



Digitaalisen elokuvan työnkulku

Viestinnän koulutusohjelma
Audiovisuaalinen mediatuotanto
Opinnäytetyö
7.5.2010

Mika Tervonen

TIIVISTELMÄSIVU

Koulutusohjelma Viestintä		Suuntautumisvaihtoehto Audiovisuaalinen mediatuotanto	
Tekijä Mika Tervonen			
Työn nimi Digitaalisen elokuvan työnkulku			
Työn ohjaaja/ohjaajat Heikki Ahola			
Työn laji Opinnäytetyö	Aika 7.5.2010	Numeroidut sivut + liitteiden sivut 26	
<p>TIIVISTELMÄ</p> <p>Opinnäytetyö käsittelee digitaalisen elokuvan työnkulkua aina ennakkosuunnittelusta julkaisuun. Työssä näkökulmana on kuvanlaatu. Toiminnallinen opinnäytetyö koostuu kirjallisesta osasta ja teososasta (<i>Pokayoke</i>), jonka ohjasin ja leikkasin. Lähtökohtana on ollut tutkia RED One -kameran kuvamateriaalin työnkulkuun liittyviä asioita käytännönläheisesti ja perehtyä teoriapuolen seikkoihin. Työssä käydään läpi koko RED-työnkulku ja esitellään sen tarjoamia mahdollisuuksia ja pohditaan, mitä kehitettävää siinä mielestäni olisi.</p> <p>Koska RED-kameralla työskentely on vielä uutta elokuvarintamalla, työ on kirjoitettu myös alempien vuosikurssien opiskelijoiden tietopaketsiksi. Työssä on pohdittu teososan toteuttamisen yhteydessä saatuja kokemuksia ja teoksen lukeminen edellyttää peruskuvaustermistön tuntemista, mutta selitän joitain tärkeitä termejä auki.</p> <p>Lähdemateriaalina on käytetty englanninkielistä kirjallisuutta ja lehtiartikkeleita, Internetistä löytyneitä tietopaketteja sekä suomalaisen jälkituotantotalon värimäärittelijän haastattelua.</p> <p>Opinnäytetyöhöni kerätty materiaali on eräänlainen manuaali, jonka olisin itse halunut lukea ennen kuin aloitin <i>Pokayoke</i>-lyhytelokuvan tuotannon.</p> <p>Työnkulun tutkiminen, testailu ja haltuunotto on aikaa vievä prosessi, johon on hyvä perehtyä teoriapuolen kautta, jotta voi ymmärtää paremmin asioiden teknistä puolta. Omaan taustaan kuuluu DVD-authorointi ja videokuvan pakkauksen tutkiminen. Onkin ollut etu, että ymmärtää tiedostomuotoja ja niiden mahdollisuuksia sekä järkeviä pakkausmenetelmiä.</p> <p>Suuri osa tiedosta on löydettävissä melko helposti ja alalla on ihmisiä, jotka vastaavat mielellään kysymyksiin. Suosittelen aiheesta kiinnostuneille lähdeluettelon nimikkeitä, joiden avulla löytyy vielä enemmän materiaalia.</p>			
Teos/Esitys/Produktio <i>Pokayoke</i> -lyhytelokuva, 15 min. DVD, ohjaus ja leikkaus Mika Tervonen			
Säilytyspaikka Taideteollisen korkeakoulun kirjasto, Aralis-kirjastokeskus			
Avainsanat RED One, workflow, työnkulku, kuvanlaatu, digitaalinen elokuva, jälkityöt			

Degree Programme in Media		Specialisation Audio-visual Media Production, cinematography
Author Mika Tervonen		
Title Digital Cinema Workflow		
Tutor Heikki Ahola		
Type of Work Bachelor's Thesis	Date 7th May, 2010	Pages 26
<p>The present thesis focuses on the workflow of the digital cinema. The viewpoint is that of picture quality. The final project is a multimodal work that consists of theoretical work and a demonstration (<i>Pokayoke</i>). I directed and edited <i>Pokayoke</i> short film. The basis has been to study RED One digital film camera's footage and workflow from pre-production to the final release. In this work, I present the whole RED camera workflow and its possibilities and also discuss what improvements it might need in my opinion.</p> <p>As RED is quite a new camera in the industry, the final project is also made as a tutorial for the lower grade students. In my thesis, I address my own experiences with the RED. The reader needs to know the basic terminology of cinematography to understand the topics. The main source materials of this work are articles from the Internet in English, magazines, and video tutorials. I have also interviewed a Finnish digital colorist operator and a VFX artist.</p> <p>Before I started making <i>Pokayoke</i>, I would have wanted to read this kind of a manual. Studying and testing the workflow has been a time consuming process. In order to become familiar with it, one must read about the theory to understand about the technical side. I have background knowledge in DVD authoring and video encoding, thus I have had the basic knowledge for this workflow.</p> <p>Most of the information about digital cinema workflow is easy to look up for on the Internet and there are many active film makers in the film industry, whose know-how is desired. However, I recommend to start reading from the titles of my sources list, which leads to more interesting aspects about the topic.</p>		
Work / Performance / Project Pokayoke short film, 15 min. DVD		
Place of Storage Aralis Library and Information Center, Helsinki.		
Keywords RED One, workflow, picture quality, digital cinema, post production		

SISÄLLYS

1 JOHDANTO.....	2
2 REDIN OMINAISUUDET	3
3 ENNAKKOSUUNNITTELU.....	8
3.1 Kuvausformaatti	8
3.2 Esityskopio	9
3.3 Edit-yksikkö testit.....	10
3.4 Tehostekokeilut	11
3.5 Kovalevyt	13
4 KUVAUKSET	14
4.1 Materiaalin hallinta.....	14
4.2 Valottaminen	15
4.3 RED Drive ja kenno.....	16
5 JÄLKITYÖT	18
5.1 Offline-leikkaus.....	18
5.2 Erikoistehosteet	19
5.3 Online-leikkaus ja värimäärittely.....	20
5.4 Masterointi	22
6 YHTEENVETO	24
LÄHTEET.....	26

1 JOHDANTO

Idea opinnäytetyöhön syntyi, kun lopputyöelokuvani *Pokayoken* kuvausformaatti selvisi. Lyhytelokuva päätettiin kuvata RED One -kameralla, jolloin päätös asetti haasteita jälkitöiden osalta. Olisiko meillä resursseja leikata ja väärimääritellä elokuva koulussani vai pitäisikö budjetimme laskea osuus jälkituotantotaloa varten? Kysymyksiin piti hakea vastaus ja tästä alkoi tutustuminen digitaalisen elokuvan työnkulkuun.

Opinnäytetyö on toiminnallinen työ eli koostuu teososasta ja kirjallisesta osasta. Kirjallinen osa on manuaali ja omakohtaisia kokemuksia sisältävä selostus tekemästani prosessista. Ohjasin ja leikkasin *Pokayoken* ja olin vastuussa kuvanlaadusta. Valitsin työni aiheen jakaakseni kokemukseni ja tietoni kanssaopiskelijoilleni ja miksei ammattilaisillekin. Oma mielenkiintoni aiheeseen syntyi silkasta intohimosta elokuvan tekemistä kohtaan. Myös RED mahdollisena tulevana työkalunani asetti oman kiinnostuksen.

