

# INTERAKTIIVINEN 360-YMPÄRISTÖ

LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU  
Tekniikan ala  
Tieto- ja viestintäteknikka  
Mediateknikka  
Syksy 2018  
Sampsa Halmesaari

## Tiivistelmä

Tekijä Halmesaari, Sampsa	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Valmistumisaika Syksy 2018
	Sivumäärä 42	
Työn nimi <b>Interaktiivinen 360-ympäristö</b>		
Tutkinto Tieto- ja viestintätekniikan koulutusohjelma, Mediatekniikka		
Tiivistelmä <p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää 360-kuvauksen käyttökohteita, tekniikoita ja tämänhetkisestä tilannetta. Opinnäytetyön ensimmäisessä osiossa tutustuttiin interaktiivisuuden tietotekniikassa ja sen käyttökohteisiin.</p> <p>Toisessa osiossa syvennyttiin panoraamakuvaukseen ja sen historiaan, josta 360-kuvaus on kehittynyt. Työssä käytiin läpi 360-kuvien tuomia hyötyjä sekä haittoja. Suurin etu 360-kuvissa on niiden immersiiivisyys. Lisäksi 360-kameroiden tuottamia kuvia tutkittaessa huomattiin, etteivät ne vastaa perinteisen kameras tarkkuutta, koska 360-kuvaan sisältyy huomattavasti enemmän informaatiota. Myöskin 360-kuvien käyttötarkoituksia käytiin läpi, joista suuressa suosiossa ovat virtuaaliset vierailut, joita käytetään muun muassa monissa kouluissa, matkailussa ja kiinteistövälityksessä.</p> <p>Kolmannessa osiossa käsiteltiin erilaisia kuvauslaitteistoja, joilla 360-kuvia voidaan tuottaa. Laadullisesti parhaimpaan tulokseen päästiin järjestelmäkameran ja panoraamapään avulla, mutta itsenäiset 360-kamerat olivat nopeampi ja helpompi tapa tuottaa 360-kuvia.</p> <p>Opinnäytetyön CASE-osiossa perehdyttiin interaktiivisen 360-ympäristön luomiseen Itä-Suomen yliopiston Sovelletun fysiikan laitokselle. Yliopiston laboratorioista tehtiin 360-ympäristöt, jotta tulevan opiskelijan olisi mahdollista tutkia tiloja ilman fyysistä läsnäoloa ja tutustua niihin. Työhön käytettiin Insta360 Pro kameraa ja virtuaaliympäristön alustana käytettiin WordPressiä, johon asennettiin iPanorama360 liitännäinen. Lopuksi virtuaalitalaan tuotettiin sisältöä.</p>		
Avainsanat 360-kuva, 360-kamerat, Interaktiivisuus, Virtuaaliajelu		

## Abstract

Author	Type of publication Bachelor's thesis	Published autumn 2018
Halmesaari, Sampsa	Number of pages 42	
Title of publication <b>Interactive 360 environment</b>		
Name of Degree Degree Programme in Information and Communications Technology		
Abstract <p>The purpose of the thesis was to research uses, techniques and current situation in 360 photography. The first part of the thesis focused on interactivity in information technology and where interactivity is being used.</p> <p>The second part of the thesis focused on panorama photography and its history, in which 360 photography was developed. The advantages and disadvantages of the 360 images were studied. The biggest benefit in a 360 picture is its immersion. Additionally, 360 cameras were found to produce poorer resolution than traditional cameras, as 360 images contain significantly more information. The use of 360 images in virtual tours, for example for education, tourism and real estate business, is growing in popularity.</p> <p>The third part dealt with different kinds of filming equipment which can produce 360 images. Digital single-lens reflex cameras with a panoramic head produce the best imagery but stand-alone 360 cameras are a faster and easier way to produce 360 images.</p> <p>The CASE part of the thesis consisted of the creation of an interactive 360 environment for the Department of Applied Physics at the University of Eastern Finland. The goal was to create 360 environments from the laboratories so that future students can check and access facilities without physical presence. An Insta360 Pro camera was used in photographing and WordPress with iPanorama360 plugin was used as a platform for the environment. The last stage was to produce content for the virtual space.</p>		
Keywords 360 picture, 360 camera, interactivity, virtual tour		

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	INTERAKTIIVISUUS.....	2
2.1	Interaktiivisuus tietotekniikassa.....	2
2.2	Käyttökohteet.....	3
3	360-KUVAUKSEN KEHITYS.....	6
3.1	360-kuvan esitystapa.....	6
3.2	Historia.....	7
3.3	Käyttötarkoitukset.....	10
3.4	360-kuvan hyödyt ja haitat .....	12
4	KUVAUSLAITTEISTOT .....	17
4.1	Vaihtoehdot eri tarkoituksiin .....	17
4.2	Yhden linssin kamerat .....	18
4.3	Rigit .....	22
4.4	360-kamerat .....	23
5	CASE: INTERAKTIIVINEN VIRTUAALITILA.....	25
5.1	Tavoite ja käyttötarkoitus .....	25
5.2	Insta360 Pro .....	26
5.3	360-kuvien käyttö verkossa .....	27
5.4	iPanorama360 liitännäinen.....	29
5.5	Orientaation toteutus.....	33
6	YHTEENVETO .....	35
	LÄHTEET .....	36
	LIITTEET .....	42

## SANASTO

360-kuva	Kuva, jota on mahdollista katsoa joka suuntaan, kuten suoraan ylös taikka alas. Luku 360 tulee asteluvusta eli täydestä ympyrän kierroksesta.
CSS	Verkkosivujen ulkoasun määrittämiseen käytetty tyyliohje.
FOV	Näkökenttä, joka tulee sanoista Field of View.
Hotspot	Informaatiota sisältävä symboli tai piste, jonka avulla käyttäjä voi suorittaa virtuaaliajelulla toimintoja, kuten liikkua ja avata videon.
Immersio	Voimakas asiaan syventyminen, jossa käyttäjä uppoutuu esimerkiksi kuvaan.
Interaktiivisuus	Ihmisen ja laitteen välinen vuorovaikutus, kuten näppäimen klikkaus.
JavaScript	Internet-sivuilla paljon käytetty ohjelmointikieli.
JPEG	Häviöllinen kuvatiedostomuoto, jota käytetään yleisesti verkossa sen pienen tiedostokoon takia.
Kalansilmälinssi	Kameran erikoisobjektiivi, joka tuottaa laajakuvia, joiden FOV eli näkökenttä voi olla yli 180 astetta.
Monoskooppinen kuva	Kaksiulotteinen kuva, jossa molemmille silmille näytetään samaa kuvaa, jolloin syvyysvaikutelmaa ei synny.
Nitominen	Usean perinteisen kuvan liittäminen ohjelmallisesti yhdeksi saumattomaksi 360-kuvaksi.
Objektiivi	Useasta kuperasta tai koverasta lasipinnasta koostuva kappale, joka kerää valonsäteitä kameran sisään sensoria tai filmiä kohti. Käytetään myös nimitystä linssi.
Panoraama	Laaja kuva, joka voi olla enimmillään horisontaalisesti 360 astetta. Panoraamakuvat eivät kata pystysuunnassa 180 astetta.

PNG	Häviötön kuvatiedostomuoto, jota käytetään verkossa, kun halutaan säilyttää kuvanlaatu mahdollisimman hyvänä.
Resoluutio	Kuvan pikselimäärä vaaka- ja pystysuunnassa.
Rig	Kuvauskehikko, johon voi liittää useita kameroita yhdeksi kokonaisuudeksi.
Sisääntulopupilli	Objektiivin eli linssin keskipiste. Kameraa kiertäessä sisääntulopupillin kohdalta kuviin ei synny nidontavaiheessa vääristymiä.
Stereoskooppinen kuva	Kolmiulotteinen kuva, jossa molemmille silmille näytetään eri kuvaa. Kuvilla on silmien välin mittainen poikkeama, joka luo syvyysvaikutelman. Käytetään usein virtuaalilasien kanssa.
Virtual tour	Tilan, kuten museon tai huoneiston virtuaalinen tutustuminen. Käytetään usein termejä tilaesittely tai virtuaalijelu.
WordPress	Suosittu sisällönhallintaohjelmisto, jota käytetään verkkosivujen, kuten verkkokauppojen ja blogien tekemiseen.
Zoomaus	Kuvan lähentämistä tai loitontamista.

## 1 JOHDANTO

Viime vuosina perinteisen valokuvauksen rinnalle on noussut uudenlainen valokuvausmenetelmä, 360-kuvaus. Tällä kuvaustavalla otettua kuvaa on mahdollista katsoa jokaiseen kuvaussuuntaan, eikä vain kameran eteen. Jos perinteisen kuvan sanotaan kertovan yli tuhat sanaa, niin 360-kuville pitäisi vakiinnuttaa sanonta, jonka mukaan 360-kuva kertoisi yli 4000 sanaa.

Erilaisten 360-kameroiden keksimisen myötä niille on kehitetty uusia käyttötarkoituksia, kuten valvontakamerat, auton pysäköintiavustin ja virtuaaliset esittelyt. Erityisesti erilaisten tilojen virtualisointi on kasvattanut suosiotaan. Koulut, hotellit ja kiinteistövälittäjät ovat alkaneet kuvaamaan tiloja 360-kameralla, jonka avulla tiloista saa paremman ja realistisemmän käsityksen kuin perinteisiä valokuvia katsomalla.

Tässä opinnäytetyössä tutkitaan, mihin tietotekniikassa ja virtuaalikerroksissa käytetään interaktiivisuutta, kuinka 360-kuvaus on saanut alkunsa panoraamakuvauksesta sekä kuinka se on kehittynyt ja millaisilla laitteilla 360-kuvia voidaan tuottaa. 360-kameroiden käyttöön liittyy useita hyötyjä sekä haittoja, jotka vaikuttavat muun muassa kuvanlaatuun ja kuvan immersioon, jolla tarkoitetaan kuvan syventymistä ja eläytymistä. Lisäksi työssä syvennytään 360-kuvien resoluutioon ja tiedostokokoon.

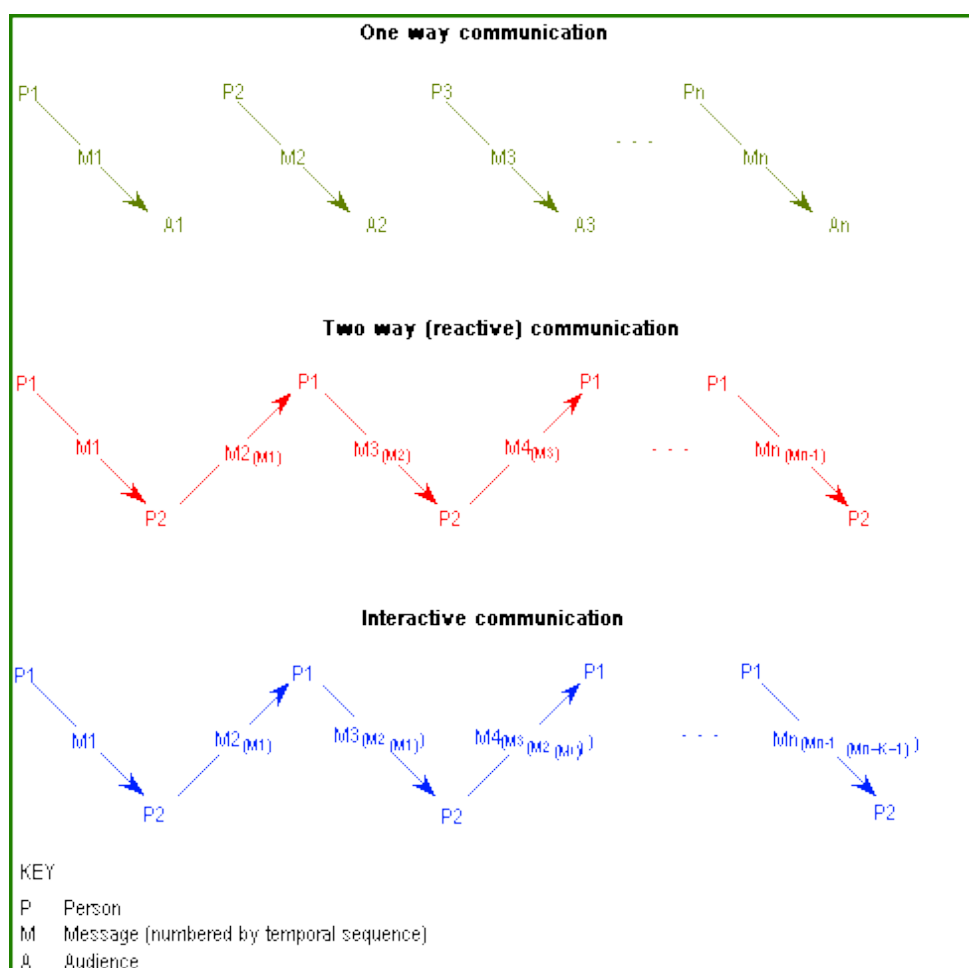
Työn Case-osiossa käydään läpi Itä-Suomen yliopiston Sovelletun fysiikan laitokselle tuotetun virtuaalisen tilan eli virtual tourin tarvittavat työvaiheet sekä käytetyt työkalut. Lisäksi Case-osion lopussa käsitellään, kuinka virtuaalitilaan voi lisätä ja tuottaa sisältöä.

## 2 INTERAKTIIVISUUS

### 2.1 Interaktiivisuus tietotekniikassa

Tietotekniikassa interaktiivisuudella tarkoitetaan ihmisen ja laitteen välistä vuorovaikutusta. Interaktiivisuutta voi tapahtua myös tietokoneen kautta kahden ihmisen välillä tai kahden tietokoneen välillä ilman ihmistä. (Rouse 2005.)

Täysin interaktiivinen kommunikaatio vaatii, että myös aiemmin annetut komennot tai viestit otetaan huomioon, eikä vain edellistä komentoa. Jos aiempia komentoja ei muisteta, tarkoitetaan kaksisuuntaista kommunikaatiota eli reaktiivista kommunikaatiota, kuten kuviossa 1 näkyy. (Rafaeli & Sudweeks 2006.)



Kuvio 1. Yksi- ja kaksisuuntaisen kommunikaation ero interaktiiviseen kommunikaatioon (Rafaeli & Sudweeks 2006)



Jokainen napin klikkaus, linkki, kuva, video ja ääni on interaktiivisuutta. Ensimmäinen interaktiivisuuden muoto tietokoneissa oli reikäkorttien käyttö. Tietokone luki kortissa olevia reikiä ja toteutti erilaisia komentoja. Tämän jälkeen tulivat erilaiset komentorivit, joita kirjoittamalla tapahtui määritettyjä toimintoja. Komennot olivat edelleen hankalia, minkä vuoksi kehitettiin 1970-luvulla ensimmäinen graafinen käyttöliittymä, jota keskiverto ihminen osasi käyttää. (Rouse 2005.)

## 2.2 Käyttökohteet

Opetuksessa oppilaan ja opettajan välisen vuorovaikutuksen on huomattu parantavan motivaatiota, oppimista ja ymmärtämistaitoja. Vanhanaikaisia opetustapoja on pyritty uudistamaan interaktiivisemmiksi, jotta oppilas oppisi paremmin asioita. Esimerkkejä interaktiivisista menetelmistä opetuksessa ovat

- vertaisopetus
- tietokoneohjelmien käyttö luennolla
- opiskelijoihin tutustuminen
- yksinopetuksen muuttaminen pari- ja tiimiopetukseen
- kurssin sisältöjen yhteissuunnittelu.

