



# Sähkötekniikan laboratorion ohjeiden digitalisointi

Esa Kukkonen

OPINNÄYTETYÖ  
Joulukuu 2019

Sähkö- ja automaatiotekniikka  
Sähkövoimatekniikka

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Sähkö- ja automaatiotekniikka  
Sähkövoimateknikka

KUKKONEN, ESA:  
Sähkötekniikan laboratorion ohjeiden digitalisointi

Opinnäytetyö 19 sivua  
Joulukuu 2019

---

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tuottaa opetusvideoita Tampereen ammattikorkeakoulun sähkötekniikan laboratorioon. Opetusvideoilla tarkoitetaan lyhyitä, noin 3 – 5 minuutin pituisia videoita eri mittalaitteiden ja työvälineiden toiminnosta. Videoiden avulla opiskelijoiden on mahdollista tutustua laboratoriotöissä käytettäviin laitteisiin jo ennen laboratorioon saapumista.

Videoiden oli tarkoitus olla selkeitä ja yksinkertaisia, sekä kestoiltaan sellaisia, että katsojan on helppo keskittyä videon katsomiseen. Opettajat voivat antaa videot opiskelijoiden saataville esimerkiksi nykyisten pilvipalveluiden välityksellä, jolloin videot ovat kaikkien saatavilla internetin välityksellä ajasta ja paikasta riippumatta.

Videoiden aiheiden valinnassa hyödynnettiin opiskelijan näkökulmaa, jolloin saatiin valittua videoihin sellaiset aiheet, joista olisi mahdollisimman paljon apua uusille opiskelijoille. Aiheiden valinnassa oli näin ollen vapaat kädet, aiheet kuitenkin hyväksytettiin opettajalla. Opinnäytetyössä perehdytään tehoanalysointin ja kuormituspenkin turvalliseen ja oikeaoppiseen käyttöön, sekä yleiseen laboratorioissa työskentelyyn,

Lopullisissa videoissa käytetty kuvamateriaali kuvattiin Tampereen Ammattikorkeakoulun sähkötekniikan laboratorion tiloissa. Videoissa haluttiin saavuttaa riittävä kuvanlaatu, joten videot on kuvattu videokameralla, jalustaa hyödyntämällä. Kuvamateriaalista on myöhemmin koostettu editointiohjelmalla sopivan mittaisia ja sisällöltään selkeitä videoita. Äänenlaadun varmistamiseksi videoihin on lisätty päälle erillinen ääniraita, jotta äänenlaatu on riittävällä tasolla. Opinnäytetyön kirjallisessa osiossa kerrotaan videoiden tuotantoprosessista ja näin ollen valmiit videot ovat opinnäytetyön pääosassa.

## **ABSTRACT**

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme Electrical Engineering  
Option of Electrical Power Engineering

KUKKONEN, ESA  
Digitalization of electrical laboratory instructions

Bachelor's thesis 19 pages  
December 2019

---

The purpose of this bachelor's thesis was to produce short education videos for Electrical laboratory of Tampere University of Applied Sciences. Students can use these videos for distance learning. Lecturers can share the videos for the students via Tabula.

Education videos share information how to use the measurement devices and other laboratory equipment correctly. Measuring devices and laboratory equipment includes power analyzer and control desk which is used to apply load on the axle of electric motor. The videos are focused how to use these devices safely and correctly.

The videos were filmed in Electrical laboratory of Tampere University of Applied Sciences. The gathered footage went through editing phase, where footage was cut. After editing the commentary lines were recorded. After editing and recording the videos were put together.

---

Key words: education video, electrical laboratory, measuring device

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	5
2	OPETUSVIDEOT .....	6
	2.1 Videoiden tarkoitus.....	6
3	KUVAUSLAITTEET JA AIHEET .....	7
	3.1 Kuvattavat aiheet .....	7
	3.2 Kuvauslaitteet.....	8
4	VIDEOIDEN KUVAAMINEN .....	10
	4.1 Fluke 43 B.....	10
	4.2 Servomootorin ohjauspulpetti.....	12
5	EDITOINTI .....	15
	5.1 Leikkaaminen .....	16
	5.2 Äänitys .....	17
	5.3 Viimeistely .....	17
6	POHDINTA .....	19
	LÄHTEET .....	20

## 1 JOHDANTO

Tämän työn tarkoituksena on auttaa Tampereen Ammattikorkeakoulun sähkö- ja automaatiotekniikan opiskelijoita oppimaan TAMK:n sähkötekniikan laboratoriossa käytettävien mittalaitteiden hallintaa.

