni viitekehys rakentuu valosta, valaistuksesta ja 3D-visualisoinnista (kuva 1). Valon määrittelemisen ja sen ominaisuuksien ymmärtäminen ovat avainasemassa valaistuksen suunnittelussa. Sisätilojen valaistuksen suunnittelua ohjaavat valon ominaisuuksiin sekä terveelliseen, tarkoituksenmukaiseen ja viihtyisään sisäilmastoon pohjautuvat periaatteet. Valaistuksen visualisoinnilla pyritään saattamaan valaistussuunnitelma helpommin ymmärrettävään muotoon jäljittelemällä tietokoneavusteisesti valon ominaisuuksia ja käyttäytymistä tilassa.

Opinnäytetyössäni käytän kvalitatiivista eli laadullista tutkimusmenetelmää. Kerään aineistoa havainnoiden, haastatellen ja tutkimalla erilaisia tietolähteitä. Strategialtaan opinnäytetyöni edustaa case- eli tapaustutkimusta, mikä tässä tapauksessa tarkoittaa sitä, että hankin tietoa yksittäistä rajattua tapausta hyödyntäen. (Hirsjärvi, Remes & Sajavaara 2009, 134-135; Tuomi & Sarajärvi 2009, 71-72.)

Opinnäytetyössäni tulen käyttämään mallintamiseen ja visualisointikuvien luomiseen Autodesk Revit 2014 Architecture -sovelluksen (myöh. Revit) opiskelijaversiota. Tutustuin Revitiin suorittaessani opintoihini liittyvää työharjoittelua sisustusarkkitehtitoimistossa, jossa se oli käytössä. Sain jo työharjoitteluni aikana pientä esimakua siitä, mihin Revit taipuu, mutta koen, että minulla olisi vielä paljon opittavaa. Into tietojeni ja osaamiseni syventämiseen on suuri.



Kuva 1. Visuaalinen viitekehys.

2 Valo ja valaisin

2.1 Yleistä valosta



Valo on sähkömagneettista energiasäteilyä kuten eri aallonpituuksilla värähtelevät röntgen-, ultravioletti- ja infrapunasäteilytkin. Näkyvän valon sävyt myötäilevät auringon sävykirjoa ja niillä kaikilla on omanlaisensa vaikutus mm. kasvien kasvuun. (Rihlama 1999, 7-8.)

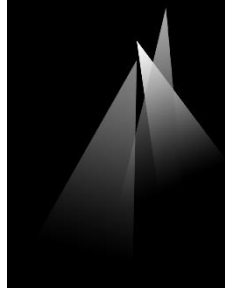
Markkinoilla on valonlähteitä, joita nimitetään päivänvalolampuiksi, mutta Rihlaman (1999, 8) mukaan tämä on osittain harhauttavaa, sillä luonnonvalo vaihtelee vuoden- ja vuorokaudenajan sekä ilmaston ja sääolosuhteiden mukaan. Esimerkiksi auringonnousun ja -laskun aikoihin valon sävy vaihtelee punertavana ja taas erityisesti talvisin lumisissa varjopaikoissa hajavalon on sinertävää. Sisustuksellisesti luonnonvalon ongelmat koskevat lähinnä valon kirkkauden säätelyä sekä sisä- ja ulkotilojen valaistusvoimakkuuseroista johtuvia vaaratilanteita. (Rihlama 1999, 8-9.)

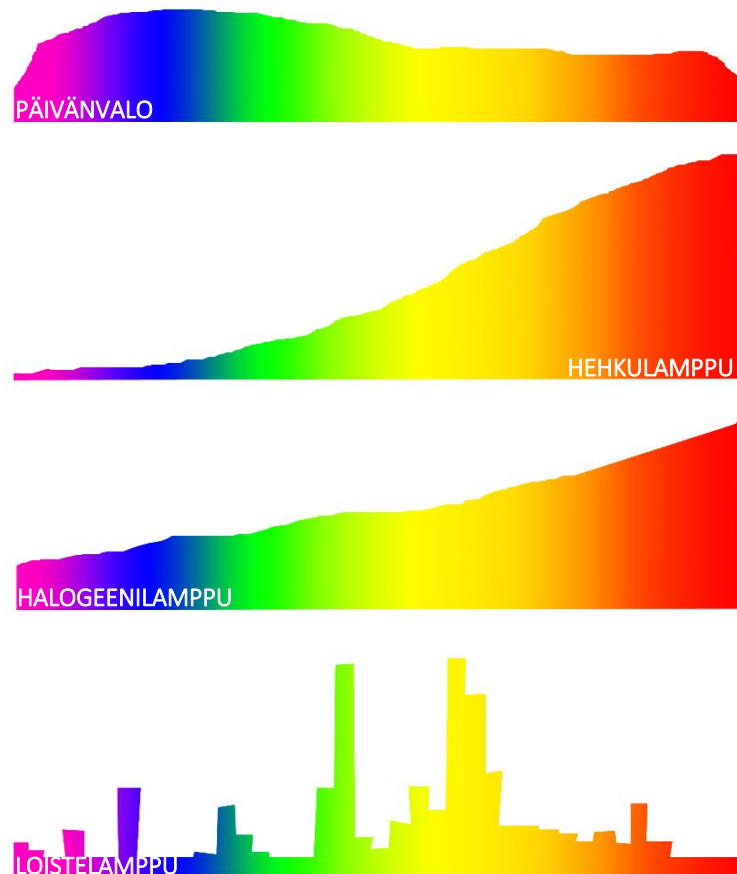
Suunnittelijan kannalta keinovaloa on siinä mielessä helpompi käsitellä kuin luonnonvaloa, että sen määrä, laatu ja suunta ovat säädeltävissä. Toisaalta kaikkiin olosuhteisiin sopivaa keinovaloa ei ole vielä keksitty,

joten valonlähteen valinta edellyttää huolellisuutta. Valon määrän ja laadun mittaamiseen on olemassa erilaisia tekniikoita, joiden avulla saatavista tiedoista tärkeimpiä ovat valonlähteen spektrijakaumakäyrä tai sen puuttuessa värilämpötila-arvo sekä luksimäärä. (Rihlama 1999, 9.)

2.2 Valon spektri

Spektrijakaumakäyrä (kuva 2) kertoo valonlähteen sisältämät päivänvalon kirjojen sävyt, niiden suhteet ja spektrin mahdollisen porrasteisuuden. Päivänvalon ymmärretään olevan ns. täyden spektrin valoa eli puhdasta valkoista valoa, joka sisältää kaikkia spektrin sävyjä: violettiä, sinistä, vihreää, keltaista, oranssia ja punaista. Myös hehkulampun spektri on siinä mielessä tasainen, ettei siinä ole häiritseviä värihuippuja. Mutta päivänvalosta poiketen sen valon kirjo painottuu voimakkaasti oranssiin ja punaiseen korostaen lämpimiä sävyjä. Halogeenilampun spektri on hehkulampun vastaavaa tasaisempi ja sen valo saakin värit näyttämään hehkulampun valoon verrattuna kirkkaammilta ja luonnollisemmilta. Loistevalon spektrissä taas vihertävillä ja keltaisilla sävyillä on voimakkaat huiput, joten loistelamput tahtovat vääristää värejä. (Wilhide 2002, 168-171.)

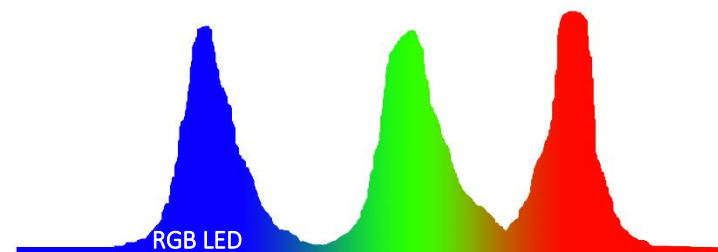




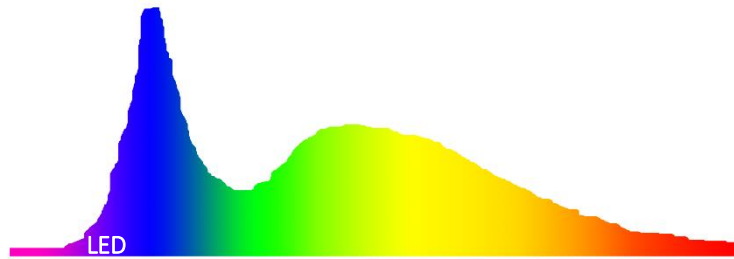
Kuva 2. Päivänvalon, hehkulampun, halogeenilampun ja loistelampun spektrijakaumakäyrät (Wilhide 2002, 171).

Led-valon ja led-tekniikkaa käyttävien valonlähteiden spektrien määrittäminen ei ole ihan niin yksinkertaista kuin yllä mainituilla perinteisillä valaistustekniikoilla. Yksittäisen pinnoittamattoman ledin spektri on yleensä varsin kapea (Wikipedia 2015a). Tähän mennessä on

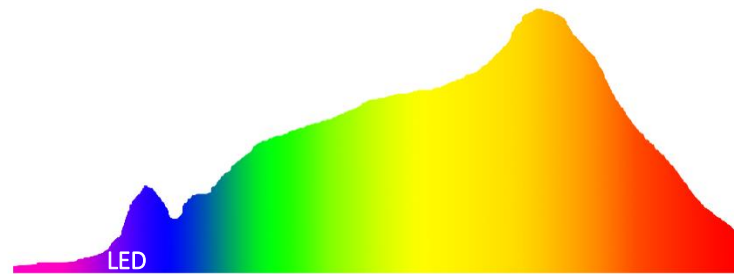
kehitetty kaksi erillistä tekniikkaa, joilla voidaan valmistaa valkoista valoa säteilevä led-valonlähde. Ensimmäinen yhdistää sinistä (engl. blue = B), vihreää (engl. green = G) ja punaista (engl. red = R) valoa säteilevät ledit samaan pakettiin muodostaen valonlähteen, jonka spektrijakaumakäyrä on melko epätasainen (kuva 3). Tällaiset nk. RGB-lamput vaativatkin vielä kehitystyötä ennen kuin niiden voi ajatella valloittavan valkoisen valon markkinoita laajemmin. Toinen tekniikka hyödyntää yksivärisiä – pääasiassa kirkkaan sinisiä – ledejä, jotka päällystetään fosforipitoisella päällysteellä. (Wikipedia 2015b.) Näiden ledien spektrijakaumakäyrät painottuivat kehityskaarensa alussa sinivihreisiin ja kellertäviin sävyihin (kuva 4). Tämä aiheutti sen, että ledit eivät toistaneet punaisen sävyjä juuri lainkaan ja niiden valoa pidettiin liian kylmänä. Sittemmin led-tekniikka on kehittynyt ja markkinoilta löytyy jo valkoista valoa tuottavia ledejä, jotka toistavat myös lämpimämpiä sävyjä (kuva 5).



