

Olli-Pekka Kirvesoja

Väriavaintaminen videotuotannossa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Mediatekniikan koulutusohjelma

Insinööriytyö

10.5.2016

Tekijä Otsikko	Olli-Pekka Kirvesoja Väriavaintaminen videotuotannossa
Sivumäärä Aika	41 sivua 10.5.2016
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Mediatekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Digitaalinen media
Ohjaaja	Yliopettaja Erkki Rämö
<p>Insinööriyön tarkoituksena oli avainta kaksi luentovideota jälkikäsittelyohjelman sisäänrakennetulla avaintamistyökalulla. Molemmat videot kuvattiin Metropolia Ammattikorkeakoulun Leppävaaran toimipisteen EduVideoLab-opetustilassa green screen -taustalla. Ensimmäinen video kuvattiin Full HD -resoluutiolla eli kuvakoolla, jossa on 1920 vaakapikseliä ja 1080 pystypikseliä. Toinen luentovideo taltioitiin Ultra HD -resoluutiolla, jossa on 3840 vaakapikseliä ja 2160 pystypikseliä.</p> <p>Koko projektissa kuvattiin ja editoitiin 23 videota kahden muun Metropolia Ammattikorkeakoulun insinööriopiskelijan kanssa. Videot ovat osa korkeakouluissa syksyllä 2016 alkavan, ilmastonmuutosta käsittelevän kurssin oppimateriaalia.</p> <p>Insinööriyön tarkoituksena oli myös arvioida, kuinka hyvin EduVideoLab-opetustila soveltuu avainnettavan videokuvamateriaalin tuottamiseen ja kuinka hyvin avaintamisessa käytetty työkalu soveltuu jälkituotannossa suoritettavaan avaintamiseen.</p> <p>Lopputuloksista kävi ilmi, että EduVideoLab soveltuu avainnettavien luentovideoiden kuvaamiseen hyvin. EduVideoLabin vihreä tausta saatiin tasaisesti valaistua, mikä on tärkeää avainnettavaa materiaalia kuvattaessa. Lopputulos avaintamisen jälkeen oli kummasakin videossa siisti.</p> <p>Tulokset myös osoittivat sen, että avaintamisessa käytetty työkalu on erinomainen. Vaikka se sisältää monia eri toimintoja, riitti muutaman perusparametrin säätäminen hyvään lopputulokseen.</p>	
Avainsanat	väriavaintaminen, green screen, blue screen, videotuotanto, jälkituotanto

Author Title	Olli-Pekka Kirvesoja Chroma keying in video production
Number of Pages Date	41 pages 10 May 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Media Technology
Specialisation option	Digital Media
Instructor	Erkki Rämö, Principal Lecturer
<p>The purpose of this final year project was to key two lecture videos using a built-in keying tool in a piece of video post-production software. Both videos were shot with a green screen background in the EduVideoLab classroom located at Helsinki Metropolia UAS campus in Leppävaara. The first video was shot with Full HD resolution, which has 1920 horizontal and 1080 vertical pixels. The second one was shot with Ultra HD resolution, which has 3840 horizontal and 2160 pixels.</p> <p>In total, 23 videos were shot and edited with two other engineering students of Helsinki Metropolia UAS. The videos are part of a college course's learning material. The course deals with climate change and is scheduled to start in the autumn of 2016.</p> <p>The purpose of the project was also to evaluate how well the EduVideoLab classroom suits producing chroma key footage and how well the keying tool suits chroma keying in post-production.</p> <p>The results showed that EduVideoLab suits shooting chroma key lecture videos well. The green screen in EduVideoLab was lit evenly, which is important in shooting chroma key footage. The end result after keying was clean in both videos.</p> <p>The results also showed that the keying tool, which was used, is excellent. Although there are many different functions in the tool, adjusting a few basic parameters was enough to get good results.</p>	
Keywords	chroma keying, green screen, blue screen, video production, post-production

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Väriavaintamisen kehittyminen	2
2.1	Avaintamismenetelmät lyhyesti	2
2.2	Väriavaintamisen kehittyminen filmielokuviissa	2
2.3	Käyttökohteet nykyään	7
3	Kuvausten valmistelut ja avaintaminen jälkituotannossa	9
3.1	Taustan värin valinta	9
3.2	Taustan materiaalin valinta	9
3.3	Valaistus	12
3.4	Kameran valinta	15
3.5	Avaintamisprosessi jälkituotannossa	17
4	Koulutusvideolaboratoriossa kuvattujen videoiden avaintaminen	23
4.1	Tausta	23
4.2	Valaistus	24
4.3	Kamera	27
4.4	Avaintaminen Keylight-työkalulla	29
4.4.1	Full HD -laatuisen videon avaintaminen	29
4.4.2	Ultra HD -laatuisen videon avaintaminen	33
5	Yhteenveto	36
	Lähteet	38

1 Johdanto

Insinööriyön tarkoituksena on tutkia, mitä väriavaintaminen on ja kuinka väriavaintamisen mahdollistava tekniikka on kehittynyt viime vuosikymmenien aikana. Raportissa selvitetään, mitä asioita on otettava huomioon avainnettavan videokuvamateriaalin kuvausten valmisteluissa ja itse jälkituotannossa tapahtuvassa avaintamisvaiheessa.

Insinööriyössä toteutetaan kahden luentovideon avaintaminen jälkituotannossa Adobe After Effects -ohjelman sisäänrakennetulla Keylight-avaintamistyökalulla. Molemmat videot kuvataan Metropolia Ammattikorkeakoulun Leppävaaran yksikössä sijaitsevassa EduVideoLab-opetustilassa. Tarkoitus on ottaa selvää, miten hyvin EduVideoLab soveltuu avainnettavan materiaalin tuottamiseen. Myös Keylight-työkalua on tarkoitus arvioida, ja sen eri näkymiä ja toimintoja tarkastellaan sekä teoreettisesta että edellä esitellyn käytännön avaintamisprojektin näkökulmasta. Luentovideoiden avaintamista havainnollistetaan ohjelmassa otetuilla kuvankaappauksilla.

Luentovideot ovat osa uuden, korkeakouluihin tarkoitetun Ilmasto.nyt-kurssin oppimateriaalia. Itse kurssin on tarkoitus alkaa syksyllä 2016. Kurssin opetusvideoiden kuvauksista ja editoinnista vastaa minun lisäksi kaksi muuta Metropolia Ammattikorkeakoulun insinööriopiskelijaa. Koko projektissa on Metropolia Ammattikorkeakoulun lisäksi mukana useita henkilöitä Sitrasta, Helsingin yliopistosta, Lappeenrannan teknillisestä yliopistosta ja Taideyliopistosta. Videoissa on myös haastateltavina ihmisiä useilta eri työelämän aloilta.

Vaikka koko projektissa videoita tuotetaan yhteensä 23, käsittelen raportissani niistä vain kahta – ja vain avaintamisen näkökulmasta. Avainnettaviakin videoita projektissa on enemmän kuin kaksi, mutta päätin rajata käsittelyn vain kahteen videoon, jotka kuvataan eri resoluutioilla eli kuvako'oilla. Koska avaintamisprosessi on jokaisessa videossa kuitenkin melko samanlainen, on mielestäni järkevää olla toistamatta samoja asioita liikaa.

2 Väriavaintamisen kehittyminen

2.1 Avaintamismenetelmät lyhyesti

Nykyaikainen väriavaintaminen tai väriavainnus (engl. chroma keying) tarkoittaa menetelmää, jossa kaksi päällekkäistä kuvaa tai videota yhdistetään toisiinsa määrittämällä päällimmäisestä tietty väri (chroma) läpinäkyväksi. Päällimmäisessä kuvassa tai videossa taustalla näkyy yksivärinen materiaali, joka on väriltään useimmiten vihreä tai sininen. Tämän vuoksi tekniikkaa kutsutaan usein englanninkielisillä termeillä ”green screening” tai ”blue screening”. [1; 2.]

Väriavaintaminen voidaan toteuttaa sekä reaaliaikaisesti että jälkituotannossa. Reaaliaikaista avaintamista voidaan hyödyntää esimerkiksi television uutis- ja säätiedotuslähetyksissä. Jälkituotannossa avaintamista käytetään esimerkiksi elokuvissa, videoissa ja videopeleissä. [1; 2.]

Avaintaminen (keying) eli ”kiiäminen” on siis tiettyjen kuvan pikseleiden määrittämistä läpinäkyväksi. Sanan alkuperä on ajattelutavassa, jossa päällimmäisen kuvan läpinäkyväksi määritelty alue on ikään kuin avaimenreikä, jonka läpi voidaan katsoa alemmaa kuvaa [3, s. 9].

Väriavaintamisessa läpinäkyvyys määräytyy värin perusteella ja luminanssiavaintamisessa (luminance/luma keying) taas kirkkausarvon perusteella. Luminanssiavaintamista käytetäänkin harmaasävykuvien kanssa. Eroavuuksavaintamisessa (difference keying) taustan ei tarvitse olla yksivärinen eikä mustavalkokuva, koska avaintaminen ei perustu väri- tai kirkkausarvoihin vaan koko taustaan itseensä. [1; 4.]

2.2 Väriavaintamisen kehittyminen filmielokuvissa

Alun perin väriavaintamisen käsite liittyi vain videotuotantoon, mutta nykyään sanan merkitys on laajentunut [5]. Vaikka nykypäivän digitaalinen väriavaintaminen reaaliaikaisesti tai jälkikäsitteilyohjelmistolla poikkeakin luonnollisesti paljon siitä, mitä eri filmielementtien yhdistäminen oli esimerkiksi 1900-luvun alussa, on syytä tarkastella tekniikan kehitystä myös nimenomaan filmielokuvan näkökulmasta.

Ranskalainen Georges Méliès oli tiettävästi ensimmäinen elokuva-alan henkilö, joka toteutti käytännössä useiden eri otosten yhdistämisen yksittäisiin filmin kuviin. Vain noin minuutin kestävässä, vuonna 1898 julkaistussa lyhytelokuvassaan *The Four Troublesome Heads* (ransk. *Un homme de têtes*) Méliès käytti mustalla maalilla peitettyä lasia maskina (engl. *matte*) saadakseen aikaan illuusion useista, irrallisista päistä. Tekniikassaan hän peitti tietyn osan filmistä mustaksi maalatuilla lasinpalasilla, jolloin nämä osat filmistä eivät valottuneet. Sen jälkeen hän kelasi filmin taaksepäin ja valotti yhden aiemmin peitetyistä osista peittäen loput filmistä. Toistamalla prosessia hän kykeni yhdistämään useita eri otoksia yksittäisiin filmin kuviin. [5; 6; 7.] Kuva 1 on Mélièsin lyhytelokuvasta.



Kuva 1. Illuusio irrallisista päistä Georges Mélièsin lyhytelokuvassa [8].

1900-luvun alussa yleistyi lasimaalausten käyttö elokuvakohtausten maisemien toteuttamisessa. Lasimaalaus asetettiin kuvattavan kohteen ja kameran väliin, eikä kamera saanut liikkua. Kuvattavat kohteet eivät puolestaan saaneet liikkua maalauksen ja kohteiden välisen rajan yli. Ongelmaksi tekniikan käytössä muodostui myös se, että maalauksen oli oltava valmiina kuvauspaikoilla. Elokuvantekijä Norman Dawn keksi ongelmaan ratkaisun: lasi maalattiin mustaksi ja filmille syntynyt maski siirrettiin toiselle kameralle, jolloin taitelijat saivat enemmän aikaa tehdä maalauksensa. [5.]

Maalausten käyttö oli luonnollisesti hyvin rajoittavaa elokuvantekijöille, koska kohteet eivät saaneet siirtyä niihin kuvan kohtiin, joissa lasimaalaus näkyi. Vuonna 1916 elokuvaaja Frank Williams keksi ongelmaan ratkaisun: liikkuvan maskin (engl. *traveling mat-*

te). Liikkuva maski toteutettiin kuvaamalla näyttelijä mustan taustan edessä ja kopioimalla syntynyt kuvamateriaali korkeakontrastiselle filmille, minkä jälkeen näyttelijä voitiin irrottaa taustasta ja lisätä toisen taustan päälle. [9.] Tätä mustavalkoista siluettikuvaa kutsuttiin liikkuvaksi maskiksi, koska se liikkui filmissä. Tekniikkaa, jota kutsuttiin myös Williams-prosessiksi, käytettiin esimerkiksi vuonna 1933 ilmestyneessä elokuvassa *The Invisible Man*. Eräs Williams-prosessin ongelmista oli kuitenkin se, että kaikki varjot katosivat näkyvistä liikkuvaa maskia muodostettaessa. [5.]