Lähiopetustuntien väheneminen näkyy laboratoriossa siten, että laboratoriotöiden ohjaajat eivät enää ehdi auttamaan opiskelijoita riittävästi mittalaitteiden ja työvälineiden käytössä. Jotta laitteiden käyttö olisi kuitenkin mahdollisimman sujuvaa, on päätetty kuvata opetusvideoita, joissa opastetaan mittalaitteiden ja työvälineiden käyttöä.

Opetusvideoiden tarkoituksena on edesauttaa opiskelijoiden valmistautumista jo etukäteen ennen laboratorioon saapumista. Videoiden avulla opiskelijat voivat opetella mittalaitteiden ja työvälineiden toimintoja, jo ennen laboratorioon saapumista. Tämän vuoksi ohjaajilla jää enemmän aikaa tulosten käsittelyyn työryhmän kanssa, eikä kaikki aika kulu laitteiden käytön opastamiseen.

Ohjaajat voisivat liittää TAMK:n Tabulaan tai Office-365 Teaching materials -palveluun linkit, joiden takaa opiskelijat voivat katsoa opetusvideot silloin, kun se heille parhaiten sopii.

## 2 OPETUSVIDEOT

### 2.1 Videoiden tarkoitus

Opetusvideoiden tarkoitus on auttaa opiskelijoita laboratoriotöissä. Videoilla pyritään korjaamaan lähiopetustuntien vähenemisestä aiheutuvaa ongelmaa. Lähiopetuksen väheneminen laboratoriotöissä näkyy ensisijaisesti siten, että ohjaajalla on vähemmän aikaa työryhmää kohden. Ohjaajan aika ei yksinkertaisesti riitä jokaisen mittalaitteen käytön opastamiseen.

Opetusvideoiden avulla opiskelijat voivat valmistautua mittalaitteiden ja työvälineiden käyttöön jo etukäteen, ennen laboratorioon saapumista. Näin ollen ohjaajalle jää enemmän aikaa työryhmien ongelmatilanteiden ratkomiseen sekä tulosten käsittelyyn.

Videoiden on tarkoitus olla yksinkertaisia, mutta riittävän kattavia, jotta opiskelijoiden on helpompaa käyttää mittauksissa tarvittavia toimintoja. Videoille määritettiin pituudeksi muutamasta minuutista viiteen minuuttiin, jotta mielenkiinto säilyisi koko videon ajan.

Videoiden tulee opiskelijoiden saatavilla helposti, riippumatta ajasta tai paikasta. Tähän voidaan käyttää esimerkiksi TAMK:n Tabulaa tai Teaching Materials -palvelua, jonne ohjaajat voivat liittää linkin tiettyyn videoon.

### 3 KUVAUSLAITTEET JA AIHEET

#### 3.1 Kuvattavat aiheet

Ennen videoiden kuvaamista oli määritettävä, mistä laitteista olisi hyvä tehdä opetusvideoita. Laitteiden määrittämisessä hyödynnettiin henkilökohtaista mielipidettäni opiskelijan näkökulmasta. Lisäksi huomioitiin jo aiemmin tehdyt videot, jotta saadaan videot tehtyä mahdollisimman monesta eri laitteesta. Keskustelut opinnäytetyön ohjaajan kanssa johtivat lopulta siihen, että valituksi tuli seuraavat aiheet:

- Fluke 43 B peruskäyttö, oskilloskooppikäyttö, yliaallot ja datan siirto tietokoneelle
- Kuormituspenkki, Servomootorin käyttö, momenttisäätö, nopeussäätö

Kuvattavia aiheita rajattiin käyttämällä apuna laboratoriotyöohjeita, jotta videoista saatiin sopivan tiiviitä paketteja. Työohjeiden avulla laitteista rajattiin ominaisuuksia ja toimintoja, joita opiskelijoille haluttiin tuoda esiin. Näin ollen yhdestä laitteesta saatiin tehtyä useampi video, jotta koko laitteen esittely ei olisi samassa videossa. Laitteista päätettiin tehdä seuraavanlaisia videoita

- Fluke 43 B peruskäyttö ja yliaallot
  - o Sisältää mittalaitteen tärkeimmät valikot ja niiden sisällön, sekä käyttö yliaaltolähteiden kanssa
- Fluke 43 B käyttö oskilloskooppina
  - o Mittarin käyttäminen oskilloskooppina ja tärkeimmät ominaisuudet
- Fluke 43 B Mittausdatan siirto tietokoneelle
  - o Mittausdatan siirtäminen tietokoneelle ja tallentaminen opiskelijan omaan hakemistoon.
- Kuormituspenkki suunnanvaihto, pyörimisnopeuden ja kuormitusmomentin säätö
  - o Servomootorin käyttö molempiin suuntiin, pyörimisnopeuden säätö, kuormitusmomentin säätö