Kaikki yllä mainitut esimerkit pyrkivät pääsemään pois opetustavasta, jossa opettaja on luokan edessä ja kertoo asioita yksisuuntaisen kommunikaation tavoin. Oppilaille annetaan tilaa keskustella ja osallistua enemmän. (Jääskelä, Klemola, Lerkkanen, Poikkeus, Rasku-Puttonen & Eteläpelto 2013, 24 - 26.)

Markkinoinnissa interaktiivisuus on hyvinkin huomattavaa ja laajasti levinnyttä. Perinteisesti markkinoinnissa käytettiin yksisuuntaista markkinointia, jossa ostettiin mainostilaa ja laitettiin mainoskuva kadulle ihmisten nähtäväksi. Interaktiivisessa markkinoinnissa asiakkaasta kerätään tietoja hänen mieltymyksistään, jonka pohjalta mainontaa voidaan kohdentaa. Tämä luo kaksisuuntaisen kommunikaation markkinoijan ja asiakkaan välille. Verkossa tämä näkyy helpoiten hakukoneissa. Kirjoittamalla hakukoneeseen esimerkiksi '360-kamera' osaa hakukone aloittaa erilaisten kameroiden ehdottamisen käyttäjälle mainosten

muodossa ja ohjaamalla käyttäjää hänen hakusanojaan vastaaviin tuotteisiin. Käyttäjiä seurataan lähes pelottavalla tarkkuudella myös sosiaalisessa mediassa, josta luodaan erilaisia profiileja käyttäjistä, joiden avulla mainoksia kohdennetaan käyttäjille. Interaktiiviseen markkinointiin käytetään entistä enemmän rahaa, koska sen on huomattu olevan tehokkaampaa ja halvempaa kuin televisiomainokset ja radiomainostus. (Marketing Schools 2012.)

Nykytekniikan sekä luovuuden avulla on keksitty monia erilaisia tapoja vuorovaikuttaa. Esimerkiksi hologrammiprojektorit, ele- ja puheohjaus, virtuaali-, lisätty ja yhdistetty todellisuus ovat kaikki luoneet monia uusia tapoja kokea ja vaikuttaa. Uutta tekniikkaa ei kuitenkaan pidä käyttää vain siksi, koska sitä on nyt tarjolla. Tekniikan käytölle kuuluisi olla muukin tarkoitus kuin uudella tekniikalla leikkittely. Steve Jobs kiteytti tämän ajatuksen hyvin vuonna 1997 World Wide Developers Conferenssissa:

*Sinun on aloitettava käyttäjäkokemuksesta ja työstettävä siitä takaperin kohti teknologiaa. Et voi aloittaa teknologiasta ja yrittää keksiä missä yrität myydä sen.*

Nikellä on hyvä esimerkki hyvin hyödynnetystä interaktiivisesta sovelluksesta. Yhtiö rakensi Unlimited Stadium -nimisen stadionin Filippiineille, joka sisältää juoksuradan, jossa voi juosta virtuaalista itseään vastaan. Tämä kuvassa 1 näkyvä virtuaalinen juoksija on rakennettu näyttöpaneeleista. Se auttaa juoksijoita juoksemaan nopeammin vastuksen avulla ja juoksemalla joka kierroksella hieman nopeammin. (Debella-Teresuk 2017.)



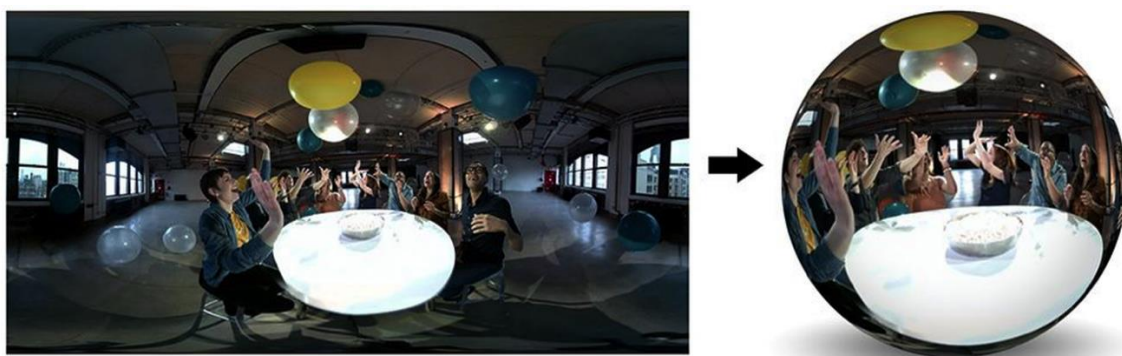
Kuva 1. Niken Unlimited Stadiumin juoksurata (Nike 2017, 1:23)

Kaikissa interaktiivisissa sovelluksissa pitäisi olla myös jonkinlainen palkkio. Palkinto voi olla opetus, kokemus, tietoa tai lahjakortti. Yleensä sovellus vaatii käyttäjältä aikaa ja energiaa, joten on hyvä antaa jotain takaisin. Tällaisia ovat esimerkiksi sosiaalisesta mediasta löytyvät arvonnat, joissa tykkäysten ja jakamisen seurauksena on mahdollista voittaa jokin palkinto. (Debella-Teresuk 2017.)

### 3 360-KUVAUKSEN KEHITYS

#### 3.1 360-kuvan esitystapa

360-kuvalla tarkoitetaan kuvaa, jota pystyy katsomaan jokaiseen kuvaussuuntaan. 360-kuvia voi kääntää, jolloin kuva kiertyy ja nähdään toiseen kuvaussuuntaan. Kuvissa pystytään katsomaan kameran taka-, ylä- ja alapuolelle, toisin kuin perinteistä kuvaa. 360-kuvasta käytetään myös termiä 360x180, joka viittaa horisontaaliseen ja vertikaaliseen astemäärään. 360-kuvia voidaan esittää kaksiulotteisessa tasossa, jolloin puhutaan tasavälisestä lieriöprojektiosta. Tässä tavassa 360-kuva levitetään suorakulmion muotoiselle alustalle (kuva 2). Tätä esitystapaa käytetään tunnetusti maailmankartan esittämisessä, kun pallon muotoinen asia esitetään kaksiulotteiseen tasoon levitettynä. (Dana 2017.)



Kuva 2. Tasavälisen lieriöprojektion muuttaminen pallomaiseksi (Dana 2017)

Digitaalisesti 360-kuvia käsiteltäessä puhutaan eri tavoista projisoida kuvia. Projisointitavat voidaan jakaa neljään erilaiseen pääluokkaan. Tavallisin tapa näyttää kuva on tasainen, jossa kuva esitetään 2D-tasoon levitettynä, kuten tavanomaisissa kuvissa. Muita projisointitapoja ovat kuvassa 3 näkyvät sylinterimäinen, pallomainen ja kuutiomainen projisointitapa. Näissä tavoissa kuva levitetään sylinterin, pallon tai kuution muotoiselle alueelle. Tämän jälkeen katsoja asetetaan muodon sisäpuolelle katsomaan kuvaa. Sylinterimäisestä tavasta käytetään usein myös nimitystä panoraama. (Corinna 2012, 5.)

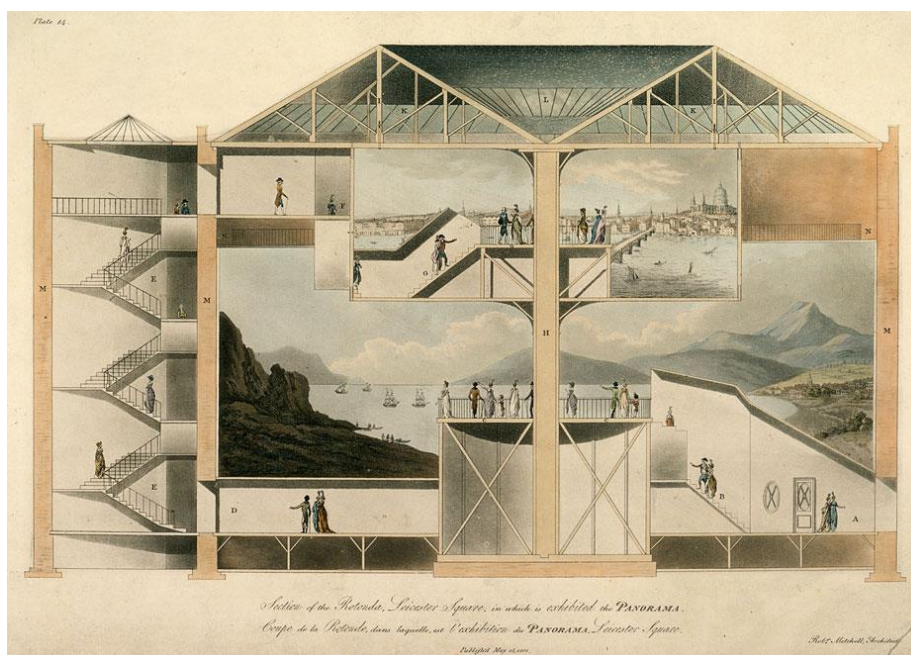


Kuva 3. Sylinterimäinen, pallomainen sekä kuutiomainen projisointitapa (mukailtu Jann 2011)

360 asteen kuvauksesta on tullut lähivuosina kasvava trendi. Tämä trendi kuitenkin juontaa juurensa jo monta sataa vuotta vanhaan tekniikkaan, eli panoraamakuvaukseen. Näiden kahden välillä on merkittävä ero, sillä 360-kuvassa kuvataan kaikki mahdolliset suunnat. Tämä tarkoittaa, ettei kuvissa ole sokeita pisteitä. Panoraamakuvissa käännytään ainoastaan horisontaalisen akselin kautta, joten kuviin ei tallennu, mitä suoraan ylä- ja alapuolella on. (Anna 2015.)

### 3.2 Historia

360-kuvaus on kehittynyt vanhasta tekniikasta, panoraamakuvauksesta. Panorama tulee kreikan kieleen sanoista pan ('all') eli kaikki ja horama ('view') eli näkymä. Termin on patentoinut maalari Robert Baker vuonna 1787. Hän rakennutti Leicester Squarelle Lontoon ensimmäisen panoramatalon, jossa oli 360-asteinen maalaus levitettynä lieriön muotoiselle seinälle. Tämä loi immersion tunteen, että katsoja seisoi maalaukseen kuvatulla Carlton Hillillä ja katsoisi kohti Edinburghin maisemia. (Spinner 360° 2018.) Immersiolla kuvataan johonkin asiaan syventymistä ja eläytymistä. Kuva on immerssiivinen, kun katsoja kokee olevansa osa kuvaa (Cambridge Dictionary 2018). Tällaisia kuvia oli jo tehty aiemminkin, mutta uutta oli kuvassa 4 näkyvän laitteen tapa ohjata, mitä katsoja näkee kuvasta. Huoneen keskellä oli tasanne, josta kuvaa katsottiin. Tasanteelta katsottuna seinällä oleva maalaus täytti katsojan näkökentän, joka loi immersion. Robert Bakerin idea oli tehdä riittävän suuret kehykset kuvalle, jotta katsoja mahtuu myös niiden sisään. (Ford 2016.)

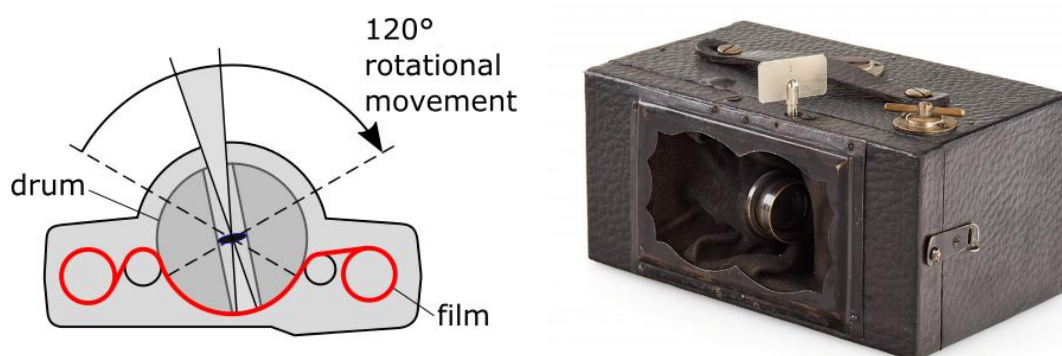


Kuva 4. Poikkileikkaus Robert Bakerin panoraamatalosta (Michell 1801)

Hieman valokuvauksen keksimisen jälkeen ihmiset halusivat ottaa yleiskuvia erilaisista maisemista ja kaupungeista. Varhaisimmat panoraamat toteutettiin dagerrotyyppisesti. Tässä valokuvaustavassa kuva muodostetaan valoherkälle kuparilevyille, jossa on hopeapinnoite. Näitä kuparilevyjä asetettiin vierekkäin ja saatiin aikaan panoraamakuvia. Valokuvaustekniikoiden kehittyessä samoja tekniikoita käytettiin myös panoraamakuvien tekemiseen. Nämä tekniikat vaativat aina erillisten kuvien ottamisen ja niiden kiinnittämisen toisiinsa. (Library of Congress 2018.)

Ensimmäinen panoraamakamera on Joseph Puchbergerin keksimä vuodelta 1843. Hänen keksinnöllään oli mahdollista ottaa noin 150 asteen panoraamavalokuva. Tämä ei kuitenkaan vielä ollut täysi 360 asteen kuva. Ei mennyt kuin 14 vuotta, kun keksittiin rattailla pyörivä kamera, jolla pystyi ottamaan 360 asteen valokuvan. 1880-luvulla keksittiin filmillä, jolloin painavista lasi- ja kuparilevyistä luovuttiin ja kameran fyysiset koot pienenevät. (Industry 2016.)

1900-luvun alussa markkinoille tuotiin amatöörikuvaukseen tarkoitettuja panoraamakameroita ”The Baby Al-Vista” kuvassa 6 ja ”The #4 Kodak Panoram ”. Nämä kamerat toimivat filmien kanssa, eivät vaatineet kolmijalkaa ja käyttivät ”swing-lens” kuvaustekniikkana. (Library of Congress 2018.) Tässä tekniikassa kamera on kuvaushetkellä paikoillaan, mutta kameran linssi kiertyy. Linssillä eli objektiivilla tarkoitetaan kameran osaa, jossa on yksi tai useampi lasista tehty kaarevapintainen kappale, joka mahdollistaa valon pääsemisen linssin lopussa olevaan sensoriin tai filmiin. Kuva 5 havainnollistaa swing-lens-tekniikan toimintaperiaatetta yksinkertaistetusti. Kameran linssi sijaitsee rummun keskellä ja filmi kiertää rummun. Filmi valottuu linssin kiertyessä ja syntyy panoraamakuva. (Wornowitski 2018.)