Vuonna 1925 C. Dodge Dunning kehitti vaihtoehtoisen menetelmän, jossa tausta valaistiin siniseksi ja etualan kohde keltaiseksi. Väriaineita ja suodattimia hyödyntämällä sinisestä ja keltaisesta valosta saatiin muodostettua mustavalkoinen liikkuva maski. Tätä menetelmää alettiin kutsua Dunning-prosessiksi. Ensimmäinen Dunning-prosessia hyödyntävä elokuva oli vuonna 1933 ilmestynyt *King Kong*. [5.]

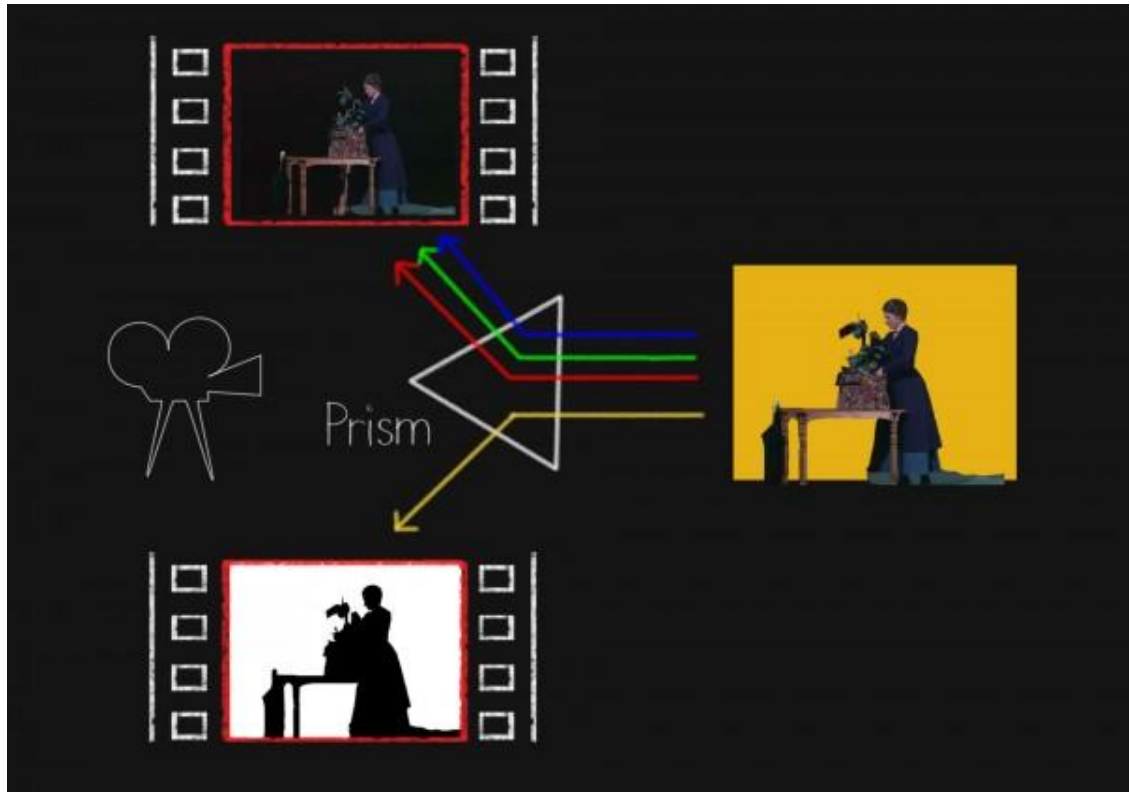
Dunning-prosessin ongelmana oli se, ettei se toiminut värifilmin kanssa. Värifilmi sai kuitenkin uuden menetelmän vuonna 1940, kun erikoistehostetaitelija Lawrence Butler kehitti *The Thief of Bagdad* -elokuvaan tekniikan, jossa kohde kuvattiin sinistä taustaa vasten. Kuva tallentui kolmelle eri filminauhalle, joista yksi oli punaista, yksi vihreää ja yksi sinistä väriä varten. Erottelemalla sininen väri kolmesta filminegatiivista saatiin aikaan mustavalkomaski. Tämän jälkeen optista tulostinta käyttäen etualasta poistettiin sininen tausta ja taustasta poistettiin etuala. Lopuksi tausta ja etuala yhdistettiin yhdeksi kuvaksi. [5; 10.]

Vaikka uusi tekniikka toi Butlerille erikoistehoste-Oscarin vuonna 1940, ei se ollut läheskään täydellinen. Siniset ohuet ääriviivat näkyivät kuvassa lähes aina, eikä esimerkiksi hiusten, savun tai liike-epäterävyyden (engl. motion blur) käsittely onnistunut. Tekniikan toteuttaminen käytännössä vaati myös todella paljon aikaa. Uudesta blue screen -tekniikasta tuli joka tapauksessa käytetty erikoistehostemenetelmä elokuvatuotannossa. [5; 10.] Kuva 2 on vuonna 1956 julkaistusta elokuvasta *The Ten Commandments*, jossa blue screen -tekniikka oli käytössä [11].



Kuva 2. The Ten Commandments -elokuvassa käytettiin blue screen -tekniikkaa [11].

Blue screen -tekniikka sai kilpailijan 1950-luvun puolivälissä, kun insinööri ja erikoisteostealan edelläkävijä Petro Vlahos kehitti natriumhöyryprosessin. Menetelmässä valkoisen taustan edessä olevat kohteet valaistiin voimakkailla, oranssinkeltaisilla natriumhöyryvaloilla, joiden lähettämät valonsäteet hajotettiin kameraan asetetulla, erikoispäällysteisellä prismalla. Valonsäteet taittuivat prismasta ja päätyivät mustavalkofilmille, mikä automaattisesti muodosti mustavalkomaskin. Muu valo taittui prismasta tavalliselle kolmivärifilmille. Natriumhöyryvalo ei kapean aallonpituuskaistansa takia vaikuttanut kolmivärifilmille tallentuneeseen kuvaan. [5; 13; 12, s. 12.] Kuvassa 3 on havainnollistettuna natriumhöyryprosessin toimintaperiaate.



Kuva 3. Natriumhöyryprosessin toimintaperiaate [5].

The Walt Disney Studios käytti natriumhöyryvalomenetelmää laajasti elokuvissaan 1960–70-luvuilla, ja ainoa tekniikan mahdollistava prisma olikin Disneyn omistuksessa. Tekniikan heikkoutena oli kuitenkin se, että kamerassa oleva prisma oli valmistettu 35 millimetrin filmille eikä se toiminut 65 millimetrin filmillä. [5.]

Koska natriumhöyryprosessia voitiin käyttää vain 35 millimetrin filmillä, se ei soveltunut esimerkiksi vuonna 1959 julkaistun Ben-Hur-elokuvan tuotantoon, jossa käytettiin 65 millimetrin filmiä. Blue screen -tekniikalla oli myös omat ongelmansa, joten Vlahosia pyydettiin kehittämään sitä paremmaksi. Ratkaisuksi Vlahos kehitti Ben-Hur-elokuvaan uudenlaiseen tekniikkaan perustuvan liikkuvan maskin, josta käytetään nimeä Color Difference Traveling Matte System. Kyseessä oli monimutkainen menetelmä, johon sisältyi 12 filmielementin prosessointi, mutta tämä edistyksellinen tekniikka ratkaisi alkuperäisen, Lawrence Butlerin kehittämän blue screen -tekniikan ongelmat, jotka liittyivät ääriviivojen ja hienojen yksityiskohtien käsittelyyn. Vlahosin menetelmä oli suosittu lähes 40 vuoden ajan digitaaliseen aikaan siirryttäessä, ja kaikki nykyaikainen blue screen- ja green screen -teknologia perustuikin juuri tähän Vlahosin keksintöön. [5; 14; 12, s. 10.]

2.3 Käyttökohteet nykyään

Nykypäivän elokuvatuotannossa väriavaintaminen digitaalisesti jälkituotannossa on jo todella edistynyttä. Kuvassa 4 on havainnollistettuna green screen -tekniikan käyttö The Avengers -elokuvassa. Väriavaintamisessa jälkituotannossa asetettava tausta on osa visuaalisia tehosteita (engl. visual effects, VFX). Visuaaliset tehosteet lisätään jälkituotannossa, kun taas erikoistehosteet (engl. special effects, SFX) tarkoittavat kamerassa kuvausten aikana näkyviä efektejä. [15.]



Kuva 4. Green screen -tekniikan hyödyntäminen The Avengers -elokuvassa [15].

Kaupallisten ja isojen tuotantojen, kuten musiikkivideoiden, videopelien ja elokuvien lisäksi jälkituotannollista väriavaintamista käytetään luonnollisesti myös ei-kaupallisissa projekteissa. Tällaisia voivat olla esimerkiksi YouTube- tai Vimeo-videopalveluun ladattavat videot, jotka on voitu kuvata omaan kotiin rakennetussa chroma key -studioissa. Kuluttajille tarkoitettujen videokameroiden kuvanlaadun parantuminen, jälkituotanto-ohjelmistojen parempi saatavuus, tietokoneiden suorituskyvyn lisääntyminen ja internetin avaintamista käsittelevät opetusmateriaalit ovat lisänneet yksityishenkilöiden ”harastelua” avaintamisen parissa.

Tekniikan kehittyttyä myös reaaliaikaisen väriavaintamisen toteuttaminen on tullut helpommaksi. Eräs reaaliaikaista avaintamista tukeva ohjelma on Open Broadcaster Software. Tiettyjä ohjelmistoja apuna käyttäen on myös esimerkiksi mahdollista syöttää reaaliaikaisesti avainnettu videokuva Skype-verkkopuheluohjelmaan [16].

Myös virtuaaliset 3D-ohjelmilla tehdyt studiot ovat yleistyneet ainakin Pohjois-Amerikan TV-tuotannossa. Esiintyjät kuvataan vihreää tai sinistä taustaa vasten todellisella videokameralla ja asetetaan virtuaaliseen studioon, joka on renderöity 3D-ohjelmalla. Liikkeenhallintakamerajärjestelmillä, reaaliaikaisen avaintamisen mahdollistavalla laitteistolla ja 3D-ohjelmistolla saadaan nykypäivänä todella uskottavan näköistä jälkeä aikaan, ja usein voikin olla vaikeaa erottaa, onko televisio-ohjelmassa näkyvä studio fyysinen vai virtuaalinen. [12, s. 279–280, 287.]

3 Kuvausten valmistelut ja avaintaminen jälkituotannossa

3.1 Taustan värin valinta

Väriavaintamisessa taustan värin ei tarvitse olla sininen tai vihreä, vaan väri voi olla mikä tahansa [17]. Tausta ei kuitenkaan voi olla samanvärisen kuin ne etualan kohteet, jotka halutaan pitää näkyvinä. Jos kuvauksissa on välttämätöntä käyttää esimerkiksi tietynvärisiä vaatteita, täytyy taustan väri valita niin, etteivät vaatteet muutu avaintamisessa läpinäkyviksi.

Sininen väri oli yleinen filmielokuvatuotannossa, koska se oli kauimpana ihmisen ihonväristä, ja kolmivärijärjestelmässä sinistä väriä taltioivan filmin kiteet olivat pienimpiä, joten siniselle filmille voitiin taltioida pienimmät yksityiskohdat [5; 18].