Työ totutettiin haastattelemalla ammattilaisia, lukemalla internet- ja lehtiartikkeleita, katsomalla videotutoriaaleja ja tekemällä omia kokeiluja. Sanaston ymmärtämiseen vaaditaan peruskuvaustermistön tuntemista. Odotan lukijan saavan yleiskuvan REDin kanssa työskentelystä ja ymmärtävän digitaalisen elokuvauksen mahdollisuudet.

2 REDIN OMINAISUUDET

Käyn läpi kappaleessa pintapuolisesti REDin ominaisuuksia. Palaan yksityiskohtiin ja työtapoihin tarkemmin myöhemmissä luvuissa.

RED One-kamera on nk. "digitaalinen filmikamera" ja tallentaa kuvan tiedostoina suoraan kovalevylle. Filmikamera-sana tulee siitä, että REDissä on PL-linssikiinnitys (PL-mount) ja siihen menee suoraan 35 mm filmikameran objektiivit. REDin kennokoko vastaa 4k-resoluutiota kuvattaessa Super 35 mm filmikameran pintaa. Tämän ansiosta sillä pystytään saavuttamaan 35 mm filmikameran syväterävyys ja kolmiulotteisuus. RED kuvaa siis 35 mm filmin kaltaista kuvaa, muttei veroista. En kuitenkaan lähde työssäni vertailemaan filmin ja REDin eroja.

RED One (kuva 1.) kuvaa raw-kuvaa eli käsittelemätöntä kuvaa ja tallentaa sen .r3d-tiedostoiksi kovalevylle, muistikortille tai flash-levylle. Raw-kuvan ominaisuuksiin kuuluu se, että siitä saadaan puristettua täysi informaatio jälkityö- eli post-yksikössä. Raw-kuva on formaatti, jonka dynamiikka on laajempi verrattuna perinteisesti pakattuun videokuvaan. Sen dynamiikka ei kuitenkaan vedä vertoja filmille, johon "digitaalista filmiä" ei oikeastaan voi verrata, koska kyseessä ovat aivan omat formaattinsa.



Kuva 1. RED One digitaalinen elokuvakamera *Pokayoken* kuvauksista 2009.

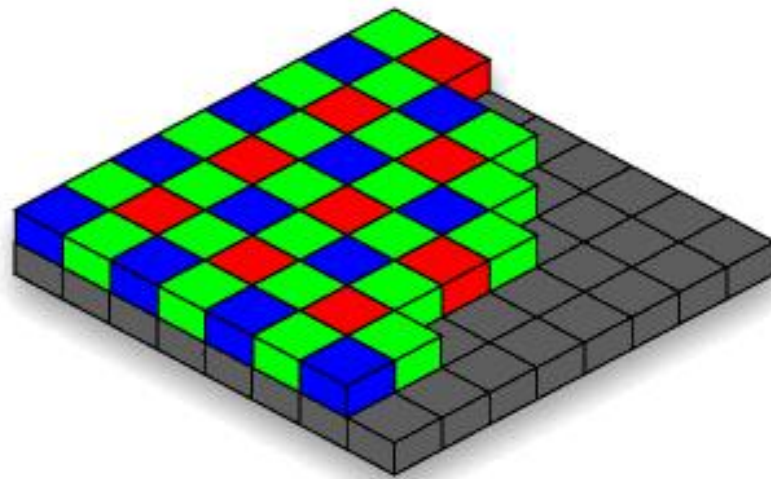
RED käyttää raw-kuvan pakkaukseen omaa Redcodea (RC) ja pystyy kuvaamaan maksimissaan 25 ruutua sekunnissa 12-bittistä, 4.5K-resoluutioista progressiivista kuvaa

(4516x2540 pikseliä). Redcode vaihtoehtoja on kolme: 28 MB/s, 36 MB/s ja 42 MB/s. Viimeisin, RC 42, on päivitetty vastikään tällä hetkellä käytössä oleviin kameroihin.

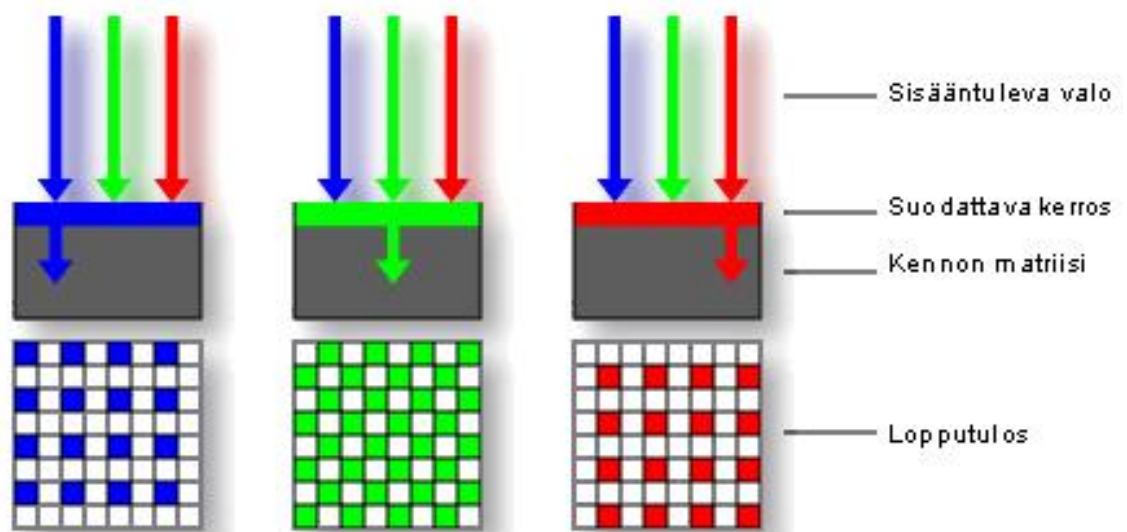
RED One on toimintaperiaatteeltaan kuin tietokone eli sen firmware ja käyttöjärjestelmä on päivitettävissä. Tätä kirjoitettaessa viimeisin firmware-päivitys oli Build 21 (v21.4.1). *Pokayokea* kuvattaessa kameran versio oli Build 20, joten käytössämme ei ollut 4.5K-resoluutiota ja Redcode 42:ta. Tätä kirjottaessa RED Oneen on tullut muitakin muutoksia ja parannuksia, jotka on luettavissa REDin omilta kotisivuilta. En siis käsittele viimeisimpiä päivityksiä, koska kokemukset ja testit perustuvat aiempaan versioon.

REDin väitetään pystyvän tallentamaan kuva 4:4:4-väriäytteeseen (color sampling) eli pakkaamattomiin pikseleihin. REDin 4:4:4-väriäyte 4k-kuvassa on 4096 vihreää, 4096 punaista ja 4096 sinistä pikseliä eli pakkaamaton väriäyte (kuva 3.). Totuus tosin on, että REDin kuvissa värien suhde on kaksi vihreää jokaista sinistä ja punaista pikseliä kohden. Tätä kuviota kutsutaan Bayer patterniksi ja väriäyte on tällöin 4:2:2 (kuva 2.). REDin 4k ei ole siis teknisesti 4k:ta kuten esim. 35 mm filmiltä skannattu 4k-kuva, joka on aidosti 4:4:4-väriäytettä. RED käyttää 4k:ta markkinointikikkana, joka johtaa usein kuluttajia ja tuotantoyhtiöitä harhaan. (Galt.)