Kuva 3. Yhdistetty spektrijakaumakäyrä siniselle, keltavihreälle ja punaiselle ledille (Wikipedia 2015b).



Kuva 4. Spektrijakaumakäyrä valkoiselle LEDille, joka on valmistettu pinnoittamalla kirkasta sinistä valoa säteilevä LED fosforipitoisella päällysteellä (Wikipedia 2015b).



Kuva 5. LED-valonlähteen (3000 K, CRI 90) spektrijakaumakäyrä (iGuzzini 2013, 6).

2.3 Valon väriämpötila

Valon spektrijakaumakäyrän puuttuessa jotain valonlähteen tuottaman valon väristä (muttei laadusta!) voi päätellä sen väriämpötilan

perusteella. Väriämpötila (taulukko 1) kertoo valon värisävyn eli sen kuinka valkoiselta väri näyttää. Luonnonvalon eli valkoisen valon väriämpötilana pidetään 5500 K. Tuota korkeamman väriämpötilan omaavat valot sinertävät ja matalammat kellertävät. Kynttilänvalon väriämpötila on noin 1000 K ja hehkulamppujen keskimäärin 3000 K. Loisteputkien väriämpötilaa voidaan säädellä sekä valkoista valoa lämpimämmäksi että kylmemmäksi muuttamalla valmistusvaiheen loisteainevalintaa. (Rihlama 1999, 9 ja 30-31.) Sama pätee myös energiansäästölamppuihin eli pienloistelamppuihin ja led-valonlähteisiin – niiden väriämpötiloissa on enemmän vaihtelua ja jälkimmäisiä saa käytännössä kaikissa värisävyissä (Motiva 2015).

Taulukko 1. Väriämpötilaesimerkkejä (Sähköturvallisuuden Edistämiskeskus ry 2012; Rihlama 1999, 31).

Väriämpötila	Vaikutelma	Millainen aistimus ja missä
1000 K	lämmin	kelta-oranssi kynttilänvalo
2500 K	lämmin	keltainen - jopa oranssi - auringonnousu
2700 K	lämmin	kellertävä hehkulamppu
2900 K	lämpimähkö	kellertävän valkoinen halogeenilamppu
3000 K	lämpimähkö	lämpimään taitettu valkoinen loistelumppu
3500 K	neutraali	neutraali valkoinen loistelumppu
4000 K	neutraali	raikas viileän valkoinen loistelumppu
5000 K	viileä	viileän sinertävä päivänvalo
6500 K	kylmä	sinertävän kylmä päivänvalo
10000 K	erittäin kylmä	violettiin vivahtava sininen valtameri 5 m syvyydessä

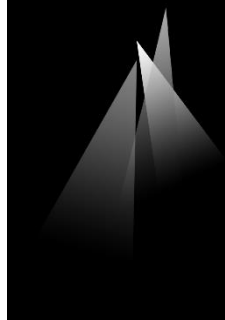
2.4 Valoon liittyviä muita termejä

Valoon liittyy lukuisia teknisiä termejä. Valonlähteen tuottaman valotehon eli valovirran yksikkö on luumen [lm], valaistusvoimakkuutta mitataan lukseilla [lx] eli luumeneilla neliometriä kohden (Wilhide 2002, 172), valovoima ilmentää valon voimakkuutta tiettyyn suuntaan kandeloina [cd] ja pinnan valovoimaa eli luminanssia ilmaistaan kandeloina neliometriä kohden [cd/m^2] (Rihlama 1999, 29-30). Wilhiden (2002, 173) mukaan vaikka unohtaisimme tekniset termit, meidän on hyvä ymmärtää, että tilan valoisuus riippuu valonlähteen tehon lisäksi valon suunnasta, valonlähteen etäisyydestä pinnasta ja pinnan laadusta. Rihlama (1999, 29) on samoilla linjoilla korostaessaan, että suunnittelijan täytyy tilan valoisuutta arvioidessaan huomioida myös mm. mahdolliset heijastukset ympäröiviltä pinnoilta.

Erityisesti sisätilojen valaistuksen suunnittelussa on tärkeää varautua häikäisyltä suojautumiseen. Auringonvalon häikäisyä voidaan tietysti rajoittaa esim. ikkunoihin asennettavilla kaihtimilla, mutta valaisimia varten kansainvälinen valaistuskomissio CIE on kehittänyt UGR-menetelmän (Unified Glare Rating). Suomen Valoteknillisen Seuran (2008, 5) mukaan UGR-häikäisyindeksin käyttäminen voi olla monimutkaista. Käytännössä sillä kuitenkin tarkoitetaan häikäisyä, joka tuntuu epämiellyttävältä, mutta ei vaikuta näkemiseen heikentävästi (Työterveyslaitos 2010). Valaistustandardissa SFS-EN 12464-1 esitetään UGR-arvot, joita valaistusasuissa ei saa ylittää. UGR-arvoon

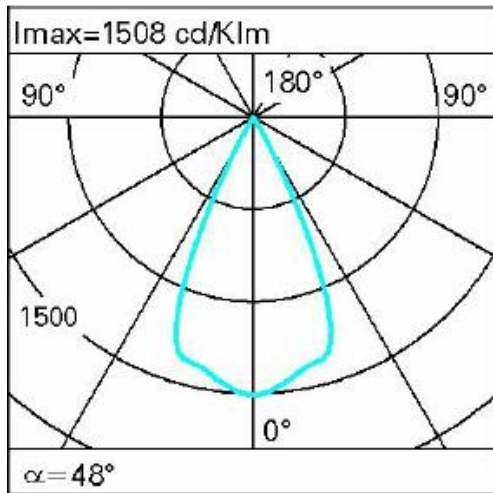
vaikuttavat mm. taustan ja valaisinten osien luminanssit sekä valaisimien sijainti suhteessa katsesuuntaan. (Suomen Standardoimisliitto 2003, 14.)

Värintoistoindeksi R_a kertoo valonlähteen ja värilämpötilaltaan samanlaisen vertailuvalon värintoisto-ominaisuuksien eron (Rihlama 1999, 30). Värintoistoindeksin suurin arvo on 100 ja valonlähteen värintoisto-ominaisuudet ovat sitä huonommat mitä pienempi tuo arvo on (Suomen Standardoimisliitto, 2003. 18). Valaistusstandardi SFS-EN 12464-1 määrittelee tavoitearvot myös värintoistoindeksille, joten valaistusta suunniteltaessa ne on otettava huomioon, vaikka esim. Sormanen (2008, 8-10) mukaan indeksin käyttöön liittyy tiettyjä epävarmuustekijöitä ja ongelmia. Värintoistoindeksi ei ensinnäkään ole absoluuttinen arvo vaan vertailuarvo, mikä aiheuttaa sen, että vaikka kahdella valonlähteellä olisi sama värintoistoindeksi, ne saattavat toistaa värejä eri tavalla (Sormanen 2008, 9). Lisäksi valkoista valoa tuottavien led-valonlähteiden värintoistoindeksit olivat varsinkin niiden suosion alkuvuosina erittäin huonoja huolimatta siitä mitä omat silmät kertoivat. Sormanen (2008, 9) selvittää, että tämä johtuu epäkäytännöllisistä tai vanhentuneista menetelmistä, joilla värintoistoindeksi on määritelty. Menetelmä on kuitenkin edelleen ainoa kansainvälisesti hyväksytty värintoisto-ominaisuuksien kuvaamisen menetelmä (Sormanen 2008, 9), joten sitä ei voida täysin ohittaa valaistusta suunniteltaessa.



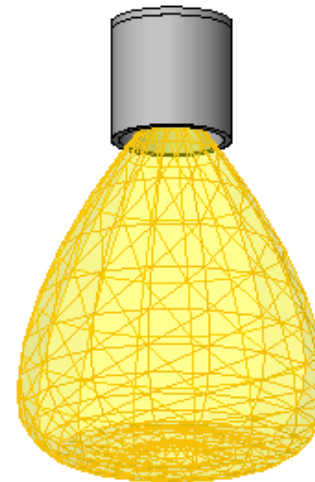
2.5 Valaisin, valonjakokäyrä ja IES-tiedosto

Valaisin on elektroninen laite, jolla tuotetaan keinovaloa. Valaisin koostuu yleisimmin valaisimen rungosta sekä lampunkannasta, johon valonlähteenä toimiva lamppu kiinnitetään. (Wikipedia 2015d.) Valaisimessa tai lampussa voi myös olla heijastin, jonka tarkoitus on ohjata valoa haluttuun suuntaan. Kuvaajaa, joka ilmaisee valovoiman eri suuntiin, kutsutaan valonjakokäyräksi (kuva 6). Valonjakokäyrä esitetään yleensä napakoordinaatistossa valaisimen pitkittäis- ja poikittaisakselin suunnasta. (Ensto 2008.) Valaisinten muodosta ja valonjaosta johtuen valonjaon esittämiseen tarvitaan usein lukuisia valonjakokäyriä (Rihlama 1999, 29).



Kuva 6. Valaisimen valonjakokäyrä, iGuzzini Laser Blade High Contrast MK49 (iGuzzini 2015a).

Valonjakokäyrät ovat tavallaan aina vain kaksiulotteisia, joten ne on korvattu 3D-mallintamisessa erillisillä valonjakotiedostoilla. Kaksi yleisintä käytössä olevaa valonjakotiedostomuotoa ovat käytännössä eurooppalaisen standardin asemaa nauttiva EULUMDAT (tiedostopäätte .ldt) ja pohjoisamerikkalaisen valaistustekniikan järjestön IESNAn luoma IES (tiedostopäätte. ies) (Photometric & Optical Testing 2015). Revitinkin käyttämät IES-tiedostot ovat valaisinvalmistajien tarjoamia tekstitiedostoja, jotka kuvailevat valonlähteen voimakkuuden pallomaisen ruudukon eri pisteissä sekä kuvassa 7 näkyvän valon geometrisen muodon eli fotometrisen verkon (Autodesk 2015).