Digitaalisen jälkituotannon yleistyessä elokuvissa 1990-luvun loppupuolella yleistyi kuitenkin vihreän taustan käyttö. Digitaalisissa kameroissa on miljoonia valoa tallentavia ”onkaloita” (photosite), jotka on peitetty suodattimilla, niin että jokaiseen onkaloon pääsee vain punainen, vihreä tai sininen valo. Usein suodattimet on järjestetty niin sanotun Bayer-kuvion mukaisesti, mikä tarkoittaa, että vihreän valon tuottamaa väriinformaatiota tallennetaan yhtä paljon kuin sinisen ja punaisen valon tuottamaa väriinformaatiota yhteensä. Tämä johtuu siitä, että ihmisen silmä on herkempi vihreälle kuin siniselle ja punaiselle valolle. Koska vihreää valoa rekisteröiviä sensoreita on kaksinkertainen määrä sinistä tai punaista valoa rekisteröiviin sensoreihin verrattuna, on avaintaminen vihreästä taustasta hieman helpompaa. [5; 19.]

Vihreän taustan etu siniseen nähden on myös se, että vihreä väri on vaatteissa harvinaisempi, ja se, että vihreä tausta on helpompi ja halvempi valaista [5; 20].

3.2 Taustan materiaalin valinta

Taustan materiaalin ja koon valintaan vaikuttavat monet seikat, kuten käytössä oleva budjetti, se, ketä tai mitä halutaan kuvata, sekä se, kuvataanko sisällä vai ulkona. Isommissa projekteissa, kuten elokuvatuotannossa, saatetaan käyttää hyvinkin suuri-kokoisia chroma key -taustoja, kuten niin sanottua cycloramaa, jossa kaareva tausta

peittää kuvausstudion lattia ja seinät saumattomasti. [12, s. 48.] Kuvassa 5 näkyy vihreä cyclorama.



Kuva 5. Cycloramassa lattia ja seinät yhdistyvät saumattomasti [20].

Cyclorama saadaan aikaan maalaamalla tausta erityisellä chroma key -maalilla [20]. Chroma key -maalia valmistavia yrityksiä ovat ainakin Rosco ja Composite Components. Näiden maalien valmistuksessa on erityisellä tavalla otettu huomioon valon heijastuvuus, värikylläisyys ja värin tasaisuus maalatulla pinnalla, niin että avaintaminen onnistuu parhaiten. Chroma key -maalipinta on kuitenkin maalattava ajoittain uudestaan kulumisten, töhryjen ja kädenjälkien peittämiseksi. [12, s. 48.]

Jos tuotannon budjetti ei salli chroma key -maalin käyttämistä tai jos sitä ei ole saatavilla, voidaan tausta maalata myös tavallisella maalilla. Tällöin lopputulos on kuitenkin todennäköisesti huomattavasti huonompi. [12, s. 48.] Maali- tai rautakaupoista saatava tavallinen maali kiiltää valaistuna, ja tämä kiilto näkyy kameralle valkoisena tai keltaisena eikä vihreänä [21].

Taustan maalaaminen vie aikaa, joten usein nopeampi ratkaisu voi olla kiinteän värillisen materiaalin käyttäminen taustana. Materiaali voi olla esimerkiksi nailon-elastaania, musliinia, vaahtomuovitäytekangasta tai paperia [12, s. 50; 20]. Nailon-elastaanista valmistettu tausta on venyvä ja oikein kehikoon ripustettuna sileäpintainen. Musliini on helposti saatavilla oleva mutta helposti rypistyvä ja valoa absorboiva materiaali. Ammattimaisen siistiin lopputulokseen pääsemiseksi musliinin käyttöä kannattaa välttää. Vaahtomuovitäytekangas sen sijaan hajottaa valon tasaisesti, ja kankaan takana oleva vaahtomuovikerros pitää kankaan sileänä, joten materiaali on yksi parhaista vaihtoehdoista. [12, s. 50–51; 20.]

Yksi toimivimmista ratkaisuista voi olla myös erityisen Chromatte-kankaan käyttäminen taustana. Chromatte-kangas on Reflecmedia-yrityksen valmistama, erityinen väriavain-
tamisessa käytettävä tausta, joka tavallisessa huoneenvalaistuksessa on väriltään harmaa. Kangas koostuu miljoonista pienistä lasihelmistä, jotka heijastavat valoa. Kangas valaistaan kameran linssin eteen asetetulla LiteRing-ledirenkaalla, jonka lähettämä valo heijastuu kankaan lasihelmistä takaisin kameraan, jolloin tausta näkyy kameralle ledien valon väristä riippuen joko vihreänä tai sinisenä. [22; 23.] Kuva 6 havainnollistaa tekniikkaa.



Kuva 6. Chromatte-kankaan valaiseminen LiteRing-ledirenkaalla [24].

Chromatte-taustan käyttämisellä on useita huomionarvoisia etuja: Taustan valaiseminen on helppoa, koska ainoa tarvittava valonlähde on kameraan kiinnitettävä LiteRing-ledirengas. Jos kameralle näkyvä taustan väri joudutaan vaihtamaan vihreästä siniseksi tai päinvastoin, ei taustaa tarvitse vaihtaa vaan ainoastaan LiteRing. Chromatte-taustan asentaminen on helppoa ja nopeaa, ja se soveltuu moniin erikokoisiin studioihin. [22.] ”Studion” siirtäminen paikasta toiseen onnistuu myös kätevästi hankkimalla kannettava ChromaFlex-tausta, jonka pystyttämiseen kuluu vain sekunteja [25].

Tekniikan ongelmana on kuitenkin se, että mikä tahansa valoa heijastava materiaali, kuten silmälasit tai korut, saattavat heijastaa myös ledien valon takaisin kameraan, jolloin nämä kohdat avaintamisessa muuttuvat läpinäkyviksi. Silmälaseja käyttävän henkilön tulisikin katsoa kamerasta poispäin, jolloin ledien valo ei heijastu laseista takaisin kameraan. Pitkäaikainen suoraan kameraan katsominen LiteRing-ledirengasta käytettäessä ei muutenkaan ole hyvästä, sillä kirkkaat ledivalot saattavat aiheuttaa väliaikaista ”sokeutumista”. [12, s. 156.]

3.3 Valaistus

Onnistuneen valaistuksen toteuttaminen on avainnettavan materiaalin kuvausten valmisteluissa ensisijaisen tärkeää. Valaistus voidaan toteuttaa monin eri tavoin, mutta tiettyjä perussääntöjä täytyy noudattaa hyvään lopputulokseen pääsemiseksi. Valaistuksen suunnitteluun kannattaa käyttää tarpeeksi paljon aikaa, jottei huonon valaistuksen vaikutuksia kuvaan tarvitse yrittää korjailta jälkituotantovaiheessa. [12, s. 153–154.]

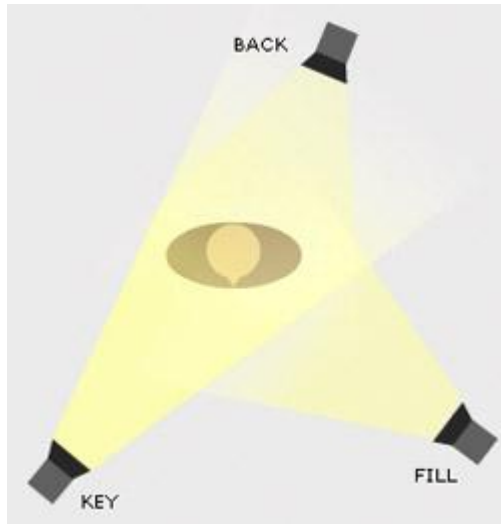
Valaisemisessa on kaksi erillistä osa-aluetta: taustan valaiseminen ja esiintyjän valaiseminen. On tärkeää, että tausta ja esiintyjä valaistaan erikseen, niin ettei taustalle synny varjoja esiintyjästä. Varjojen syntyminen vältetään myös sijoittamalla esiintyjä tarpeeksi kauas taustasta. Tarpeeksi suuri etäisyys myös vähentää taustasta esiintyjään heijastuvan valon eli ”värivuodon” määrää. Jos kuvausstudioissa ei ole tarpeeksi tilaa, voidaan etuvalot sijoittaa sivuille ja sen verran viistoon, että esiintyjän varjot syntyvät kamerassa näkyvän kuva-alueen ulkopuolelle. [17.]

Taustan valaisemisessa tärkeintä on taustan valaiseminen niin tasaisesti kuin mahdollista [17]. Tasaista valoa saadaan aikaan esimerkiksi kuvassa 7 näkyvällä softboxilla [26].



Kuva 7. Softbox tuottaa tasaista valoa [26].

Kun taustan valaistus on saatu niin tasaiseksi kuin mahdollista, valaistaan esiintyjä. Valaistuksessa voidaan käyttää esimerkiksi yksinkertaista kolmipistevalaisua. Kolmipistevalaisussa päävalo (engl. key light) on kirkkain, ja se valaisee esiintyjän kasvoja oikealta tai vasemmalta yläviistosta. Päävalo voi olla myös suoraan edessä, jos esiintyjän pää pysyy tarpeeksi paikallaan. Tasoitusvalo (engl. fill light) on usein vastakkaisella puolella päävaloa ja alempana. Se on pehmeämpää ja heikompa valoa kuin päävalo ja saa päävalon synnyttämään varjoja esiintyjän kasvoille, mikä tuo kasvoille kolmiulotteisuuden tuntua. Takavalo (engl. backlight) valaisee esiintyjän hiuksia ja hartioita ylhäältä takaa tai takaviistosta. Se auttaa myös ”irrottamaan” esiintyjän taustasta. [27; 28.] Kuvassa 8 havainnollistetaan kolmipistevalaisua.



Kuva 8. Kolmipistevalaisu [28].

Valaistuksen suunnittelussa kannattaa myös kiinnittää huomiota valojen väriämpötiloihin. Väriämpötilalla tarkoitetaan valolähteen lähettämän valon värisävyä, ja sen yksikkö on kelvin (K) [29]. Seuraavassa joitakin väriämpötiloja ja niitä vastaavia valon värejä:

- 2 000 K, lähes keltainen valo
- 2 700 K, hehkulampun valo
- 3 000 K, lämmin valkoinen valo
- 4 000 K, neutraali valkoinen valo
- 5 000 K, päivänvalo
- 6 000 K, kylmän valkoinen valo
- 10 000 K, kylmän sinertävä valo [30].

Taustan valaisemisessa valon väriämpötilan huomioiminen ei ole yhtä tärkeää kuin se, että tausta valaistetaan tasaisesti [17]. Esiintyjän valaisemisessa päävalon väriämpötilan tulisi kuitenkin vastata sitä väriämpötilaa, joka on lopullisessa, taustalle sijoitettavassa kuvassa tai videossa. Myös päävalon suunnan ja intensiteetin pitäisi täsmätä sen valonlähteen lähettämän valon suunnan ja intensiteetin kanssa, joka on taustalla voimakain. [12, s. 44.]

3.4 Kameran valinta

Kameraa valittaessa on tärkeää tietää, mikä on suurin resoluutio eli kuvakoko, jonka kamera voi taltioida. Resoluutio ilmaistaan usein muodossa *kuvan pikseleiden määrä vaakasuunnassa x kuvan pikseleiden määrä pystysuunnassa*. Esimerkiksi SD (Standard Definition) tarkoittaa resoluutiota 720 x 576 eli kuvakokoa, jossa on 720 vaakapikseliä ja 576 pystypikseliä [31].

HD (High Definition) puolestaan viittaa kolmeen kuvaformaattiin, jotka ovat

- 720p (1280 x 720)
- 1080i (1920 x 1080 tai 1440 x 1080)
- 1080p (1920 x 1080) [31].

Resoluutiota 1920 x 1080 kutsutaan termillä Full HD. Ultra HD puolestaan tarkoittaa kuvakokoa 3840 x 2160. Usein Ultra HD:tä kutsutaan myös termillä 4K, vaikka täsmällisemmin 4K tarkoittaa resoluutiota 4096 x 2160. Käsitteet Ultra HD ja 4K ovat kuitenkin usein kaupallisessa kielenkäytössä toistensa synonyymejä. [32.]