- Kuormituspenkki muuttuva momentti
  - o Servomoottorin käyttö, kun kuormitusmomentti muuttuu ajan funktiona

### 3.2 Kuvaslaitteet

Videoita varten hankittiin kuvauslaitteisto. Kuvaslaitteiston ostoon myönnettiin 500 euron budjetti, jolla oli tarkoitus hankkia videokamera, muistikortti ja jalusta. Tarjouspyyntöjen ja tarjousten jälkeen laitteiksi valittiin

- Sony HDR-CX450B -videokamera
- SanDisk Extreme microSDXC V30 64GB -muistikortti
- Slik U8000 -jalustapaketti

Videoiden laadun varmistamiseksi kameran kuvanlaadun piti olla vähintään HD-laatua, jotta videoista saatiin riittävän selkeitä. Lisäksi kuvauksissa käytettiin jalustaa, jotta videoiden laatu ei kärsi esimerkiksi kameran heilumisesta. Kuvakulmat valittiin siten, että videolla näky selkeästi kuvattava laite ja laitteen näyttö.



KUVA 1. Sony HDR-CX450B -videokamera. ([www.sony.fi](http://www.sony.fi))





---

KUVA 2. Slik U8000 -kamerajalusta. ([www.slik.com](http://www.slik.com))

## 4 VIDEOIDEN KUVAAMINEN

Videot kuvattiin Tampereen Ammattikorkeakoulun sähkövoimatekniikan laboratoriossa. Kuvattavien laitteiden toimintoja esiteltiin käyttämällä avuksi laboratoriotöissä käytettäviä laboratoriotyöohjeita. Työohjeiden avulla videoille saatiin kuvattua laitteiden toimintoja, joita tarvitaan laboratoriotöissä. Videoilla ei käsitellä laboratoriotöissä tehtäviä tutkimuksia vaan ainoastaan laitteiden käyttöä.

### 4.1 Fluke 43 B

Fluke 43 B tehoanalysaattorista kuvatuissa videoissa esiteltiin mittalaitteen tärkeimpiä toimintoja, joita tarvitaan laboratoriossa tehtävissä töissä.

Videolla esiteltiin mittalaitteen päävalikosta löytyvä Instrument setup -valikko, josta löytyy mittapäiden skaalaukseen liittyviä asetuksia Probe -alavalikosta. Ennen töiden aloitusta on hyvä tarkistaa Probe -valikosta, että molempien kanavien skaalaukset ovat valittu käytettävien mittapäiden tai virtapihdin mukaisesti.

Fluke 43 B:n mittaustoiminnoista esiteltiin valikosta löytyvät VOLTS/AMPS/HERTZ -toiminto, POWER -toiminto, HARMONICS -toiminto, sekä SCOPE -toiminto.

VOLTS/AMPS/HERTZ -toimintoa käytettäessä mittarin näytöllä kanavassa yksi näkyy mitattavan jännitteen käyrämuoto, jännitteen mitattu arvo, sekä taajuus. Kanavassa kaksi näkyy mitattavan virran käyrämuoto sekä mitattu arvo.