Kuva 7. Esimerkki valonlähteen fotometrisestä verkosta (Autodesk 2015).

3 Valaistus sisustussuunnittelussa

3.1 Valaistuksen suunnittelu ja valaistussuunnittelu

Sisustussuunnittelun yksi osa-alue on valaistuksen suunnittelu ja sisustussuunnittelijan ammattikoulutuksen saanut henkilö pystyy koulutusohjansa myötä toteuttamaan suunniteltavaan kohteeseen (vähintään) valaistusluonnossuunnitelman. Usein tällaista suunnitelmaa kutsutaan kuitenkin lyhyesti valaistussuunnitelmaksi, kuten on tehty Sisustussuunnittelijat SI ry:n vuoden 2015 vuosijulkaisuun kootussa sisustussuunnittelijan tehtäväluettelossa (Sisustussuunnittelijat SI ry 2015, 36). Mielestäni on kuitenkin hyvä tiedostaa, että sisustussuunnittelijan luomalla valaistusluonnossuunnitelmalla ja vaativampiin rakennushankkeisiin nimettyjen valaistussuunnittelijoiden tuottamilla valaistussuunnitelmillä voi olla eroa. Osana rakennussuunnittelua valaistussuunnitelma sisältää usein mm. valaistuskentää, joka ei lähtökohtaisesti kuulu sisustussuunnittelijan ammattikoulutukseen. Täytyy toki huomioida, että sisustussuunnittelijan ammattikoulutus antaa erittäin hyvän pohjan jatkokoulutukselle ja sitä kautta avaa mahdollisuuksia toimia myös vaativammissa valaistussuunnittelutehtävissä.

Suomen Valoteknillinen Seura on vuonna 2008 perustetun Valaistussuunnittelijoiden toimintaryhmän avulla kehittänyt valaistussuunnittelijoiden toimenkuvaa ja työtapoja (Suomen Valoteknillinen Seura 2015a). Työn yhtenä tuloksena Rakennustieto on tammikuussa 2015 julkaissut ensimmäistä kertaa Suomessa valaistussuunnittelun tehtäväluettelon VAL12, jonka myötä valaistussuunnittelualan tehtäväkuva saa tarkemman määrittelyn ja valaistussuunnittelijan rooli osana rakennussuunnitteluprosessia selkiytyy (Suomen Valoteknillinen Seura 2015b).

VAL12-tehtäväluettelo sisältää talonrakennushankkeen valaistussuunnittelun tehtävät, joita voivat olla esim. olosuhde-, käyttö-, toiminta- ja turvallisuusvaatimusten selvittäminen, kohteen energiankulutuksen tavoitearvon määrittely ja valaistusratkaisuihin liittyvän kustannusarvion laadinta. Opinnäytetyöni aihetta sivuavat VAL12-tehtäväluettelossa Suunnittelun valmisteluun liittyvä CAD- ja tietomallinnusohjeen laatiminen (määritellään suunnittelussa käytettävät ohjelmat ja niiden yhteensopivuus) sekä Ehdotussuunnitteluun liittyvä valaistusvaihtoehtojen selvittäminen, kirjaaminen ja visualisointi. (Rakennustieto 2015, 1-6.)

3.2 Kodin valaistuksen suunnittelu

Tehtiinpä valaistuksen suunnittelua minkä tahansa nimikkeen alla kenen hyvänsä toimesta niin suunnittelua ohjaavat samat periaatteet. Etsitään vastausta kysymykseen, miten paras mahdollinen valaistus syntyy juuri tähän tiettyyn kohteeseen?

Ratkaisua ongelmaan voidaan lähteä tavoittelemaan useammalta eri kantilta. Valaistussuunnittelija Pekka Väätäisen (2015) mielestä hyvä valaistus sisältää usein myönnytyksiä ja valaistuksen painopiste voi vaihdella sen mukaan tavoitellaanko energiansäästöä, hyvää yleisvaloa vai erityistä tunnelmaa. Valaisinten maahantuontia ja valaistussuunnittelu-palveluita tarjoavan Laatuvalon (2015) mukaan valaistussuunnittelutavat voidaan jakaa kolmeen erilaiseen tarkastelutapaan: 1) Richard Kellyn jaotteluun näkemisestä, katsomisesta ja katsottavasta, 2) jakamalla valaistus toiminnalliseen, hahmotukselliseen ja elämykselliseen tasoon sekä 3) kiinnittämällä huomiota valon laatuun, paikkaan ja valaistus-tapaan. Näiden lisäksi Laatuvalo (2015) toteaa suunnittelulähtökohdiksi erityisesti sisätiloissa jaottelun yleis-, työ-, korostus- ja koristevalaisuun.

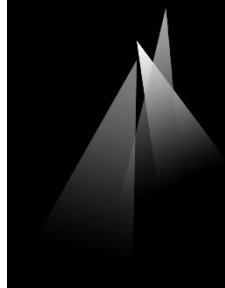
Itse lähdän mielelläni arvioimaan valaistusta rakennuksen sisäilmaston kannalta, sillä valaistus on mielestäni yksi merkittävimmistä sisäilmastoon vaikuttavista tekijöistä lämmityksen-, ilmanvaihdon, rakennustekniikan ja käytettyjen materiaalien rinnalla. Sisäilmayhdistys ry (2008, 2) on julkaissut vuonna 2008 sisäilmastoluokituksen, jossa on luokiteltu

sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset. Sisäilmastoluokitus jakautuu kolmeen laatuluokkaan: S1 Yksilöllinen sisäilmasto, S2 Hyvä sisäilmasto ja S3 Tyydyttävä sisäilmasto (Sisäilmayhdistys ry 2008, 6).

Tilojen yleisvalaistuksen osalta vaatimukset pohjautuvat kaikissa laatuluokissa SFS-EN 12464-1 -standardissa esitettyyn vähimmäisvaatimustasoon. Standardi määrittelee myös tilojen käyttötarkoitusten mukaisesti arvot valaistusvoimakkuudelle, tasaisuudelle, häikäisyindeksille ja värintoistoindeksille (taulukko 2). Asuintilojen osalta lisävaatimuksena on keittiöiden ja kylpyhuoneiden työalueiden vähintään 300 lx:n valaistusvoimakkuus. Parhaassa S1-luokassa vaatimukseen on lisätty säädettävä työpistevalaistus sekä asuintilojen osalta himmentimellä ohjattu valaisinpistorasia ja ikkunoissa säädettävät auringonsuojaukset. (Sisäilmayhdistys ry 2008, 13.)

Taulukko 2. Esimerkkejä valaistussuunnittelun tavoitearvoista SFS-EN 12464-1 mukaan (Sisäilmayhdistys ry 2008, 13).

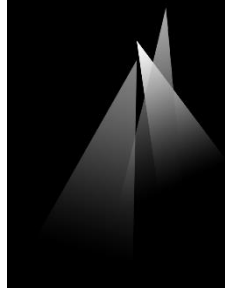
Valaistusvoimakkuus, työalue [lx]	>500
Valaistusvoimakkuus, lähialue [lx]	>300
Häikäisyindeksi UGR _L	<19
Värintoistoindeksi R _a	>80



Valaistusstandardissa SFS-EN 12464-1 on määritelty tarkemmat tavoitearvot erilaisille huoneille ja toiminnoille. Vaikka tavoitearvot on tarkoitettu pääasiassa erilaisten työkohteiden valaistusten suunnitteluun niin niitä voi mielestäni soveltaa myös kotiympäristössä. Suunnittelukohteeni tulee sisältämään valaistuksen suunnittelun mm. näyttöpäätetyöskentelyä, elokuvien katselua ja puutöitä varten, joten keräsin taulukkoon 3 muutamia näitä toimintoja sivuavia tavoitearvoja.

Taulukko 3. Esimerkkejä valaistussuunnittelun tavoitearvoista valaistusstandardissa SFS-EN 12464-1 (Suomen Standardoimisliitto 2003, 38).

Huone, toiminto	Valaistusvoimakkuus [lx]	UGR-häikäisyindeksi	Värintoistoindeksi Ra
Teollisuus ja käsityö; Puutyö ja puunkäsittely; Höyläpenkki, liimaus, kokoonpano	>300	<25	>80
Teollisuus ja käsityö; Puutyö ja puunkäsittely; Kiillotus, maalaus, erikoispuusepäntyö	>750	<22	>80
Opetustilat; Oppilaitokset; Teknisen työn opetustilat	>500	<19	>80
Toimistot; Toimistot; Kirjoittaminen, konekirjoitus, lukeminen, tietojenkäsittely	>500	<19	>80
Julkiset kokoontumistilat; Teatterit, konserttisalit, elokuvateatterit; Harjoitussalit, pukuhuoneet	>300	<22	>80



4 Valaistuksen 3D-visualisointi

4.1 Yleistä 3D-suunnittelusta

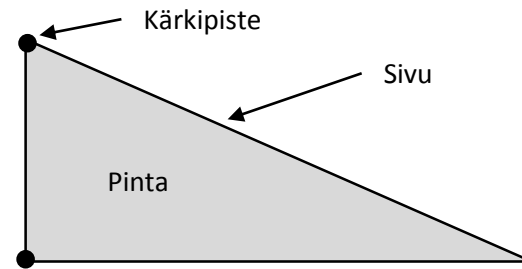
3

D-suunnittelu on aina ollut vahvasti sidoksissa tekniseen suunnittelumaailmaan ja kehittynyt sen tarpeiden mukaisesti. Hiljalleen kehitys on mennyt siihen pisteeseen, että käytännössä kenellä tahansa on mahdollisuus muokata ja rakentaa henkilökohtaisia visioita mallinnus- ja visualisointiohjelmilla. On kuitenkin hyvä muistaa, ettei tekniikka tee mitään itsestään vaan myös ihmisen itsensä kosketusta, näkemystä ja pitkäjänteisyyttä tarvitaan. (Lehtovirta & Nuutinen 2000, 11.)