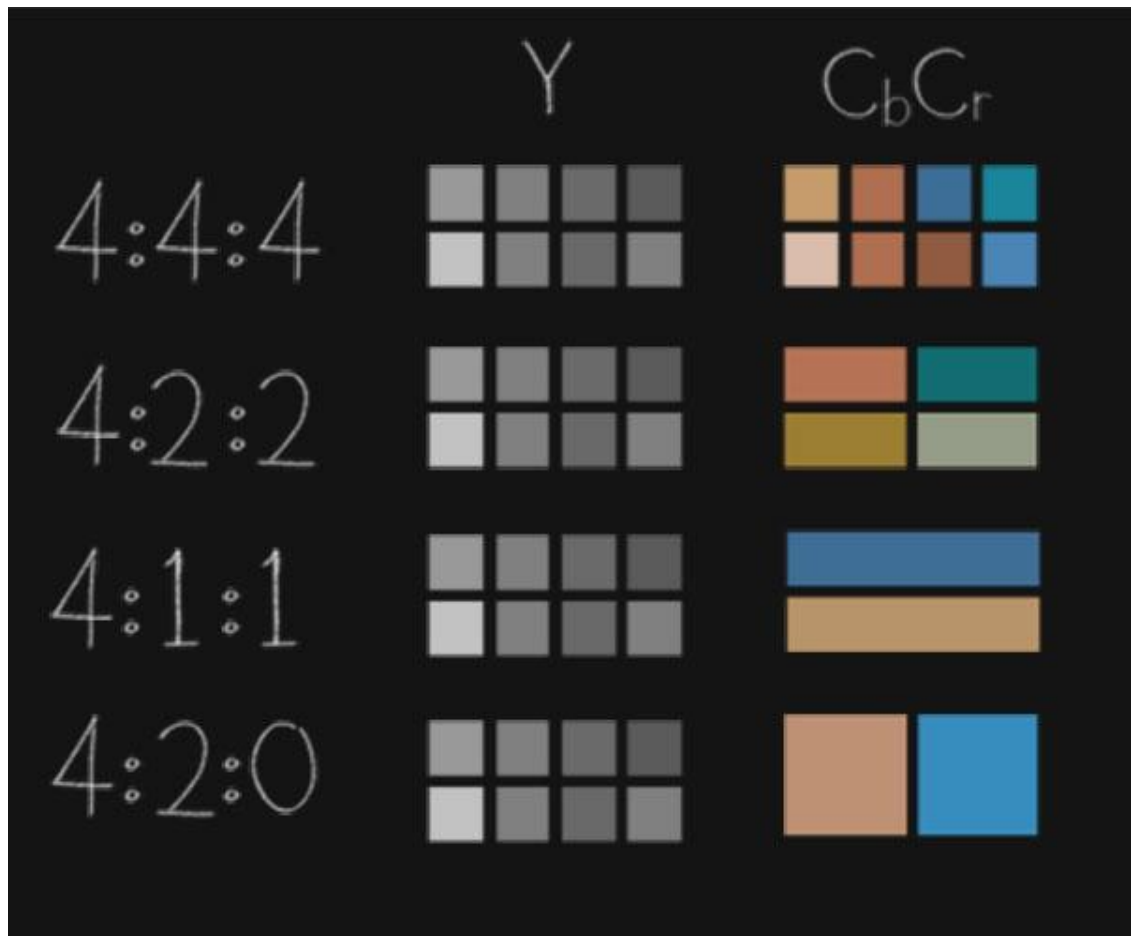
Siistiin lopputulokseen pääsemiseksi kameran on oltava vähintään halvempaa hintaluokkaa oleva ammattilaistason HD-kamera. Kuluttajille tarkoitettujen HD- ja SD-kameroiden käyttöä tulisi siis välttää. Avaintaminen onnistuu myös näillä kameroilla kuvatusta materiaalista, mutta se on todennäköisesti paljon haastavampaa. [12, s. 191.]

Kameran valinnassa on myös tärkeää ottaa huomioon, kuinka kamera pakkaa taltioitua väri-informaatiota, vai pakkaako ylipäätään. Koska ihmissilmä havaitsee herkemmin muutokset kuvan kirkkaudessa kuin värisävyissä, on mahdollista poistaa osa väri-informaatiosta huonontamatta oleellisesti havaittavaa kuvanlaatua, kunhan kaikki kirkkausinformaatio säilytetään. [33; 34.]

Pakkaamisessa kuvan RGB-muotoinen väri-informaatio muunnetaan YCbCr-väriavaruuteen, jossa Y on kirkkaus, Cb on eroavuus sinisessä kanavassa ja Cr eroavuus punaisessa kanavassa. Erottamalla kirkkaus Y värikanavista Cb ja Cr voidaan

väri-informaatiota pakata. Tätä pakkaamista kutsutaan värisävyjen aliotannaksi (engl. chroma subsampling). [33.]

Värisävyjen aliotantaa ilmaistaan kolminumeroisilla suhdeluvuilla, joissa ensimmäinen numero on vaakapikselien määrä pikseliotannassa, toinen numero niiden väripikselien määrä, jotka säilytetään otannan ensimmäisellä vaakarivillä, ja kolmas numero niiden väripikselien määrä, jotka säilytetään seuraavalla vaakarivillä [33; 34]. Kuva 9 havainnollistaa merkintätapaa.



Kuva 9. Värisävyjen aliotantaa kuvaavia suhdelukuja [33].

Suhdeluku 4:4:4 tarkoittaa laadukkainta lopputulosta, koska jokainen pikseli säilyttää omat kirkkaus- ja väriarvonsa ja näin ollen aliotantaa ei ole. 4:2:2-aliotannassa väri-informaatio puolittuu ja 4:1:1-aliotannassa vähenee 75 %. 4:2:0-aliotannassa väri-informaatio vähenee myös noin 75 %, mutta erona 4:1:1-aliotantaan on se, että 4:1:1-aliotannassa molemmilla vaakariveillä säilytetään yksi väripikseli, kun taas 4:2:0-

aliootannassa ensimmäisellä vaakarivillä säilytetään kaksi väripikseliä ja toisella ei yhtään. Tässä tapauksessa vaakarivit jakavat keskenään saman väri-informaation. [34.]

Väriavaintamisen onnistumiseksi 4:4:4 on paras vaihtoehto, mutta 4:2:2 on myös riittävän hyvä. 4:1:1- ja 4:2:0-aliootannan kameroita tulisi sen sijaan välttää, varsinkin jos on vähän suuremman luokan tuotannosta kyse. 4:4:4-kameroiden ongelmana on kuitenkin korkea hintaluokka; esimerkiksi Panasonicin VariCam P2 AJ-HPX3700 -kameran vähittäismyyntihinta oli ainakin vielä joitakin vuosia sitten noin 60 000 dollaria. [20; 12, s. 197–198.]

3.5 Avaintamisprosessi jälkituotannossa

Jälkituotanto-ohjelmistoja, joilla avaintaminen voidaan toteuttaa, on monia. Voidaan käyttää editointiohjelmia, joissa on sisäänrakennettuna avaintamistyökalu. Tällaisia ohjelmia ovat esimerkiksi

- Final Cut Pro
- Avid Media Composer
- Adobe Premiere Pro. [12, s. 31–32.]

Voidaan myös käyttää erillisiä, kolmannen osapuolen liitännäisiä, joita ovat esimerkiksi

- Ultimatte AdvantEdge
- Primatte Keyer
- dvMatte Pro 3 Studio [12, s. 33–36].

Yleensä parempi lopputulos saavutetaan käyttämällä erikseen hankittavia kolmannen osapuolen liitännäisiä, mutta on olemassa myös muutamia sisäänrakennettuja työkaluja, jotka ovat laadultaan erinomaisia. Yksi tällainen on Adobe After Effectsissa käytettävä Keylight. Se on alun perin The Computer Film Companyn kehittämä avaintamistyökalu, jota on käytetty satojen eri elokuvien tuotannossa ja joka sai teknisen saavutuksen Oscarin vuonna 1996. Myöhemmin Keylightia on kehittänyt yritys nimeltä The Foundry, joka myös toi työkalun After Effectsiin. [12, s. 31; 35, s. 5, 11.]

Esivalmistelut After Effectsissa

Keylight avataan After Effectsissa valitsemalla Effect-valikosta Keying ja Keying-valikosta Keylight (1.2). Sulussa oleva luku 1.2 tarkoittaa versionumeroa. Kuva 10 on kuvankaappaus perusnäköstä, joka avautuu ohjelmassa.



Kuva 10. Perusnäköä Keylight-työkalusta After Effectsissa.

Ennen varsinaisen avaintamisprosessin aloittamista tuodaan työstettävä materiaali After Effectsiin valitsemalla File-valikosta Import ja valitaan tiedosto tai tiedostot. Uusi kompositio voidaan luoda valitsemalla Composition-valikosta New Composition... ja säätämällä asetukset halutunlaisiksi Composition Settings -ikkunassa.

Usein voi olla kätevää piirtää etualan kohteen ympärille niin sanottu roskamaski (engl. garbage matte), jolla voidaan rajata avainnettava alue ja jättää loput kuvassa näkyvät ”roskat” pois. Avaintaminen nopeutuu, kun poistettavaa väriä on vähemmän. Roskamaski voidaan tarvittaessa myös animoida. [3, s. 24.] Roskamaski voidaan piirtää kynätyökalulla (Pen Tool).

Näkymät Keylight-työkalussa

Keylight-työkalussa ylimpänä valikkona on View-valikko, josta voidaan valita näkymä kuvatulle materiaalille avaintamisen eri vaiheissa. Näkymiä on 11 erilaista:

- Source
- Source Alpha
- Corrected Source
- Colour Correction Edges
- Screen Matte
- Inside Mask
- Outside Mask
- Combined Matte
- Status
- Intermediate Result
- Final Result.

Source-näkymässä näkyy lähtötilanne eli esimerkiksi sininen tai vihreä tausta ja etualan kohteet alkuperäisissä väreissään. Läpinäkyväksi määritettävä väri valitaan aina Source-näkymästä. Source Alpha -näkymässä näkyy taustaan upotettu alfakanava eli kanava, joka sisältää tietoa kuvan läpinäkyvyydestä. Corrected Source -näkymässä puolestaan näkyy koostamaton lähtötilanne mahdollisine värikorjauksineen. [35, s. 17–18, 32; 36.]

Colour Correction Edges -näkymä näyttää etualan ääriviivat maskina, jolle tehdään värikorjausta. Screen Matte -näkymä puolestaan näyttää maskin, joka syntyy läpinäkyväksi määritettävän värin valitsemisen jälkeen. [35, s. 33.]

Inside Mask -näkymä näyttää maskin, joka kohentaa etualaa ja Outside Mask -näkymä maskin, joka siistii taustaa. Combined Matte -näkymä on Screen Matte-, Inside Mask-, Outside Mask- ja Source Alpha -näkyvien yhdistelmä. [35, s. 33.]

Status-näkymä on liioiteltu näkymä, jossa osittain läpinäkyvät pikselit on merkitty vain yhdellä harmaansävyllä mahdollisten ongelmakohtien korostamiseksi. Status-näkymässä harmaa pikseli on etualan ja taustan ”sekoitus” joko suhteessa 50:50 tai 99:1. [35, s. 19–20.]

Intermediate Result -näkymässä ei muuteta lähtötilanteen RGB-arvoja. Alfakanavan arvot asetetaan kuitenkin normaalisti. Final Result -näkymä puolestaan näyttää lopputuloksen, jossa etuala ja tausta on koostettu yhdeksi kokonaisuudeksi kertomalla pikselien RGB-arvot vastaavilla alfakanavan arvoilla. [35, s. 33.]

Toiminnot Keylight-työkalussa

Avaintaminen aloitetaan valitsemalla Source-näkymässä väri, joka halutaan määrittää läpinäkyväksi. Ensin klikataan Screen Colour -kohdassa pipetin kuvaa, jolloin pipetti-työkalu saadaan käyttöön. Tämän jälkeen viedään pipetti-työkalu kompositioikkunassa näkyvän taustan päälle ja klikataan taustaa siitä kohdasta, josta väri halutaan valita.

Läpinäkyväksi määritettävän värin valinta on ehkäpä tärkein osa koko avainusprosessia, ja se tulee aina tehdä ensimmäiseksi. Joskus saattaa olla järkevää klikata useista eri kohdista ja sen jälkeen tarkastella esimerkiksi Screen Matte- ja Status-näkymiä, koska värin toistuva valinta ei lisää avainukseen mitään, vaan jokainen uusi värin valinta kumoaa edellisen valinnan. [35, s. 17–18.]