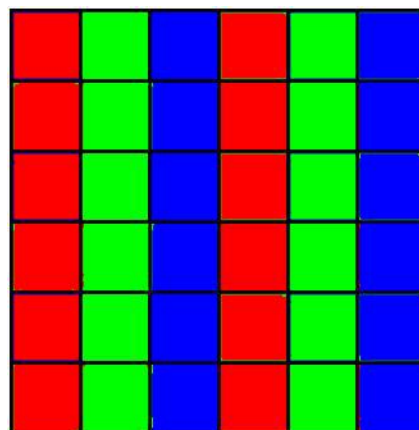
Väriäytettä tärkeämpi asia on kuitenkin tiedostojen bittisyvyys. REDin .r3d on 12-bittistä lineaarista dataa, joka merkitsee jälkitöissä enemmän kuin värisyvyys. Bittisyvyys tulee kysymykseen, kun kyseessä on laajoja väriliukumia, jotka ovat yleensä hankalimmat seikat pakkauksessa. (Myllyniemi.)



BAYER PATTERN



Kuva 2. Bayer patternin 4:2:2-väriäyte



Kuva 3. Bayer pattern 4:4:4-väriäyte

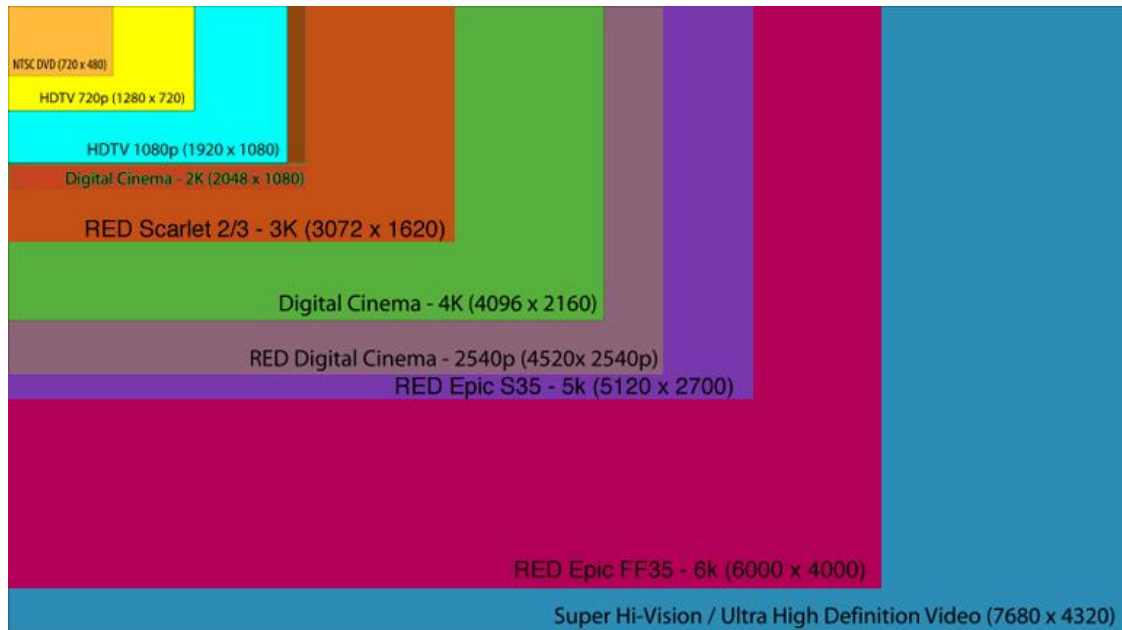
REDin valmistaja ei ole julkaissut tietoja pakkaustekniikastaan, mutta kuvaajien tekemien tutkimusten mukaan se käyttää pakkaamiseen JPG 2000 algoritmiä. REDin teoreettinen 4k-kuvan pakkaamaton kuvatieto on 2573Mb/s. Kuvatessa esimerkiksi asetuksilla 25 fps, 4k, 16:9, redcode 36, vastaa yksi sekunti 240 megatavun kapasiteettia kovalevyllä. Redcode pakkaa siis kuvaa karkeasti suhteessa 10:1. (Probst.)

Kuvan pakkaus on siis erittäin tehokasta ja tämän vuoksi mahdollistaa 4k-kuvan nopean datasiirron kamerasta kovalevyille.

Amerikkalaisen kuvaajan Christoher Probstin kameratestissä Phantom-nimisen HD kameran 2k-rawkuva oli tiedostokapasiteetiltaan 8 kertaa isompaa kuin REDin 4k-kuva. Tämä kertoo, että REDin pakatut tiedostot ovat käyttäjäystävällisempiä ja kevyempiä siirtää ja hallita. (Probst.)

RAW-kuva-käsitettä mielletään usein natiivikuvan tai pakkaamattoman kuvan synonyymiksi. RAW-kuva on raakaa, käsittelemätöntä kuvaa, ja voi siis olla pakattua, kuten REDin .r3d. (Myllyniemi.)

REDin asetuksista voi valita 2k, 3k tai 4k, riippuen, mitä haluaa kuvata. Esimerkiksi kuvattaessa 2k-resoluutiolla pystytään kuvaamaan ylinopeutta maksimissaan 120 ruutua sekunnissa (fps). 2k on puolet pienempi suhteessa 4k-kuvaan, joten sen käyttäminen vaikuttaa huomattavasti kuvanlaatuun. Koska kuvanlaadun säilyttäminen mahdollisimman parhaana on kaiken A ja O, on vältettävä pakkauksen laadun muuttamista ja resoluutioiden sekoittamista. Tämä vaatiikin tarkan ennakkosuunnittelun, mitä kuvataan ja miksi. Jos elokuvaan halutaan esimerkiksi äärimmäisiä hidastuskuvia, on tehtävä ratkaisu ja laskettava kuvanlaatua näihin tiettyihin kuviin.



Kuva 4. Resoluutioiden kokoerot (Wikipedia, Red camera.)

RED One tallentaa kuvan suoraan kovalevyille. Verrattuna filmituotantoon tämä prosessi säästää aikaa ja rahaa, ja kuvamateriaali on siirrettävissä nopeammin leikkauspöytään. REDin 12-megapikselin Mystorium-kennon ansiosta myös still-kuvat on mahdollista kaapata suoraan videokuvasta. 4520 X 2540 pikselin resoluutio riittää mainiosti esim. printtikuviksi. (RED Digital Cinema Cameras.)

REDin kennon herkkyys on optimoitu 320 ASAan, joten äärimmäisessä hämärässä ja vähillä valoilla kuvaaminen pakottaa lisäämään gainia. Gain on sähköistä kuvan kirkkauden säätöä, joka lisää kuvan kohinaa, eikä ole suositeltavaa.

Mystorium-kemno on myös optimoitu 5000 kelvinin värilämpötilaan (päivänvalo), joten keinovalo-olosuhteissa on tämäkin asia ratkaistava joko kääntöfilttereillä (syövät valotehoa) tai värilämpötila on korjattava jälkitöissä.

REDissä on HD-tasoinen kuvan monitorointi ja ottojen toistaminen. Ohjaajan näkökulmasta pidin kovasti myös siitä, että sain jokaisen kuvauspäivän materiaalit samantien kotiin katsottavaksi.

Kuvauksissa oli käytössä 17-tuumainen HD-monitori, josta oli hyvä katsoa kuvaa. Kuvan tarkkailu suuresta monitorista on tärkeää, jotta pystyy näkemään mahdolliset vir-

heet, kuten esimerkiksi kaapeleiden ja jalustojen paljastumiset tai klaffivirheet. Malliesimerkkinä pienen monitorin ongelmasta on eräät kuvaukset, jossa kuollut mies makasi leikkauspöydällä. Lähikuvassa oli miehen varvas, jota näyttelijä liikautti vahingossa oton aikana. Pienessä monitorissa liike tuskin erottui, mutta lopullisessa katselussa isolta kankaalta liike näytti valtavalta.