Kuvat 5 ja 6. Swing-lens-tekniikkaa käyttävän kameran toimintaperiaate ja The Baby Al-Vista-kamera (Pepa 2015; Leicashop 2018)

Nämä kamerat loivat pieniä panoraamoja, joiden pituus oli teetettynä vain noin 30 cm. Suuremmat kamerat käyttivät isompaa filmiä, jolloin myös kuvien koko oli paljon suurempi. (Library of Congress 2018). Suurimmat kamerat painoivat yli 500kg ja vaativat yli 10 ihmistä toimiakseen. Tällainen kamera pystyi tuottamaan kuvia, joiden leveys oli 2,6 metriä ja korkeus 1,4 metriä. Kuvauskohteita näille kameroille olivat enimmäkseen maisemat, koska kameralla saatiin todella yksityiskohtaisia kuvia. Kameroita käytettiin myös so-tilas- ja tutkimustarkoituksiin. (Indestry 2016.)

Swing-lens tekniikalla toimivia panoraamakameroita käytettiin, kunnes kamerateollisuudessa koitti digikausi. Kun filmistä luovuttiin, myös panoraamakamerat saivat digitaalisia versioita. Ensimmäiset digitaaliset panoraamakamerat käyttivät melko samankaltaista tekniikkaa. Esimerkiksi KST EyeScan M3 digitaalista panoraamakameraa käytettäessä kameraa kierretään horisontaalisesti ja sen sensori taltioi kapeita pystysuuntaisia sarakkeita, joita yhdistämällä tuotetaan suuriresoluutioisia panoraamakuvia. (Maas & Schneider 2004.)



Kuva 7. KST EyeScan M3 digitaalinen panoraamakamera (Maas & Schneider 2004)

### 3.3 Käyttötarkoitukset

360-kuvaus on edelleen kovaa vauhtia kehittyvä tekniikan laji. Vuonna 2007 360-kuvat tulivat ihmisten tietoisuuteen, kun Google julkisti Street View:n. Street View:ssa katsoja voi liikkua teitä pitkin kuvasta kuvaan katsoen ympärilleen. Google aloitti kuvaamisen Yhdysvalloissa, josta se on levinnyt kaikille maanosille. Nykyään Googlen 360-kameroilla varus-



tetut autot ovat saaneet rinnalleen reppuja, moottorikelkkoja ja polkupyöriä, joihin on kiinnitetty 360-kamera. Näiden avulla Google pystyy kuvaamaan lenkipolkuja, sisätiloja ja muita paikkoja, joihin autolla ei pääse. (Google 2018.)

Toinen suosittu käyttökohde 360-kameroille löytyy valvontakameroista. Elämme valvonnan aikakautta, jolloin lähes jokaisessa suuren kaupungin risteyksessä on valvontakamera. 360-kameran suurimpana etuna vanhempiin valvontakameroihin on näkyvyys. Yhdellä 360-kameralla voidaan kattaa alue, johon aiemmin tarvittiin kolme tai neljä normaalia valvontakameraa. Valvontakameroissa usein käytetään vain yhtä kalansilmälinssiä, jolloin kuva vääristyy enemmän kuin useampaa linssiä käyttäen. Kameroihin on kehitetty vääristystä korjaava teknologia, jonka avulla käyttäjä voi katsoa videokuvasta tyypillisen videokuvan tavoin ja nähdä yksityiskohtia. Useamman linssin valvontakameroissa käytetään myös kuvan nidontatekniikkaa, jolloin usean linssin kuvista saadaan yksi kokonaisuus. Usean linssin etuna on resoluution kasvaminen, joka parantaa kuvanlaatua. Tällöin kuvasta nähdään enemmän yksityiskohtia, vaikka kuvaa katsoisi isommaltakin näytöltä. (Unifore 2016.)

360-kamerat eivät ole uusi keksintö valvontakamerakäytössä. Kameravalvonnan alkuaikoina 360-kameroita käytettiin vain lentokentillä, valtion rakennuksissa ja armeijakäytössä. Älypuhelimien läsnäolo on kuitenkin tuonut valvontakamerat myös yksityiskoteihin. Valvontakameroiden rinnalle on usein kehitetty puhelimeen ladattavia applikaatioita, joista käyttäjä voi seurata oman valvontakameran videokuvaa reaaliajassa. Usean linssin kamerat ovat kalliimpia kuin yhden linssin ratkaisut, joten yksityiskäytössä yhden linssin kamerat ovat suosittuja. (Unifore 2016.)

Nykyajan autoissa käytetään myös 360-kameroiden ideaa. Auton ympärille asennetaan useita linsskejä, joiden kuvaama materiaali yhdistetään nitomalla ja saadaan aikaan videokuvaa auton ympäriltä. Nissan oli ensimmäinen kyseistä tekniikkaa käyttävä valmistaja. Useat autovalmistajat näyttävät videokuvan lintuperspektiivissä, jolloin auton ympäriltä on helppo nähdä mahdollisia vaaroja. Tekniikkaa käytetään eniten pysäköintiavustuksena. Autoihin toista käyttötarkoitusta on testattu maastureihin. Jyrkkiä mäkiä noustessa kameroiden avulla pystytään luomaan näkymä konepellin läpi, jolloin kuljettaja näkee, mitä edessä on. (Howard 2014.)

Virtual tour on termi, jolla tarkoitetaan virtuaalista tutustumista, tilaesittelyä tai kiertoaajelua. Tällaisten esittelyjen virtualisointi on kasvanut paljon, koska 360-kamerat ovat mahdollistaneet sen. Kuvien avulla voi näyttää nähtävyyksiä kuten museoita eri maista ilman kotoa lähtemistä. Erilaisia aktiviteettejä on myös kuvattu paljon, jotta ihmiset voivat kokea kuvien ja videoiden kautta esimerkiksi patikointia ja festivaaleja. (Youvisit 2018a.) Esimerkkinä virtuaalisesta matkaamisesta on suomalainen yritys Virtual Traveller, jossa on mahdollista katsoa ympäri maailman kuvattuja 360-videoita erilaisista matkailukohteista virtuaalilaseilla. Videoissa on mukana opas, joka kertoo videolla näkyvästä paikasta. Tämä mahdollistaa virtuaalisen matkustamisen ihmisille, jotka eivät voi syystä tai toisesta fyysisesti matkustaa videoiden kohteisiin. (Virtualtraveller 2018.) Useat koulut ovat myös alkaneet käyttämään virtuaalista tutustumista uusille opiskelijoille. 360-kuvat houkuttelevat opiskelijoita viettämään hetken aikaa koulun kuvien parissa ja tutustumaan koulun ilmapiiiriin. (Arnaud 2018b.)

Myöskin kiinteistömyynti ja hotellit ovat alkaneet käyttämään paljon 360-kuvia markkinointiin. 360-kuvat antavat myytävänä olevista taloista tai huoneistosta täyden kuvan, eikä kuvat ole vain parhailta näyttävistä kohdista. Talojen fyysiset näytöt voidaan toteuttaa kokonaan pelkkiä 360-kuvia näyttämällä. Hotelleista otetut 360-kuvat antavat perinteisiä valokuvia todellisemmän kuvan hotellihuoneista ja antaa katsojan liikkua eri tiloissa. Tällöin mahdollinen asiakas voi tutkia hotellin tiloja, ennen kuin varaa huoneen. Hotellit ovat hyöttyneet 360-kuvista, koska virtuaalinen tutustuminen hotelliin säilyttää asiakkaan mielenkiinnon paremmin kuin tavanomaiset kuvat. Kuvien käyttö on nostanut hotellien tuottoja ja sosiaalisen median näkyvyyttä. (Youvisit 2018b.)

### 3.4 360-kuvan hyödyt ja haitat

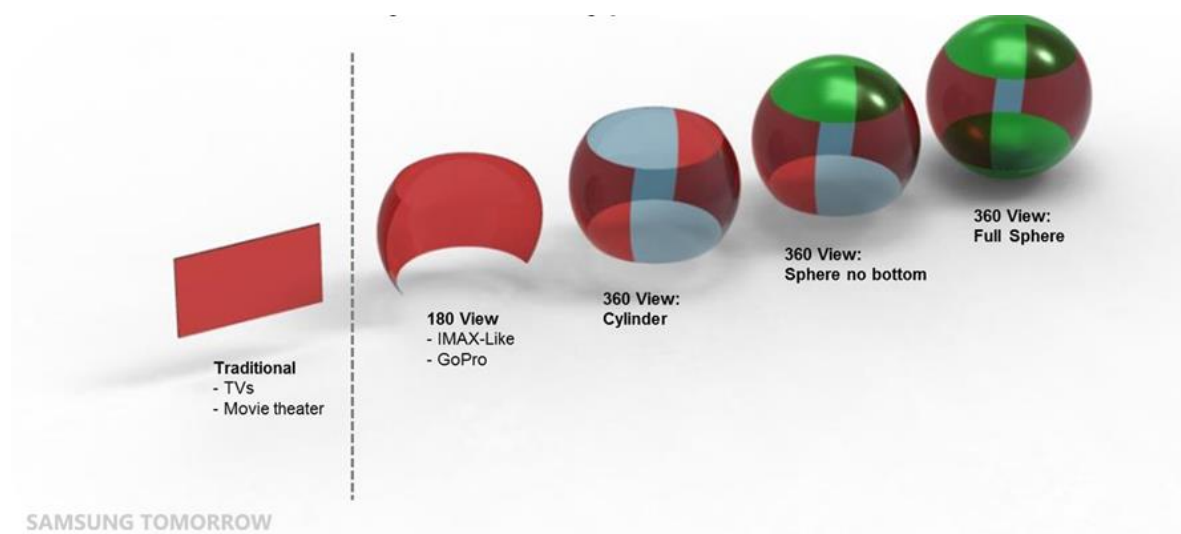
Ensimmäistä kertaa 360-kuvia katsellessa ajattelee, että syrjäyttääkö tämä uusi teknologia perinteisen valokuvauksen? Uudella tekniikalla on kuitenkin lähes aina kaksi puolta. Jotkin asiat paranevat vanhaan verrattuna, mutta joissain asioissa täytyy tehdä kompromisseja ja tyytyä edellistä huonompaan. Tässä kappaleessa kerrotaan 360-kuvauksen tuomista hyödyistä sekä kuvauksen huonoista puolista. (My Single Property Websites 2018.)

360-kuvien kanssa mainitaan usein sana immersio. Kuva on immersiiivinen, kun käyttäjä kokee olevansa osa kuvaa. Immersiivisyyttä pidetään 360-kuvien suurimpana etuna. Immersio jaetaan kolmeen eri tasoon. Niitä ovat sitoutuminen, syventyminen ja täydellinen immersio. 360-kuvien kohdalla päästään helposti ainakin ensimmäisen tason immersioon.

Tällöin käyttäjä opettelee kuvan katsomiseen tarvittavat kontrollit ja alkaa tutkimaan kuvia. Tutkimalla käyttäjälle syntyy mielenkiinto kuviin. Perinteisissä kuvissa ei vaadita minikäänlaista oppimista, joten myös immersiota ja erityistä mielenkiintoa ei synny. Seuraaviin tasoihin vaaditaan enemmän kuin pelkän kuvan katsominen, joten pelkän kuvan avulla ei immersion syventymisasteeseen yleensä päästä. (Brown & Cairns 2004, 2 - 3.)

Suurin heikkous 360-kuvissa tällä hetkellä on resoluutio. Tämänhetkinen standardi hyvälle video- tai kuvanlaadulle on täysteräväpiirto. Sen resoluutio on 1920 pikseliä vaakasuunnassa ja 1080 pikseliä pystysuunnassa. Nykytelevioita markkinoidaan 4K televisioina. Kirjain ”K” tarkoittaa vaakasuunnassa 960 pikseliä ja se markkinoinnissa pyöristetään tuhanteen. Tällöin 4K tarkoittaa pikseleissä 3840 pikseliä vaakasuunnassa ja 2160 pystysuunnassa. Käytännössä tämä siis tarkoittaa kaksinkertaista resoluutiota molempiin suuntiin verrattuna täysteräväpiirtoon. (Newman 2017.)

360-kameroita myydessä käytetään samoja termejä kuin televisioita myydessä. Tämä on hyvin hämäävää, sillä kuvat ovat erilaisia. 360-kuvissa käytettävät pallon muotoiset kuvat tarvitsevat huomattavan määrän enemmän pikseleitä näyttääkseen joka suuntaan katsottaessa yhtä tarkalta kuin television kuva. Kuva 8 havainnollistaa 360-kuvien ja normaalin kuvan resoluutioeroa. (Jansson & Immonen 2017.) Kuvasuhde on televisioissa ja 360-kuvissa eri. Pallon muotoisissa kuvissa käytetään 2:1 kuvasuhdetta, eli esimerkiksi 8000 pikseliä vaakasuunnassa ja 4000 pystysuunnassa. Televisioissa ja näytöissä käytetään eniten 16:9 suhdetta ja elokuvateattereissa käytetään 21:9 kuvasuhdetta. (Kintner 2018.)



Kuva 8. Tyypillisen kaksikulotteisen kuvan ja 360-kuvan ero (DiCarlo 2015)

Käyttämällä 90 asteen katselukulmaa 360-kuvalle saadaan teräväpiirtokuvaa vastaavan kuvan kokonaisresoluutioksi noin 5.7K eli 5760 leveyssuunnassa ja 2880 korkeussuunnassa. Tällöin 90 asteen katselukulmasta näkee kuvasta noin 1.4K resoluution verran, eli 1440 pikseliä leveyssuunnassa ja 720 pikseliä korkeussuunnassa. Tämä siis tarkoittaa, että 360-kuvia ottaessa resoluutiota tarvitaan yli nelinkertainen määrä tavanomaiseen kuvaan verrattuna, jotta kuvanlaadussa päästään samaan.