Värin valitsemisen jälkeen läpinäkyvyys määräytyy seuraavalla tavalla:

- Jos pikselin värikylläisyys on yhtä suuri tai suurempi kuin läpinäkyväksi määritetyn värin värikylläisyys, on kyseessä täysin läpinäkyvä pikseli eli taustapikseli. Taustapikseli on maskinäkymissä väriltään musta. [35, s. 20, 24–25.]
- Jos pikselin värikylläisyys on pienempi kuin läpinäkyväksi määritetyn värin värikylläisyys, on kyseessä osittain läpinäkymätön pikseli eli reunapikseli. Reunapikseli on maskinäkymissä väriltään harmaa. [35, s. 20, 25.]
- Jos pikselin päävärikomponentti ei ole sama kuin läpinäkyväksi määritetyn värin päävärikomponentti, on kyseessä täysin läpinäkymätön pikseli eli etualapikseli. Etualapikseli on maskinäkymissä väriltään valkoinen. [35, s. 20, 25–26.]

Screen Gain -toiminto säätelee, kuinka paljon läpinäkyväksi määritettyä väriä poistetaan. Kasvattamalla tätä arvoa kuvasta avainnetaan enemmän, mutta liiallinen kasvattaminen saa taustan näkymään etualasta läpi ja tuhoaa etualan ääriviivoja. [35, s. 29–30.]

Screen Balance puolestaan määrittää tavan, jolla värikylläisyys mitataan. Arvo 100 % tarkoittaa, että päävärikomponentin intensiteettiä verrataan pienimpään kahdesta muusta RGB-komponentista läpinäkyväksi määritetyssä värissä, arvo 0 %, että vertaus kohdistuu suurimpaan kahdesta muusta RGB-komponentista ja arvo 50 %, että mittaus tehdään kahden muun RGB-komponentin keskiarvosta. Optimaalinen Screen Balance -arvo riippuu kuvan väreistä, mutta sinistä taustaa avainnettaessa arvon pitäisi olla noin 95 % ja vihreän taustan kanssa noin 50 %. Ohjelma asettaakin arvon automaattisesti sinistä tai vihreää taustaa käytettäessä. [35, s. 30–31; 37, s. 180–181.]

Värivuodon poistamiseen käytetään Despill Bias- tai Alpha Bias -toimintoa. Värivuotoa poistuu jonkin verran jo läpinäkyväksi määritettävän värin valitsemisen yhteydessä, muttei välttämättä tarpeeksi. Jäljellä oleva värivuoto voidaan poistaa klikkaamalla pipetin kuvaa Despill Bias -kohdassa, viemällä pipettityökalu etualan kohteen päälle ja valitsemalla etualan vallitseva väri. Usein paras vaihtoehto on valita esiintyjän ihonväri, koska katsoja luultavasti kiinnittää eniten huomiota värimuutoksiin ihoalueilla. [35, s. 21, 26.]

Oletusarvoisesti Despill Bias- ja Alpha Bias -toiminnot on lukittu yhteen. Värin valinta voidaan siis tehdä kummalla tahansa. Alpha Bias -toimintoa voidaan myös käyttää itsenäisenä toimintona, jos taustan väri on syystä tai toisesta niin ”epäpuhdas”, ettei avaintaminen muuten onnistu. Tavallisesti tähän ei kuitenkaan pitäisi olla tarvetta. [35, s. 21, 26.]

Clip Black -toimintoa voidaan käyttää taustan läpinäkyvyyden parantamiseen. Tavoite on siis muuttaa kaikki taustassa näkyvät harmaat pikselit mustiksi. Kaikki alfa-arvot, jotka ovat pienempiä tai yhtä suuria kuin Clip Black -parametrin arvo, asetetaan nollassi. [35, s. 20, 31.]

Clip White -toimintoa puolestaan käytetään etualan läpinäkymättömyyden kohentamiseen. Kaikki etualan harmaat pikselit reunoja lukuun ottamatta pyritään siis muutta-

maan valkoisiksi. Kaikki alfa-arvot, jotka ovat suurempia tai yhtä suuria kuin Clip White -parametrin arvo, asetetaan arvoon 100. [35, s. 20, 31.]

Clip Black- ja Clip White -arvojen liiallinen muuttaminen saattaa hävittää reunojen yksityiskohtia. Tuhoutuneet reunojen yksityiskohdat on kuitenkin mahdollista palauttaa Clip Rollback -toiminnolla. [35, s. 32, 37.]

Keylight sisältää myös monia muita toimintoja, joita ei tässä esitellä sen tarkemmin. Edellä mainittujen toimintojen hallitseminen riittää kuitenkin hyvin pitkälle useimmissa tapauksissa. Keylightin käyttöä ei opi hetkessä, vaikka Adobe After Effects olisikin muuten entuudestaan tuttu. Sen takia kannattaa rauhassa perehtyä esimerkiksi viralliseen Keylight-käyttöoppaaseen, jota itsekkin olen tässä luvussa käyttänyt lähdemateriaalina.

4 Koulutusvideolaboratoriossa kuvattujen videoiden avaintaminen

Raportoitavassa insinööriyöprojektissa toteutettiin väriavaintaminen jälkituotannossa kahdelle projektin opetusvideolle. Molemmat videot kuvattiin Metropolia Ammattikorkeakoulun Leppävaaran toimipisteen EduVideoLab-opetustilassa. Ensimmäinen videosta käsittelee kasvihuoneilmiötä, ja se taltioitiin kameralle Full HD -laatuisena 3. helmikuuta 2016. Toisen videon aiheena on ilmastonmuutos systeemisenä muutoshasteena, ja se kuvattiin Ultra HD -laatuisena 7. maaliskuuta 2016.

Ennen kuvauksia videotiimi tutustui EduVideoLabissa erityisesti valoihin, kameraan, äänentallennuslaitteistoon ja Open Broadcaster Software -ohjelmaan. Myös kuvauspäivinä valmistelut aloitettiin hyvissä ajoin ennen kuvausten alkamista.

Niin kuin luvussa 2.3 mainittiin, Open Broadcaster Software -ohjelmalla voi avaintaa reaaliaikaisesti. Reaaliaikaista avaintamista käytettiin ensimmäisen luentovideon taltioinnissa, niin että esiintyjä saattoi nähdä esitysgrafiikkansa lisäksi itsensä tietokoneen näytöltä.

Varsinainen ohjelmasta saatu hyöty oli kuitenkin se, että diojen vaihdot saatiin tallennettua videoille, mikä oli tietysti tärkeää videon leikkausvaihetta ajatellen. Muuten olisi ollut vaikeaa tietää, missä vaiheessa mikäkin dia vaihtuu.

4.1 Tausta

EduVideoLabissa on kuvassa 11 näkyvä vihreä, Lastolite Professional -merkkinen tausta. Taustan materiaalia en saanut selville. Kysyin asiasta sähköpostitse erään suomalaisen, alan tuotteita myyvän yrityksen asiakaspalvelusta, josta vastattiin, että kyseessä saattaa olla jokin Lastoliten oma seos, mahdollisesti jotain keinokuitua. Varmaa tietoa ei asiakaspalvelusta vastannut henkilö kuitenkaan osannut antaa. Hänen mukaansa on mahdollista, että Lastolite haluaa tarkoituksellisesti pitää materiaalin salaisena.

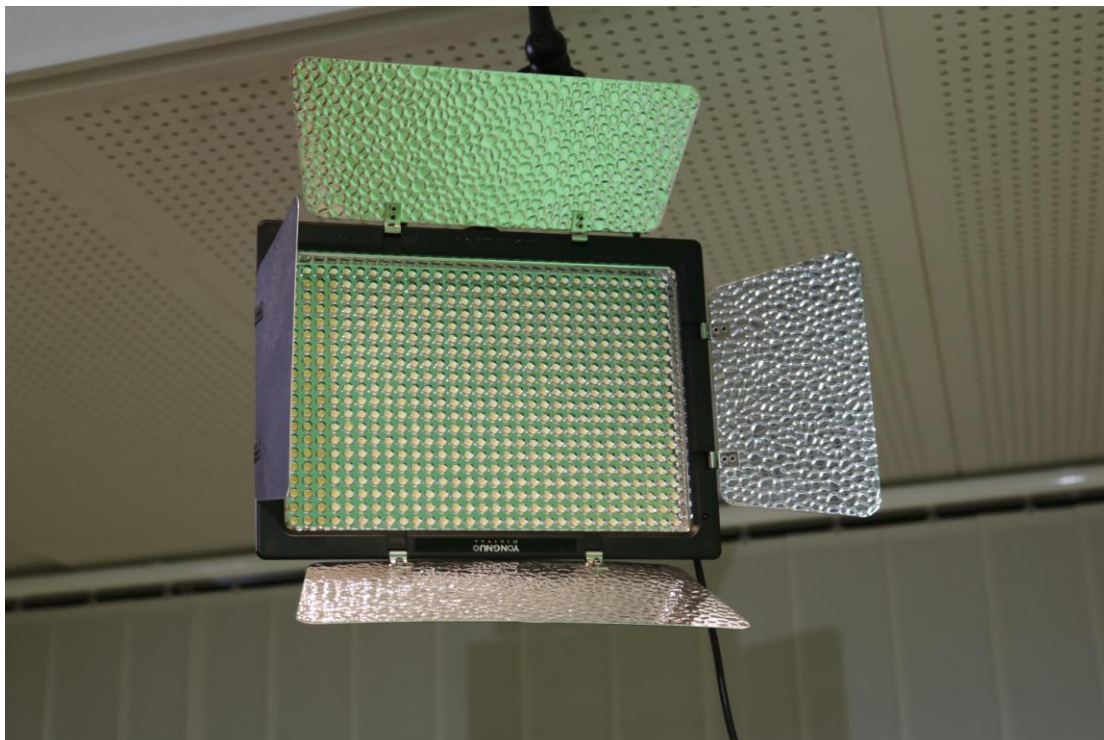


Kuva 11. Vihreä Lastolite Professional -tausta EduVideoLabissa.

Tausta on ripustettu kehikkoon. Mittausten mukaan taustan leveys on noin 2,7 metriä ja korkeus noin 2,6 metriä. Taustan etäisyys kamerasta on noin 3,5 metriä. Luentovideoiden kuvaukseen tausta oli riittävän iso ja esiintyjillä oli riittävästi tilaa myös syvyyssuunnassa. Kuten luvussa 3.3 mainittiin, esiintyjän tulee olla tarpeeksi kaukana taustasta, ettei taustalle synny varjoja esiintyjästä ja että taustasta esiintyjään heijastuvaa valoa eli värivuotoa saadaan vähennettyä.

4.2 Valaistus

EduVideoLabissa on viisi kaukosäätimellä ohjattavaa Yongnuo YN600L -ledipaneelia (kuva 12). Kussakin paneelissa on takana digitaalinen näyttö ja reunoilla neljä ”ladonovea”. Kukin paneeli sisältää 300 lediä, joiden värielämpötila on 3 200 kelviniä, ja 300 lediä, joiden värielämpötila on 5 500 kelviniä. Värielämpötila on säädettävissä edellä mainitulla välillä. [38.] Ledien valo vaihtelee siis karkeasti ottaen lämpimän valkoisen valon, neutraalin valkoisen valon ja päivänvalon välillä.