REDin työnkulku vaatii kovalevyjä. *Pokayoken* tuotannossa niitä oli kaksi kappaletta. Toinen meni leikkausyksikköön ja toinen jäi varmuuskopioksi. Varmuuskopioissa ei kannata säästellä, sillä kaiken materiaalin saa tuhottua nappia painamalla. Suosimme *Pokayoken* tuotannossa RAID-levyjä, jotka peilaavat varmuuskopion itsestään. Eli teoriassa meillä oli neljä kopiota materiaalista.

3 ENNAKKOSUUNNITTELU

3.1 Kuvausformaatti

Työnkulun suunnittelu alkoi heti, kun ryhmälle selvisi tuotantomme kamera ja kuvausformaatti. Päätimme kuvata *Pokayoken* REDillä, resoluutiolla 4k 16:9, kuvapakkauksella Redcode 36 ja rajauksella 2.40:1. Redcode 42-päivitys tuli kameraan vasta *Pokayoken* kuvausten jälkeen.

Suunnittelimme kuvaavamme tiettyjä efektiivisiä kuvia, kuten lentokoneen ylilento ja päähenkilön takautumat hänen juostessa, ylinopeudella 30 fps. Tätä varten testasimme, että paras vaihtoehto kuvanlaadun kannalta oli kuvata ylinopeuskuvat asetuksilla 4k 2:1 ja edelleen vähimmällä kuvan pakkauksella RC 36. Totesimme myös, että 2:1-kuvasuhde sopisi mainiosti yhteen 16:9-kuvasuhteen kanssa, koska lopullinen rajaus tulisi olemaan 2.40:1. Tämän päätöksen ansiosta pysyimme 4k-formaatissa.

Aikomuksemme ei ollut tehdä suurempia ylinopeuksia, mutta jos sellaisia olisi tarvittu, olisimme joutuneet tyytymään 2k-resoluutioon.

Kuvatessa 2k-formaattiin pitää huomioida, että kennon koko muuttuu. Toisin sanoen kuva ei heijastu koko kennon pinta-alalle. Kenno ei silloin enää vastaa Super 35 mm pintaa, vaan pienentyy kokoon Super 16 mm. Tämä voi olla ongelmallista, jos kuvataan laajimmalla linssillä ja halutaan tehdä samalla kuvakoolla ylinopeuskuva. Ongelman voi

ratkaista varaamalla kuvauksiin mukaan kompensoimaan 16 mm kameran objektiivejä, jotka vastaavat samaa polttoväliä. (Probst.)

2k ja 4k sopivat testien perusteella mainiosti yhteen jälkitöissä, mutta 3k-formaatin kanssa oli suuria ongelmia. 3k ei ole suoraan jaollinen em. formaattien kanssa, joten vaatii käsittelyä ennen varsinaista työstöä. Ja kaikki ylimääräinen käsittely vaikuttaa enemmän tai vähemmän kuvanlaatuun. 3k oli siis välimalli, jolle emme löytäneet käyttöä tuotannossamme.

3k-resoluution käyttöä ei juurikaan suosita ammattikentällä. Suomessa RED-tuotannot kuvataan yleensä 4k:na ja käsitellään 2k:na. Joissain tapauksissa on tehty tehostekuvia 3k-formaatissa, kun on tarvittu esim. 50 fps ylinopeutta ja kuvaan on tehty efektejä. Tällöin on ollut edullisempaa cropata isompiresoluutioista 3k:ta kuin kuvata kuva 2k:na ja menettää informaatiota. (Myllyniemi.)

3.2 Esityskopio

Ennakkosuunnittelussa päätettiin myös missä muodossa elokuvaa tullaan esittämään. *Pokayokesta* suunniteltiin ns. valkokangaselokuvaa elokuvafestivaaleille ympäri maailman, joten kuvanlaadun merkitys kasvoi. Jos tavoitteena olisi ollut standardilaatuinen televisio tai internet, olisi kuvanlaadusta ja työnkulusta voinut lähteä tinkimään.

Näillä argumenteilla suunnittelimme tekevämme online-leikkauksen ja lopullisen masteroinnin jälkituotantotalossa, koska halusimme parhaan mahdollisen kuvankäsittelyn ammattilaitteistolla. Jälkituotantotalolla tarkoitetaan yritystä, joka on erikoistunut liikkuvan kuvan jälkikäsittelyyn. Palaan aiheeseen luvussa 5.3.

Myöhemmin esituotantovaiheessa saimme myytyä lyhytelokuvamme YLElle, joten jouduimme miettimään myös TV-julkaisun muodon. YLEllä on tarkat vaatimukset kuvan ja äänen suhteen ja suunnitelmamme kuvata cinemascope-kuvasuhteessa (2.40:1) ei herättänyt YLEllä kannatusta. YLE haluaa ohjelmansa esitettävän täyden 16:9-kuvasuhteen (1.78:1) muodossa, mikä on täysin ymmärrettävää mustien palkkien minimoimisen kannalta.

Suunnittelimme tekevämme PAN & SCAN -kuvamuunnoksen TV-versioon, mutta lopulta pääsimme sopimukseen ja YLE:n versiokin jäi cinemascopeksi. PAN & SCAN -prosessissa kuvaa zoomataan sisään ja asemoidaan vastaamaan haluttua kuvasuhdetta. Prosessissa menetetään alkuperäinen kuvasommitelma.

3.3 Edit-yksikkö testit

Teimme erilaisia kameratestejä ja testasimme materiaalin siirtoa edit-yksikköön, joka oli Applen Final Cut. Final Cut osasi muuttaa REDin omat raw-kuvat, .r3d-tiedostot, HD-laatuiseksi Apple ProReseksi, joilla offline-leikkaus tulisi sujumaan tehokkaiden MAC-tietokoneiden avulla.

Edit-yksikkönä oli 8-ytiminen Mac Pro, 6 gigatavun muistilla. Koneen tehot riittivät mainiosti HD-kuvan leikkaamiseen. Lyhytelokuvan olisi voinut leikata heikommallakin koneella, mutta offline-materiaali olisi jouduttu pudottamaan SD-laatuun. HD-kuvan leikkaamisessa oli suurena etuna kuvan näkeminen mahdollisimman suurena, jotta virheet, kuten aiemmin mainitut kaapelit, jalustat, klaffivirheet yms., erottuisivat parhaiten.

ProRes-konvertointi oli aikaa vievä prosessi, joka piti ottaa huomioon materiaalin loggausvaiheen aikataulutuksessa. Final Cutista sai lähetettyä EDL-tiedoston (Edit Decision List) lopullisesta offline-leikkauksesta, kyseiseen jälkituotantotaloon. EDL on tiedosto, joka kertoo tekstimuodossa jokaisesta leikkaukseen liittyvästä yksityiskohdasta.

Leikkausyksikkö tuli siis testattua käytännössä. Vaihtoehtona olisi ollut Adoben Premiere CS4, joka olisi ollut vielä tehokkaampi .r3d-tiedostojen kanssa, mutta kohtasimme ongelmia äänitiedostojen linkittämisessä. Premiere CS4 ottaa .r3d-tiedostoja suoraan aikajanelle, ilman formaatin muuntamista. Tämä säästää aikaa turhalta renderöinniltä kokonaisprosessissa. Premiere leikkaa nk. proxy-menetelmällä eli käyttää alkuperäismateriaalin viitetiedostoja offline-materiaalina (Helmy).