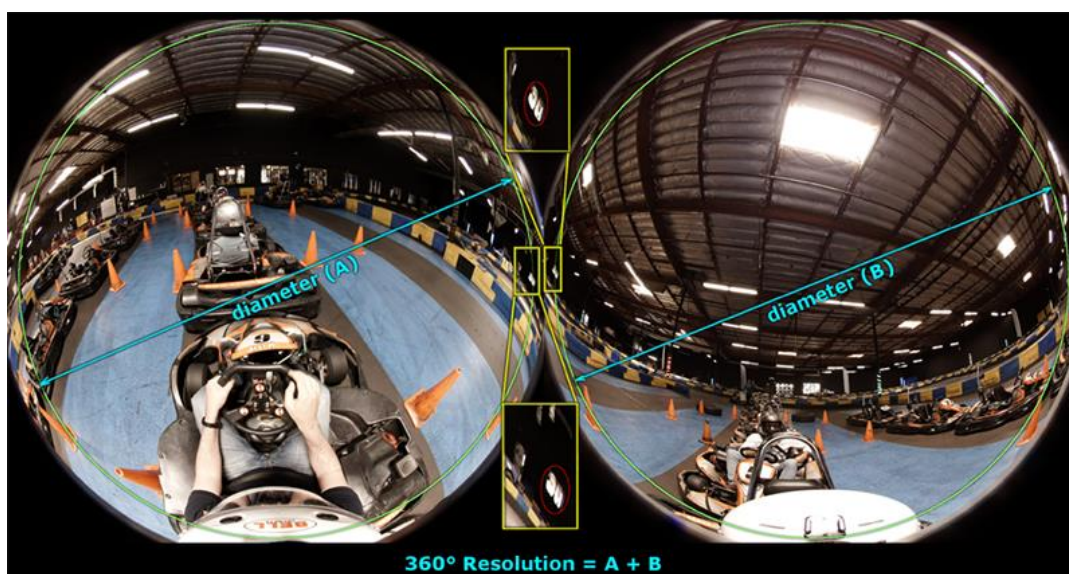
Taulukko 1. Resoluution vaikutus tiedostokokoon (mukailtu Jansson & Immonen 2017)

Resoluutio	Vaakaresoluutio	Pystyresoluutio	Pikselimäärä	Jpeg-kuvatiedoston koon yleisarvio
Teräväpiirto(720p)	1280px	720px	921 600px	0.15Mt
1.4K	1440px	810px	1 166 400px	0.2Mt
Täysteräväpiirto(1080p)	1920px	1080px	2 073 600px	0.4Mt
4K	3840px	2160px	8 294 400px	1.7Mt
5.7K	5760px	2280px	13 132 800px	3.0Mt
8K	7680px	4320px	33 177 600px	6.7Mt
16K	15360px	8640px	132 710 400px	26.8Mt
32K	30720px	17280px	530 841 600px	107.4Mt

Suuren resoluution saavuttaminen tuo lisää ongelmia, kuten kuvakoko. Jokainen tallennettu pikseli lisää kuvatiedoston kokoa, ja pidentää verkossa latausaikoja ja vie tallennusmedioista enemmän tilaa. Eri tiedostomuodot vievät eri määrän tilaa, riippuen pakkaako tiedostomuoto kuvaa. Yleisin verkossa käytetty kuvatiedostomuoto on JPEG, koska se pakkaa kuvia ja näin ollen säästää tilaa sekä vähentää latausaikoja. Tarkastelemalla yllä olevaa taulukkoa 1, voidaan huomata, kuinka resoluutiota lisäämällä tiedostokoko suurenee. Taulukon yleisarvio on vain suuntaa antava, koska tiedostokokoon vaikuttaa muitakin tekijöitä

kuin resoluutio. Lähes teräväpiirtoa vastaavan 360-kuvan 5.7K resoluutio on tiedostokooltaan käyttökelpoinen verkossa. (Jansson & Immonen 2017.)

Kameran linssijä voidaan myös pitää tällä hetkellä yhtenä heikkoutena. 360-kameroissa käytetään enimmäkseen kalansilmälinssijä, joissa on hyvin lyhyt polttoväli. Kalansilmälinssit tuottavat laajakuvia, joiden kuvakulma voi olla yli 180 astetta. Nämä laajakuvalinssit tuottavat kuviin vääristymää, jota yritetään korjata kuvan nidontavaiheessa ohjelmallisesti. (Newman 2017.) Kuvan nitomisella tarkoitetaan usean kuvan liittämistä yhdeksi kokonaisuudeksi, eli 360-kuvaksi. Nitomiseen tarvittavien kuvien pitää limittyä, jotta kuvat pystytään yhdistämään. Eri linseillä otetut kuvat nidotaan yhteen reunoista, joista ohjelma tunnistaa yhtäläisyyksiä. Kuvat pyritään liittämään yhteen ilman näkyviä saumoja. Kuvasta 9 on korostettu vihreällä alue, josta ohjelma nitoo kuvat yhteen. Vihreän alueen ulkopuolelle jäävästä alueesta menetetään osa kuvia yhdistäessä, joten sitä ei lasketa kuvan resoluutioon. Keltaisella on korostettu kuvista yhtäläisyyksiä. (Dana 2017.)



Kuva 9. Kahden linssin tuottamat kuvat, jossa näkyy vääristymää ja yhtäläisyyksiä (Newman 2017)

Toinen vaihtoehto on käyttää useampaa linssiä, jolloin yhden linssin näkökenttää voi ka-  
ventaa, jonka avulla myös vääristymä vähenee. Linssien keskiosassa on tyypillisesti pa-  
rempi kuvanlaatu kuin linssin reunoilla, joista myös nidonta tapahtuu. Tyypillisesti 360-  
kamaroissa käytetään kahta linssiä, jotka kuvaavat eri suuntiin noin 200 asteen kulmassa.  
Näin molemmista linseistä jää reunoille samaa informaatiota, jonka avulla nidontaohjel-  
misto osaa yhdistää kahden linssin kuvat yhdeksi. (Newman 2017.) Useampaa linssiä käyt-  
täessä toinen häiritsevä tekijä voi ilmetä valotuksessa. Eri linseihin voi kohdistua eri määrä va-  
loa, jolloin kuvia yhdistettäessä voi ilmetä ongelmia. Tämän ongelman voi korjata käyttä-  
mällä kaikissa linseissä samoja valotusasetuksia. Kalansilmälinssien ominaisuuksiin kuu-  
luu myös asioiden suuruusvaikutelman muuttaminen. Jos kuvattava kohde on liian lähellä  
linssiä, näyttää kuvattava vääristyneeltä ja suurelta. Liian kaukana olevat asiat näyttävät  
huomaamattomilta ja pieniltä. (Ergürel 2016.)

Viimeinen haittapuoli on enemmänkin eroavaisuus perinteiseen valokuvaamiseen. 360-ku-  
vauksessa ei ole mahdollista mennä kameran taakse kuvaa ottaessa. Perinteisessä valoku-  
vaamisessa kamera laitetaan osoittamaan kuvattavaan suuntaan ja otetaan kuva. 360-ku-  
vassa pitää ottaa huomioon, että ilman etälaukaisinta tai ajastinta kuvaaja myös näkyy ku-  
vassa. Etälaukaisimilla tai ajastimella on mahdollista piiloutua kuvan ottamisen ajaksi. On  
myös jälkikäteen mahdollista kuvankäsittelyllä poistaa valokuvaaja kuvista. Kaikki muu-  
kin ympärillä oleva tallentuu kuvaan. Julkisilla paikoilla kuvatessa tulee ottaa huomioon,  
että kuvatessasi saatat kuvata muita ihmisiä, jotka eivät halua tulla kuvatuksi. (Ergürel  
2016.)

## 4 KUVAUSLAITTEISTOT

### 4.1 Vaihtoehdot eri tarkoituksiin

Vaikka 360-kuvaus on teknologiana varsin tuore, löytyy sille jo useita erilaisia kuvauslaitteita. Älypuhelimet sekä tietokoneohjelmistot ovat kehittyneet niin pitkälle, että 360-kuvan tekemiseen ei tarvita muuta kuin älypuhelin. Riittävä määrä kuvia eri suunnista ja kuvat yhdistävä ohjelmisto tarjoavat helpon tavan tuottaa 360-kuvia. Kuvissa kuitenkin ilmenee lähes aina erilaisia vääristymiä ja laatu on heikkoa. (Kosola 2016.)

Hieman parempaan tulokseen pääsee älypuhelimeen kiinnitettävällä 360-kameralla. Tällaiset lisälaitteet useimmiten koostuvat kahdesta kalansilmälinsistä, jotka kukin kattavat yli 180 astetta eri suuntiin ja ohjelmisto yhdistää näistä tulevat kuvat automaattisesti yhdeksi 360-kuvaksi. Lisäkameroissa ei ole ulkoisia akkuja, joten ne käyttävät puhelimen akkua ja kuluttavat sen nopeasti loppuun. (Arnaud 2018a.)

Itsenäiset 360-kamerat ovat älypuhelimiin liitettäviä kameroita kalliimpia ja koostuvat yhdestä tai useammasta linsistä. Itsenäisten 360-kameroiden kuvanlaatu on hinnasta riippuen hyvä. Kalliimmat kamerat pärjäävät vähäisessä valossa ja pystyvät korkeisiin resoluutioihin. Näitä kameroita usein ohjataan puhelimiin ladattavilla sovelluksilla ja niistä löytyy oma akku. (Pänkäläinen 2017.) Useaa linssiä hyödyntävät kamerat saattavat sisältää myös ominaisuuden kolmiulotteisten kuvien ottamiseen. Niistä käytetään termiä stereoskooppinen 360-kuva. Tällaisissa kuvissa kamera ottaa kaksi kuvaa hyvin lähekkäin, tai ohjelmallisesti tuottaa hieman erilaiset kuvat kummallekin silmälle. Eri kuvien välinen ero on keskimääräinen silmien välinen matka. Tämä tuottaa entistä paremman immersiivisyyden, syvyyden tunteen ja kolmiulotteista hahmottamista. Yleisemmin käytetyistä kaksiulotteisista kuvista käytetään termiä monoskooppinen 360-kuva. Monoskooppisessa 360-kuvassa molemmille silmille näytetään samaa kuvaa, jolloin syvyysvaikutelmaa ei synny. (Dana 2017.)

GoPro on urheilu- ja actionkameroita valmistava yritys. Yritys on julkaissut kameroilleen sopivia kehikoita, joihin kiinnitetään useita GoPro kameroita osoittamaan eri suuntiin. Kehikossa kamerat käyttäytyvät kuin yksi kamera. Kameroilla otettavat kuvat täytyy yhdistää tietokoneen avulla, jotta saadaan valmis 360-kuva. (Pänkäläinen 2017.)

Laadullisesti parhaimpaan lopputulokseen 360-kuvia ottaessa päästään yhdellä järjestelmäkameralla, kalansilmälinsillä ja kameraan kiinnitettävällä panoraamapäällä. Tämä tosin

vaatii usean tarkkaan suunnatun kuvan ottamisen ja jälkikäteen kuvien yhdistämisen tietokoneohjelman avulla. Alla olevassa kuvassa 10 on järjestyksessä mainituista kuvauslaitteistoista esimerkkituotteet. (Frich 2018b.) Laitteet ovat vasemmalta oikealle: älypuheliimeen kiinnitettävä Insta One, ammattikäyttöön tarkoitettu itsenäinen Insta360 Pro, GoPro Omni-kamerakehikko ja Sirui PB-10 Panoraamapää.



Kuva 10. 360-kuvauslaitteistoja (Insta360 2018; GoPro 2018; Sirui 2018)

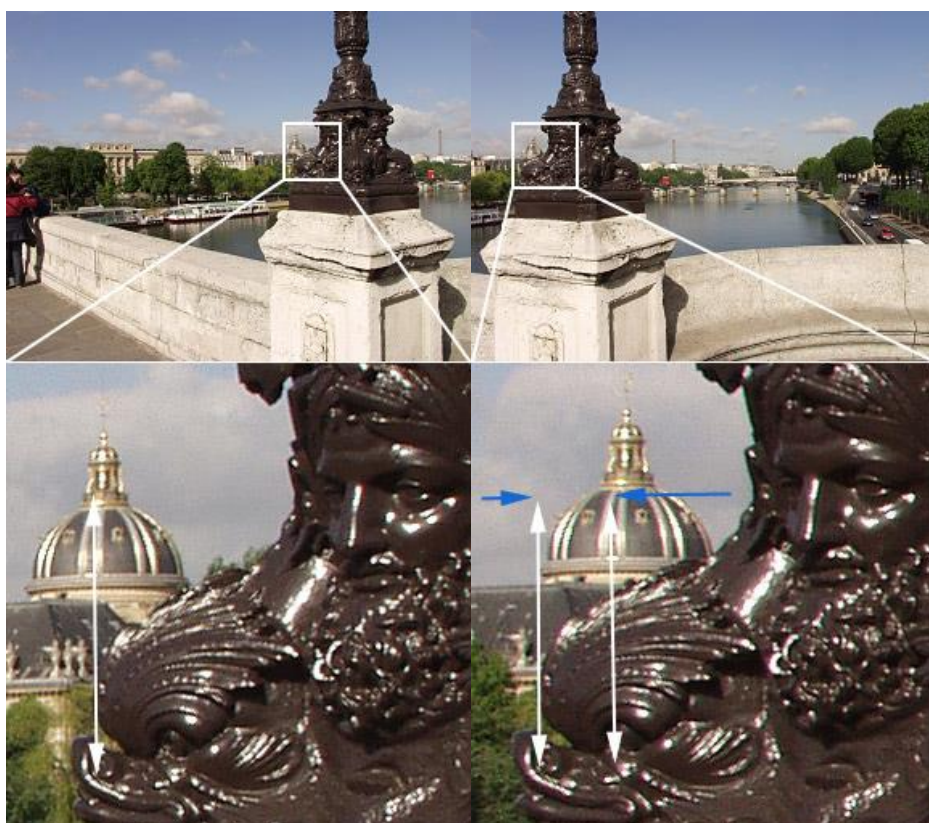
#### 4.2 Yhden linssin kamerat

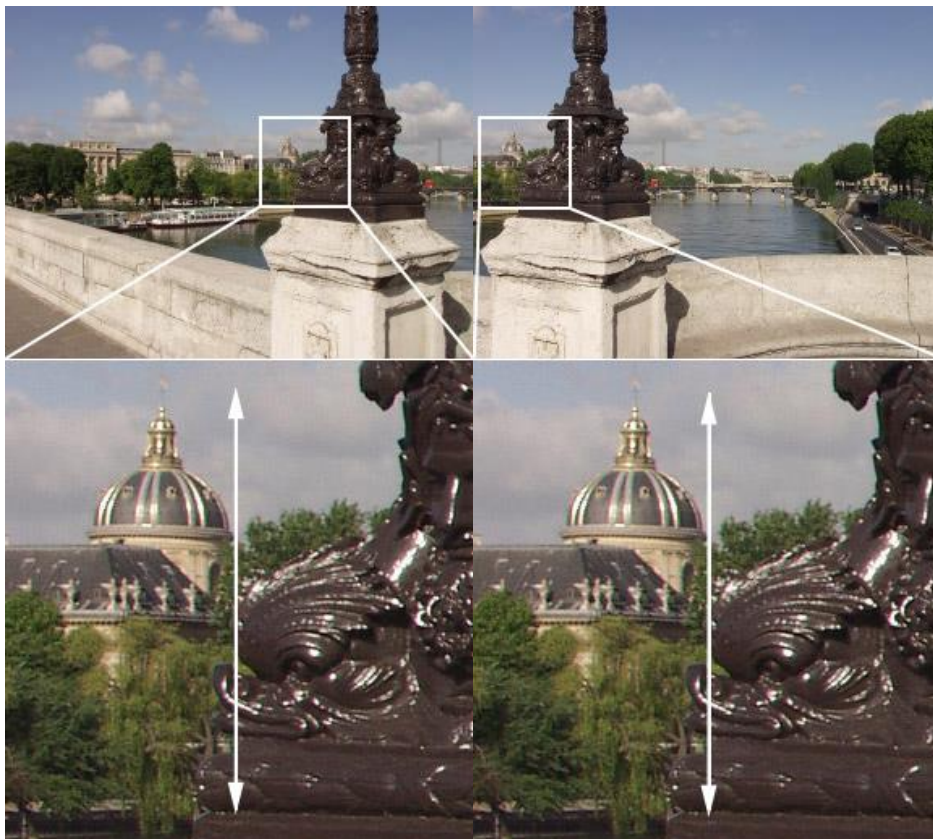
Tällä hetkellä laadullisesti parhain tapa kuvata 360 asteen kuvia on käyttää järjestelmäkameraa, panoraamapäätä sekä laajakuvaobjektiveja tai kalansilmäobjektiveja. Tämä kuvaustapa vaatii paljon jälkikäsitteilyä kuville ja kuvien ottamiseen kuluu myös muita tapoja enemmän aikaa. Lisäksi tarvittavat lisälaitteet, kuten etälaukaisimet ja erilaiset adapterit, maksavat enemmän kuin pelkän itsenäisen 360-kameran hankkiminen. (Mito 2016.)

