



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Vesa Välimäki

TUOTANNON ASENNUS- JA KOKOON-  
PANO-OHJEET FINNKUMU  
-MUUNTAMOTUOTTEILLE

Tekniikka  
2021

## TIIVISTELMÄ

Tekijä	Vesa Välimäki
Opinnäytetyön nimi	Tuotannon asennus- ja kokoonpano-ohjeet Finnkumu -muuntamotuotteille.
Vuosi	2021
Kieli	suomi
Sivumäärä	34 + 3 liitettä
Ohjaaja	Tapani Esala

---

Tässä opinnäytetyössä laadittiin Harju Elekter Oy:lle sarja kattavia tuotannon asennus- ja kokoonpano-ohjeita Finnkumu -tuoteperheelle, joita käyttämällä olisi mahdollista valmistaa yleisimmät sarjatuotantoon sisältyvät muuntamotuotteet. Työ tehtiin Harju Elekter Oy:n tehtaalla Kurikassa.

Johtuen Finnkumu -tuotteiden monipuolisuudesta, luotiin PJ- ja KJ-kojeistoille erilliset ohjeet, joiden sisältöä yhdistelemällä voidaan suurin osa variaatioista toteuttaa. Tavoitteena oli saada kokoonpanoprosessista looginen ja helposti omaksuttava, ennen kaikkea uusien työntekijöiden perehdytystä ajatellen.

Lähtökohtana ohjeiden luomisessa oli runsas kuvien käyttö yhdistettynä yksinkertaiseen kuvaukseen suoritettavasta vaiheesta. Tämä johtui siitä, että monia kokoonpanon vaiheita on hankala hahmottaa kirjoitetusta tai puhutusta muodosta, kun taas kuva yhdistettynä yksinkertaiseen selitteeseen havainnollistaa prosessin ongelmitta.

Kokoonpano-ohjeiden ansiosta puistomuuntamoiden valmistusprosessi saatiin huomattavasti tehokkaammaksi, eikä sen tarvitse enää nojata pelkkään ulkoa muistamiseen, kuten tähän asti. Ennen kaikkea, uusien työntekijöiden perehdyttäminen on helpompaa, eikä vaadi enää perehdyttäjän jatkuvaa läsnäoloa ja valvontaa.

## ABSTRACT

Author	Vesa Välimäki
Title	Installation and Assembly Instructions for Manufacturing Finnkumu -Transformer Products.
Year	2021
Language	Finnish
Pages	34 + 3 Appendices
Name of Supervisor	Tapani Esala

---

In this thesis, a series of comprehensive installation and assembly instructions for manufacturing Harju Elekter's Finnkumu -transformer products have been created, by which the most common of all mass-produced products could be manufactured. The thesis was done at Harju Elekter's factory located in Kurikka.

Because of the variable nature of Finnkumu -products, separate instructions were created for the LV- and MV-parts. By using these instructions in conjunction with each other it becomes possible to manufacture most variations of products. The goal was to make the manufacturing process logical and easily comprehensible in light of instructing new employees.

The key point in the creation of the instructions was the generous use of pictures in conjunction with a simple written description of the process in question. This was because many phases of the process are difficult to comprehend from simple text or speech, as opposed to a picture coupled with a simple descriptive text makes the process quite easy to comprehend.

Thanks to these instructions, the manufacturing process of transformer products became highly optimized and more efficient, no more relying on pure recollection as it had before. Most importantly, the training of new employees is much easier and no longer requires the instructor's full time presence.

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

KÄSITTEET JA LYHENTEET

KUVA- JA TAULUKKOLUETTELO

LIITELUETTELO

1	JOHDANTO .....	9
1.1	Tavoitteet .....	9
1.2	Taustat.....	9
2	MUUNTAMOTUOTTEET.....	12
2.1	Sähköenergiajärjestelmä .....	12
2.2	Jakelumuuntamon toiminta.....	13
2.3	Muuntamotuotteiden valmistus Harju Elekter Oy:llä.....	14
2.4	Muuntamotuotteet Suomessa .....	14
3	TUOTANNON KOKOONPANO.....	17
3.1	Kokoonpano-ohjeiden merkitys.....	17
3.2	Vältettävät asiat kokoonpano-ohjeissa.....	17
4	ASENNUS JA KOKOONPANO-OHJEET .....	19
4.1	Alkutilanne.....	19
4.2	Asennus- ja kokoonpano-ohjeiden merkitys Harju Elekter Oy:ssä .....	20
4.3	Ohjeiden puuttumisen vaikutukset.....	21
4.4	Esityö .....	22
4.5	Ohjeiden formaatti ja rakenne.....	22
4.6	Aikataulu.....	26
5	LOPPUTULOS.....	27
5.1	Palaute.....	29
5.2	Kehitys .....	30
6	LOPPUPÄÄTELMÄT JA YHTEENVETO.....	31
	LÄHTEET.....	33