Premiere CS4:ssä oli ilmeisesti "bugi", jonka takia aikajanelle tuotu kuva ja ääni ei pysynyt linkitettyinä. Ääni- ja kuvaklippejä ei siis saatu yhdistettyä (merge), joten leikkaaminen olisi tuottanut liikaa työtä äänen ja kuvan irrotessa jatkuvasti toisistaan.

3.4 Tehostekokeilut

Kuvasimme ennakkoon myös efektikuvia chroma-kangasta vasten. Käsitelimme testikuvat After Effectsissä ja toimme leikkeet ulos 2k DPX -kuvasarjana.

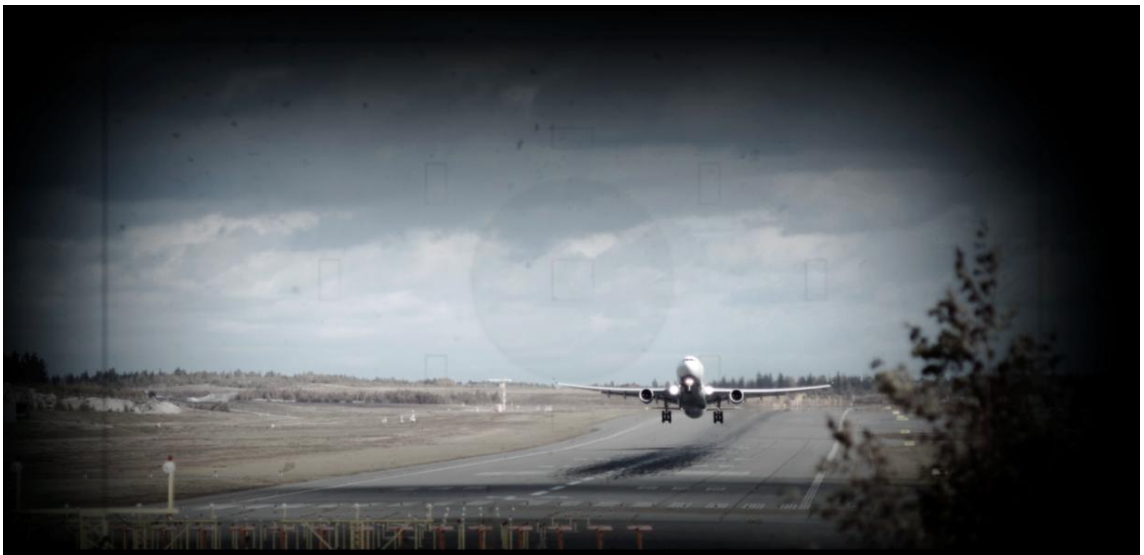
DPX (Digital Pictures Exchange) on 10-bittinen tiedostoformaatti, joka säilyttää kuvan värisyvyyden ja gammatiedon muuttumattomana suhteessa alkuperäiseen lähteeseen (Myllyniemi.).

Tiesimme tarvitsevamme efektikuvia ja konsultoimme erikoistehostetekijäämme asiasta. Sain jälkituotantotalosta tarkat tiedot, missä muodossa ja millä bittisyvyydellä tehostekuvien tulisi olla. Tässäkin työvaiheessa piti kiinnittää huomiota kuvanlaadun säilyttämiseen ja tiedostojen vientiasetusten testailuun meni oma aikansa.

Efektikuvien tarkoituksena oli tuoda kuvaan viimeinen silaus. Päätimme kuitenkin aivan aluksi, ettemme ala tehdä efektikikkailua ja käyttää niitä esim. lavastuksen korvikkeena. Meillä olisi ollut mahdollisuus kuvata asioita, joita pystyisimme poistamaan kuvasta. Esimerkkinä laajojen kuvien asiat, kuten kaupan logot ja mainokset, jotka etäännyttäsivät katsojaa elokuvan maailmasta. Luovuimme ideasta aikataulun takia, joten kaikki kuvat tulitaisiin kuvaamaan oikeissa lavasteissa. Joihinkin kuvaan lisättäisiin kuitenkin nyansseja, kuten savua tai muita parttikkeleita luomaan maailman visualista ankeutta. Myös päähenkilön kameranäkymä ja auto-onnettomuudet tuotettiin efekteinä (kuva 5. ja 6.).



Kuva 5. Tehostekuva lyhytelokuvasta *Pokayoke*. Kuvat A ja B liitettiin yhteen After Effectsissä. Tuloksena kuva C: mies jää kuorma-auton alle.



Kuva 6. Päähenkilön kameranäkymä eli POV (point of view).

3.5 Kovalevyt

Viimeisin, mutta tärkein esituotannollinen asia oli järjestää kovalevyt varmuuskopiointia varten. Hankimme tuotantoon kaksi RAID-kovalevyä, jotka olivat lukemiemme testiarvioiden perusteella luetettavia.

RAID-kovalevy on taltio, jossa on itsessään kaksi tai useampi kovalevy linkitettyinä toisiinsa. *Pokayokessa* oli käytössä LaCie:n Quadra (kuva 7.), joka sisälsi kaksi 500 Gt kovalevyä. RAID-levy oli asetettu safe-asentoon, joten se peilasi tallennettavan datan molemmille levyille. Etuna tässä varmimmassa asetuksessa on, jos esim. vasen kovalevy rikkoutuu, löytyy sama tieto vielä oikeasta kovalevystä. Tämä maksimoi tallennetun tiedon turvallisuuden.

Kovalevyt säilytettiin eri paikoissa esim. tulipalon tai muiden onnettomuustekijöiden varalta, eikä niitä kuljettetu koskaan samalla kyydillä. Kuvamateriaalin arvoa ei voi mitata rahassa, mutta sen säilyttämiseen voi vaikuttaa huolellisella suunnittelulla.



Kuva 7. LaCie Quadra RAID-levy safe-moodissa

4 KUVAUKSET

4.1 Materiaalin hallinta

Sovimme *Pokayoken* kuvauksissa materiaalinhallinnan säännöt. Päätimme, että 1. kamera-assistentti oli ainoa, joka saa formatoida RED Driven eli kameran kovalevyn. Näin välttyttiin epäselvyyksiltä ja virheiltiltä. Luvan formatointiin antoi ohjaaja, joka oli tuotannossa myös leikkaaja. Ohjaaja vei kuvauspäivän päätteeksi RED Driven kotiin ja siirsi materiaalit varmuuskovalevylle ja varmisti, että jokainen videoklippi toimii (kuva 8.). Joskus klipit voivat korruptoitua siirrossa eli niistä puuttuu jokin bitti, ja silloin videot eivät toimi ja klipit ovat käyttökeltottomia. Ohjaaja toi RED Driven kuvauksiin seuraavana päivänä ja teki toisen kopion materiaaleista nk. leikkauskovalevylle. Tämän jälkeen ohjaaja antoi luvan 1. kamera-assistenttille formatoida RED Driven.

Materiaalin hallintaan ei ole yhtä ja ainoaa vaihtoehtoa. Kukaan löytää tuotannolleen ja itselleen sopivimman vaihtoehdon. Havaitimme kuitenkin yllämainitun järjestyksen tehokkaaksi ja varmaksi.



Kuva 8. Varmuskopiot kahdelle levylle.