Panoraamapää on tärkeä osa kuvaustekniikkaa, sillä siitä löytyvät asteluvut, joiden avulla kamera suunnataan tarkalleen oikeisiin suuntiin. Tarkoin otetut kuvat helpottavat kuvia yhdistettäessä ja lopullisessa 360-kuvassa ei tällöin ole vääristymiä. Kameran oikeanlainen kiinnitys on myös erittäin tärkeä osa laadukkaiden kuvien aikaansaamiseksi. Kameraa kiinnittäessä on määritettävä kamerassa olevalle objektiiville eli linssille sisääntulopupillin sijainti. Objektiivin sisään katsoessa sisääntulopupilli on objektiivin sisällä oleva piste, jossa



himmennin sijaitsee. Kun kamera saadaan kiertymään kuvia ottaessa tämän pisteen ympäriltä, ei kuviin tule vääristymiä. eri objektiiveissa tämä piste on eri kohdassa ja sen pystyy selvittämään objektiivikohtaisesti testikuvien avulla. Testikuvissa verrataan lähellä olevaa asiaa ja sen taustaa kameran kiertämisen jälkeen. Tätä testausmenetelmää selventää kuva-pari (kuva 11), jossa verrataan taustalla näkyvän rakennuksen kattoa lähellä olevaan patsaaseen. Ensimmäisissä kuvissa kamera ei kierry sisääntulopupillin kohdalta, jolloin kameraa kiertäessä myös tausta liikkuu ja tällöin kuvia liittäessä ohjelmisto ei tiedä missä tausta sijaitsee. Jälkimmäisessä kuvassa taustalla näkyvä rakennuksen katto on kameran kiertämisen jälkeenkin täysin samassa kohdassa patsaaseen nähden, joten kuvien yhdistäminen onnistuu, eikä vääristymää synny. (Frich 2018a.)





Kuva 11. Objektiivin sisääntulopupillin määrittäminen testikuvien avulla (Frich 2018a)

Myöskin objektiivi vaikuttaa kuvanlaatuun ja kuvien määrään. Käytettäessä 24mm kalansilmäobjektiivia objektiivin kuperuus aiheuttaa kuviin vääristymiä. 360-kuvia otettaessa laajan kuvakulman omaavilla objektiivilla tarvitsee ottaa vähemmän kuvia, mutta kuvanlaatu on heikompi. Esimerkiksi rakennuksia kuvattaessa laajakulmaobjektiivi saattaa venyttää rakennuksen seiniä ja luoda epärealistisen lopputuloksen. Pidempipolttovälisiä, kuten 50mm objektiiveja käytettäessä kuvia täytyy ottaa useampi kattaakseen 360 astetta. Tällöin kuvissa kuitenkin esiintyy vähemmän vääristymiä ja kuvat ovat laadullisesti parempia, kuten kuvasta 12 nähdään. Kalansilmäobjektiiveilla on ominaista, että kuvanlaatu on heikoin kuvan reunoilla ja vahvin keskellä. Tämä ominaisuus häviää käytettäessä pidempipolttovälisiä objektiiveja, joissa on kapeampi kuvakulma. (Frich 2018a.)



Kuva 12. 24mm ja 50mm polttovälillä olevien objektiivien ero vääristymissä (Frich 2018c)

Järjestelmäkameraa ja kapean kuvakulman omaavaa teleobjektiivia käyttämällä on mahdollista tuottaa todella tarkkoja ja suuria 360-kuvia, joita kutsutaan 360 gigapixel-kuviksi. Yhdellä gigapikselillä tarkoitetaan kuvaa, joka koostuu yli biljoonasta pikselistä. Neliön muotoiseksi kuvaksi muutettuna se vastaa noin 32 000 pikseliä sekä vaaka- että pystysuunnassa. Tällaisia kuvia tuotetaan ottamalla zoomattuja kuvia sadoista eri suunnista ja yhdistämällä ne yhdeksi 360-kuvaksi. Zoomaamisella tarkoitetaan kuvien näkymän lähentämistä tai loitontamista. Kuvien ottamiseen käytetään usein moottoroituja jalustoja, jotka automatisoivat kameran kääntämisen ja ajastimen avulla kuvat otetaan automaattisesti. Näiden gigapikselikuvien tekeminen ei ole mahdollista tällä hetkellä ilman järjestelmäkameraa ja muita tarvittavia lisävälineitä. Valmiit 360-kuvat ovat kuvakooltaan todella suuria ja niiden ominaisuuksiin kuuluu mahdollisuus zoomata pieniin yksityiskohtiin säilyttäen kuvan tarkkuus. (Haroko Studio 2018.) Kuvassa 13 on kuvankaappaus, jossa näkyy osa New Yorkista otetusta 45 gigapikselin 360-kuvasta. Alkuperäinen kuva on toteutettu ottamalla yli tuhat tarkkaa kuvaa eri suunnista. Kuvan päälle on liitetty kaksi zoomattua yksityiskohtaa, jotka havainnoivat 360-kuvan zoomausmahdollisuuksia. Kyseinen 360-kuva on otettu noin 400 metrin korkeudesta ja siinä on mahdollista zoomata katutasoon asti, josta on mahdollista havaita ihmiset ja ajoneuvot tarkasti.



Kuva 13. Kuvankaappaus 45 gigapikselin 360-kuvasta New Yorkista (Roundme 2016)

### 4.3 Rigit

Vaihtoehtoinen tapa korkealaatuisten 360-kuvien tuottamiseen löytyy GoPro-kameroista ja niitä yhdistävistä kehikoista eli rigeistä. Kehikoiden ideana on yhdistää monta pientä GoPro-kameraa yhdeksi 360-kameraksi. Markkinoilla on usean valmistajan versioita erilaisista kehikoista, joihin on mahdollista kiinnittää muutamasta kamerasta aina yli kahteenkymmeneen kameraan. GoPro-kehikoissa kameroiden määrä kertoo paljon kuvanlaadusta, sillä kameroiden määrää kasvattamalla saadaan korkeampia resoluutioita ja näin ollen parempaa kuvamateriaalia. (Kintner 2018b.) Kamerakehikon ja GoPro-kameroiden käyttäminen on kallista ja kuvaaminen työlästä. Rigin hinnat vaihtelevat muutamasta sadasta eurosta useaan tuhanteen euroon. Esimerkiksi keväällä 2018 GoPro:n oma Omni-kehikko maksoi 1400 euroa ja kehikon lisäksi siihen tarvittavat kuusi GoPro Hero 6 Black-kameraa maksoi yhteensä noin 2600 euroa. Kehikon ja kameroiden lisäksi järjestelmään tarvitaan kamerakohtaiset muistikortit ja muita lisätarvikkeita. Joidenkin valmistajien kehikoissa kamerrat pitää erikseen asettaa samoihin kuvausasetuksiin yhtenäisen lopputuloksen saamiseksi. Kuvausmateriaalin jälkikäsitteilyyn vaaditaan myös ohjelmisto, jolla kuvat nido-

taan. (Yeager 2017.) Kalliimmissa kehikoissa on sisäänrakennettu kameroiden synkronointi, jolloin laitteisto käyttäytyy kuin yksi GoPro-kamera ja se osaa yhdistää eri kameroiden materiaalin pikselin tarkkuudella toisiinsa. (Pänkäläinen 2017.)

Rigejä on myös saatavilla suuremmille järjestelmäkameroille ja muille kameroille. Useamman samanlaisen kameran yhdistäminen yhdeksi ei nykyään ole vaikeaa, sillä 3d-tulostuksen ansiosta kuka tahansa voi tulostaa kameroilleen sopivan kehikon. Malleja kehikoille löytyy paljon verkosta. 3d-tulostus on myös yleistynyt GoPro-kameroiden kanssa, sillä 3d-tulostettu kehikko on selvästi edullisempi vaihtoehto kuin kaupasta ostettu. (Brown 2017.)

#### 4.4 360-kamerat

Erilaisista 360-kuvauslaitteistoista selvästi helppokäyttöisimmät ja edullisimmat ovat itsenäiset 360-kamerat. Nämä kamerat ovat tehty ainoastaan 360-kuvien ottamiseen, eikä niitä voi käyttää tehokkaasti perinteisten valokuvien ottamiseen. Itsenäiset 360-kamerat voidaan jakaa kolmeen kategoriaan (kuva 14) linssien perusteella

- yksilinssiset
- kaksilinssiset
- monilinssiset.

Yksilinssiset 360-kamerat eivät vaadi kuvien jälkikäsitteilyä, koska niissä ei tarvitse nitoa kuvia. Yksilinssiset 360-kamerat tuottavat vain horisontaalisesti 360-kuvaa, eivätkä ne kykene täysin 360 asteen kuvien tuottamiseen. Tämän takia yleisimmät 360-kamerat ovat kaksilinssisiä.

Kahdella linssillä kuvatessa täysi pallon muotoinen 360-kuva on mahdollinen. Yhden linssin näkökentän täytyy olla yli 180 astetta, jotta linssien kuvat voidaan yhdistää. Tällaisia kameroita on tehty monenlaisiin eri tarkoituksiin. Esimerkiksi GoPro on julkaissut kaksilinssisen Fusion-nimisen 360-kameran, joka on suunniteltu kestäväksi pölyä, vettä ja iskuja aivan kuten aiemmat GoPro-kamerat. Ricoh Theta tarjoaa hyvin yksinkertaisia ja käyttäjätavallisia 360-kameroita, joilla kuvien ottaminen onnistuu yhden napin painalluksella. Kameran tuottamat kuvat nidotaan automaattisesti kameran sisällä ja ovat heti valmiita. Kuvat eivät tarvitse jälkikäsitteilyä erillisellä tietokoneella. Kamerat on suunnattu erityisesti

nuorten käyttöön, sillä niistä on helppoa jakaa kuvat eri sosiaalisiin medioihin, kuten Facebookiin ja YouTubeen. (Rousseau 2016.)

Monilinsiset kamerrat tuottavat itsenäisistä 360-kameroista laadukkaimpia kuvia, koska useamman linssin avulla lopullisen kuvan pikselimäärä on korkeampi ja tällöin tarkkuus parempi. Useampaa linssiä käyttämällä yhden linssin näkökenttä eli FOV voi olla kaapeampi kuin kahden linssin kameroissa, jolloin kokonaiskuvan kuvanlaatu paranee. (Threesixtycameras 2016.)

Itsenäiset 360-kamerrat ovat kooltaan useimmiten pienempiä kuin usean kamerasen kehikot tai järjestelmäkamerrat. Itsenäinen 360-kamera on helppo ottaa taskuun mukaan esimerkiksi lomamatkalle, jossa matkakuvien ottaminen on yleistä ja matkatavaroiden tila rajallista. Pienen 360-kameran voi kiinnittää kuvauskooperiin, jolloin 360-ilmakuvien ottaminen on mahdollista. Kuluttajille suunnatut 360-kamerrat ovat myöskin hinnaltaan kohtuullisia. Muutamalla sadalla eurolla voi hankkia itselleen 360-kameran, joka kuvaa 4K-kuvia vauvattomasti. Hieman kalliimpien noin 500 euroa maksavien kameroiden ominaisuuksiin kuuluu hidastuskuvaus, live-lähetykset sekä kuvanvakautus videoita ottaessa. Kalleimmat 360-kamerrat pystyvät tuottamaan stereoskooppisia kolmiulotteisia kuvia. Stereoskooppisiin kuviin kykenevissä kameroissa on linssejä usein viisi tai enemmän, joiden avulla kolmiulotteinen kuva luodaan. Tällä hetkellä 360-kameroiden resoluutio on keskimäärin 4K-tasolta, joka ei ole erityisen tarkkaa 360-kuvissa. Laadukkaimmat 360-kamerrat kykenevät 8K ja 12K resoluutioihin. Kuvanlaatu onkin itsenäisten 360-kameroiden suurin heikkous verrattuna muihin kuvaustapoihin. (Pänkäläinen 2017.) Kuvassa 14 on esimerkit erilaisista itsenäisistä 360-kameroista. Kamerrat vasemmalta oikealle ovat: Fly360 4K, Ricoh Theta V, Nokia Ozo.



Kuva 14. Yksi-, kaksi- ja monilinsinen 360-kamera (360-fly 2017; Ricoh 2018; Nokia 2017)

## 5 CASE: INTERAKTIIVINEN VIRTUAALITILA

### 5.1 Tavoite ja käyttötarkoitus

Opinnäytetyön case-osuuden tavoitteena oli luoda Itä-Suomen yliopiston Sovelletun fyysikan laitoksen laboratoriosta interaktiivinen virtuaalitila, johon uusi opiskelija tai alasta kiinnostunut toisen asteen opiskelija pystyisi menemään ja tutustumaan. Lisäksi tavoitteena oli sisällöntuottaminen virtuaalitilaan. Virtuaalitulalla tarkoitetaan useista 360 asteen kuvista luotua verkkosivua, jossa pystyy liikkumaan vapaasti hiiren avulla kuvasta toiseen ja katsomaan ympärilleen. Kuvissa on lisäksi digitaalisia elementtejä, kuten videoita, parantamassa käyttökokemusta ja antamaan informaatiota. Harjoittelun puitteissa virtuaalitilaan ehdittiin tuottaa sisältöä kahdeksan haastatteluvideon verran, joissa kerrottiin opiskelusta yliopistossa.

Virtuaalitilan päällimmäinen käyttötarkoitus oli toimia orientaationa ja antaa uudelle opiskelijalle ensikosketus koulun tiloihin ilman, että henkilö fyysisesti käy paikalla. Virtuaalitilaan pääsee linkin kautta, joka on helppo lähettää uusille opiskelijoille esimerkiksi sähköpostin kautta. Tilassa liikkuminen päätettiin tehdä mahdollisimman vapaaksi, jolloin käyttäjät voisivat käyttää tilassa aikaa juuri niin paljon kuin haluavat. Digitaalisella infopaikalla pystytään vähentämään opiskelun alussa pidettävien infotilaisuuksien määrää, koska opiskelija saa saman tiedon jo ennakkoon virtuaalitulasta. Virtuaalitilaan tuotiin interaktiivisuutta liikkumisen lisäksi infoilla, jotka oli toteutettu upotetuilla videoilla. Videoiden upotamisella tarkoitetaan sen liittämistä osaksi verkkosivua tai tässä tapauksessa kuvaa. Näitä lyhyitä videoita katsomalla käyttäjä oppisi uudelle opiskelijalle tärkeistä asioista, kuten työvälaineistä, yhteistyöstä, lehtoreista ja opiskelijaelämästä. Tilasta löytyi myös palauteosio, josta kerättiin kävijöiltä palautetta ja johon oli mahdollista jättää lehtoreille kysymyksiä jo ennen ensimmäistä koulupäivää.

Myöskin toinen käyttötarkoitus oli suunnitteilla. Ideana oli tehdä lukiolaisille suunnattuja opiskelupaketteja virtuaalitulassa, joita suorittamalla kesäopintona lukiolainen saisi valmiuksia korkeakouluun. Projektin aikana opiskelupaketin luomisesta luovuttiin ajan ja materiaalin puutteen vuoksi. Paketille kuitenkin luotiin pohja, joka on mahdollista ottaa käyttöön myöhemmin.