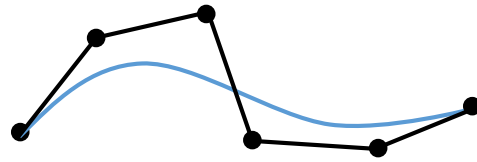
Mallinnettujen tilojen ja visualisointien avulla muodostuvat mielikuvat mahdollistavat hyvissä ajoin tilojen suunnitteluun ja estetiikkaan vaikuttamisen. Visualisoinnit havainnollistavat kommunikointia ja auttavat rakennuspiirroksista ymmärtämätöntäkin hahmottamaan kokonaisuuden paremmin. (Lehtovirta & Nuutinen 2000, 12-13.) Viimeisimpiin uutuuksiin lukeutuvat ns. lisätyn todellisuuden (augmented reality) sovellukset, joilla mm. sisustussuunnitelmaan pystytään 'kävelemään sisälle' 3D-laseja tai muuta tekniikkaa hyödyntäen (Puhakka 2008, 24).

3D-suunnittelun termistö on kirjava – käytössä on englanninkielisiä termejä, niiden suomennoksia ja ammattilaisslangia (Lehtovirta & Nuutinen 2000, 20). Seuraavassa esittelen muutamia peruskäsitteitä ja oleellisia asioita 3D-suunnitteluun liittyen.

3D-mallit on useimmiten rakennettu mesh-verkoista (kuva 8), jotka koostuvat pinnoista (face), sen kärkipisteistä (vertex) ja sivuista (edge). Mesh-verkkoja muotoillaan siirtelemällä kärkipisteitä ja verkon tiheys vaikuttaa siihen kuinka yksityiskohtaisesti muotoilu onnistuu. Toinen usein käytetty keino 3D-mallin rakentamiseksi on nk. NURBS-mallinnus (Non-Uniform Rational B-Splines). Niissä hyödynnetään spline-käyriä (kuva 9), joiden välille muodostuu 3D-mallin pinta. (Lehtovirta & Nuutinen 2000, 21.)



Kuva 8. Mesh-verkon osat (Lehtovirta & Nuutinen 2000, 21).



Kuva 9. Esimerkki spline-käyrästä (Wikipedia 2015c).

Muotojen lisäksi vähintään yhtä oleellinen osa 3D-malleja ovat materiaalit, joilla malliin tuodaan luonnollisuuden tuntu. Niillä puupinta saadaan näyttämään puupinnalta, lasi lasilta ja niin edelleen. Kuvankäsittelytaidoista on suuresti hyötyä hyvien materiaalien luomisessa, sillä niiden rakentamiseen käytetään usein bittikarttakuvia. Materiaalien ominaisuuksia ovat mm. väri tai bittikarttakuva, läpinäkyvyys, kiiltävyys ja 3D-pinnoite (bump map), jonka avulla materiaalin pintaan saadaan kolmiulotteisia muotoja. Materiaaleihin tuo luonnollisuutta erityisesti pinnan ja materiaalien elävyys, sillä luonnossakaan harva pinta on täysin tasainen. (Lehtovirta & Nuutinen 2000, 30.)

4.2 Valaistus 3D-suunnittelussa

Lehtovirta ja Nuutinen (2000, 38) kiteyttävät valaistuksen osuuden 3D-suunnittelussa mielestäni erittäin osuvasti: *”3D-grafiikassa valaistus on tärkein kuvan laatuun vaikuttavista tekijöistä. Koko projektista juuri*

valaistuksen saaminen toivotunlaiseksi on yksi vaativimmista ja aikaa vievimmistä työvaiheista.” Kuten perinteisessä valokuvauksessakin niin myös 3D-visualisoinneissa valo tekee kuvan – valo ja varjo antavat mallille muodon. Taitavalla valaistuksella voidaan häivyttää mahdollisia ongelmia, joita mallinnuksessa kohdataan ja toisaalta huono valaistus voi pahimmillaan pilata hienonkin mallinnuksen. (Lehtovirta & Nuutinen 2000, 38.)

3D-mallin valaistuksessa pätevät samat lainalaisuudet kuin perinteisessä valokuvauksessa (erityisesti studiovalokuvauksessa), mutta 3D-ympäristössä suunnittelijalla on etunaan mm. rajaton määrä valonlähteitä, loputtomat keinot ympäristön muokkaamiseen ja mahdollisuus säätää varjojen muodostumista vastoin luonnonlakeja. Valon perusominaisuuksia 3D-sovelluksissa ovat esimerkiksi valon voimakkuus, väri ja ulottuvuus sekä valokeilan koko ja muoto. Lähtökohtaisesti valonlähde on 3D-ympäristössä näkymätön ja sen näkyväksi saaminen onnistuu mm. lisäämällä valonlähteelle loiste-efekti tai mallintamalla valonlähteen ympärille konkreettinen valaisin. (Lehtovirta & Nuutinen 2000, 40-41.)

4.3 Valotyypit 3D-suunnittelussa

3D-sovelluksissa on valittavana useita erilaisia valotyyppejä. *Taustaval*o (ambient-valo) valaisee kuvan joka kohdan tasaisesti eikä luo minkäänlaisia varjoja (Puhakka 2008, 233). Sillä saa helposti tuotua valoa

mallin pimeisiin kohtiin kunhan pitää huolta, ettei kontrasti katoa kuvasta kokonaan (Lehtovirta & Nuutinen 2000, 41). Varjottomien väripintojen elottomuudesta johtuen mallia valaistaessa halutaan yleensä käyttää myös muunlaisia valonlähteitä kuin pelkkää taustavaloa (Puhakka 2008, 233).

Pistevalo valaisee tasaisesti joka suuntaan ja sille määritellään vain lähtöpiste eikä lainkaan kohdepistettä (Lehtovirta & Nuutinen 2000, 42). Fysikaalisesti pistevalon valovoima heikkenee suhteessa etäisyyden neliöön, mutta tuota valaistussyhtälöä ei voida tuoda 3D-mallinnukseen sellaisenaan. Tämä johtuu siitä, että todellisuudessa valonlähteet ovat harvoin täysin pistemäisiä vaan ne säteilevät sen sijaan isommalta alueelta. 3D-sovelluksissa pistevalon laskentakaavaa onkin yleensä muokattu niin, että se ottaa paremmin huomioon tavan, jolla valovoima käytännössä heikkenee. (Puhakka 2008, 233.)

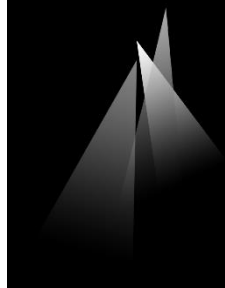
Kohdevalo eli spottivalo suunnataan nimensä mukaisesti tietystä pisteestä tiettyyn pisteeseen ja lisäksi sille määritellään valokeilan koko ja reunojen terävyyden aste (Lehtovirta & Nuutinen 2000, 42). Reunojen terävyydellä tarkoitetaan sitä, että usein valokeilalla on omat astelukunsa sisemmälle ja ulommalle kartiolle. Asteluvut määrittelevät alueen, joiden välissä valo heikkenee täydestä voimakkuudestaan nolnaan. (Puhakka 2008, 236.) Suora kohdevalo lähettää auringonvalon tavoin yhdensuuntaisia valonsäteitä, mistä syystä sitä usein käytetäänkin auringonloisteen korvaajana. 3D-mallinnuksissa käytettävä *auringonvalo* käyttäytyy siis suoran kohdevalon tavoin, mutta lisäksi sille voidaan määritellä

maantieteellinen sijainti. Kun siihen vielä lisätään haluttu päivämäärä ja kellonaika, saadaan valolle todellisuutta vastaava kulma ja liike suhteessa valittuun paikkaan. (Lehtovirta & Nuutinen 2000, 43.)

Yksi itseäni kiehtova yksityiskohta 3D-mallien valaistukseen liittyen ovat kappaleessa 4.1. mainitsemani 3D-pinnoitteet eli bump mapit. Puhakka (2008, 248) käyttää tekniikasta nimeä kuhmutus ja kertoo, että pinnan epätasaisuudet toteutetaan muuttamalla tasaisen pinnan yksittäisten pisteiden tapaa reagoida valoon. Materiaalille on voitu asettaa esim. mustavalkoinen korkeuskartta (height map), jossa pikselin tummuusaste kertoo, kuinka paljon kukin pinnan piste eroaa korkeudeltaan pinnan tasosta. Tätä tietoa hyödynnetään mallin valaistuksen laskennassa ja saadaan luotua illuusio pinnan epätasaisuudesta. Mallin todellinen geometria ei kuitenkaan ole muuttunut lainkaan 3D-pinnoitteen lisäämisestä huolimatta. (Puhakka 2008, 249.)

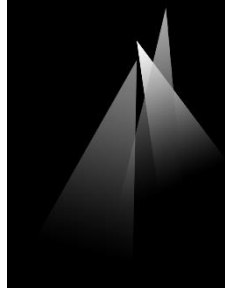
4.4 3D-mallin renderöinti ja visualisointien käyttö

3D-mallin renderaus eli renderöinti voidaan toteuttaa useammalla eri tavalla. Pyyhkäisyjuova-renderöinnin (scanline rendering) etuna on nopeus ja kääntöpuolena valosäteiden käsittelyn vajavaisuus. Laadukkaampi visualisointi saadaan aikaan käyttämällä renderöintiin säteen seurantaa (ray tracing), jolloin esimerkiksi kiiltävät materiaalipinnat saadaan heijastamaan ympäristöään ja läpinäkyvät materiaalit aiheuttavat kuvaan luonnollisia vääristymiä. Kun visualisointiin



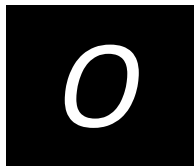
vaaditaan vielä tätäkin enemmän luonnollisuutta, otetaan käyttöön radiosäteetilaskenta. Sen avulla otetaan huomioon mahdollinen valonsäteiden imeytyminen ja loppujen säteiden värjäytyminen, kun ne osuvat mallin pinnan materiaaliin ja jatkavat matkaa johonkin toiseen pintaan. (Lehtovirta & Nuutinen 2000, 45-47.)

Arkkitehdit ovat perinteisesti käyttäneet 3D-mallinnuksia havainnollistaessaan suunnitelmiaan (Lehtovirta & Nuutinen 2000, 117) ja nyt niitä hyödyntävät yhä useammat ammatillisen koulutuksen saaneet sisustussuunnittelijat. Aiempiin vapaalla kädellä piirrettyihin visualisointeihin verrattuna 3D-visualisoinnit tarjoavat tarkemman kuvan esimerkiksi käytetyistä pintamateriaaleista. Myös alan ammattisanastoa tuntematon asiakas saa visualisoinnin avulla selkeämmän käsityksen suunniteltavasta kohteesta. (Lehtovirta & Nuutinen 2000, 119.)