4.2 Valottaminen

Parasta kuvanlaatua kuvauksissa saavutettiin valottamalla kuvat huolellisesti, jättämällä pelivaraa dynamiikkaan. Kuvasimme monta kohtausta yöllä, hämärässä, nk. low key -valossa (kuva 9.). Kuvasimme myös paikoissa, joissa ei ollut sähköä, joten olimme pienten generaattorien varassa.

REDin raw-kuva ja Cooken S4-sarjan objektiivit suoriutuivat low key -ympäristöstä melko hyvin. Tarkkailimme monitorista RAW-histogrammia läpi kuvausten, joka kertoo kuvaan tallentuvan dynamiikan. RED oli herkkä kohisemaan tummilla alueilla jopa yhden aukon alivalotuksessa. Kohina on värikanavissa ilmenevää epäpuhtautta, jota pitää välttää kuvausvaiheessa. Kohisevaa kuvaa on huono työstää jälkikäsittelyssä, koska siitä puuttuu informaatiota. Joskus rakeinen kuvanlaatu on tarkoituksenmukaista ja kohinaa saatetaan tehdä tahallaan. Pyrimme liikkumaan valotuksen suhteen aina turvallisella puolella, ettei jälkityövaiheessa koituisi ongelmia.



Kuva 9. Pimeä tunneli valaistu generaattorin voimin.

4.3 RED Drive ja kenno

Kameran kovalevy, RED Drive, on herkkä tärinälle ja sitä myötä kasvaa datavirheiden määrä. Esim. autokiinnityksiin ja rajuun käsivarakuvaukseen on kovalevylle olemassa iskuja vaimentavia kehoja. Hyvänä kikkana on myös sijoittaa RED Drive kuvaajan povi-taskuun, jos kaapeli antaa myöten. REDillä on myös mahdollista kuvata muistikorteille, mutta 4k-resoluutiolla kuvattaessa niissä tulee rajoituksina vastaan kapasiteetti ja ylinopeuskuvien mahdoton kuvaaminen. Muistikortit ovat siis käteviä, jos kuvataan 2k-resoluutiolla tai tehdään rajuja kameraliikkeitä.

Pokayoken tuotannossa ei tullut kertaakaan datasiirtovirhettä tai drop frameja eli kuvan tärinästä johtuvia virheitä. RED on siis mielestäni melko varma kamera kuvan tallentamiseen. Ennaltaehkäisy ei kuitenkaan ole koskaan turhaa, kun kyseinen kamera on tietokone ja tallennusmedia kovalevy liikkuvine osineen. Drop framejen välttämiseksi suositellaankin kuvausmediaksi muistikorttia tai RED Ram -flash-muisti-levyä. Joskus jopa kovat äänet, kuten musiikkivideoiden kuvauksissa yleensä on, saattavat aiheuttaa lukuisia drop frameja (Probst).

Rajut kameraliikkeet ovat muutenkin pullonkaula kuvanlaadullisesti. REDissä on CMOS-kenno, jossa on elektroninen, pyörivä suljin (rolling shutter). Päivastoin kuten filmikameroiden fyysinen peilisuljin, elektroninen suljin valottaa kuvan juova kerrallaan. Filmikamera valottaa koko kuvan kerrallaan. Tämä saattaa näkyä REDissä nopeissa pannauksissa kuvan vääristymisenä: pystysuorat objektit muuttuvat vinoiksi (kuva 10.) (skew), ikään kuin kamera ei olisi suorassa. Kuva saattaa myös tehdä hyllyvää liikettä (wobble) ja nopeat salamavalot tallentuvat vain osaan alueeseen kuvasta (Probst). *Pokayoken* kuvauksissa käytettiin salamavaloja ja olikin tuurista kiinni, koska salama osui sektorille ja valotti koko ruudun (kuva 11.).



Kuva 10. Kuva vääristyy (skew) nopeassa panoroinnissa.



Kuva 11. RED One rolling shutter - salamavalo valottunut vain osasta ruutua.

Kuvaustilanteessa on huomioitava myös seuraavia kuvanlaatuun liittyviä seikkoja. RED kuumenee helposti, koska kameran jäähdytin on sijoitettu rungon alaosaan. Ongelmana on se, että lämpö nousee ylöspäin, joten suunnittelussa on parantamisen varaa. Komponentit ja elektroniikka, mukaanlukien Mysterium-kenno, sijaitsevat kameran keski- ja yläosassa. (Probst.)

Ylikuumentumisen on havaittu aiheuttavan pystyviivoja kuvaan. Streak-efekti näkyy monitoroinnissa ja tarttuu ikävästi lopulliseen kuvamateriaaliin. Jos kuvaa erittäin lämpimissä olosuhteissa, suositellaan kameran sammuttamista aikajoin tai kuivajään käyttöä. Kameran sammuttamiseen ei tosin ole yleensä aikaa, koska REDin käynnistämiseen kuluu vajaa kolme minuuttia ja ne voivat useasti olla tärkeitä minuutteja kuvauspäivän aikana. (Probst.)

5 JÄLKITYÖT

5.1 Offline-leikkaus

Jälkityöt aloitettiin samantien kuvausten jälkeen viemällä .r3d-tiedostot Final Cuttiin ja konvertoimalla kuvat HD-laatuun Apple ProRes -tiedostoiksi. Offline leikattiin HD-laatusena, koska koneet pystyivät siihen ja monitorointi oli miellyttävämpää katsella. Tiedostot voidaan pienentää offline-leikkausta varten niin pieniksi, kuin leikkausyksikön tietokone vaatii (kuva 12.).

Leikkaaja loggasi sisään aluksi ainoastaan kuvaussihteerin raporttien mukaiset parhaat otot. Tämä keino säästää kovalevytilaa ja nopeuttaa konvertointiprosessia. Yksittäisiä kuvia on nopea logata sisään, jos tarvitsee kokeilumielessä muita ottoversioita.

Viimeisestä leikkausversiosta tehtiin playout-tiedosto, joka meni äänisuunnittelijalle ja online-leikkaajalle. Onlineen tehtiin myös EDL-tiedosto, jonka mukaan leikkauskohdat ja klipit löytyvät.

Offline-vaihe ei vaikuta tuotokseen kuvanlaadullisesti. Se on vasta demo, mitä tuleman pitää. Tärkeää on kuitenkin pitää logiikka tiedostojen nimeämisessä, jotta kuvat linkittyisivät alkuperäiseen online-materiaaliin. *Pokayokessa* ei muutettu .r3d tiedostojen nimiä, koska olivat jo kuvaussihteerin raporteista asti kulkeneet samalla nimeämisperiaatteella.



Kuva 12. Offline-edityksikkö Final Cut. Seinällä kuvakäsikirjoitus.

5.2 Erikoistehosteet

Kuvaleikkauksen tultua valmiiksi, valitsimme aikajanalta erikoistehostekuvien klippitiedot ja aikakoodit. Valikoidut otot toimitettiin .r3d-tiedostoina visuaalisten tehosteiden tekijälle After Effectsiin, joissa kuvat työstettiin framen tarkkuudella lopulliseen leikkaukseen nähden. REDin .r3d-kuvat työstettiin 2k-laatusena. Vältimme turhaa renderöimistä, sillä 2k-kuvan käsittely vei runsaasti aikaa. Eli tehostekuvat lyötiin lukkoon eikä niistä tehty erikseen nk. kokeiluversiota.