## 5.2 Insta360 Pro

Projektin alussa käyttöön saatiin Insta360 Pro-kamera, joka on ammattikäyttöön tarkoitettu 360-kamera. Laitteen ominaisuuksiin tutustumiseen ja käyttämisen opetteluun annettiin aikaa viikon verran. Insta360 Pro on yksi harvoista vuonna 2018 myytävistä itsenäisistä 360-kameroista, joka kykenee 8K resoluutioon. Kuvien tarkkuus on 7680 pikseliä leveyssuunnassa ja 3840 pikseliä korkeussuunnassa. Kamerasta löytyi myös kuvaustila, joka mahdollisti 12K resoluutioisten kuvien tuottamisen. 12K kuvaustilassa kamera otti useita 8K resoluution kuvia samasta kohdasta ja ohjelmallisesti sulautti ne yhdeksi korkeamman resoluution kuvaksi. Kameran tuottamien kuvien tarkkuudesta saa hyvän käsityksen, kun niitä vertailee Ricoh Theta V:n 4K kuvaan samasta paikasta. Kuvasta 15 näkee punaisilla nelikulmioilla merkatuista kohdista, kuinka Ricoh Theta V menettää tarkkuutta yksityiskohdissa, kun taas Insta360 Pro kykenee huomattavasti tarkempaan tulokseen. Molemmat kuvat on otettu samasta kohdasta etälaukaisimella, jotta kuvat olisivat mahdollisimman vertailukelpoisia. Laboratorioita kuvatessa kuvien täytyi olla mahdollisimman tarkkoja, jotta tiloissa olevista yksityiskohdista saisi selvää, eikä nähdystä kuvista jäisi epämääräistä vaikutelmaa.



Kuva 15. Kameroiden kuvanlaadun vertailu



Käytössä olleen Insta360 Pro:n avulla tilojen kuvaaminen oli ajankäytön kannalta tehokasta. Kameran käyttöönotto kuljetuslaukusta kuvausvalmiiksi vei noin viisi minuuttia, jonka jälkeen kuvia pystyi ottamaan noin puolen minuutin välein siirtämällä kameraa ja jalustaa jokaisen kuvan jälkeen uuteen kuvauspaikkaan. Kuvausnopeus oli huomattava etu, sillä kuvaaminen tapahtui aktiivisesti käytössä olleissa tiloissa. Tilat tyhjennettiin muista henkilöistä kuvausajaksi, jotta valmiisiin kuviin ei tulisi henkilöitä. Kuvaamiseen tarvittiin vain lyhyt aikaväli, jolloin muita ihmisiä pyydettiin poistumaan tilasta. Kuvauspäivät ja ajat valittiin siten, että tiloissa olisi mahdollisimman vähän muita ihmisiä.

Kameran asetusten muuttamiseen ja ohjaamiseen käytettiin puhelimeen ladattavaa sovellusta. Puhelimesta pystyi näkemään kameran näkymän reaaliajassa, eikä kuvia tarvinnut siirtää tietokoneelle ennen kuvan näkemistä. Ennen ensimmäisen kuvan ottamista kamerasta kalibroidaan nidontakohdat ja gyroskooppi. Nämä tehdään sovelluksen valikosta klikkaamalla. Kalibroinnin avulla kamera osaa nittoa linsseistä saadut kuvat saumattomasti yhteen ja gyroskooppi asettaa kuvien horisontin suoraan riippumatta kameran asennosta suhteessa maahan.

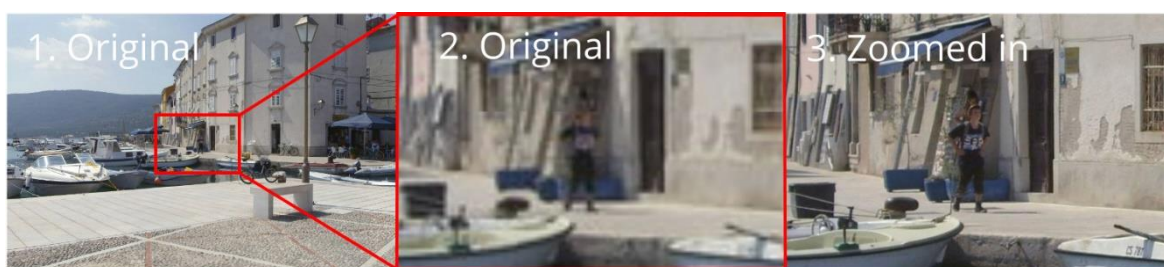
360-kuvat vaativat jälkikäsittelyä, johon käytin Adoben Photoshop CC-ohjelmistoa. Ohjelmiston avulla kuvista poistettiin kameran jalustat ja heijastukset, joita ikkunoista ja muista lasipinnoista saattoi näkyä. Näiden muokkausten ansiosta kuvista sai vaikutelman, että katsoja olisi itse kameran paikalla, koska alaspäin katsomalla ei näkynyt jalustaa ja mistään ei heijastunut kuvan ottanutta kameraa.

### 5.3 360-kuvien käyttö verkossa

Verkossa käytettäviä kuvia kannattaa usein pakata, jotta kuvat latautuisivat nopeasti hitaallakin verkkoyhteydellä. Eri tiedostomuodon käyttö vaikuttaa tiedostokokoon huomattavasti. Verkossa käytetyimmät kuvien tiedostomuodot ovat JPEG-tiedostomuoto sekä PNG-tiedostomuoto. Näistä muodoista JPEG on häviöllinen tallennustapa. Tämä tarkoittaa, että jokainen JPEG-kuvan tallennuskerta hävittää kuvasta dataa ja näin ollen heikentää sitä laadullisesti. JPEG:in hyvä puoli on sen pieni tiedostokoko. PNG sen sijaan on häviötön tallennustapa, jonka ansiosta se säilyttää tallennettaessa kaiken datan kuvasta. Häviötön tallennus tuottaa laadukkaampia kuvia, mutta vie myös enemmän tallennustilaa. (Jackson 2018.)

360-kuvissa käytettiin JPEG-tiedostomuotoa sen tiedostokoon takia. Otetut 360-kuvat vaativat silti käsittelyä tiedostokoon takia, sillä yksittäinen 360-kuva 8K resoluutiolla voi keskimäärin lähes 10 megabittiä tallennustilaa. Kuvia verkkoon ladattaessa täytyy huomioida kuvien koko, sillä loppukäyttäjä joutuu lataamaan nämä kuvat laitteelleen vaihtelevilla verkkonopeuksilla. Lopullisessa virtuaalitulassa käytettiin yhteensä 64 kappaletta eri 360-kuvia, joiden yhteenlaskettu tiedostokoko olisi ollut yli 600 megabittiä. Tämän takia kuvia täytyi pakata. Kuvien pakkaamiseen käytettiin verkosta löytyviä ilmaisia pakkaussivustoja, jonne kuvat ladataan. Sivusto analysoi kuvia ja yhdistää niihin käytettyjä värisävyjä vähentääkseen tiedostokokoa. Pakatut kuvat näyttävät lähes alkuperäisiltä, mutta vievät huomattavasti vähemmän tilaa. Kuvia pakatessa kuvanlaatu kärsii, koska kuvien bittimäärää vähennetään 24 bitistä vain 8 bittiin. Muutoksen erotti vertaamalla kuvia vierekkäin, mutta laadun karsiminen oli välttämätöntä, jotta kuvat saataisiin ladattua nopeammin käyttäjän laitteelle. Kuvien pakkaamisen jälkeen yksi kuva vei keskimäärin yhden megabitin verran tallennustilaa. Kuvien tiedostokokoa saatiin laskettua noin 90% pienemmäksi alkuperäisestä.

Suuriin tiedostokokoihin ja pitkiin latausaikoihin on pakkauksen lisäksi myös toinen ratkaisu. Moniresoluutioisia 360-kuvia käyttämällä on mahdollista ladata käyttäjälle vain näkyvä osa kuvasta kerrallaan. Menetelmässä kuvat jaetaan pieniin alueisiin, joista vain ruudulla näkyvät ladataan käyttäjälle. Useampia eri resoluutioisia kuvia käyttämällä käyttäjälle näytetään aluksi matalamman resoluution kuva (kuva 16 kohta 1), johon zoomatessa kuva vaihdetaan tarkempaan (kuva 16 kohta 3) ja näin saadaan uusia yksityiskohtia näkyviin. (Krpano 2018.) Tätä tekniikkaa ei ollut työhön valitussa liitännäisessä, joten kuvien pakkaamista jouduttiin käyttämään.



Kuva 16. Moniresoluutioisen kuvan toimintaperiaate (mukailtu Krpano 2018)

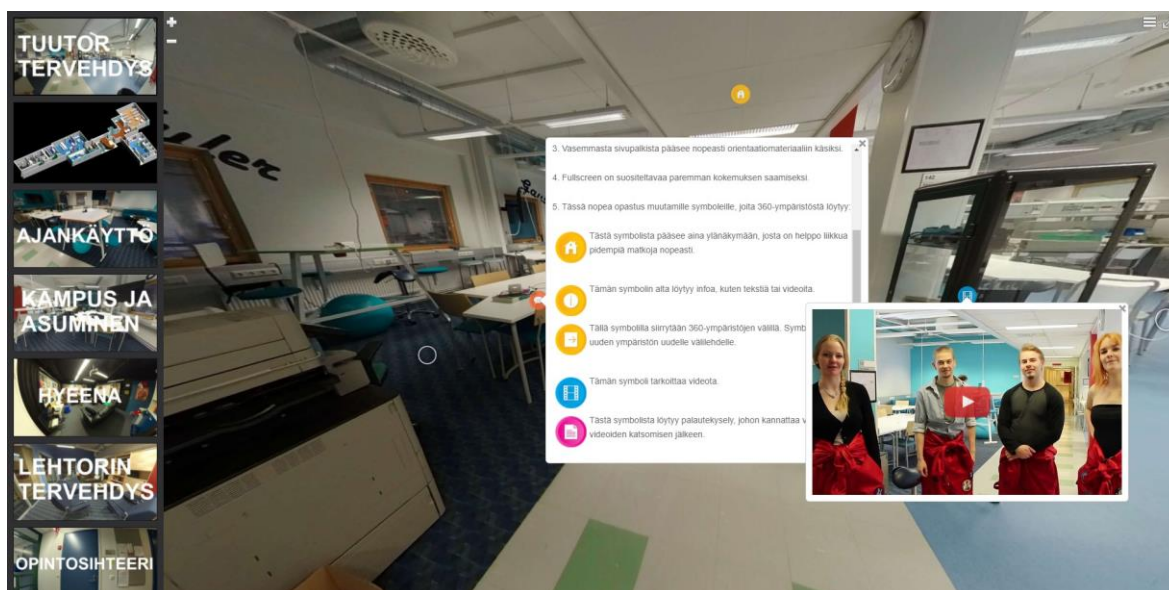
#### 5.4 iPanorama360 liitännäinen

Projektin verkkosivujen alustaksi valittiin WordPress, koska projektin toimeksiantajalla oli entuudestaan kokemusta siitä ja verkkosivut valmiina projektin käyttöön. WordPress on suosittu sisällönhallintaohjelmisto, johon voi luoda omat verkkosivut. Aluksi WordPress tehtiin blogien luomiseen, mutta liitännäisten määrän kasvaessa WordPressistä on tullut suosittu muihinkin tarkoituksiin. WordPressiin asennettiin iPanorama360-liitännäinen, jonka avulla luodaan virtuaaliajeluita ja esittelyjä. Kyseiseen liitännäiseen päädyttiin muutamasta syystä:

- entuudestaan tuttu
- helppokäyttöinen
- halpa, mutta ominaisuuksiltaan kattava
- data on mahdollista siirtää toiseen WordPressiin
- WordPress ja jQuery versiot.

Liitännäinen oli toimeksiantajalle tuttu, joten toimeksiantaja perehdytti sen käyttöä. Liitännäisen helppokäyttöisyyden ansiosta perehdytys oli nopea. Käytetyn liitännäisen hinta keväällä 2018 oli 19 dollarista 95 dollariin alustasta ja versiosta riippuen. Liitännäistä kehitteä yksi ohjelmistokehittäjä, joka edelleen tukee sitä päivityksillä, vaikka liitännäinen on julkaistu noin kaksi vuotta sitten.

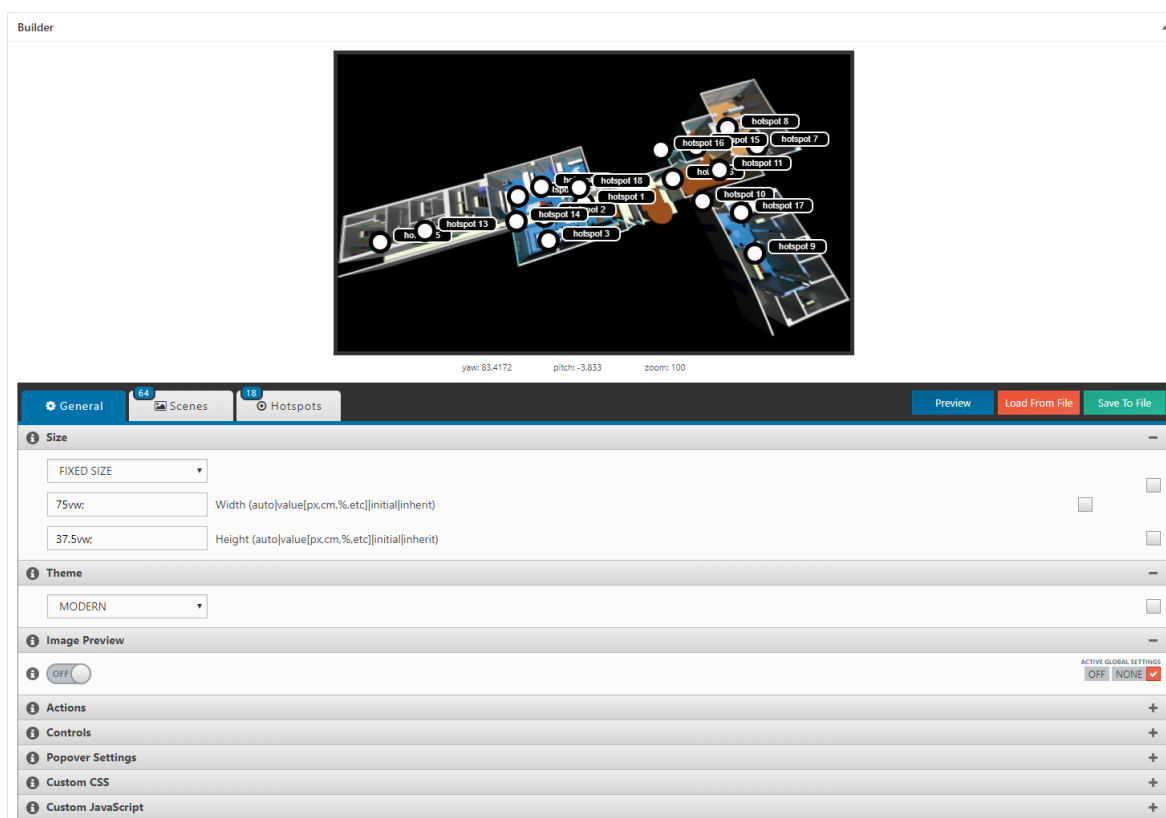
Liitännäisen pääominaisuuksiin kuuluu kaikki tarvittava virtuaaliajelun toteuttamiseen. Liitännäinen tukee kolmea erilaista 360-kuvaa, jotka ovat kuutiomainen, pallomainen ja sylinterimäinen. Liitännäinen ei tue 360-asteisia videoita, kuten jotkin alustat. Projektissa päätettiin käyttää vain 360-kuvia, joten ominaisuuden puuttumisesta ei ollut haittaa. Ominaisuuksiin kuuluu hotspottien eli informaatiota sisältävien pisteiden asettaminen minne tahansa 360-kuviin. Hotspotteja napsauttamalla voi esimerkiksi liikkua kuvasta toiseen, avata videoita ja infotekstejä, sekä luoda muuta interaktiivisuutta. Jokaiselle 360-kuvalle asetettiin omat hotpotit, jotka yhdistivät kuvat toisiinsa. Hotspoteille asetettiin erilaisia ikoneita, jotka helpottavat käyttäjää ymmärtämään eri toiminnot. Ympäristön aloitusnäky-  
mään tehtiin kuvassa 17 näkyvät ohjeet, joista käy ilmi erilaisten ikonien toiminnat. Kuvassa näkyy myös valkoinen läpinäkyvä ympyräsymboli, jota klikkaamalla voi avata uuden 360-kuvan klikatusta kohdasta.