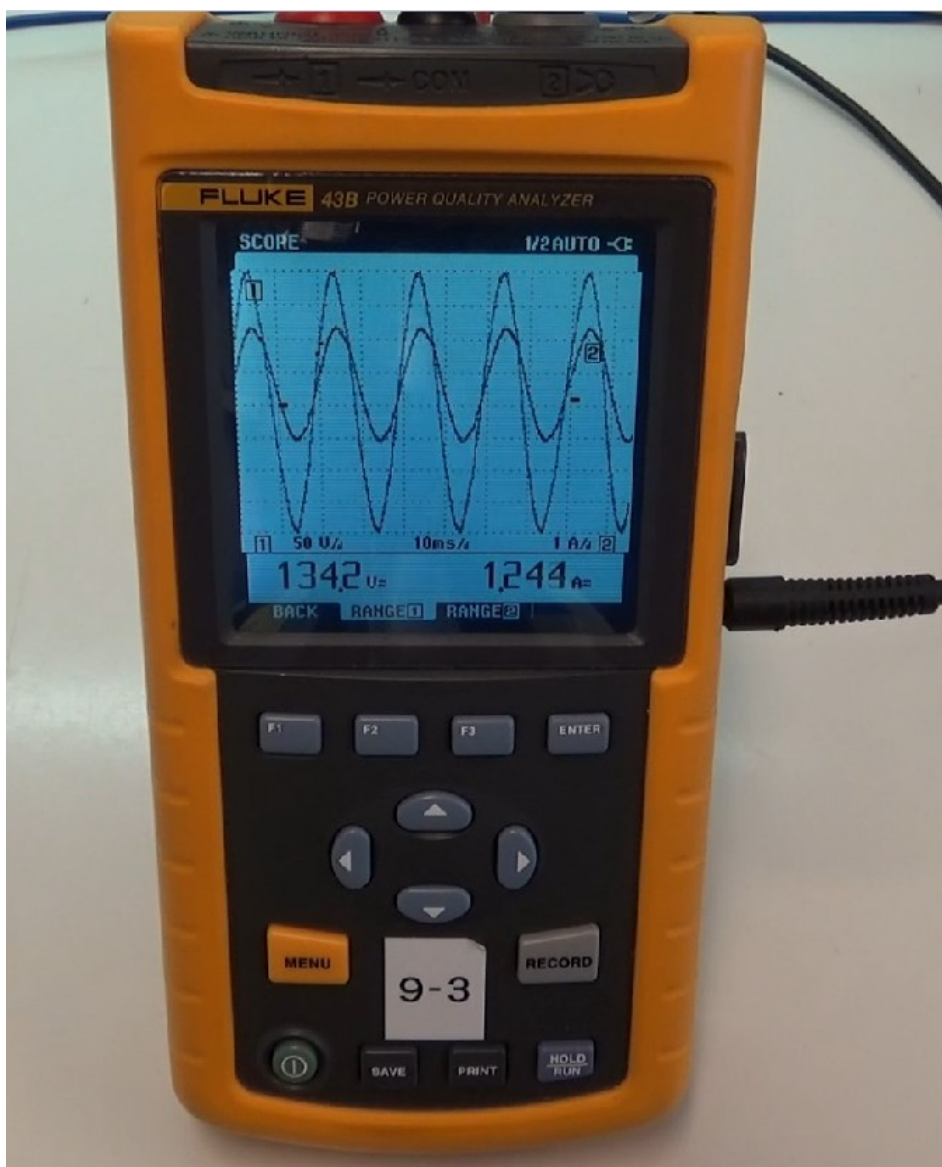
POWER -toiminnon avulla voidaan eritellä mitattavan kohteen eri tehot. Mittari näyttää kohteen pätötehon, näennäistehon sekä loistehon. Tehojen lisäksi näytöllä näkyy tehokerroin.

HARMONICS -toiminnon avulla nähdään yliaaltolähteistä aiheutuneet jännitteen ja virran särökomponentit. Mittalaitteen näytöltä voidaan nähdä virran ja jännitteen THD-prosentti. THD-prosentin eli säröprosentin avulla voidaan arvioida ver-

kosta tulevan sähkön laatua ja voidaan huomata että, mitä suurempi säröprosentti, sen huonolaatuisempaa sähköä verkosta tulee. Säröprosentin ollessa pieni, verkon sähkönlaatu on hyvä.

SCOPE -toiminnon avulla voidaan Fluke 43 B mittaria käyttää oskilloskooppina. Videolla esitellään oskilloskooppitoiminnon tärkeimpiä toimintoja, kuten esimerkiksi mitattavien signaalien pysty- ja vaaka-akseleiden muuttaminen ja Trigger-toimintoon eli liipaisutoimintoon liittyviä asetuksia.

Lisäksi esitetään kuinka Fluke 43 B mittalaitteesta siirretään mittausdataa tietokoneelle, Fluken ohjelmiston avulla. Videolla esitetään mittalaitteen kytkentä tietokoneeseen ja tietokoneella käytettävän ohjelmiston käyttöä ja datan analysoiminen tietokoneella.



KUVA 3. Fluke 43B oskilloskooppina.