5 Pallokoe

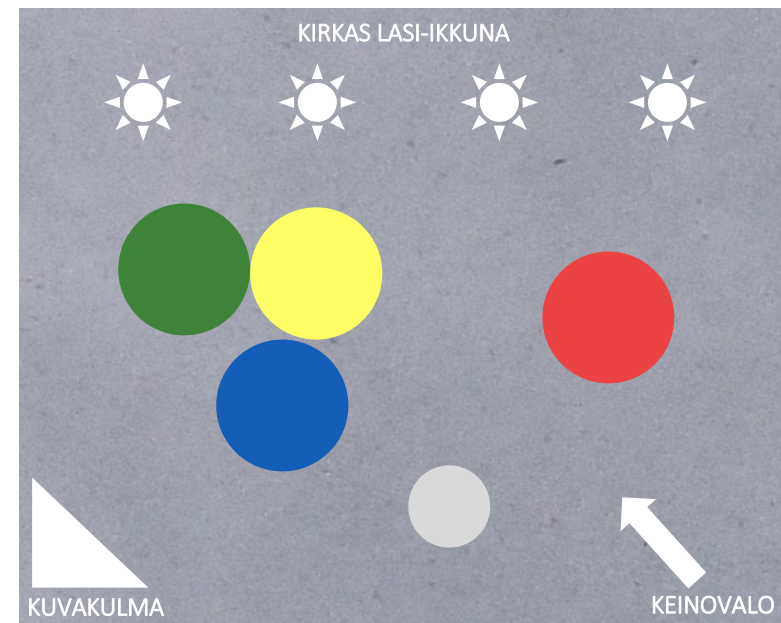
5.1 Pallokokeen valokuvaus



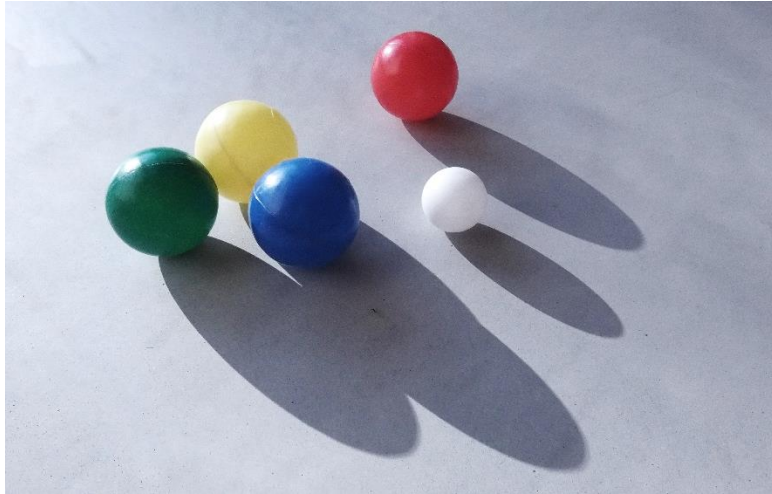
pinnäytetyöni ohjauksessa sain ehdotuksen, että voisin lähestyä visualisointia todellisesta tilanteesta otetun valokuvan kautta. Ajatuksena olisi siis ottaa valokuva, pyrkiä visualisoimaan se 3D-mallintamisen keinoin ja pohtia, miten visualisointi vastaa todellisuutta tai ainakin tilanteesta otettua valokuvaa. Valitsin valokuvauksen kohteeksi yksinkertaiset pallot, jotta huomio mallinuksissa kohdistuisi nimenomaan valon ja varjon visualisointiin. Pallot ovat lisäksi yksi 3D-mallinnusohjelmien perusmuodoista eli primitiiveistä ja vaativat näin vain vähän työtä varsinaisen mallintamisen näkökulmasta. Tiesin jo tähän ns. pallokokeeseen ryhtyessäni, että edessäni tulisi olemaan vielä iso työ varsinaisen suunnittelukohteeni mallintamisessa, joten en halunnut haukata tässä vaiheessa liian suurta palaa ryhtymällä mallintamaan vaativampaa näkymää.

Asettelin olohuoneemme betonilattialle neljä yksiväristä muovipalloa ja yhden valkoisen pingispallon (kuva 10). Isot lattiasta kattoon ulottuvat kirkkaslasiset ikkunat päästivät kirkkaasti paistavan auringon valon sisään luoden palloille pitkät melko tarkkarajaiset varjot (kuva 11). Halusin luoda

muutaman erilaisen valaistustilanteen, joten kuvaa 12 varten vedin ikkunoiden eteen yksiväriset luonnonvalkoiset pellavaverhot. Ne toimivat valon hajottajana, minkä ansiosta pallot loivat tähän kuvaan pehmeän pyöreät varjot. Kolmatta kuvaa 13 varten lisäsin tilaan lähes spot-tyyppistä valoa antavan keinovalon, joka sai aikaiseksi hajavalon luomien pehmeiden varjojen lisäksi toiset tarkkarajaisemmat varjot. Harmillisesti minulla ei ollut käytettävissäni kamerajalustaa, joten kuvakulmat vaihtelevat hieman valaistustilanteesta toiseen. Uskoisin valaistustilanteiden erojen tulevan siitä huolimatta selkeästi ilmi tuosta kolmen kuvan sarjasta.



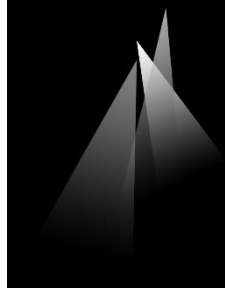
Kuva 10. Havainnekuva valaistuskokeesta.



Kuva 11. Valaistuskoe: valokuva, suora auringonvalo.



Kuva 12. Valaistuskoe: valokuva, auringonvalo hajotettuna pellavaverhon läpi.





Kuva 13. Valaistuskoe: valokuva, keinovalo yhdistettynä pellavaverhon läpi hajotettuun auringonvaloon.

5.2 Pallokekeen 3D-mallinnus ja visualisointi

Pallokoetta varten rakensin ensin Revitissä tilan eli loin seinät, lattian, katon ja ison ikkunan. Tämän jälkeen määrittelin noille elementeille todellisuutta vastaavat materiaalit eli mm. valkoiset kipsilevyseinät ja vaaleanharmaan betonilattian. Seuraavaksi loin pallot, sijoitin ne oikeille kohdilleen ja määrittelin palloille materiaalit ja sävyt. Valkoisen pallon kohdalla käytin materiaalina Revitistä valmiina löytyvää mattapintaista muovia ja muiden pallojen kohdalla vastaavaa kiiltävääpintaista muovia. Betonimateriaalin rakensin itse betonista otettua valokuvaa hyödyntäen.

Tilan ja pallojen määrittelyn jälkeen asetin työni oikeaan kolkkiaan maailmankartalla ja määrittelin ilmansuunnat vastaamaan todellista kuvaustilannetta. Lisäksi kerroin Revitille, että minkä päivämäärän ja kellonajan mukaisia valaistusolosuhteita haluan visualisointini edustavan. Seuraavaksi määrittelin kuvakulma-asetukset eli kameroiden sijainnit, korkeudet, katselusuunnat sekä korkeudet, joihin haluan kameroiden katseiden kohdistuvan.

Kaikkien näiden ns. perusmäärittelyjen jälkeen säädin renderöintiasetuksia vähintään riittävän monta kertaa ja päädyin renderöimään kuvat Revitin omassa sisäänrakennetussa renderöinti-ohjelmassa. Autodesk tarjoaa mahdollisuutta renderöidä Revitissä luotuja mallinnuskuvia myös nk. pilvipalvelussa, mutta palvelu käsittelee mm. valaistusta ja materiaaleja eri tavalla kuin itse Revit. Nopean testauksen perusteella laatuero visualisoinneissa oli niin suuri, että päädyin valitsemaan Revitiin sisäänrakennetun renderöinti-ohjelman huolimatta sen vaatimasta huomattavasti pidemmästä käsittelyajasta. Revitin sisäänrakennetussa renderöinti-ohjelmassa yhden pallokekeen visualisointikuvan renderöinti laadukkaammilla asetuksilla kesti 1-4 tuntia.

Valaistuksen kannalta suorassa auringonvalossa otetun kuvan visualisointi (kuva 14) onnistui melko helposti Revitin omaa auringonvalo-asetusta hyödyntäen. Pellavaverhon läpi hajotetun auringonvalon kanssa taistelin huomattavasti kauemmin. Yritin ensin luoda pehmeämmän valon tuomalla auringonvalon ja pallojen väliin todellista tilannetta vastaten jonkun materiaalin, joka hajottaisi voimakkaan ja pistemäisen

aurionvalon. Kokeiltuani erilaisia kankaita ja muita sermityyppisiä ratkaisuja päädyin siihen, että taitoni eivät ainakaan vielä riitä rakentamaan haluamallani tavalla toimivaa materiaalia valonlähteen ja kohteen väliin. Siirryin siis varasuunnitelmaan, joka sisälsi Revitin oman pistemäisen auringonvalon vaihtamisen laajemmalla valaistuspinnalla valaisevaan keinovalonlähteeseen. Lopputulos (kuva 15) on sen avulla jo lähellä vertailuvalokuvaa 12.

Kuvan 16. lähtökohta oli identtinen edellisen kanssa, mutta lisäsin luonnonvalon lisäksi tilaan vielä värilämpötilaltaan lämpimämmän keinovalonlähteen. Keinovalon valaistusvoimakkuus olisi voinut olla hieman pienempi, jotta kontrasti sen ja luonnonvalon (eli hajotettua auringonvaloa korvaavan keinovalon) välillä olisi pienempi. Betonilattia-materiaaliin olen kohtuullisen tyytyväinen, mutta pallojen muovinen materiaali ei mielestäni vaikuta yhdessäkään kuvassa luonnolliselta. Minulla on muutamia ideoita, joita kokeilemalla saattaisin saada myös muovi-materiaalin vastaamaan paremmin valokuvia. Valitettavasti valaistuskokeeseen käytettävissä olevan aikani puitteissa niiden testaaminen ei ollut mahdollista. Koen, että siitä huolimatta pallokoe täytti sille asettamani odotukset eli pääsin testaamaan riittävän yksinkertaisissa puitteissa erilaisten valonlähteiden luomista. Jo näin pienimuotoinen mallinnus visualisointineen toi hyvin esille mahdollisia visualisointeihin liittyviä ongelmakohtia: realistiseen valonkäyttäytymiseen, mallinnuksiin ja materiaaleihin pyrkimisen haasteet sekä aikaa vievät tekniset vastoinkäymiset.