## LIITTEET

## KÄSITTEET JA LYHENTEET

KJ	Keskijännite. Suurjännite- ja pienjänniteverkon välillä käytettävä 1-35kV:n jännitetaso.
PJ	Pienjännite. Pienkuluttajille siirrettävä $\leq 1000\text{V}$ jännitetaso.
V	Voltti. Jännitteen yksikkö.
kV	Kilovoltti. 1000 voltia. Suure, jota käytetään sähköverkon jännite tasoissa.
ISO	International Organization for Standardization, kansainvälinen standardisoimisjärjestö.
Nm	Newtonmetri. Momentin yksikkö, jolla ruuvien ja muttereiden ki-reydet ilmoitetaan.

## KUVA- JA TAULUKKOLUETTELO

<b>Kuva 1.</b> Harju Elekter Oy:n tehdas Kurikassa. /3/ .....	11
<b>Kuva 2.</b> Yleiskuva sähköenergiajärjestelmästä. /4/.....	12
<b>Kuva 3.</b> Finnkumu Oy:n valmistama ilmaeristeinen jakelumuuntamo. /6/ .....	13
<b>Kuva 4.</b> Maviko Oy:n valmistama i1000 älymuuntamo. /9/ .....	15
<b>Kuva 5.</b> Alfen Elkamo Oy:n valmistama ELMO-puistomuuntamo. /10/ .....	16
<b>Kuva 6.</b> Lautaverhoiltu erikoisvärinen Finnkumu -MTS -muuntamo. /3/ .....	19
<b>Kuva 7.</b> Salla Ikosen maisemointimaalaamia Finnkumu -MTXL+ -muuntamoita. /3/ .....	20
<b>Kuva 8.</b> Kokoonpano-ohjeen käsiteltävä kuva kokonaisuudessaan. /13/ .....	23
<b>Kuva 9.</b> Kokoonpano-ohjeen käsiteltävä kuva rajattuna. /13/ .....	23
<b>Kuva 10.</b> Kokoonpano-ohjeen alkuperäinen kansilehti. /13/ .....	24
<b>Kuva 11.</b> Kokoonpano-ohjeen päivitetty kansilehti yrityksen uudella logolla. /14/.	25
<b>Kuva 12.</b> Valmiit asennus- ja kokoonpano-ohjeet. /13/.....	28
<b>Taulukko 1.</b> Harju Elekter Oy:lle luovutetut ohjeet. /13/ .....	27
<b>Taulukko 2.</b> Yleisimpien messinkisten liitospulttien kiristysmomentit. /15/ .....	29
<b>Taulukko 3.</b> Yleisimpien teräksisten liitospulttien kiristysmomentit. /15/ .....	29

## **LIITELUETTELO**

**LIITE 1.** Esimerkkejä ABB:n kuormaerotinten ohjeesta. /17/

**LIITE 2.** Esimerkkejä johtavien liitosten kiristysmomenteista. /18/

**LIITE 3.** Välimäki V, Harju Elekter Oy. Kuormaerottimet. /19/

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Tavoitteet

Tämä opinnäytetyö tehtiin Harju Elekter Oy:lle vuosien 2019 ja 2020 aikana. Työn tavoitteena oli kehittää tuotantoon sarja kokoonpano- ja asennusohjeita Finnkumu -tuoteperheen muuntamotuotteiden kokoonpanoa ja valmistusta varten. Työn ensisijaisina tavoitteina oli tuotannon tehokkuuden ja laadun parantaminen sekä uusien työntekijöiden perehdytyksen nopeuttaminen ja helpottaminen. Toisijaisena, mutta lähes yhtä tärkeänä tavoitteena, oli asennusvirheiden minimointi ja valmiiden tuotteiden yhteneväisyyden saavuttaminen. Laadittuun ohjeistukseen sisältyivät vain sarjatuotettavat tuotteet. Asiakkaiden erityistoiveisiin perustuvilla tuoteratkaisuilla ohjeiden teko todettiin tarpeettomaksi, sillä näistä tuotteista jokainen on useimmiten yksilöllinen toteutus ja altis muutoksille kokoonpanoprosessin aikana.