## 4.2 Servomoottorin ohjauspulpetti

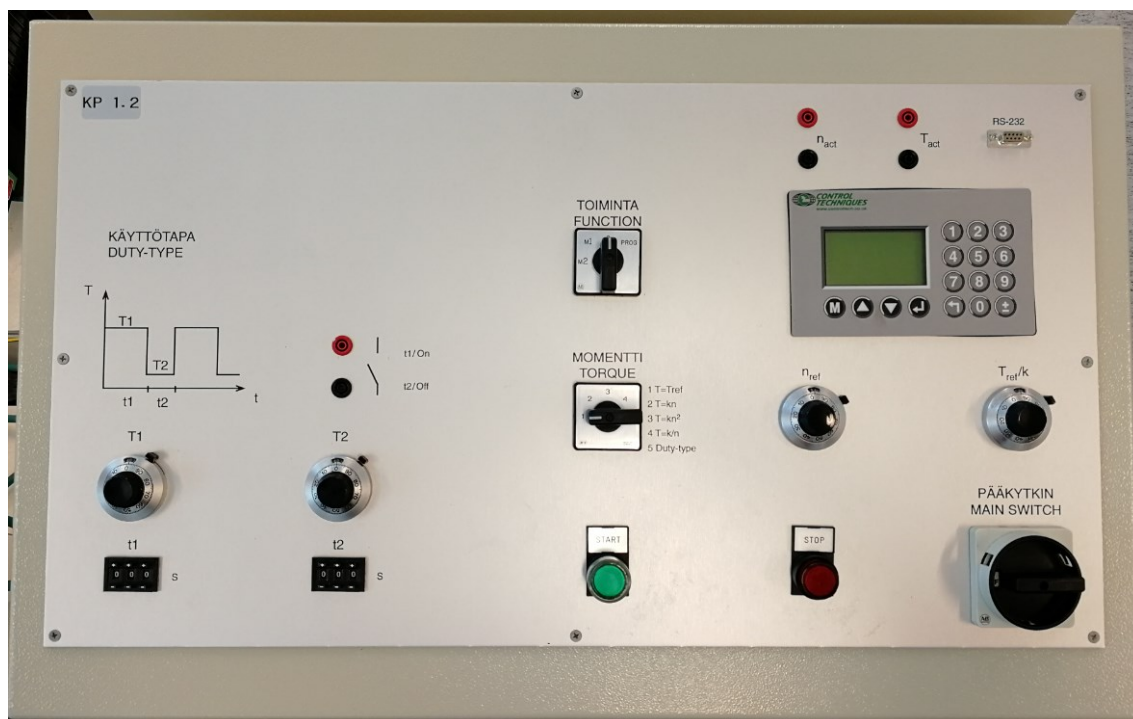
Servomoottorin ohjauspulpetin avulla voidaan ohjata servomoottoria. Servomoottoria voidaan ohjata, joko momentti- tai nopeusohjauksella.

Momenttiohjauksen tarkoitus on kuormittaa tavallista sähkömoottoria. Servomoottori aiheuttaa sähkömoottorin akselille vastamomenttia, jolloin sähkömoottorin kuormitus kasvaa. Vastamomenttia pystytään säätämään ohjauspulpetissa olevien valitsimien ja potentiometriä avulla. Asetetun momentin määrän pystyy tarkistamaan pulpetin kannessa olevasta näytöstä.

Ohjauspulpetista voidaan valita myös kuormitukseksi ajan mukaan vaihteleva kuormitus, jolla voidaan havainnollistaa sähkömoottorin käyttäytymistä, kun kuormitus vaihtelee. Pulpetin kannessa olevasta valitsimesta valitaan muuttuvan kuormituksen asetus. Pulpetin alareunassa olevista säätimistä voidaan valita kuormituksen T1 ja T2 kestot. Kestoajat määritetään sekunteina. Kuormitusten suuruudet T1 ja T2 säädetään potentiometriä avulla. Kuormitusten suuruudet voidaan tarkistaa pulpetin näytöstä.

Ohjauspulpetista voidaan valita myös servomoottorin nopeusohje, jolloin saadaan servomoottori pyörittämään jotain tiettyä kierrosnopeutta. Kierrosnopeus on säädettävissä pulpetin kannesta löytyvällä potentiometrillä. Servomoottorin pyörimisnopeus on nähtävissä pulpetin näytöltä.