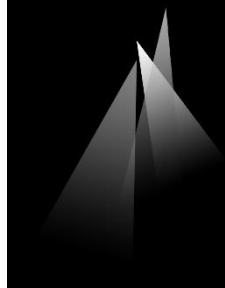
Kuva 14. Valaistuskoe: visualisointi, suora auringonvalo.



Kuva 15. Valaistuskoe: visualisointi, auringonvalo hajotettuna pellavaverhon läpi.



Kuva 16. Valaistuskoe: visualisointi, keinovalo yhdistettynä pellavaverhon läpi hajotettuun auringonvaloon.



6 Kohde

6.1 Kohteen esittely



arsinainen suunnittelukohteeni eli case-tutkimukseni kohde on vuonna 1945 valmistuneen rintamamiestalon kellarikerroksen n. 20 m² tila (kuvat 17-20). Kellaritila on tähän asti toiminut lähinnä varastona ja öljysäiliön suojana. Taloon tehtävän mittavan remontin yhteydessä mm. öljysäiliö puretaan sekä kellarin lattiaa kaivetaan n. 250 mm korkeamman huonekorkeuden saavuttamiseksi ja lattialämmityksen asentamiseksi. Tämän lisäksi asukkaiden toiveissa on puhkaista kivijalkaan muutama uusi ikkuna, jotta tilaan saadaan enemmän luonnonvaloa.

Kellaritilaan halutaan sijoittaa työpiste, oleskelutila mm. elokuvien katselua varten sekä verstaas. Lisäksi tilasta pitää osoittaa paikka talotekniikalle kuten kaukolämpövaihtimelle. Kellaritila on muodoltaan suorakulmainen ja sinne tullaan sisään toisen pitkän sivun keskeltä. Huonetta jakaa oven vieressä sijaitseva takkamuuri ja sen kohdalle saatiinkin luonnollinen jako ns. puhtaaseen puoleen (työpiste ja oleskelutila) että pölyvämpään puoleen (verstaas). Talotekniikalle löytyi tämän tilanjaon jälkeen sopiva sijainti takkamuuria vastapäätä. Asukkaat kertoivat toivovansa tilan pintoihin vaaleaa betonia ja vaneria sekä tilassa

olevan tiiliseinän säilyttämistä. Tiiliseinä pyritäänkin mahdollisuuksien mukaan puhdistamaan alkuperäiseen punaiseen sävyynsä. Valaistukselta asiakkaat toivoivat riittävää tehokkuutta ja säädettävyyttä.



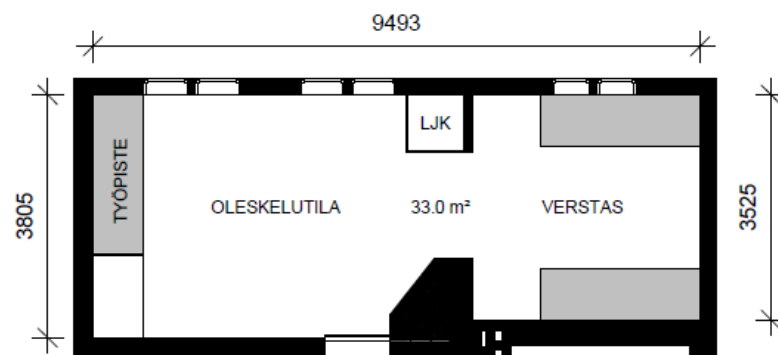
Kuva 17. Rintamamiestalon julkisivu kadulle päin pääsisäänkäynteineen.



Kuva 18. Osa rintamamiestalon kellaritiloista toimii varastona.



Kuva 20. Rintamamiestalon kellarissa sijaitsee käytöstä poistettu öljysäiliö.



Kuva 19. Kellaritilan pohjapiirros, ei mittakaavassa.

6.2 Kohteen ensimmäisen valaistustunnelman visualisointi

Määrittelin Revitissä ensin tilan, pintamateriaalit, kalusteet ja somisteet sekä säädin muut tarvittavat asetukset. Jouduin ihan tosissani pinnisteleämään, etten alkanut säätää kalusteita, somisteita ja materiaaleja sen enempää kuin mitä niitä tein. Selkeästi näyttää siltä, että pidän siitä hommasta erittäin paljon. Tilan perusmäärittelyiden jälkeen lähdin luomaan tilaan ensimmäistä valaistustunnelmaa. Aivan aluksi lisäsin kivijalkaan aukotuksia muutaman ikkunan muodossa. Niiden sijoittelussa

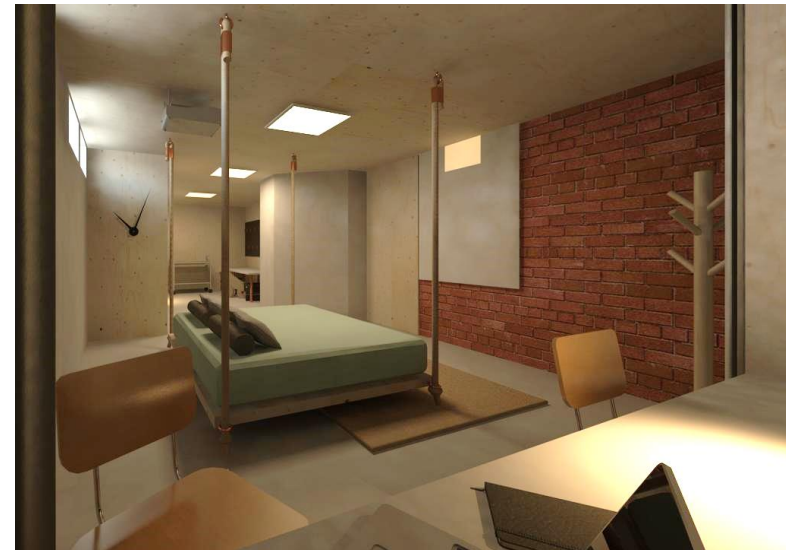
huomioin rakennuksen 1. kerroksen ikkunat, jotta julkisivun ilme pysyisi mahdollisimman harmonisena. Toiveissa on, että harkitun sijoituksen myötä lupaprosessi kaupungin suuntaan etenisi myös sujuvasti.

Luonnonvalon lisäksi halusin käyttää tilan valaisemiseen mahdollisimman paljon todellisten markkinoilta tällä hetkellä löytyvien valaisinten mallinnuksia. Useat valaisinvalmistajat luovat omista tuotteistaan eri 3D-mallinnusohjelmien kanssa yhteensopivia malleja suunnittelijoiden vapaaseen käyttöön. Kun valaisimet on mallinnettu taidokkaasti (esim. riittävän, muttei liian yksityiskohtaisesti) ja niiden mukana toimitetaan toimiva ja totuudenmukainen IES-tiedosto, niin mallien hyödyntäminen tuo työskentelyyn tehokkuutta ja valaistukseen luonnollisuutta. Olin jo työharjoitteluni yhteydessä tutustunut italialaisen valaisinvalmistajan iGuzzinin tuotteisiin ja kun huomasin, että he tarjoavat lukuisista tuotteistaan Revitin kanssa yhteensopivat mallit (iGuzzini 2015b), niin koin mielekkäänä käyttää niitä mallinnuksissani. Tiedetyt iGuzzinin valaisimet myös alittavat Valaistusstandardissa SFS-EN 12464-1 ilmoitetun UGR-häikäisyindeksin maksimiarvon. Olen listannut visualisoinneissa käyttämäni iGuzzinin valaisimet mallitietoineen liitteeseen 1.

Tilan ensimmäinen valaistusehdotus on rakennettu lähes pelkästään yleisvaloa tuottavilla kattovalaisinpaneelilla sekä muutamalla työvalaisimella (kuvat 21-26). Lisäksi tilaan tulee luonnonvaloa kivijalkaan puhkaistujen ikkunoiden kautta. Tila on sen verran pieni, että keskelle huoneita sijoitetut yleisvalonlähteet riittävät tuottamaan riittävästi valoa tilassa tehtäviä toimintoja varten (tavoitearvo >300 lx). Ainoastaan

työpisteisiin täytyy tuoda lisävaloa erillisillä työpistevalaisimilla (tavoitearvo >500 lx).

Kattovalaisinpaneelit ovat pinta-asennettavia, mutta korkeudeltaan kuitenkin sen verran matalia, etteivät laskeudu häiritsevän alas matalahkossa tilassa. Lähes pelkän yleisvalon käytössä on kuitenkin se ongelma, että tilaan ei tahdo syntyä juuri lainkaan syvyytsvaikutelmaa eivätkä huonekalujen ja muiden elementtien muodot ja pinnat nouse esiin. Myös valaistuksen säätö tapahtuu käytännössä vain mahdollisella yleisvalon himmentämisellä.



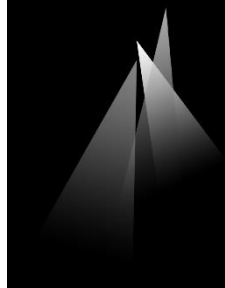
Kuva 21. Valaistusehdotus 1, visualisointi 1, näkymä työpisteeltä muuhun tilaan.



Kuva 22. Valaistusehdotus 1, visualisointi 2, näkymä ovelta riippusohvan ja työpisteen suuntaan.



Kuva 23. Valaistustunnelma 1, visualisointi 3, näkymä verstaalta riippusohvaa ja työpistettä kohti.

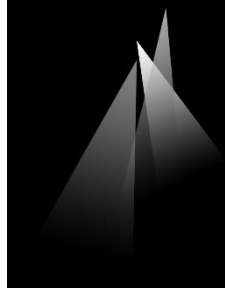




Kuva 24. Valaistustunnelma 1, visualisointi 4, näkymä verstaasta.



Kuva 25. Valaistustunnelma 1, visualisointi 5, näkymä verstaasta.





Kuva 26. Valaistustunnelma 1, visualisointi 5, näkymä työpisteeltä muuhun tilaan (ei luonnonvaloa).