Erikoistehosteiden tekijämme työsti lopulliset tehostekuvat After Effectsillä. After Effects CS4 (AE) tukee myös .r3d-tiedostoja natiivisti, kuten tuoteperheeseen kuuluva Premiere CS4, joten projektin luominen ei vaadi mitään tiedostomuunnoksia. Tämä

prosessi auttaa säilyttämään kuvanlaadun muuttumattomana. AE:n asetuksista määriteltiin komposition kooksi 2k (2048x1152), koska tämä olisi lopullinen resoluutio. Projektin output-asetuksista valitsimme Cineonin DPX-kodekin ja renderöimme kuvat 10-bittisiksi, oletus gammakäyrällä.

RED käyttää gamma- ja väriasetusten metadataan nk. Lookup Tableja (LUT). Ne ovat käteviä kuvaustilanteessa, kun halutaan katsoa kuvaa muuten kuin latteana raw-kuvana. LUTit antavat mahdollisuuden katsoa ikään kuin valmista, värimääriteltyä kuvaa. LUTit siirtyvät tiedostojen metadatan mukana jälkitöihin ja After Effectsissä pitääkin valita outputista, ettei jää väärä LUT-vaihtoehto päälle.

Vaihtoehtoina gamma- ja väriasetuksiin ovat REC 709, REDSpace, Camera RGB. Valitsimme REC 709:n, koska se osoittautui meidän tapauksessa parhaimmaksi. REC 709 kannattaa valita, kun värimäärittely tehdään käyttäen .r3d-tiedostoja. Se tuntui kaikista dynaamisimmalta vaihtoehdolta ja antoi enemmän mahdollisuuksia.

Valmiit tehostekuvat tuotiin ulos AE:sta 2048x1152 DPX-kuvasarjoina. Tehostekuvissa pyrittiin säilyttämään raw-kuvamaisuus, gamma-asetuksia ja värisyvyyttä silmällä pitäen.

5.3 Online-leikkaus ja värimäärittely

Jälkituotantotalon etuihin kuuluu työskentely ammattilaisten kanssa. *Pokayoken* värimäärittely ja masterointi olisi voitu tehdä koulun kalustolla, opiskelijavoimin ja ilman HD-monitorointia, mutta se olisi vienyt aikaa ja tuottanut mahdollisia ongelmia tiedon ja taidon puutteen vuoksi. Koska budjetissamme oli siihen varaa, teimme jälkityöt jälkituotantotalossa.

Pokayoke viimeisteltiin HD-post-nimisessä jälkituotantotalossa scratch-värimäärittelyyksikössä. Scratch pystyy pyörittämään 2k-kuvaa reaaliajassa ja tekemään värimäärittelyn lennosta ilman väli-renderoimista. Scratch-operaattorin ja kuvaajan kanssa 15-minuuttisen lyhytelokuvan värimäärittely vei noin 4 tuntia. Lopputulos nähtiin HD-monitorista, SD-monitorista ja HD-tykillä projisoituna isolta valkokankaalta. Näin pys-

tyimme tarkkailemaan kuvaa eri lähteistä ja saamaan mahdollisimman optimaalisen kokonaiskuvan lopputuloksesta (kuva 13).



Kuva 13. Scratch-värimäärittely-yksikkö.

Tehostekuvat tuotiin värimäärittely-yksikkö Scratchiin yhdessä muiden kuvien kanssa. Tehostekuvat tuotiin aikajanelle DPX-kuvasarjoja ja muu kuvamateriaali .r3d-tiedostoina. Leikkaustiedot löytyivät offlinea tuodusta EDL-tiedostosta. Projekti oli tässä vaiheessa tiputettu 4k:sta 2k:ksi, koska Scratch on siihen optimoitu.

Vaihtoehtoisesti tehostekuvat olisi voitu toimittaa Scratchiin TIFF- tai EXR-muodossa. Nämä ovat myös pakkaamattomia kuvasarjoja, mutta hieman raskaampia esim. Scratch-ympäristössä. TIFF ja EXR ovat 16-bittisiä tiedostomuotoja (Lehtomäki). Päädymme sujuvampaan DPX:ään myös siksi, koska sen sai tuotua ulos After Effectsistä.

Online-leikkaaja kasasi projektin aikajanelle ja vertasi sitä playouttiin, joka oli elokuvan lopullisen kuvaleikkauksen vedos. Näin onlineleikkaaja varmisti, että jokainen leikkauskohta ja häilytys yms. olivat oikeassa kohtaa ja oikean mittaisia. Tässä vaiheessa kuvanlaatu oli edelleen alkuperäisen veroista, lukuunottamatta 2k-resoluutioon tiputtamista. Värimäärittelimme .r3d-tiedostoja, joten käytössämme oli koko alkuperäisen kuvan tarjoama dynamiikka. Kuvista saatiinkin puristettua irti yllättävän paljon. Alivalottu-

neiksi pelätyt kuvat taipuivatkin haluamiksimme ja sävyt ja kontrastit saatiin kohdalleen.

Värimäärittelijä poistaa heti aluksi kaiken RED-tiedostojen metadatan (LUTit) jonka jälkeen kuva on raakaa lineaarista dataa. Alkuun tehdään pienet gammakorjaukset tai kuvaajan haluamat LUT-vaihtoehdot. Kuva on tässä vaiheessa tummaa ja latteaa, eli kirkaat ja tummat päät puuttuvat kuvasta. Tällaisesta kuvasta paljastuukin onko kuva valotettu oikein, ja tähän vaiheeseen on aina hyvä palata, kun haluaakin kokeilla jotain muuta. (Myllyniemi.)

Toiset kuvaajat tykkäävät valottaa high lightit turvallisesti ja toiset antavat palaa niiden puhki. Tärkeää on kuitenkin muistaa, ettei REDin dynamiikka kestä filmin lailla informaation esille kaivamista ja valotus suositellaankin tehtävän esim. ihmisen kasvojen mukaan. Näin vältetään korjailun myötä tulevan kohinan määrää. (Myllyniemi.)

Jos tuotos tullaan esittämään televisiossa, kannattaa kuvaan tehdä terävöitysprosessi, joka parantaa kuvanlaatua SD-lähetyksissä, joita katsellaan HD-televisiolla (Myllyniemi).

Tärkeintä on tuntea media, jonka kanssa työskentelee ja jota muokkaa. Pitää tietää, mitä materiaalille tehdään, kun se otetaan talteen kovalevyllä. Se on kriittisin vaihe, jossa voidaan mennä metsään. (Myllyniemi.)

5.4 Masterointi

Alku- ja lopputekstit oli myös tuotu After Effectsistä DPX:inä, joten kuvan masterointi oli värimäärittelyn jälkeen valmis. Elokuva tuotiin ulos Scratchista 2k 10-bittisenä DPX-kuvasarjana, joka oli parhaimman laatuinen tiedostomaster meidän käyttöön. 15 minuutin lyhytelokuva ilman ääniraitaa vei kovalevyllä n. 200 gigatavua.

Masterointiin tarvittiin siis äänen ja kuvamateriaalin lisäksi alku- ja lopputekstit sekä muu tarvittava grafiikka. Yleisesti ottaen on suotavaa, että kaikki materiaali toimitetaan kerrallaan, niin prosessissa säästetään aikaa ja rahaa. On kuulemma tavallista, että

tuotantoyhtiöt toimittavat em. asioita ripotellen, jolloin työmäärää kertyy huomattavasti enemmän.