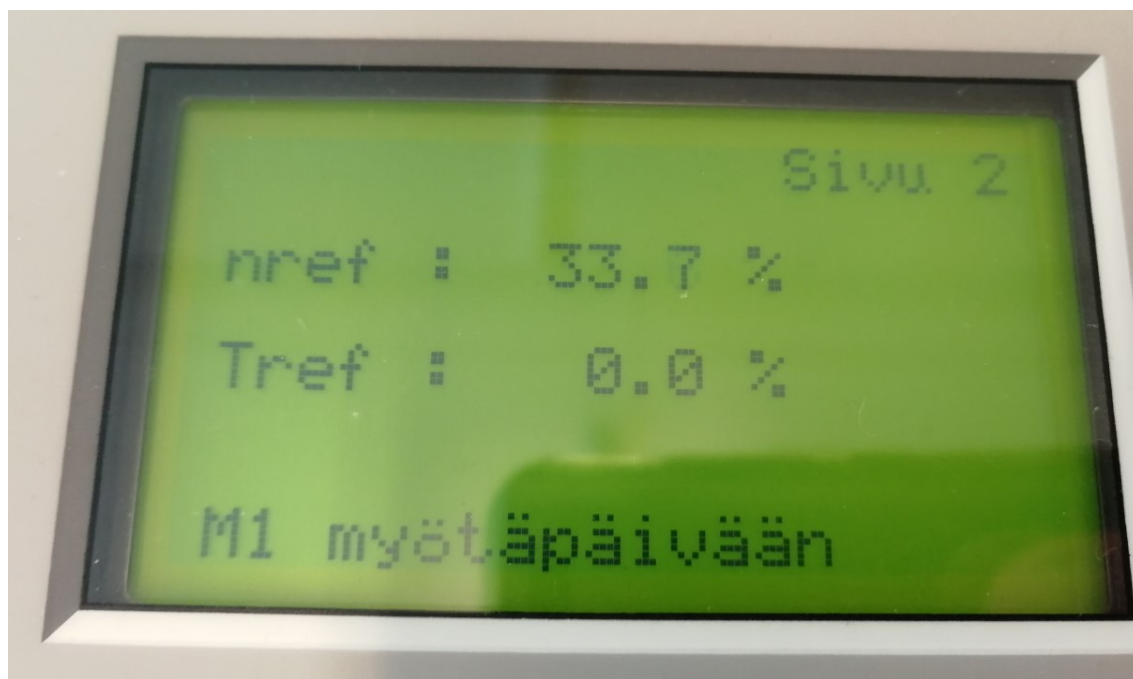
Videoilla opastetaan ohjauspulpetin käyttöä, mihin asentoon valitsimet on käännettävä missäkin tilanteessa tai miten momenttia tai nopeutta saadaan säädettyä. Videon on tarkoitus opastaa laitteen käytössä, eikä videolla esitettäviä asioita pystytä suoraan kopioimaan laboratoriotöihin.



KUVA 4. Ohjauspulpetin kansi.



KUVA 5. Ohjauspulpetin näyttö ja näppäimet.



KUVA 6. Ohjauspulpetin näyttö.

## 5 EDITOINTI

Kuvaamisen jälkeen kuvatut videot siirrettiin tietokoneelle, jotta niitä voidaan editoida. Tässä tapauksessa editointi tarkoittaa videoiden leikkaamista, eri videoleikkeiden yhdistämistä, sekä ääniraitojen äänittämistä ja kohdentamista videoihin oikeaan aikaan.

Videoiden editointiin käytettiin Black Magic Design:n DaVinci Resolve 15 ohjelmaa. Ohjelman avulla, videot leikattiin, leikkeet yhdistettiin ja äänileikkeet kohdistettiin oikeisiin kohtiin.

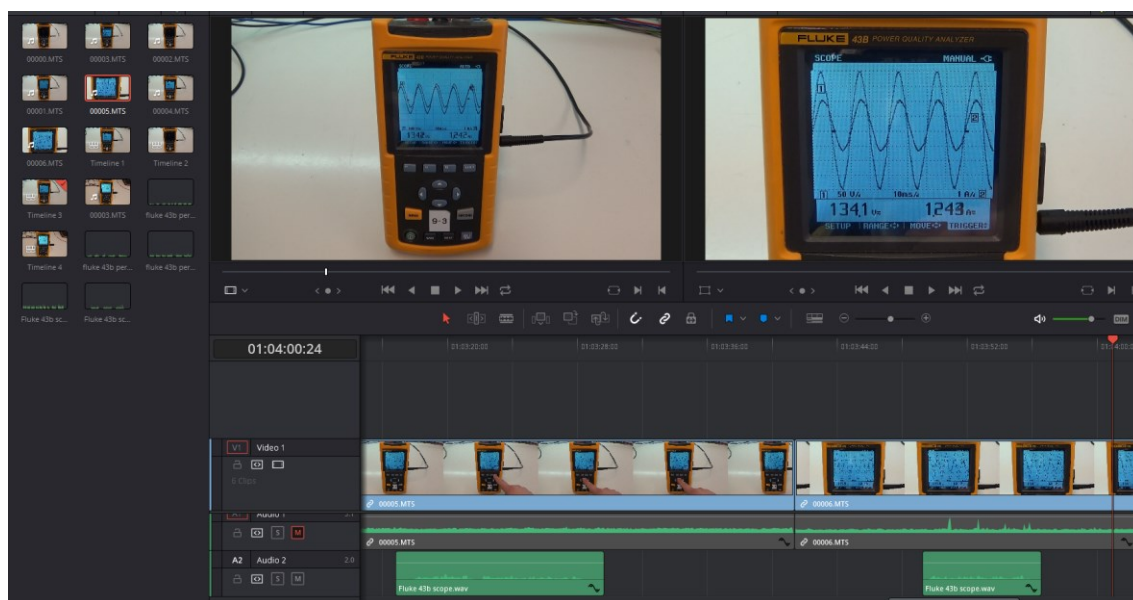
Äänileikkeet äänitettiin käyttämällä Audacity -ohjelmaa, joka on kevyt ja yksinkertainen äänitysohjelma. Äänityksessä käytettiin avuksi Corsair Void Pro RGB -headsetin mikrofonia.