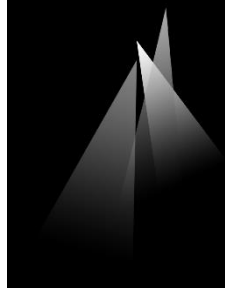
6.3 Kohteen toisen valaistustunnelman visualisointi

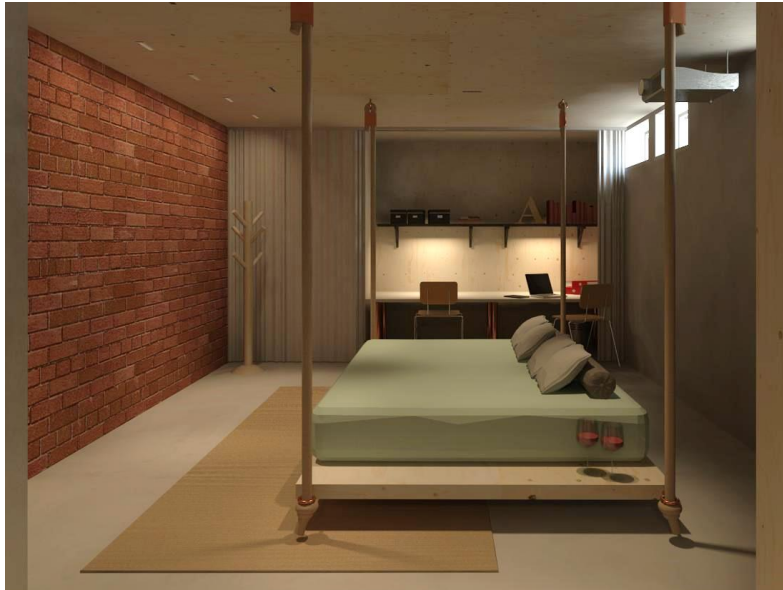
Kohteen toisesta valaistustunnelmasta (kuvat 27 ja 28) poistin oleskelualueen keskelle sijoitetun yleisvalon ja korvasin sen useammalla kattoon upotetulla led-valaisimella. Valaisimet antavat huomaamattomasta suorakulmaisesta muodostaan huolimatta pyöreäkeilaisen ja kokoonsa nähden voimakkaan valon. Tiiliseinän edustalle lisäsin nk. seinänpesijä- eli wall washer -valaisimia, joissa on epäsymmetrinen rakenne. Valaisinten valokeila suuntautuu alaviistoon pitkin vieressä

olevaa tiiliseinää ja näin sen pinnan muodot nousevat yleisvaloa paremmin esiin.

Työpistevalaisimen tilalle vaihdoin valaistusvoimakkuudeltaan säädettävät led-valonauhat, jotka sijoitin työpöydän yläpuolella olevien avohyllyjen alapintaan. Näin valo säteilee tasaisemmin koko työpöydän alueelle, mahdolliset varjot ovat pehmeämpiä ja samalla työskentelytilaa vapautuu muuhun käyttöön. Valaistustunnelman monimuotoisuuden lisäämiseksi sijoitin riippusohvan alapintaan led-valonauhaa. Valo säteilee epäsuorasti lattian kautta ja yhdessä muutaman seinänpesijävalon kanssa luo mielestäni miellyttävän tunnelman erityisesti elokuvien katselua varten. Elokuvia katsellessa myös työpisteen eteen voi vetää kuvissa nyt säilytystilan eteen kerätyt paksut verhot. Mutta jos verhot ovat auki niin työpisteseinustan avohyllylle lisäämäni A-kirjaimen muotoinen koristevalaisin tuo tilaan syvyyttä ja mielenkiintoa.

Tämä toinen valaistustunnelma täyttää kappaleessa 3.2 esittelemäni Sisäilmastoyhdistys ry:n kokoaman Sisäilmastoluokitus 2008:n parhaan S1-luokan vaatimukset, kun työpistevalaistus on säädettävissä ja yleisvalaistus himmennettävissä. Ainoastaan vaatimus säädettävistä auringonsuojauksista ikkunoissa täytyy vielä ratkaista asentamalla ikkunoihin esim. säleverhot.

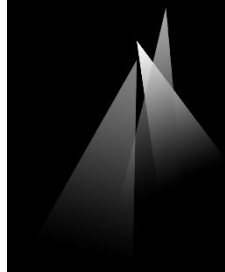




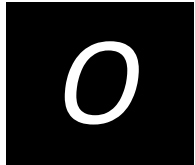
Kuva 27. Valaistustunnelma 2, visualisointi 1, näkymä verstaan suunnasta työpisteelle ja riippusohvalle.



Kuva 28. Valaistustunnelma 2, visualisointi 2, näkymä verstaan suunnasta työpisteelle ja riippusohvalle.



7 Pohdinta



len luonnollisesti pohtinut 3D-mallinnukseen ja -visualisointeihin liittyviä asioita paljon kuluneen kevään aikana tätä opinnäytetyötäni työstäessäni.

Aihe on kiehtonut minua koko opiskelujeni ajan ihan sieltä ensimmäisestä tietokoneavusteisen suunnittelun kurssista lähtien. Ja viime vuotinen työharjoittelumahdollisuuteni 3D-mallinnukseen erikoistuneessa sisustusarkkitehtitoimistossa tuntui tietysti siinäkin mielessä pieneltä lottovoitolta.

Työharjoittelun ja opinnäytetyöprosessin mukanaan tuomien oppien ja kokemusten myötä olen vahvasti sitä mieltä, että valokuvamaisten ja erityisesti valaistuksen osalta täydelliseen luonnollisuuteen pyrkivien visualisointien tuottaminen vaatii sisustussuunnittelijalta paljon. Ammatillisen koulutuksen lisäksi suunnittelijan täytyy omata vilpitön ja jatkuva kiinnostus alati kehittyvään alaan, ymmärrys visualisointikuvaan vaikuttavista tekijöistä ja tehokkaat työvälineet. Aiemmasta teknisestä koulutuksesta ja/tai osaamisestakaan ei ole haittaa, sillä visualisointeja luodessa törmää väistämättä teknisiin vastoinkäymisiin. Mielestäni visualisointien luominen vaatii tällaisten ongelmanratkaisutaitojen lisäksi erittäin hyviä tiedonhakutaitoja. Alan kehitysvauhti on sen verran kiiwas, että viimeisin tieto tahtoo löytyä ainoastaan internetin avulla ja

tiedonhaku sieltä edellyttää lähes poikkeuksetta englanninkielisen ammattisanaston hallintaa.

Jotta sisustussuunnittelija voisi ajatella tuottavansa luonnolliseen lopputulokseen tähtääviä visualisointeja osana omaa suunnitteluaan, pitää hänen taitojensa hiomisen sekä tehokkaan tietokoneen ja soveltuvien ohjelmistojen hankkimisen päälle rakentaa vielä toimiva ja testattu kokoelma 3D-malleja ja -materiaaleja. Testaamisen merkitys korostuu erityisesti 3D-valaisinmallien käytössä, koska valaistus on mielestäni (edelleen) yksi oleellisimmista tekijöistä visualisoinnin onnistumisessa. Valon lopullisen käyttäytymisen visualisoinnissa näkee yleensä vasta aikaa vievän renderöinnin jälkeen ja tästä syystä virheellisesti toimivien valonlähteiden säätämisen tai vaihtamisen haluaisi pyrkiä välttämään kokonaan.

Hieman aiheesta jatkaen olen siis sitä mieltä, että visualisointien luomisessa saavutetaan tehokkuutta ja kannattavuutta juurikin sitä kautta, että suunnittelijalla on projektin alkaessa jo valmiiksi kyseisen sisustustyylin kattava ja riittävän laaja 3D-mallikirjasto soveltuvine materiaaleineen. Sillähän ei muuten ole sinänsä väliä, että kokoako suunnittelija 3D-mallikirjastonsa ennen ensimmäistäkään projektia vai antaako 3D-mallien kokoelman karttua hiljalleen nimenomaan erilaisten projektien myötä, mutta jälkimmäisessä vaihtoehdossa on vaarana, että mallien ja materiaalien kerääminen ja rakentaminen varsinaisen suunnittelutyön rinnalla hidastaa käynnissä olevan projektin etenemistä huomattavasti.

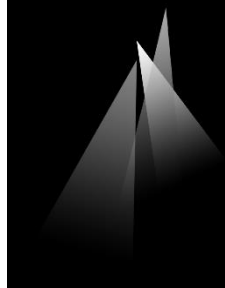
Realististen visualisointien luonti vaatii paljon taustatyötä ja prosessi ideasta valmiiksi visualisointikuvaksi voi kestää tuskallisen kauan. Edellä mainitsemani vaatimukset ja työvaiheet ovat vain muutamia aikaa vieviä prosessin osasia. Näiden lisäksi moneen muuhun pienempään osaluueeseen kuluu aikaa. Ja kuten kaikki tietävät niin aika on sitä kuuluisaa rahaa. Olenkin opinnäytetyöprosessin kuluessa yhä enemmän pohtinut olennaisuuden elementtiä. Olen luonteeni vastaisesti kallistumassa sille kannalle, että vähempikin todennäköisesti riittäisi. Tarkoitin tällä sitä, että (valaistus)suunnitelman pointti tulisi todennäköisesti selväksi vähemmälläkin viimeistelyllä ja työskentely olisi silloin myös kustannustehokkaampaa. Toki alamme on visuaalinen, mutta jos visualisoinneissa pyritään ehdottomaan luonnollisuuteen, niin ryhdytäänkö silloin lähentymään jo enemmän taidetta? Tietääkseni visualisointeja ei kuitenkaan ole tarkoitus ripustaa seinälle.

Olen myös miettinyt, että olenkohan liian kriittinen visualisointien laatua ja luonnollisuutta kohtaan. Kuulostaa hieman itseriittoiselta, mutta voiko olla, että silmäni ovat valokuvaustaustastani johtuen harjaantuneet jotenkin liian tarkoiksi ja näin ollen pienikin puute tai epäjohtamukaisuus visualisoinnissa - erityisesti valon käyttäytymisessä - kiinnittää huomioni ja nimenomaan huonolla tavalla. Tätä epäilyäni vahvistaa palaute, jota sain toimeksiantajaltani ja lähipiiriltäni esitellessäni heille luomiani visualisointeja. Kuvat eivät mielestäni olleet valmiita saati täydellisiä, mutta silti heidän mielestään onnistuneita ja informatiivisia.