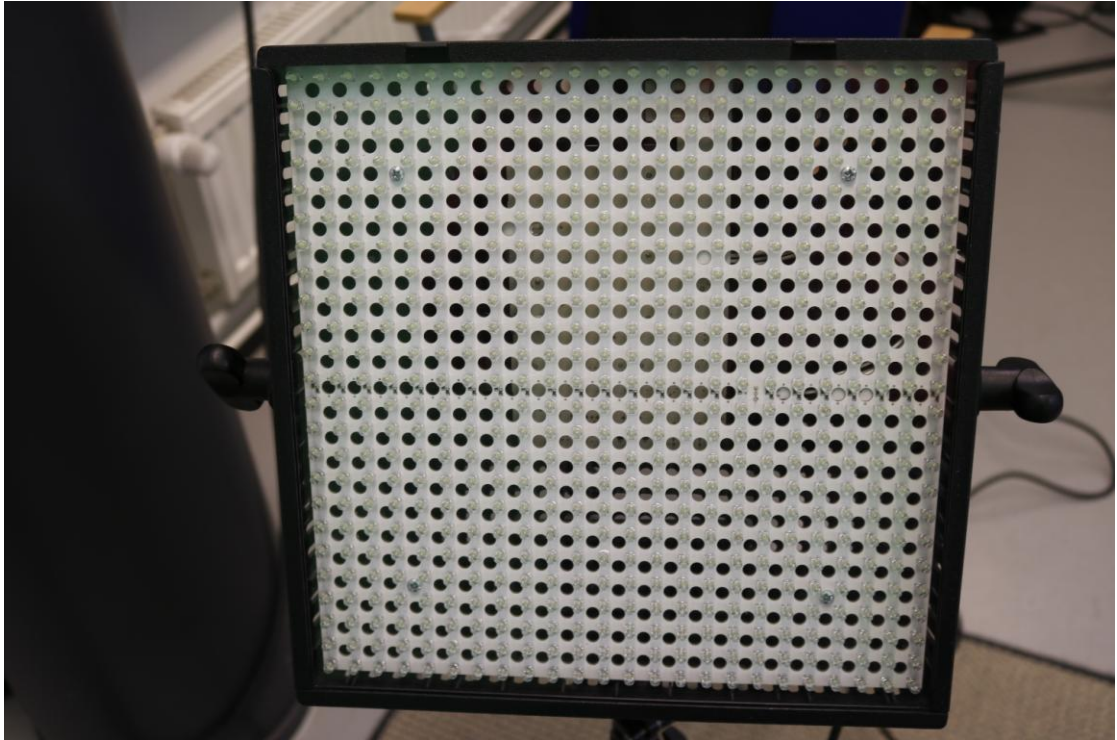


Kuva 12. Yongnuo YN600L -ledipaneeli.

Yksi ledipaneeleista on lattialla, ja sitä käytettiin esiintyjän valaisemiseen edestä. Loput neljä valaisivat taustaa ylempää.

Paneelien korkealaatuinen teknologia takaa sen, ettei valo näytä kuvattaessa ”poimuiselta” eikä vilkkuvaa stroboskooppiefektiä tai muuta ikävältä näyttävää valoilmiotä pääse syntymään. Paneeleissa on myös käytössä valon digitaalinen himmennys, mikä auttaa himmentämään valoa tarkemmin, sekä älykäs ledien kuumuuden hajottaminen, mikä on erityisen hyödyllistä pitkäaikaisessa, yhtämittaisessa käytössä. [38.]

Ensimmäisen videon kuvauksissa Yongnuo-ledipaneelien lisäksi taustan valaisemisessa käytettiin kahta Litepanelsin 1x1 5600K-FLOOD -ledipaneelia (kuva 13), jotka eivät kuulu EduVideoLabin vakiokalustoon, vaan ne tuotiin sinne kuvauksia varten erikseen.



Kuva 13. Litepanels 1x1 5600K-FLOOD -ledipaneeli.

Litepanelsin 1x1 5600K-FLOOD -ledipaneelit ovat ammattitason valoja, joiden väriämpötila on nimen mukaisesti 5 600 kelviniä. Paneelin ledit ovat kuumentumattomia, eivätkä ne vilku. Niiden himmentäminen ei myöskään tuota havaittavaa värinmuutosta. [39.]

Litepanelsin ja Yongnuon ledivalojen lisäksi kuvauksissa käytettiin yhtä ARRI 300 Plus -valoa, joka toimi takavalona. Valon eteen oli kiinnitetty sininen kalvo, niin kuin kuvasta 14 näkyy.



Kuva 14. ARRI 300 Plus -valaisin.

Valot toimivat molempien videoiden kuvauksissa hyvin. Taustan valaistus oli mielestäni molemmissa kuvauksissa riittävän tasainen ja esiintyjienkin valaisu onnistunut. En kuitenkaan tarkistanut, käytettiinkö kuvauksissa samoja Litepanelsin ledipaneeleja. Ilmeisesti ensimmäisen videon kuvauksissa käytettiin edellä esiteltyjä 5600K-FLOOD-paneeleja ja toisessa hieman erityyppisiä paneeleja, joissa värilämpötila oli säädettävissä.

4.3 Kamera

EduVideoLabissa on käytössä Sonyn FDR-AX100E-videokamera (kuva 15), jolla on mahdollista taltioida sekä Full HD- että Ultra HD -laatuista videokuvaa. Kamerassa on luultavasti käytössä suhdeluvun 4:2:0 mukainen värisävyjen aliotanta [40]. Virallista tietoa asiasta en kuitenkaan löytänyt, eikä Sony välttämättä ole sitä edes julkistanut.



Kuva 15. Sony FDR-AX100E -videokamera.

Kuten luvussa 3.4 mainittiin, 4:2:0-aliotannan kameralla ei tulisi kuvata avainnettavaa materiaalia. Koska EduVideoLabissa on kuitenkin käytössä vain kyseinen Sonyn kamera, ei vaihtoehtoja oikeastaan ollut.

Vaikka värisävyjen aliotanta kamerassa ei ehkä ole paras mahdollinen, kamera on muilta ominaisuuksiltaan riittävän hyvä. Esimerkiksi kameran nopea BIONZ X -kuvaprosessori takaa kuvan eloisan ja aidon toistumisen. Suurikokoinen Exmor R CMOS -kenno tuo kuvaan selkeyttä ja vähentää kohinaa. Sony'n aikavälillä huhtikuu 2012 – maaliskuu 2013 tekemän tutkimuksen mukaan kennon valmistaja olikin kaupallisesti menestynein digi- ja videokameroiden kuvakennojen valmistaja. [41.]

Kamera toimi molempien kuvausten aikana hyvin. Vaikka toteutin videoiden avaintamisen yksin, oli kuvauksia valmistelemassa koko kolmen hengen videotiimi. Kameraan tutustuminen käytännössä jäi kuitenkin omalta kohdaltani hyvin vähäiseksi, koska pääosin kameran käytöstä vastasi toinen tiimiläinen.

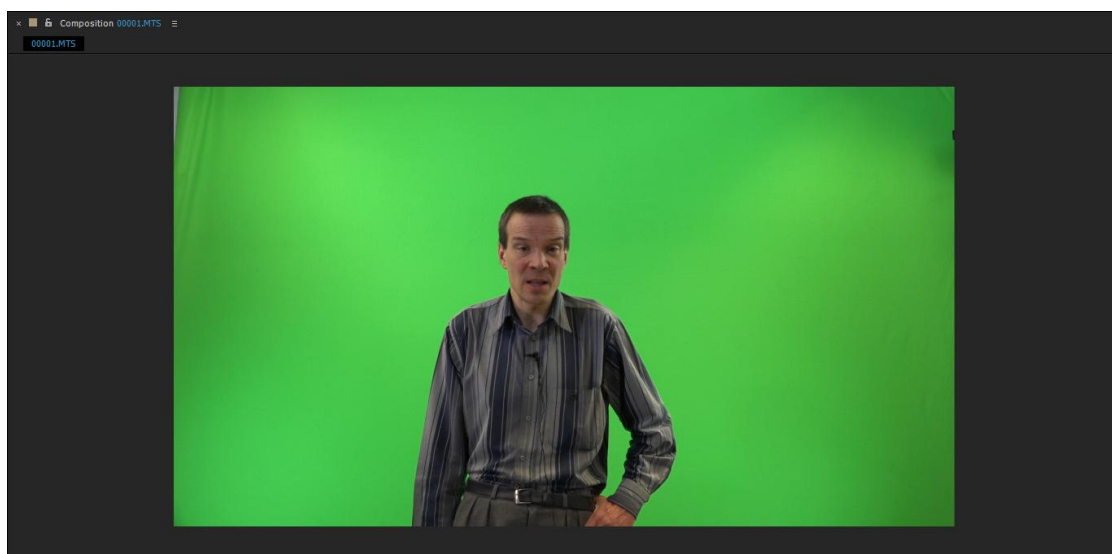
4.4 Avaintaminen Keylight-työkalulla

4.4.1 Full HD -laatuisen videon avaintaminen

Ensimmäinen projektin avainnetuista videoista oli 3. helmikuuta kuvattu, kasvihuoneilmiötä käsittelevä luentovideo. Otoksia kuvattiin yhteensä viisi. Kaikki viisi otosta kuvattiin Full HD -resoluutiolla ja kuvanopeudella 50 kuvaa sekunnissa.

Ennen avaintamisen aloittamista toin kaikki viisi videota After Effectsiin ja tein jokaiselle videolle oman komposition valitsemalla Composition-valikosta New Composition... Composition Settings -ikkunassa asetin kullekin kompositiolle resoluution, kuvanopeuden ja pituuden aikajanalla.

Kuvassa 16 näkyy yhden komposition lähtötilanne. Tausta näyttäisi kuvan perusteella olevan kohtalaisen tasaisesti valaistu.



Kuva 16. Lähtötilannenäkymä After Effectsin kompositioikkunassa.

Ennen avaintamisen aloittamista myös piirsin esiintyjän ympärille melko tiiviin roska-maskin (kuva 17) After Effectsin kynätyökalulla. Kun kynätyökalulla klikataan jostakin kohtaa kompositioikkunaa, ilmestyy klikkauskohtaan kontrollipiste. Kun tämän jälkeen klikataan jostakin toisesta kohdasta, ohjelma tekee automaattisesti viivan, joka voi olla joko suora tai käyrä, näiden kahden kontrollipisteen välille. Maskin tekeminen lopetetaan klikkaamalla ensimmäistä kontrollipistettä.



Kuva 17. Kynätyökalulla piirretty roskamaski esiintyjän ympärillä.

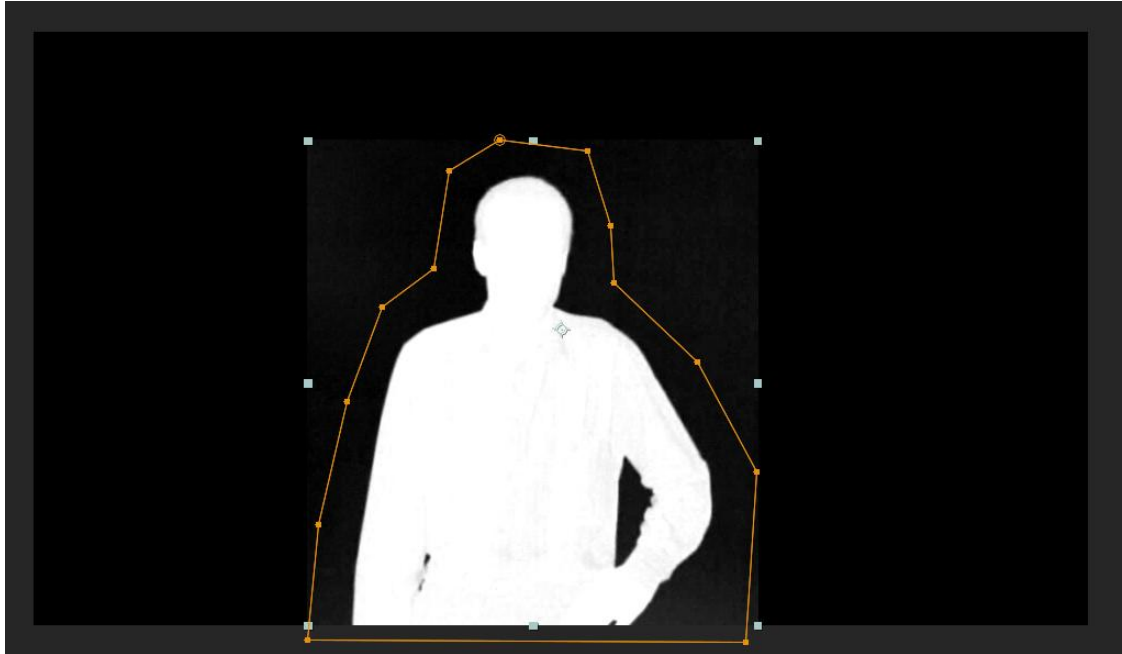
Roskamaskia tehtäessä on varmistettava, että esiintyjä pysyy koko videon ajan kokonaan maskin sisäpuolella. Koska en tiennyt, miten paljon esiintyjä liikkui esityksensä aikana, minun oli tarkistettava se komposition aikajanalla.