KUVA 7. Corsair VOID Pro RGB Headset. ([www.corsair.com](http://www.corsair.com))

## 5.1 Leikkaaminen

Leikkaamiseen käytettiin DaVinci Resolve 15 -ohjelmaa. Aluksi ohjelmassa luotiin projektikohtainen kansio, jonne tallennettiin kaikki kuvattu materiaali. Kuvatut materiaalit avattiin ohjelmaan kyseisestä kansioista, jolloin materiaali voitiin lisätä aikajanelle, jossa leikkaaminen tapahtui. Leikkaaminen tapahtui hyödyntämällä aiemmin kirjoitettua käsikirjoitusta siitä, mitä videoilla tulee tapahtumaan. Ensin kuvatussa materiaalista leikattiin raakaversiot, jotta ylimääräinen materiaali saatiin minimoitua. Leikkaamisen jälkeen piti äänittää videoille liitettävät äänileikkeet.

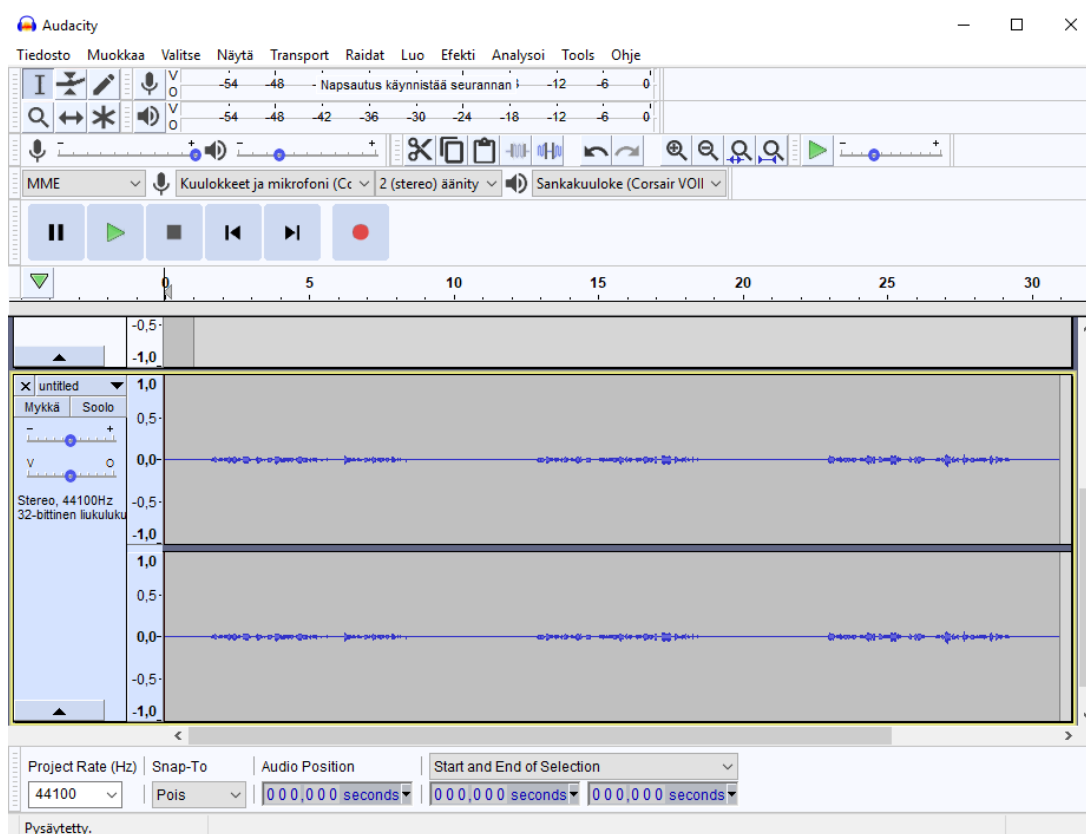


KUVA 8. Kuvakaappaus DaVinci Resolve 15 editointiohjelmasta.