Kuva 17. Kuvankaappaus valmiista virtuaalitalasta (GloVR 2018b)

Tärkeä ominaisuus liitännäisessä oli sen muokattavuus. Liitännäiseen oli mahdollista kirjoittaa CSS-tyylittelykieltä ja JavaScript-ohjelmointikieltä, jotka muokkasivat liitännäistä ulkoisesti ja sisäisesti. Ikonien animoinnissa ja ikkunoiden ulkoasun muokkaamisessa käytettiin CSS-tyylittelyä. CSS-tyylittelyn avulla korjattiin liitännäisen skaalautuvuusongelmat eri laitteille, joita kohdattiin työn alkuvaiheissa. Virtuaaliajelman täytyi olla käytettävissä mahdollisimman monella laitteella, kuten tietokoneella, tableteilla ja eri kokoisilla älypuhelimilla. Liitännäisen ikkunoiden, kuten ohjeiden ja videoiden (kuva 17) kanssa ilmeni ongelmia, kun ikkunat eivät skaalautuneet pienelle näytölle. Infolaatikoiden kiinteät pikselikoot vaihdettiin skaalautuvaan mittayksikköön, joka huomioi käytettävän ruudun koon. Tällä tavalla virtuaaliajelu saatiin sopimaan sekä pienille puhelinnäytöille, että suurille tietokoneruuduille. JavaScript-ohjelmointikieltä käytettiin liitännäisen optimointiin. Virtuaalitalaan upotetut YouTube-videot aiheuttivat aluksi paljon latausongelmia, koska jokainen upotettu video latautui virtuaalitalaan mentäessä yhtä aikaa ja aiheutti sivun hidasta latautumista. Ongelma korjattiin JavaScript-koodilla, jonka avulla videot latautuivat vasta käyttäjän klikatessa niitä.

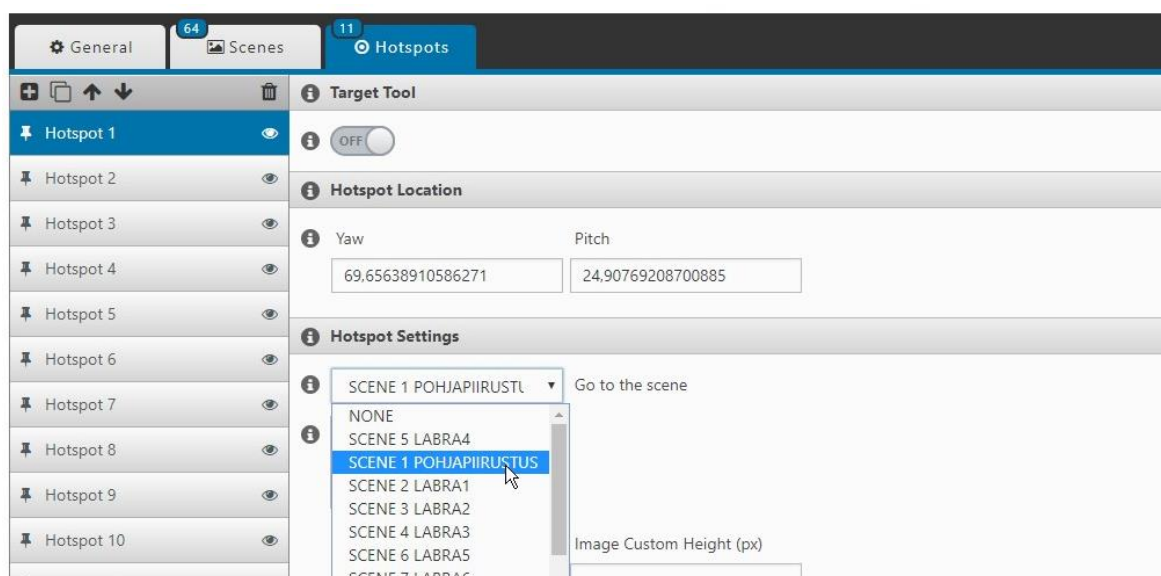
Liitännäisestä on myös tarjolla jQuery-versio, jolla tarkoitetaan eri alustalla toimivaa liitännäistä. Liitännäisen monipuolisuus oli suuri etu projektissa, sillä tuotettu virtuaalitila on tulevaisuudessa mahdollista siirtää eri palvelimella ja alustalla toimivalle verkkosivulle. Virtuaalitila suunniteltiin siirrettäväksi Itä-Suomen yliopiston omalle WordPress-alustalle.



Kuva 18. Kuvankaappaus iPanorama360-liitännäisen päänäkymästä (GloVR 2018a)

Projektiin käytetty iPanorama360 liitännäinen koostuu kolmesta välilehdestä, joissa määritellään yleiset asetukset, scenen eli yksittäisen 360-kuvan asetukset ja scenessä olevien hotspottien asetukset (kuva 18). Yleistä asetuksista asetettiin virtuaalitilan koko verkkosivulla, teema, erilaiset kontrollit ja mukautetut CSS-tyylittelyt sekä JavaScript-koodit. Asetusten yllä olevasta ikkunasta pystyi esikatselamaan asetettuja 360-kuvia ja lisäämään niihin hotspotteja klikkaamalla. Kuvassa 18 näkyy Autodeskin 3ds Max-mallinnusohjelmistolla luotu 3d-malli yliopistolla kuvattujen tilojen pohjapiirustuksesta. Malli luotiin oikeita

mittasuhteita käyttämällä ja pelkistämällä tiloja yksivärisiksi ja yksinkertaisiksi. Pohjapiirustusta käytettiin navigoimisen apuvälineenä, jotta käyttäjän olisi mahdollista tarkastella virtuaalitilaa ilmasta käsin. Tämä myös nopeutti liikkumista tilassa, sillä lintuperspektiiviin siirtymällä huoneesta toiseen on nopeampaa liikkua, kuin klikkailemalla maanäkymässä hotspotista hotspottiin. Jokaiseen 360-kuvaan lisättiin symboli, jolla pääsi takaisin ylänäkömään. Toinen liikkumista nopeuttava ominaisuus oli ruudun vasempaan reunaan lisätty pikavalikko, josta löytyi tärkeimpien paikkojen kuvat, joita klikkaamalla pääsi suoraan niiden luokse. Tärkeimmissä paikoissa sijaitsivat informatiiviset videot.



Kuva 19. Hotspottien linkittäminen (GloVR 2018a)

Kuvien yhdistäminen toisiinsa tehtiin iPanorama360:ssa linkittämällä. Kukin 360-kuva eli scene nimettiin ja hotspotit linkitettiin scenen nimien (kuva 19) avulla. Hotspotit klikattiin haluttuun paikkaan ja se asetettiin viemään haluttuun sceneen. Linkittämisen kanssa täytyi olla huolellinen, ettei jonkin 360-kuvan tietty hotspot vienyt väärään 360-kuvaan. Jokaiseen sceneen lisättiin sen lähimmät scenet hotspotteina. Tällöin virtuaalitilassa pystyy liikkumaan pieniä matkoja ja aina uuteen kuvaan mentäessä on mahdollista liikkua hieman

joka suuntaan. Kaiken kaikkiaan virtuaalitulassa oli 64 sceneä. Hotspottien yhteenlaskettu määrä virtuaalitulassa on 443, joista käyttäjä näkee noin kymmenen kerrallaan.

### 5.5 Orientaation toteutus

Virtuaalitulaa suunniteltiin alussa paljon sisältöä, jota jouduttiin ajanpuutteen takia karsimaan. Sisältö suunniteltiin tuleville opiskelijoille, koska he tarvitsevat opiskelun alussa paljon tietoa eri asioista. Perinteisesti opiskelijan alkaessa pidetään useita infotilaisuuksia, joissa opiskelijoille annetaan paljon tietoa. Infomäärän helpottamiseksi suunniteltiin virtuaalitulaa informatiivisia videoita, joita katsomalla tärkeimmät asiat selviäisivät uusille opiskelijoille ennakkoon ja infotilaisuuksien määrää voitaisiin vähentää.

Videoiden tuottaminen aloitettiin palaverilla, johon osallistui Itä-Suomen yliopiston lehtoreita ja toisen vuoden opiskelijatutoreita. Kunkin videon sisällöstä päätettiin ja videoille sovittiin päähenkilöt, jotka kertoisivat videolla haastattelumaisesti aiheesta. Jokaiseen videoon pyrittiin saamaan eri henkilöitä kertomaan eri aiheista, jotta yliopistosta saisi monipuolisemman kuvan. Päähenkilöitä pyydettiin laatimaan alustava käsikirjoitus kuvauspäiväksi, jotta kuvauspäivät sujuisivat nopeammin. Videosta riippuen päähenkilöitä oli yhdestä neljään ja toteutustapa hieman vaihteli. Videot pyrittiin kuvaamaan samoissa tiloissa, joita oli 360-kuvattu, jotta valmiit videot voitaisiin upottaa virtuaalitulassa samaan kuvauspaikkaan.

Kuvaukset toteutettiin kahdella järjestelmäkameralla, joista toinen kuvasi yleisesti kaikkia haastateltavia ja toinen kamera kuvasi lähikuvaa puhujasta. Käytössä oli kaksi kameraa, jotta videoista saisi monipuolisia ja laadukkaasti tuotetun näköisiä. Toinen kuvauksiin käytetty järjestelmäkamera sekä jalusta saatiin lainaan yliopistolta. Hyvän äänenlaadun takaamiseksi yliopisto hankki Roden VideoMic Rycote- mikrofonin, joka kiinnitettiin kaikkia haastateltavia kuvaavan kameran päälle. Lisävaloja ei ollut saatavilla, joten kuvauspaikoiksi valittiin valoisia paikkoja. Videoita kuvattiin useana eri päivänä, sillä aikataulut piti saada sopimaan kiireisten tutorien kanssa. Sitä mukaan kun kuvauksia saatiin valmiiksi, materiaalista leikattiin noin minuutin mittaisia videoita, koska videoiden pituus ja sisältö oli suunniteltu mahdollisimman lyhyeksi ja ytimekkääksi. Ajatuksena oli, että lyhyiden videoiden avulla katsojalla säilyisi mielenkiinto ja keskittyminen videon loppuun saakka, jolloin videon sisältämä informaatio jäisi paremmin muistiin.

Videoiden leikkaamiseen ja jälkikäsittelyyn käytettiin Applen Final Cut Pro X-ohjelmistoa, koska sen käytöstä oli aiempaa kokemusta ja sitä pidettiin nopeimpana vaihtoehtona. Final

Cut Pro:sta löytyy tehokas työkalu, jonka avulla eri kameroilla kuvatut materiaalit saa synkronoitua äänen avulla yhdeksi kokonaisuudeksi. Kuva 20 havainnollistaa näkymää, josta eri kuvakulmia voi valita synkronoinnin jälkeen. Työkalun avulla leikkaaminen ja kuvakulmien vaihtaminen on nopeaa. Valmiit videot näytettiin ensimmäisessä palaverissa olleille lehtoreille sekä tutoreille. Kaikkiin videoihin oltiin tyytyväisiä ja ne ladattiin yliopiston YouTube kanavalle. Tämän jälkeen videot upotettiin tuotettuun 360-ympäristöön, josta niitä voi loppukäyttäjät käydä katsomassa.



Kuva 20. Usean kuvakulman leikkaamista Applen Final Cut Pro X:ssä (Wiggins 2015)

Tulevaisuudessa projektia mahdollisesti aiotaan jatkaa ja virtuaalitalaa laajentaa muualle Itä-Suomen yliopiston tiloihin eri alojen kiinnostuksen mukaan. Yhtenä uutena ominaisuutena seuraavaan versioon halutaan mahdollisuus käyttää virtuaalilaseja. Käytetyssä liitännäisessä tätä ominaisuutta ei tekohehkellä ollut, joten seuraavaan versioon toivotaan liitännäisen kehittäjältä virtuaalilasien tukea tai vaihtoehtoisesti eri alustan käyttämistä seuraavan virtuaalitalan luomiseen.



## 6 YHTEENVETO

360-kuvauksen kehittyessä entisestään kameroiden hinnat laskevat ja ominaisuudet paranevat. Tämä edistää niiden leviämistä yhä useammalle kuluttajalle. Se myöskin edesauttaa uusien käyttökohteiden keksimistä vieläkin luovempiin kohteisiin.

Virtuaalitalan luomisessa yhdistyy 360-kuvaus, interaktiivisuus, verkkosivujen tekeminen ja sisällöntuottaminen. Pelkkien teknisesti laadukkaiden 360-kuvien avulla virtuaalitalaa ei voi toteuttaa, vaan ymmärrystä vaaditaan myös eri virtuaalitalojen alustoista, jotka usein nojaavat johonkin ohjelmointikieleen, kuten JavaScript.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää, millaisia välineitä 360-kuvien tuottamiseen löytyy tällä hetkellä ja mitä eroavaisuuksia niissä on verrattaessa perinteiseen valokuvaamiseen. Tavoitteena oli myös selvittää, kuinka kuvista voidaan luoda virtuaalinen kiertojelu, jossa loppukäyttäjä voi käydä katsomassa haluamiaan tiloja tietokoneen tai puhelimen avulla.

Kameroita tutkittaessa ilmeni, että markkinoilla tällä hetkellä myytävät 360-kamerat tuottavat tarkkuudeltaan keskimäärin 4K-kuvia, joka kuulostaa tarkemmalta kuin mitä ne todellisuudessa ovat. Kameroissa ilmoitetulla resoluutiolla tarkoitetaan koko kuvan resoluutiota, joka mitataan kuvassa ympäri kiertämällä. Todellisuudessa 360-kameran täytyy tuottaa yli 5K resoluution kuvia, jotta kuvia katsoessa 90 asteen katselukulmalla ruudulla näkyisi noin teräväpiirtoa vastaava pikselimäärä.