Niin kuin luvussa 3.5.2 mainittiin, roskamaski voidaan myös animoida. Tässä ei animointia tarvittu, koska esiintyjä pysyi koko esityksen ajan lähes paikallaan eikä edes viittonut käsillään.

Asetettuani Keylight-efektin videolle aloitin avaintamisen klikkaamalla pipettityökalun aktiiviseksi Screen Colour -toiminnon kohdalla. Tämän jälkeen klikkasin työkalulla roskamaskin sisällä näkyvää vihreää taustaa esiintyjän pään yläpuolelta tai pään vierestä. Tämä toimenpide määritti klikkauskohtassa olevan värisävyn läpinäkyväksi. Kuvan 17 perusteella päättelin, ettei klikkauskohtalla ollut kuitenkaan paljon merkitystä, koska maskin sisälle jääneessä taustan osassa ei näytä olevan paljon vaihtelua vihreän sävyssä.

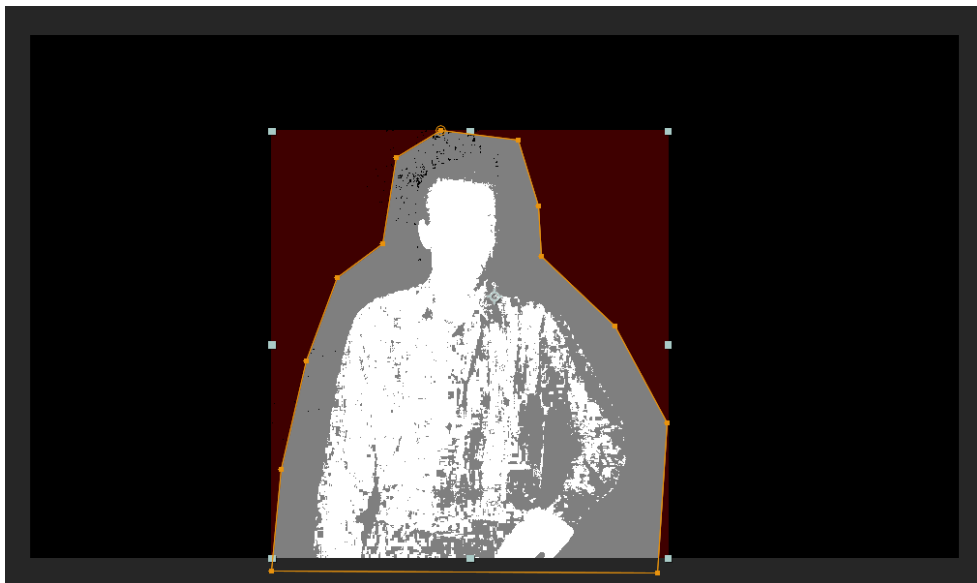
Kuvassa 18 näkyy Screen Matte -näkyvä, joka syntyi läpinäkyväksi määritetyn värin valinnan jälkeen. Etualaa tarkkaan katsottaessa voidaan havaita, ettei esiintyjä ole maskinäkyvässä täysin valkoinen eli täysin läpinäkymätön, vaan osittain harmaa eli osittain läpinäkyvä. Etualan ja taustan välisten reunakohtien kuuluukin olla harmaita,

mutta ei itse etualan. Myöskään tausta ei näytä olevan täysin musta eli täysin läpinäkyvä, vaan osittain harmaa. Harmaat kohdat huomaa tarkastelemalla näyttöä oikeasta kuvakulmasta.



Kuva 18. Screen Matte -näkyvä läpinäkyväksi määritetyn värin valinnan jälkeen.

Kuvassa 19 näkyvää Status-näkymää tarkasteltaessa ongelmakohdat tulevat selvemmin ilmi, koska kyseessä on liioiteltu näkyvä.



Kuva 19. Status-näkyvä läpinäkyväksi määritetyn värin valinnan jälkeen.

Taustan harmaiden pikselien mustaksi muuttamiseen käytin Clip Black -toimintoa, joka oletusarvoisesti on arvossa 0,0. Eri arvoja kokeilemalla päädyin lopulta arvoon 15,0. Tämä tarkoittaa siis, että kaikki alfa-arvot eli läpinäkyvyyttä kuvaavat arvot, jotka olivat pienempiä tai yhtä suuria kuin 15,0, saivat arvon 0,0. Etualaa puolestaan paransin muuttamalla Clip White -parametrin lähtöarvon 100,0 arvoon 89,0. Kaikki alfa-arvot, jotka olivat suurempia tai yhtä suuria kuin 89,0, saivat siis arvon 100,0.

Clip Black- ja Clip White -parametrien säätämisen lisäksi poistin myös värivuodon esiintyjän kasvoilta Despill Biasilla. Vaikka värivuodon poistamiseen riittää yksi klikkaus, käytännössä usein voi olla tarpeellista klikata pipettityökalulla kasvoja useista eri kohdista havaitakseen, mikä klikkauskohta tuottaa luonnollisimman lopputuloksen.

Kuvassa 20 näkyy lopputulos, jossa esiintyjän taakse on sijoitettu valkoinen tausta.

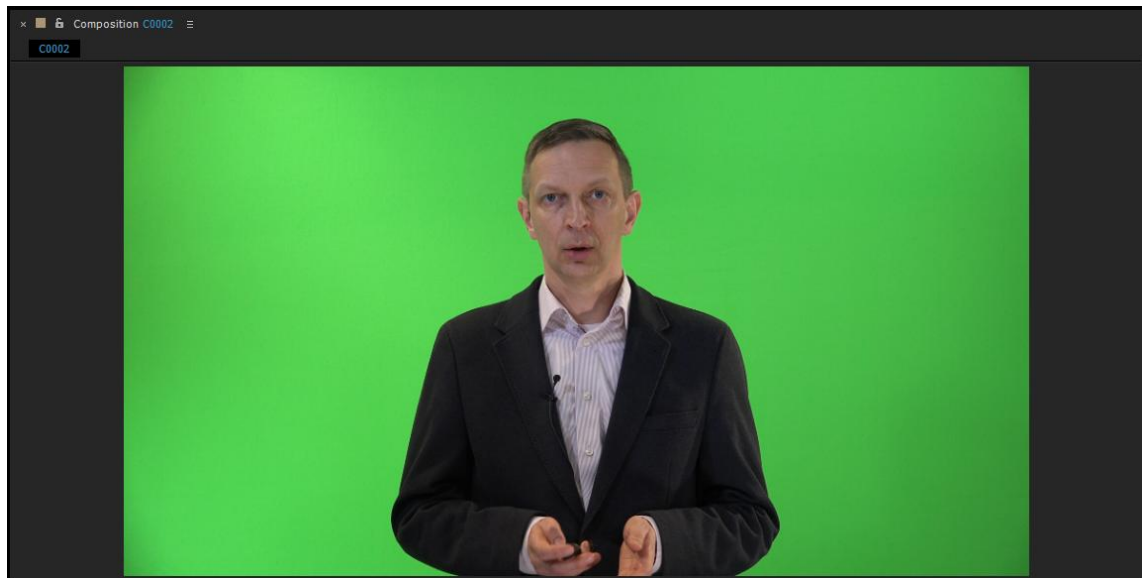


Kuva 20. Koko avaintamisprosessin lopputulos.

Lopputulos näyttää mielestäni siistiltä. Ihonväri näyttää luonnolliselta, eikä tummia ääri-
viivoja näy. Tietenkään yksittäisen kuvan perusteella ei voi tehdä kokonaisvaltaista
arviota, vaan on katsottava lopullinen, renderöity video.

4.4.2 Ultra HD -laatuisen videon avaintaminen

Toinen projektissa avainnettava video oli 7. maaliskuuta kuvattu, systeemistä muutosta käsittelevä luentovideo. Avainnettavia otoksia kuvattiin kolme. Kaikki otokset kuvattiin Ultra HD -resoluutiolla 3840 x 2160 ja kuvanopeudella 25 kuvaa sekunnissa. Kuvassa 21 näkyy lähtötilanne.



Kuva 21. Lähtötilannenäkymä.

Tausta näyttää jälleen olevan melko tasaisesti valaistu. Tästä huolimatta päätin jälleen piirtää roskamaskin esiintyjän ympärille, koska mitä vähemmän väriä ohjelman täytyy muuttaa läpinäkyväksi, sitä helpompaa avaintaminen on.

Koska esiintyjä viittoi käsillään jonkin verran luentonsa aikana, päätin tällä kertaa animoida roskamaskin. Toinen vaihtoehto olisi tietysti ollut tehdä maskista niin iso, ettei animoinnille olisi ollut tarvetta. Mutta koska käsillä viittomista oli esityksen aikana oikeastaan vain yhdessä kohdassa, oli järkevämpää animoida. Kuva 22 havainnollistaa roskamaskin animointia.



Kuva 22. Roskamaskin animointi.

Värikuoto esiintyjän kasvojen reunoilla (kuva 23) oli nyt todella selvästi havaittavissa. Koska pikseleitä on 3840 x 2160 -resoluution kuvassa neljä kertaa niin paljon kuin Full HD -laatuksessa kuvassa, korostuu värikuotokin enemmän lähelle zoomattaessa.



Kuva 23. Ennen värikuodon poistamista Despill Bias -toiminnolla ja sen jälkeen.

Taustan läpinäkyvyyden ja etualan läpinäkymättömyyden parantamiseen käytin tälläkin kertaa Clip Black- ja Clip White -toimintoja. Lopulliseksi Clip Black -parametrin arvoksi asetin tällä kertaa 19,0 ja Clip White -parametrin arvoksi 80,0.

Kuten luvussa 3.5.4 mainittiin, Clip Black- ja Clip White -arvojen liiallinen muuttaminen saattaa tuhota reunojen yksityiskohtia. Kuvasta 24 voidaankin havaita, että esiintyjän korvan reunalle on ilmestynyt tumma ääriiviiva. Reunojen yksityiskohdat on mahdollista palauttaa Clip Rollback -toiminnolla, jonka arvoksi lopulta asetin 1,5.



Kuva 24. Ennen Clip Rollback -toiminnon käyttöä ja sen jälkeen.

Kuvassa 25 näkyy lopputulos koko avaintamisprosessin jälkeen.



Kuva 25. Koko avaintamisprosessin lopputulos.

Lopputulokset näyttävät mielestäni siistiltä tälläkin kertaa. Tätä kirjoittaessani lopulliset videot eivät kuitenkaan ole vielä valmistuneet, joten voi olla, että teen jonkinlaista ”hienosäätöä” vielä myöhemmin.

5 Yhteenveto

Nykyaikaisella väriavaintamisella tarkoitetaan kahden kuvan tai videon yhdistämistä määrittämällä päällimmäisestä tietty väri läpinäkyväksi. Vaikka alun perin väriavaintaminen oli vain videotuotantoon liittyvä käsite, voidaan sen nykyään katsoa kehittyneen jo 1900-luvun filmielokuvista. Väriavaintaminen voidaan toteuttaa sekä reaaliaikaisesti, kuten TV:n säätiedotuslähetyksissä, että jälkituotannossa, kuten elokuvissa, videopeleissä ja YouTube-videoissa.

Väriavainnettavan kuvamateriaalin kuvausten valmisteluissa on otettava huomioon monia asioita. Taustan on oltava tarpeeksi iso, oikeanvärinen ja tarpeeksi sileä. Tausta on saatava valaistuksi niin tasaisesti kuin mahdollista. Esiintyjä on valaistava erikseen ja esiintyjän tulee olla tarpeeksi kaukana taustasta, niin että esiintyjään taustasta heijastuvan valon eli värivuodon määrä saadaan minimoitua. Kameran on oltava tarpeeksi korkealaatuinen, ja kamerassa oleva värisävyjen aliotanta olisi hyvä olla vähintään 4:2:2.