## 5.2 Äänitys

Äänittämiseen käytettiin Audacity -ohjelmaa, sekä Corsair Void Pro RGB -headsettiä. Audacity ohjelmaan valittiin kanava, jota ohjelma nauhoittaa, eli tässä tapauksessa kuulokkeiden mikrofoniin sisääntulokanava. Äänitys käynnistettiin ja käyttämällä käsikirjoitusta, saatiin äänitettyä videoihin tarvittavat äänileikkeet. Äänileikkeet tallennettiin WAV-muotoon, jotta ne olisivat yhteensopivia DaVinci Resolve 15 -ohjelmaan.



KUVA 9. Kuvakaappaus Audacity -äänitysohjelmasta.

## 5.3 Viimeistely

Viimeistelyvaiheessa äänileikkeiden äänityksen jälkeen, leikkeet siirrettiin editoinnin projektikansioon ja lisättiin aikajanelle kohdistusta varten. Äänileikkeet kohdistettiin videoiden tapahtumiin DaVinci Resolve -ohjelmassa. Viimeistelyssä pyrittiin tarkistamaan, että videoiden tapahtuma ja kerronta liittyivät toisiinsa ja

ajoitus oli sopiva katselijaa varten. Videoilta pyrittiin poistamaan ylimääräiset tyhjät tauot, jotta videoista saatiin koottua riittävän tiiviit paketit, jotta katsojan on helppo seurata tapahtumia. Lopuksi videot koostettiin ohjelmassa valmiiksi videotiedostoiksi, jotka voidaan jakaa opiskelijoiden käyttöön.

## 6 POHDINTA

Tämän työn tavoitteena oli tuottaa opetusvideoita Tampereen ammattikorkeakoulun sähkölaboratorion käyttöön. Videoiden on tarkoitus auttaa opiskelijoita opettelemaan uusien laitteiden toimintoja jo ennen varsinaisten laboratoriomittausten tekemistä.

Videoita saatiin tuotettua viisi kappaletta liittyen kahteen laboratoriotöissä käytävään laitteeseen. Fluke 43B-tehoanalysointilaiteesta tehtiin kolme, ja servomootorin ohjauspulpetista kaksi videota.

Videoissa esitellyt laitteet olivat tulleet tutuksi laboratoriotöissä, mutta helposti ymmärrettävän materiaalin kuvaaminen laitteista yllätti. Videoita kuvatessa täytyi olla selkeä visio siitä, millainen video olisi katsojan kannalta paras mahdollinen. Samaa aihetta joutui kuvaamaan useamman kerran, jotta sai kuvakulmat hiottua kuntoon, sekä tallennettua riittävästi laadukasta materiaalia editoinnin helpottamiseksi.

Kuvaamisen jälkeen vaikeimmaksi ja koko työn kannalta työläin ja siten myös hankalin vaihe oli editointi. Editoinnissa on ensikertalaisella yllättävän paljon uutta opetettavaa, mutta onneksi internetistä löytyy lukuisia erilaisia opetusvideoita editointiin ja sen eri vaiheisiin. Loppujen lopuksi aikaan saatiin kuitenkin riittävän laadukkaita videoita, joista pitäisi olla apua opiskelijoille.

## LÄHTEET

Audacity, äänitysohjelma.  
<https://www.audacityteam.org/>

Black Magic Design: DaVinci Resolve, editointiohjelma.  
<https://www.blackmagicdesign.com/products/davinciresolve/>

Corsair VOID Pro RGB kuulokkeet.  
<https://www.corsair.com/us/en/Color/void-pro-wireless-config-na/p/CA-9011152-NA>

Fluke 43B – tehoanalysaattorin käyttöohje  
[https://dam-assets.fluke.com/s3fs-public/43b\\_\\_\\_\\_\\_umeng0200.pdf](https://dam-assets.fluke.com/s3fs-public/43b_____umeng0200.pdf)

Slik U8000-kamerajalusta.  
<http://slik.com/products/u-8000/>

Sony HDR-CX450B -videokamera.  
<https://www.sony.fi/electronics/handycam-videokamerat/hdr-cx455-cx450>