Käytännön osuudessa käytiin läpi virtuaalitalan luominen vaihe vaiheelta. Osuudessa tutustuttiin yhteen ammattikäyttöön soveltuvaan 360-kameraan ja yhteen edulliseen alustaratkaisuun. Näillä työkaluilla tuotetusta virtuaalitalasta tuli toimiva kokonaisuus, joka toimii pohjana seuraaville virtuaalitaloille. Luotua virtuaalitalaa on helppo kehittää eteenpäin ja parantaa käyttäjäpalautteen perusteella.

## LÄHTEET

Anna 2015. What are 360° photospheres? And what are panoramas. Holobuilder. Artikkel [viitattu 20.4.2018]. Saatavissa: <https://www.createholo.com/what-are-360-images-and-what-are-panoramas/>

Arnaud 2018a. How to take great 360 degree photos. Blogi. 360player [viitattu 15.5.2018]. Saatavissa: <https://360player.io/blog/2018/03/23/how-take-360-degree-photos-images-and-put-them-online-website-internet/>

Arnaud 2018b. When should 360° images be used on the web? Blogi. 360player [viitattu: 18.4.2018]. Saatavissa: <https://360player.io/blog/2018/02/03/when-should-360-images-photos-be-used-web/>

Brown, E. & Cairns, P 2004. A Grounded Investigation of Game Immersion. University College London Interaction Centre. Essee [viitattu 20.4.2018]. Saatavissa: [http://complex-world.pbworks.com/f/Brown+and+Cairns+\(2004\).pdf](http://complex-world.pbworks.com/f/Brown+and+Cairns+(2004).pdf)

Brown, L. 2017. 360 Camera Rigs/Mounts for VR Video production. Blogi. Filmora Wondershare [viitattu 21.5.2018]. Saatavissa: <https://filmora.wondershare.com/virtual-reality/360-camera-rigs-for-vr-video.html>

Cambridge Dictionary 2018. Meaning of “immersion” in the English Dictionary. Cambridge Dictionary. [viitattu 19.4.2018]. Saatavissa: <https://dictionary.cambridge.org/dictionary/english/immersion>

Corinna, J. 2012. Interactive Panoramas: Techniques for Digital Panoramic Photography. Springer Science & Business Media. E-kirja [viitattu 24.4.2018]. Saatavissa: <https://books.google.fi/books?id=Vi-qCAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=fi#v=onepage&q&f=false>

Dana 2017. All the terms you need to know to create 360 video. Vimeo. Blogi [viitattu 24.4.2018]. Saatavissa: <https://vimeo.com/blog/post/terms-you-need-to-know-to-create-360-video>

Debella-Teresuk, J. 2017. Designing for Interactive Environments and Smart Spaces. Top-tal. Artikkel [viitattu 26.4.2018]. Saatavissa: <https://www.toptal.com/designers/interactive/designing-for-interactive-environments-and-smart-spaces>

- DiCarlo, N. 2015. How Content for Gear VR is Created. Kuva. Samsung tomorrow. [viitattu 21.4.2018]. Saatavissa: <https://news.samsung.com/global/how-content-for-gear-vr-is-created-editorial>
- Ergürel, D. 2016. 6 Things I Learned About Shooting 360 Videos. Haptical [viitattu 20.4.2018]. Saatavissa: <https://haptic.al/6-things-i-learned-on-shooting-360-videos-efdff4e29e5f>
- Ford, L. 2016. “Unlimiting the Bounds”: The Panorama and the Balloon View. The Public Domain Review. Essee [viitattu 10.4.2018]. Saatavissa: <http://publicdomainreview.org/2016/08/03/unlimiting-the-bounds-the-panorama-and-the-balloon-view/>
- Frich, A. 2018a. The guide to panoramic photography – Nodal point. Artikkel. Panoramic photo guide [viitattu 17.5.2018]. Saatavissa: <https://www.panoramic-photo-guide.com/finding-the-nodal-point.html>
- Frich, A. 2018b. The guide to panoramic photography – Panoramic heads. Artikkel. Panoramic photo guide [viitattu 15.5.2018]. Saatavissa: <https://www.panoramic-photo-guide.com/virtual-tour-360-photography/choosing-panoramic-head-to-make-virtual-tour.html>
- Frich, A. 2018c. The guide to panoramic photography – The camera lens. Kuva. Panoramic photo guide [viitattu 17.5.2018]. Saatavissa: <https://www.panoramic-photo-guide.com/photo-lens-panoramic-photography.html>
- GloVR 2018a. Hallintapaneeli. Kuva. GloVR [viitattu 13.6.2018]. Saatavissa: <https://glovr.fi/lms/wp-admin>
- GloVR 2018b. UEF Sovelletun fysiikan laitos 360° ympäristö. Kuva. GloVR [viitattu 13.6.2018]. Saatavissa: <https://glovr.fi/lms/360sovellettufysiikka>
- Google 2018. Google’s Fleet. [viitattu 12.4.2018]. Saatavissa: <https://www.google.com/streetview/understand/#fleet>
- GoPro 2018. GoPro Omni. Kuva. B&H Photo Video Pro Audio [viitattu 15.5.2018]. Saatavissa: [https://www.bhphotovideo.com/c/product/1247865-REG/gopro\\_mhdhx\\_006\\_omni\\_all\\_inclusive.html](https://www.bhphotovideo.com/c/product/1247865-REG/gopro_mhdhx_006_omni_all_inclusive.html)
- Haroko Studio 2018. 360 Gigapixel Photography. Harokostudio [viitattu 18.5.2018]. Saatavissa: <https://www.harokostudio.com/360-gigapixel-photography/>

Howard, B. 2014. What are car surround view cameras, and why are they better than they need to be. Extremetech. Blogi [viitattu 13.4.2018]. Saatavissa: <https://www.extremetech.com/extreme/186160-what-are-surround-view-cameras-and-why-are-they-better-than-they-need-to-be>

Indestry 2016. The forgotten ancestors of virtual reality. Indestry. Blogi [viitattu 10.4.2018]. Saatavissa: <http://www.indestry.com/blog/2016/1/7/the-forgotten-ancestors-of-virtual-reality>

Insta360 2018. Insta360. Kuva [viitattu 15.5.2018]. Saatavissa: <https://www.insta360.com/>

Jackson, B. 2018. How to Optimize Images for Web and Performance. Kinsta. Artikkelit [viitattu 13.6.2018]. Saatavissa: <https://kinsta.com/blog/optimize-images-for-web/>

Jann, M. 2011. 360° in 3Ds Max with VRay. Pixelsonic. Blogi [viitattu 27.4.2018]. Saatavissa: <http://www.pixelsonic.com/2011/04/360-in-3ds-max-with-vray-2/>

Jansson, P. & Immonen, A. 2017. Paikkatiedoilla rikastetun 360 ° videokuvan tuottaminen ja hyödyntäminen pilvipalvelussa – Loppuraportti. Liikennevirasto [viitattu 20.4.2018]. Saatavissa: [https://www.liikennevirasto.fi/documents/20473/367242/360\\_videokuvan\\_tuottaminen\\_ja\\_hyodyntaminen\\_pilvipalvelussa\\_loppuraportti/5eab4baf-d921-441e-8973-118fcb43f67c](https://www.liikennevirasto.fi/documents/20473/367242/360_videokuvan_tuottaminen_ja_hyodyntaminen_pilvipalvelussa_loppuraportti/5eab4baf-d921-441e-8973-118fcb43f67c)

Jääskelä, P., Klemola, U., Lerkkanen, M-K., Poikkeus, A-M. & Rasku-Puttonen, H. Eteläpelto A. (toim.) 2013. Yhdessä parempaa pedagogiikkaa – Interaktiivisuus opetuksessa ja oppimisessa. Jyväskylä. Jyväskylän yliopistopaino.

Kintner, M. 2018a. 5 Things you should know about 360 video resolution. 360Rize [viitattu 21.4.2018]. Saatavissa: <https://www.360rize.com/2017/04/5-things-you-should-know-about-360-video-resolution/>

Kintner, M. 2018b. The New GoPro Hero6 fits perfectly into the patented 360Rize 360 Video Gear. 360Rize [viitattu 21.5.2018]. Saatavissa: <https://www.360rize.com/2017/09/the-new-gopro-hero6-fits-perfectly-into-the-patented-360rize-360-video-gear>

Kosola, L. 2016. Kuvaa omia 360° kuvia ja videoita. Yle. Artikkelit [viitattu 15.5.2018]. Saatavissa: <https://yle.fi/aihe/artikkeli/2016/11/01/kuvaa-omia-360deg-kuvia-ja-videoita>

- Krpano 2018. Multiresolution Panoramas. Krpano [viitattu 13.6.2018]. Saatavissa: <https://krpano.com/docu/multires/>
- Leicashop 2018. Leica shop Vintage Cameras. Kuva. [viitattu 10.4.2018]. Saatavissa: [http://www.leicashop.com/vintage\\_en/the-multiscope-and-film-co-baby-al-vista-panoramic-camera-no-2-sku30828-2.html](http://www.leicashop.com/vintage_en/the-multiscope-and-film-co-baby-al-vista-panoramic-camera-no-2-sku30828-2.html)
- Library of Congress 2018. a Brief History of Panoramic Photography. Artikkelin [viitattu 10.4.2018]. Saatavissa: <https://www.loc.gov/collections/panoramic-photographs/articles-and-essays/a-brief-history-of-panoramic-photography/>
- Maas, H-G. & Schneider, D. 2004. Photogrammetric processing of digital 360° panoramic camera image data. Essee [viitattu 20.8.2018]. Saatavissa: <https://pdfs.semanticscholar.org/b777/7ea82fdfb6b2e654ff0aee7a7b4b5d658246.pdf>
- Marketing Schools 2012. Interactive Marketing. Artikkelin [viitattu 25.4.2018]. Saatavissa: <http://www.marketing-schools.org/types-of-marketing/interactive-marketing.html>
- Michell, R. 1801. Cross-section of the Rotunda. The Bridgeman Art Library. Kuva. [viitattu 10.4.2018] Saatavissa: <http://www.tate.org.uk/context-comment/articles/kings-vast>
- Mito 2016. What is 360 photography. Learn 360 photography. Artikkelin [viitattu 17.5.2018]. Saatavissa: <https://learn360photography.com>
- My Single Property Websites 2018. Should You Use a 360 Degree Virtual Tour Software? My Single Property Websites. Blogin [viitattu 19.4.2018]. Saatavissa: <http://mysinglepropertywebsites.com/propertysites/360-degree-virtual-tour-software>
- Newman, D. 2017. Beyond counting pixels: Defining resolution in spherical. The Inside Line – GoPro [viitattu 20.4.2018]. Saatavissa: <https://gopro.com/news/beyond-counting-pixels--defining-resolution-in-spherical>
- Nike 2017. Unlimited Stadium. Vimeo. Kuvankaappaus videosta 1:23. [viitattu 26.4.2018]. Saatavissa: <https://vimeo.com/189275608>
- Nokia Ozo 2017. Nokia scraps virtual reality camera Ozo. Kuva. [Viitattu 1.6.2018]. Saatavissa: <https://www.designweek.co.uk/issues/9-15-october-2017/nokia-scraps-virtual-reality-camera-ozo/>

- Pepa, A. 2015 Principle of a swing lens camera. Kuva. [Viitattu 10.4.2018]. Saatavissa: [https://en.wikipedia.org/wiki/Horizon\\_\(camera\)#/media/File:Horizon202sketch.png](https://en.wikipedia.org/wiki/Horizon_(camera)#/media/File:Horizon202sketch.png)
- Pänkäläinen, T. 2017. 360-kamera videokuvaukseen – Mikä on paras vaihtoehto? Virtuaalimaailma. Artikkelit [viitattu 15.5.2018]. Saatavissa: <https://www.virtuaalimaailma.fi/360-kamera/>
- Rafaeli, S. & Sudweeks, F. 2006. Journal of Computer-Mediated Communication – Networked Interactivity. Wiley Online Library. Artikkelit [viitattu 24.4.2018]. Saatavissa: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1083-6101.1997.tb00201.x>
- Ricoh Theta 2018. Ricoh Theta V. Kuva. [Viitattu 1.6.2018]. Saatavissa: <https://theta360.com/en/about/theta/v.html>
- Roundme 2016. Empire State Building 45 Gigapixel. Roundme [viitattu 18.5.2018]. Saatavissa: <https://roundme.com/tour/10281/view/171082/>
- Rouse, M. 2005. DEFINITION – interactivity. Search Microservices – TechTarget. [viitattu 24.4.2018]. Saatavissa: <https://searchmicroservices.techtarget.com/definition/interactivity>
- Rousseau, C-L. 2016. 5 reasons you should buy a 360-degree camera. Androidcentral. Blogit [viitattu 22.4.2018]. Saatavissa: <https://www.androidcentral.com/5-reasons-you-should-buy-360-degree-camera>
- Sirui 2018. Sirui PB-10. Kuva. Sirui [viitattu 15.5.2018]. Saatavissa: <http://www.sirui.eu/en/products/tripod-heads/pb-serie/>
- Spinner 360° 2018. Spinner 360° - History. [viitattu 19.4.2018]. Saatavissa: <https://microsites.lomography.com/spinner-360/history/>
- Threesixtycameras 2016. 360 Camera Buying Guide – How to find the best 360 camera. Artikkelit. Threesixtycameras [viitattu 1.6.2018]. Saatavissa: <http://www.threesixtycameras.com/360-camera-buying-guide/>
- Unifore 2016. Top 10 best panoramic network cameras for video surveillance. Blogit [viitattu 13.4.2018]. Saatavissa: <https://www.hkvstar.com/product-news/top-best-10-panoramic-network-cameras-for-video-surveillance.html>

Virtualtraveller 2018. About VirtualTraveller [viitattu 18.4.2018]. Saatavissa: <https://virtualtraveller.com/about>

Wiggins, P. 2015. The Top Ten Final Cut Pro X Multicam Editing Tips. Kuva. FCP [viitattu 13.6.2018]. Saatavissa: <http://www.fcp.co/final-cut-pro/articles/1600-the-top-ten-final-cut-pro-x-multicam-editing-tips>

Wornowitski, J. 2018. Wide, wide world: Your guide to panoramic cameras. Plainlight. Artikkelit [viitattu 10.4.2018]. Saatavissa: <https://www.plainlight.com/panoramic-cameras.html>

Yeager, C. 2017. How to Record 360 Video with a Multi-Camera Rig. Envato tuts. Artikkelit [viitattu 21.5.2018]. Saatavissa: <https://photography.tutsplus.com/tutorials/how-to-record-360-video-multi-camera--cms-28092>

Youvisit 2018a. Virtual reality Applications. Youvisit [viitattu 18.4.2018]. Saatavissa: <https://www.youvisit.com/virtual-reality-applications/>

Youvisit 2018b. Virtual reality Applications. Youvisit [viitattu 18.4.2018]. Saatavissa: <https://www.youvisit.com/immersive-hotel-marketing-platform/>

360Fly 2018. 360Fly. Kuva. [Viitattu 1.6.2018]. Saatavissa: <https://www.360fly.com>

## LIITTEET

<https://glovr.fi/lms/360sovellettufysiikka/>

Valmis tuotos.