Avaintaminen jälkituotannossa voidaan suorittaa joko jälkikäsitteilyohjelman sisäänrakennetulla avaintamistyökalulla tai erikseen hankittavalla kolmannen osapuolen liitännäisellä. Eräs sisäänrakennettu avaintamistyökalu on Adobe After Effectsissa käytössä oleva Keylight.

Insinööriyössä toteutettiin jälkituotannossa tapahtuva väriavaintaminen kahdelle luentovideolle Keylight-työkalulla. Toinen luentovideoista taltioitiin Full HD -laatuksena ja toinen Ultra HD -resoluutiolla. Luentovideot ovat osa korkeakoulujen opetukseen tarkoitettua Ilmasto.nyt-kurssin oppimateriaalia.

Lopputulosten perusteella voi todeta, että Keylight on erinomainen avaintamistyökalu, jota voi suositella sekä ammattilaisille että vasta-alkajille. Minulla ei aiempaa kokemusta avaintamisesta ollut ja itse teoriaankin aloin perehtyä vasta marraskuussa 2015.

Vaikka Keylight sisältää monia toimintoja – enkä läheskään kaikkia niistä raportissa käsitellyt – riittää muutaman perustoiminnon ja -näkyvän opetteleminen hyvin pitkälle.

Insinööriyössä tutkittiin myös, miten Metropolia Ammattikorkeakoulun Leppävaaran toimipisteen EduVideoLab-opetustila soveltuu avainnettavan videokuvamateriaalin tuottamiseen. Lopputulokset mielestäni osoittavat, että EduVideoLab soveltuu green screen -videoiden tuottamiseen hyvin. Tosin valaisukalustoa on hyvä täydentää ainakin parilla isolla ledipaneelilla, jotka kuvauksia varten saa nopeasti haettua samassa kerroksessa sijaitsevasta toisesta studiosta.

On vaikea arvioida, kuinka paljon kameran todennäköinen värisävyjen 4:2:0-aliotanta vaikutti avaintamisprosessiin tai lopputulokseen. Jos vaikutusta todella haluaisi arvioida, tulisi mielestäni kuvata pari testivideota EduVideoLabissa samoilla resoluutioilla ja kuvanopeuksilla ja käyttäen samaa valaisukalustoa. Tällä kertaa kamera tulisi kuitenkin vaihtaa sellaiseksi, jossa värisävyjen aliotanta on vähintään 4:2:2. Videot tulisi luonnollisesti avaintaa samalla työkalulla eli Keylightilla.

Lähteet

- 1 Harrison, Fraser. 2013. The Difference Between Chroma Key and Luma Key. Verkkodokumentti. <<http://fraser-harrison-postproduction.blogspot.fi/2013/03/the-difference-between-chroma-key-and.html>>. 17.3.2013. Luettu 7.3.2016.
- 2 Malone, Simon. 2010. What is Chroma Keying and How Do Green Screens Work? Verkkodokumentti. The Mobile Studio Video Company Ltd. <<http://www.virtualstudio.tv/blog/post/14-what-is-chroma-keying-and-how-do-green-screens-work>>. 20.8.2010. Luettu 7.3.2016.
- 3 Rantakallio, Hannu. 2015. Chromakey: Suunnittelusta jälkitöihin, kuinka välttää yleisimmät virheet? Opinnäytetyö. Oulun ammattikorkeakoulu.
- 4 Keying in After Effects. Verkkodokumentti. Adobe Systems. <<https://helpx.adobe.com/after-effects/using/keying.html>>. Luettu 7.3.2016.
- 5 Hollywood's History of Faking It | The Evolution of Greenscreen Compositing. Verkkodokumentti. FilmmakerIQ.com. <<http://filmmakeriq.com/lessons/hollywoods-history-of-faking-it-the-evolution-of-greenscreen-compositing/>>. Luettu 21.3.2016.
- 6 McCord, Mary. 2015. Return of the Dream Machine. Verkkodokumentti. Classic-filmwatch.com. <<http://www.classicfilmwatch.com/ReturnOfTheDreamMachine.html>>. Luettu 15.3.2016.
- 7 Un homme de têtes (1898). Verkkodokumentti. IMDb. <<http://www.imdb.com/title/tt0135696/>>. Luettu 15.3.2016.
- 8 Parkinson, Sam. 2015. The History of Green Screen. Verkkodokumentti. Camberwell Studios Ltd. <<http://www.camberwellstudios.co.uk/film-production-guides/film-industry-news/105-the-history-of-green-screen.html>>. Luettu 15.3.2016.
- 9 Higgins, Paul. 2015. Who Invented the Green Screen? Verkkodokumentti. eHow. <http://www.ehow.com/facts_5172459_invented-green-screen_.html>. Päivitetty 11.5.2015. Luettu 15.3.2016.
- 10 Bialik, Kristen. 2012. Keyed Out, Colored In: Chroma Chromatic Dreams. Verkkodokumentti. TheHuffingtonPost.com, Inc. <http://www.huffingtonpost.com/network-awesome/green-screen-history_b_1576851.html>. Päivitetty 8.8.2012. Luettu 15.3.2016.
- 11 Middlemiss, Neil. 2011. The Ten Commandments Blu-Ray (Two-Disc Special Edition) - Highly Recommended. Verkkodokumentti. Home Theater Forum.

- <<http://www.hometheaterforum.com/topic/303840-the-ten-commandments-bluray-two-disc-special-edition-highly-recommended/>>. 26.3.2011. Luettu 17.3.2016.
- 12 Foster, Jeff. 2010. The Green Screen Handbook: Real-World Production Techniques. Indianapolis, Indiana: Wiley Publishing.
 - 13 Petro Vlahos - Biography. Verkkodokumentti. IMDb. <http://www.imdb.com/name/nm1468620/bio?ref_=nm_ov_bio_sm>. Luettu 17.3.2016.
 - 14 Ben-Hur (1959). Verkkodokumentti. IMDb. <<http://www.imdb.com/title/tt0052618/>>. Luettu 17.3.2016.
 - 15 40 Before and After Shots That Demonstrate the Power of Visual Effects. 2014. Verkkodokumentti. TwistedSifter. <<http://twistedifter.com/2014/06/before-and-after-shots-of-visual-effects-in-film/>>. 18.6.2014. Luettu 4.4.2016.
 - 16 Gewirtz, David. 2012. Feeding green screen chroma key into Skype. Verkkodokumentti. ZDNet. <<http://www.zdnet.com/article/feeding-green-screen-chroma-key-into-skype/>>. 23.5.2012. Luettu 17.3.2016.
 - 17 Peters, Chuck. 2013. How Does Green Screen Work? Verkkodokumentti. Videomaker.com. <<http://www.videomaker.com/article/c10/17026-how-does-green-screen-work>>. 25.12.2013. Luettu 21.3.2016.
 - 18 Johnson, Bob. 2005. Digital Camera Resolution versus Film Scanner Resolution. Verkkodokumentti. Earthbound Light. <<http://www.earthboundlight.com/phototips/digital-versus-film-resolution.html>>. 25.9.2005. Luettu 20.3.2016.
 - 19 Understanding Digital Camera Sensors. Verkkodokumentti. Cambridge in Colour. <<http://www.cambridgeincolour.com/tutorials/camera-sensors.htm>>. Luettu 20.3.2016.
 - 20 5 Elements of a Great Chroma Key. Verkkodokumentti. FilmmakerIQ.com. <<http://filmmakeriq.com/lessons/5-elements-of-a-great-chroma-key/>>. Luettu 22.3.2016.
 - 21 DigiComp® HD Paint. Verkkodokumentti. Rosco Laboratories. <<https://www.rosco.com/FTVP/digicomp.cfm>>. Luettu 21.3.2016.
 - 22 Chromatte™. Verkkodokumentti. Reflecmmedia. <<http://www.reflecmmedia.com/education/products/chromatte/index.htm>>. Luettu 21.3.2016.

- 23 LiteRing. Verkkodokumentti. Reflecmedia.
<<http://www.reflecmedia.com/education/products/litering/index.htm>>. Luettu 21.3.2016.
- 24 Media Center. Verkkodokumentti. Small Business CEO.
<<http://sbceo.com/media-center/>>. Luettu 21.3.2016.
- 25 ChromaFlex™. Verkkodokumentti. Reflecmedia.
<<http://www.reflecmedia.com/education/products/chromaflex/index.htm>>. Luettu 21.3.2016.
- 26 What is a Softbox? Verkkodokumentti. Improve Photography LLC.
<<http://improvephotography.com/11662/softbox/>>. Luettu 21.3.2016.
- 27 Kolmipistevalaisu. 2007. Verkkodokumentti. Digivideo.
<<http://www.digivideo.fi/wiki/index.php/Kolmipistevalaisu>>. 4.9.2007. Luettu 21.3.2016.
- 28 3 Point Lighting & 4 Point Lighting | Lighting Basics. 2012. Verkkodokumentti. The Film Makers Workshop. <<http://www.thefilmmakersworkshop.com/3-point-lighting/>>. 26.5.2012. Luettu 21.3.2016.
- 29 Kelvin – väriämpötila. 2012. Verkkodokumentti. Lampputieto.
<<http://www.lampputieto.fi/lamput/lamppujen-ominaisuuksia/kelvin-varilampotila/>>. Päivitetty 14.11.2012. Luettu 21.3.2016.
- 30 LED-lampun (valon) tekniset tiedot. Verkkodokumentti. Limic Oy.
<http://www.limic.fi/html/led_tek.htm>. Luettu 21.3.2016.
- 31 Camcorder Formats Explained - SD or HD? Verkkodokumentti. TrustedReviews.
<http://www.trustedreviews.com/opinions/camcorder-formats-explained_Page-2>. Luettu 22.3.2016.
- 32 Jukic, Stephan. 4K Resolution Guide - Compare 4k vs 1080p and Ultra HD (UHD) Resolution. Verkkodokumentti. 4k.com. <<http://4k.com/resolution/>>. Luettu 22.3.2016.
- 33 The Evolution of Modern Non-Linear Editing: Part 2 - the Digital Revolution. Verkkodokumentti. FilmmakerIQ.com. <<http://filmmakeriq.com/lessons/the-evolution-of-digital-non-linear-editing-part-2-the-digital-revolution/>>. Luettu 22.3.2016.
- 34 Gates, Chris. 2013. The Anatomy of Chroma Subsampling. Verkkodokumentti. Videomaker.com. <<http://www.videomaker.com/article/f6/15788-the-anatomy-of-chroma-subsampling>>. 29.7.2013. Luettu 22.3.2016.
- 35 Keylight on After Effects. 2007. Käyttöopas. The Foundry Visionmongers Ltd.

- 36 Use alpha channels, masks, and mattes in After Effects. Verkkodokumentti. Adobe Systems. <<https://helpx.adobe.com/after-effects/using/alpha-channels-masks-mattes.html>>. Luettu 22.3.2016.
- 37 Christiansen, Mark. 2013. Adobe After Effects CC Visual Effects and Compositing Studio Techniques. San Francisco: Adobe Press.
- 38 Yongnuo YN600 LED - Pro LED Lights. Verkkodokumentti. Yongnuo Store. <<https://www.photo-store.net/photography/photography/led-lights/yongnuo-yn600-led-light-3200-5500k/>>. Luettu 24.3.2016.
- 39 Rent Litepanels 1 x 1 Mono 5600K Daylight LED Flood Light - Continuous Lighting. Verkkodokumentti. Budget Video Sales. <<http://budgetvideosales.com/catalog/lighting/continuous-lighting/litepanels-1-x-1-mono-5600k-daylight-led-flood-light>>. Luettu 24.3.2016.
- 40 Nystedt, Brendan. 2014. Sony Handycam AX100 Camcorder Review. Verkkodokumentti. Reviewed.com Camcorders. <<http://camcorders.reviewed.com/content/sony-ax100-camcorder-review>>. 19.6.2014. Luettu 24.3.2016.
- 41 FDR-AX100E tekniset tiedot | Videokamerat. Verkkodokumentti. Sony. <<http://www.sony.fi/electronics/handycam-videokamerat/fdr-ax100e/specifications>>. Luettu 24.3.2016.