Toimme lopulliseen masterointiin ääniraidan ja teimme elokuvasta HD-laatuiseen Apple ProRes-tiedoston sekä DigiBeta-nauhakopion elokuvafestivaaleja varten. Apple ProReseista teimme huippulaatuiseen DVD- ja Blu-Ray-kopion Adobe Encorella, joista tehtiin myös vaihtoehdot esityskopioiksi elokuvafestivaaleille. DVD ja Blu-ray ovat hyviä medioita, koska mahdollistavat monikanavaäänen käytön.

DVD-authorointiohjelma Adobe Encore otti Apple ProResia sisään suoraan, ja näytti täysillä asetuksilla erinomaiselta. Blu-rayn ja DVD:n pakkaukseen käytettiin constant bitrate-vaihtoehtoa, täydellä bitratelle. Encoressa täytyy muistaa, että ohjelma tarjoaa suurempaa bitratea, mitä formaatti pystyy käsittelemään. Esimerkiksi perus-DV ei kestä täyttä bitratea ja se saattaa näkyä kuvanlaadussa. Pitää siis tuntea materiaali ja sen bitrate-rajoitukset, ennenkuin pakkaa sen DVD:lle tai Blu-raylle.

Myös YLEä varten tuotettiin DigiBeta-kopio. YLEllä on omat kuvanlaatu- ja äänistandardit, jotka ovat äärimmäiset tarkat. Tätä versiota varten teetimme HD-postissa eri version, jotta kaikki asetukset olisivat oikein.

Jos haluaa ehdottomasti nauhamasterin, on Sonyn HD CAM SR mainio vaihtoehto. Se pystyy taltioimaan 1980 x 1080 resoluutioista HD-kuvaa 10-bittisellä 4:4:4-värinäytteellä sekä 12 kanavaa 24bit 48kHz ääntä.

Tämänkaltaisen masterin kanssa kannattaa huomioida, että nauha vaatii oman erikoisnauhurinsa, jota ei normaalisti löydy kuin jälkituotantotaloilta. Eli jos haluaa tehdä esim. lisää DVD-kopiota, tulee nauhalta siirto kalliimmaksi kuin tiedostokopion kanssa työskentely.

Tämän takia *Pokayoken* master on 2k DPX -kuvasarja, koska se vaatii ainoastaan ohjelmiston (esim. After Effects), jolla sen voi muuttaa haluamaansa muotoon ja jopa 35 mm:n filmikopio valmistuu näppärästi. Tiedostomasterin kanssa pitää olla huolellinen, että siitä on tarpeeksi monta varmuuskopiota.

6 YHTEENVETO

Opinnäytetyöhöni kerätty materiaali on eräänlainen manuaali, jonka olisin itse halunut lukea ennen kuin aloitin *Pokayoke*-lyhytelokuvan tuotannon.

Työnkulun tutkiminen, testailu ja haltuunotto on aikaa vievä prosessi, johon on hyvä perehtyä teoriapuolen kautta, jotta voi ymmärtää paremmin asioiden teknistä puolta. Omaan taustaan kuuluu DVD-authorointi ja videokuvan pakkauksen tutkiminen. Onkin ollut etu, että ymmärtää tiedostomuotoja ja niiden mahdollisuuksia sekä järkeviä pakkausmenetelmiä.

Suuri osa tiedosta on löydettävissä melko helposti ja alalla on ihmisiä, jotka vastaavat mielellään kysymyksiin. Suosittelen aiheesta kiinnostuneille lähdeluettelon nimikkeitä, joiden avulla löytyy vielä enemmän materiaalia.

Teos-osani asetti omat haastensa, koska tavoitteena oli tehdä parhaimman laatuinen elokuva, mitä meidän budjetilla ja resursseilla pystytään. Ja kuvauksen opiskelijana kuvanlaatu näkökulmana oli luonteva ratkaisu.

Yksi ehkä tärkeimmistä valinnoista oli se, että jokaiselle osa-alueelle oli oma tekijänsä. Tuotantomme ei ollut tavallisesti opiskelijatuonnolle ominainen "yhden miehen show", vaan tällä kertaa taiteellisesti vastuullisia ihmisiä oli jakamassa ammattitaitoaan ja näkemystään. Esimerkiksi omasta oppilaitoksestani ei valmistu lavastajia, pukusuunnittelijoita tai maskeeraajia. Halusin elokuvaamme jokaisen osa-alueen tekijän, joka on joko opiskelija tai ammattilainen, ja orientoitunut täysin rooliinsa. Eli mielestäni kuvanlaatu on myös ryhmätyötä eikä vain bittejä tai tekniikkaa.

Odotin tutkimusta tehdessäni saavani tarvittavan tiedon työnkulusta. Mutta koska tietoa löytyy laajasti, ohjauduin useasti aiheen sivuhaaroille ja löysin enemmän, mitä tarvitsin. Ei riitä, että osaa tehdä mekaanisesti jonkin asian tutoriaalın mukaan. Tärkeämpää on ymmärtää, miksi ja miten asiat toimivat.

RED One on kamerana vasta alkua. REDin valmistaja on luvannut lähitulevaisuudessa julkaista mm. entistä herkempiä kennoja, kuten juuri julkaistu Mysterium-X, 800 ASAn

optimoinnilla. Myöhemmin julkaistavan RED Epicin luvataan pystyvän kuvaamaan 5k, 6k, 9k ja jopa 28k-formaatteja. Tällainen kehityskaari vaatii myös jälkityö-yksiköiltä suuria päivityksiä raskaan kuvan käsittelemiseksi.

RED ei ole ainoa lajissaan. Digitaalisen elokuvaamisen saralla on tapahtunut muutoksia mm. järjestelmäkameroiden keskuudessa. Canonilta on tullut 5D- ja 7D-mallistoon HD-kuvaa tallentavia tehokkaita kameroita, joilla tuotetaan mm. mainos-spotteja ja musiikkivideoita. Resoluutiot tulevat kasvamaan ja sitä myötä tiedoston pakkaus kehittyy kompaktimmaksi. Vaikka laitteisto ja tekniikka muuttuu, pysyy työnkulku ja sen perusperiaatteet samana.

LÄHTEET

Galt John, 2009. Creative Cow: The Truth About 2k, 4k and The Future of Pixels. [Verkkodokumentti]

<<http://magazine.creativecow.net/article/the-truth-about-2k-4k-the-future-of-pixels>>
(luettu 4.4.2009).

Helmly Dave, 2008. Using the RED Camera Raw and CS4. Adobe TV, 2008.

[Flash-video] <<http://tv.adobe.com/watch/davtehtable/using-the-red-camera-raw-and-cs4/>> (katsottu 15.9.2009)

Kortesmäki Joonas, 2007. Avainnustekniikat kuvaajan näkökulmasta. Opinnäytetyö, Stadia, viestinnän koulutusohjelma. [Verkkodokumentti]

<https://oa.doria.fi/bitstream/handle/10024/36365/Kortesm%c3%a4ki_Joonas.pdf?sequence=2> (luettu 2.4.2010).

Probst Christopher, 2010. Working with the Red. American Cinematographer, 2/2010, sivut 56-67.

RED Digital Cinema Cameras. [Verkkodokumentti]

<<http://www.red.com>> (luettu 19.4.2010).

Wikipedia, Red Camera. [Verkkodokumentti]

<http://wikipedia/wiki/Red_camera> (luettu 20.1.2010).

HAASTATTELUT:

Lehtonen, Tommi 2009. Visual effects artist. Trix.fi. Sähköpostikeskustelu 7.1.2009

Myllyniemi, Jussi 2010. Digital colorist. HD-post. Haastattelu 15.4.2010.