Opinnäytetyöprosessissani olenkin erityisen iloinen siitä, että koen toimeksiantajani saaneen vilpittömästi hyötyä ja lisäarvoa visualisoinneista. He pitivät visualisointeja erittäin havainnollistavina, sillä prosessin alussa heillä oli suuria vaikeuksia hahmottaa tilaa valmiina ilman kaikkia rojuja, öljysäiliötä, matalampaa lattiaa ja uusia ikkunoita. Erityisesti uusien ikkunoiden kautta tulevan luonnonvalon vaikutus tilaan ja tilan kokemiseen oli heille mieluinen yllätys. Toimeksiantajani kertoi, ettei olisi mitenkään osannut päässään hahmottaa pelkän perinteisen 2D-muodossa olevan valaistussuunnitelmapiirroksen avulla, että miltä tila tulisi näyttämään.

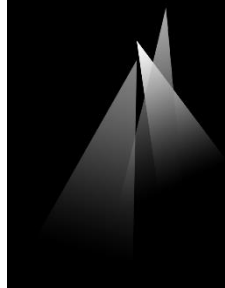
Visualisointien vertailun myötä toimeksiantajani on päätyvässä kellarin osalta valaistusratkaisuun, joka on jotain luvussa 6 esittelemieni kahden suunnitelman välistä. Talon remontti on edennyt vauhdilla ja tähän mennessä kellari on riisuttu jo runkoa myöten paljaaksi. Seuraavana suunnitelmissa on aloittaa maapohjan kaivuutyö huonekorkeuden kasvattamiseksi. Ikkuna-aukotusten osalta toimeksiantaja on todennäköisesti laittamassa vireille lupaprosessin kaupungin suuntaan ja miksei senkin etenemisessä voi olla apua visualisoinneistani. Lisäksi toimeksiantajan kanssa on jo alustavasti keskusteltu vastaavanlaisen valaistussuunnittelutyön ja visualisointien luomisesta heidän keittiö- ja ruokailuhuonetilastaan.

Prosessin aikana olen pohtinut myös sellaista, että olisiko minun valaistussuunnittelua tekevänä sisustussuunnittelijana edes välttämätöntä - hyödyllistä toki, mutta entä välttämätöntä - opiskella



myös valaistuslaskennan periaatteet ja sovellukset. Riittäisikö, että osaisin tuottaa riittävän laadukkaita 3D-visualisointeja valaistusta tiloista, minkä jälkeen varsinainen valaistussuunnittelija tai tietyissä tilanteissa jopa sähkösuunnittelija voisi viedä suunnittelun loppuun? He voisivat visualisointieni perusteella suositella/määritellä valaisimet, niiden sijoituspaikat ja teknisen toteutuksen niin, että lopputulos olisi visualisointeja vastaava. Näin visualisoinnit toimisivat havainnollistavina työkaluina myös muille rakennus- tai remontointiprojektissa mukana oleville tahoille.

Opinnäytetyötä aloittaessani toivoin, että pystyisin prosessin kuluessa kehittämään 3D-mallinnustaitojani ja osaamistani visualisointikuvien luomisessa. Voin rehellisesti kertoa, että näin todellakin kävi. Tietojeni ja taitojeni karttumisen lisäksi tein havainnon, että visualisointien käyttö toi suunnitteluuni varmuutta. Tehtyjen valintojen toimimista tai toimimattomuutta tilassa pystyi arvioimaan mallinnusten ja visualisointien avulla lähes reaaliajassa. Koen, että sain myös hurjasti lisää itseluottamusta visualisointeja tuottavana sisustussuunnittelijana. Tiedonnälkäni ei kuitenkaan ole vielä lähellekään taltutettu vaan pikemminkin ajattelen päässeeni koko aiheessa vasta alkuun. Haluaisin myös ajatella, että tämän työni myötä olen pystynyt kokoamaan muille alan opiskelijoille, sisustussuunnittelijoille tai muuten aiheesta kiinnostuneille kompaktin ja helposti sisäistettävissä olevan tietopaketin 3D-visualisoinneista erityisesti valaistuksen näkökulmasta.



Lähteet

Autodesk. 2015. Revit Architecture 2010 User's Guide. Photometrics and IES Files.

<http://docs.autodesk.com/REVIT/2010/ENU/Revit%20Architecture%20010%20Users%20Guide/RAC/files/WS1a9193826455f5ff-68bf0692116121b4410-7a3c.htm>. 1.5.2015.

Ensto. 2008. Valovoima.

<http://www2.amk.fi/Ensto/www.amk.fi/opintojaksot/0705016/1228387313247/1228397989485/1228398034451/1228398112158.html>. 18.4.2015.

Hirsjärvi, S., Remes, P. & Sajavaara, P. 2009. Tutki ja kirjoita. Helsinki: Tammi.

iGuzzini. 2013. Product Evolution July 2013.

http://www.iguzzini.fi/media/files/Product_Evolution_1_07_2013_iGuzzini_EN.pdf. 27.3.2015.

iGuzzini. 2015a. Laser Blade MK49 Specification Sheet.

<http://products.iguzzini.com/api/download.cshtml?c=10098&t=1>. 1.5.2015.

iGuzzini. 2015b. 3D BIM Revit® data.

http://www.iguzzini.com/3D_BIM_Revit_data. 17.4.2015.

Lehtovirta, P. & Nuutinen, K. 2000. 3D. Jyväskylä: Docendo Finland Oy.

Motiva Oy. 2015. Lampputieto.fi. Kelvin – värilämpötila.

<http://www.lampputieto.fi/lamput/lamppujen-ominaisuuksia/kelvin-varilampotila/>. 28.3.2015.

Photometric & Optical Testing. 2015. Talking Photometry: Understanding Photometric Data Formats.

http://www.photometrictesting.co.uk/File/understanding_photometric_data_files.php. 1.5.2015.

Puhakka, A. 2008. 3D-grafiikka. Helsinki: Talentum Media.

Rakennustieto. 2015. Valaistussuunnittelun tehtäväluettelo VAL12. RT 10-11174. <https://www.rakennustieto.fi/kortistot/rt/kortit/11174.html.stx>. 22.3.2015.

Sisustussuunnittelijat SI ry. 2015. SI, SI, SI. Vuosijulkaisu 2015. Helsinki: Sisustussuunnittelijat SI ry.

Sisäilmayhdistys ry. 2008. Sisäilmastoluokitus 2008. Sisäympäristön tavoitearvot, suunnitteluohjeet ja tuotevaatimukset. Sisäilmayhdistys julkaisu 5. Espoo: Sisäilmayhdistys ry.

Sormanen, A. 2008. Valonlähteiden värintoisto-ominaisuuksien kuvaaminen. http://metrology.tkk.fi/courses/S-108.erikoisty/reports/web/etyo_Sormanen.pdf. 5.4.2015.

Suomen Standardoimisliitto. 2003. SFS-EN 12464-1. Valo ja valaistus. Työkohteiden valaistus. Osa 1: sisätilojen työkohteiden valaistus. Helsinki: Suomen Standardoimisliitto.

Suomen Valoteknillinen Seura. 2008. Valaistushankintojen energiatehokkuus. Taustaraportti.

http://www.valosto.com/tiedostot/SVS_Valaistushankintojen_energiatehokkuus_V4.pdf. 5.4.2015.

Suomen Valoteknillinen Seura. 2015a. Valaistussuunnittelijoiden Toimintaryhmä.

<http://www.valosto.com/toimintaryhmat/valaistussuunnittelijoidentoimintaryhma>. 22.3.2015.

Suomen Valoteknillinen Seura. 2015b. Valaistussuunnittelun tehtäväluettelo VAL12 on julkaistu.

<http://www.valosto.com/ajankohtaista#valaistussuunnitteluntehtavaluetteloval12onjulkaistu>. 22.3.2015.

Sähköturvallisuuden Edistämiskeskus ry. 2012. Kodin valaistus. <http://www.kodinvalaistus.fi/valon-laatu/>. 28.3.2015.

Tuomi, J. & Sarajärvi, A. 2009. Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi. Helsinki: Tammi.

Työterveyslaitos. 2010. Valaistussuureita. <http://www.ttl.fi/fi/tyoymparisto/valaistus/valaistussuureita/sivut/default.aspx>. 5.4.2015.

Väätäinen P. 2015. Valaistussuunnittelijan ajatuksia ja kokemuksia valaistuksesta. Oy Airam Electric Ab. <http://www.airam.fi/sahkoalan-ammattilaisille/rakenna-ja-remontoi/valaistussuunnittelija-kertoo/>. 21.3.2015.

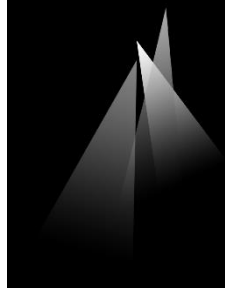
Wikipedia. 2015a. LED. <http://fi.wikipedia.org/wiki/LED>. 27.3.2015.

Wikipedia. 2015b. Light-emitting diode. http://en.wikipedia.org/wiki/Light-emitting_diode. 27.3.2015.

Wikipedia. 2015c. Non-uniform rational B-spline. http://en.wikipedia.org/wiki/Non-uniform_rational_B-spline. 8.4.2015.

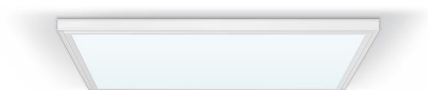
Wikipedia. 2015d. Light fixture. http://en.wikipedia.org/wiki/Light_fixture. 18.4.2015.

Wilhide, E. 2002. Valot ja sisustus. Tunnelmallisia ja tyylikkäättä valo- ja sisustusratkaisuja koko kotiin. Iso-Britannia: Ryland Peters & Small.



Luettelo visualisoinneissa käytetyistä iGuzzinin valaisimista

Valaisin	Koko	Valoteho/ valovirta	Väriämpötila/ värinöistoindeksi	Muita tietoja
iGuzzini iPlan Easy Square Ceiling-mounted, MT10	596x596x14 mm	32 W / 4600 Lm	4000 K / R _a 80	LED, saatavissa myös UGR<19, valaistustunnelmat 1 ja 2, http://products.iguzzini.com/iplan_easy_square_ceilingmounted
iGuzzini Laser Blade High Contrast, MK49	148x44x54 mm	10 W / 1000 Lm	4000 K / R _a 85	LED, valokeila 48°, valaistustunnelma 2, http://products.iguzzini.com/laser_blade_high_contrast
iGuzzini Laser Blade Wall Washer, MQ67	148x44x54 mm	10 W / 1000 Lm	4000 K / R _a 85	LED, valaistustunnelma 2, http://products.iguzzini.com/laser_blade_wall_washer



MT10



MK49



MQ67