Olen itse työskennellyt Harju Elekter Oy:llä vuodesta 2012 lähtien. Yli puolet ajasta työtehtäviini on kuulunut uusien työntekijöiden perehdytys. Lisäksi olen ollut aktiivisesti mukana tuotekehityksessä sekä kentällä tapahtuvissa huolto- ja saneeraustehtävissä. Luonnollisesti suoritin myös harjoittelujaksoni Harju Elekter Oy:llä. Edellä mainitut antoivat minulle erinomaiset valmiudet ohjeiden kirjoittamiseen yhteistyössä yrityksen toimihenkilöiden ja asentajien kanssa. Aihe opinnäytetyölle sai alkunsa omasta halustani parantaa perehdytys- ja tuotantoprosessia alati kasvavien tuotantomäärien alla. Harju Elekter Oy:llä ei ennen tätä ollut Finnkumu -tuoteperheelle olemassa ohjeistusta ja kokoonpanon ja tuotannon vaiheet olivat vain asentajien muistin varassa.

## 1.2 Taustat

Finnkumu Oy oli kotimainen yritys, joka suunnittelee, valmistaa ja myy sähkönjakeluun tarkoitettuja, ulosasennettavia puistomuuntamoita ja kaapelijakokaappeja. Tuotevalikoimaan kuuluvat lisäksi sisämuuntamoiden pienjännitekojeistot ja ilmaeristeiset keskijännitekojeistot.

Varaosien ja muiden muuntamovarusteiden saanti pohjautuu tarkasti suunniteltujen rakenneratkaisujen vaihto-ominaisuuksiin.

Henkilöstön pitkä ja monipuolinen kokemus sekä asiantuntemus ovat käytettävissä, kun tarvitaan "räätälöityjä" ratkaisuja tai apua uusien muuntamoiden perusuunnitteluun tai saneerauksiin. /1/

Finnkumu Oy perustettiin marraskuussa 2003 ja tuotannollinen toiminta käynnistettiin helmikuussa 2004 Vaasan Strömberg Parkissa. Yhtiön nykyinen kotipaikka on Kurikka, jonne toiminta siirtyi kokonaan lokakuussa 2005 (**Kuva 1.**)

Yrityksen perustaja oli pitkän linjan ammattilainen, Jorma Viljanmaa, joka kokosi yrityksen omistajiksi Kurikan ja lähiseudun yksityisiä henkilöitä, yrityksiä sekä yrityksen avainhenkilöitä. Finnkumun Oy:n toiminta käynnistyi puistomuuntamoiden valmistuksella. Vähitellen valikoimaa laajennettiin pienjännitekojeistoihin ja ilmaeristeisiin keskijännitekojeistoihin.

Finnkumu Oy siirtyi 17.6.2014 kokonaisuudessaan ulvilalaisen Satmatic Oy:n omistukseen. Satmatic Oy on yksi johtavista sähkö- ja automaatiotekniikan osajista. Yrityksen toimipaikat sijaitsevat Ulvilassa ja Keravalla. Satmatic Oy on osa pörssiyhtiö AS Harju Elekteriä. Yrityskaupan myötä Satmatic Oy:stä tuli suurin kotimainen puistomuuntamoiden toimittaja.

Vuoden 2020 aikana Harju Elekter konserni fuusioi suomalaiset tytäryhtiöt Finnkumu Oy:n, Satmatic Oy:n ja Kiinteistöyhtiö Ulvilan Sammontie 9 Oy:n yhdeksi juridiseksi yhtiöksi. Tämän fuusion tarkoituksena oli myynnin ja markkinoinnin suoraviivaistaminen sekä johtamisen koordinointi tytäryhtiöissä. Fuusioitumisen jälkeen kaikki tytäryhtiöt kantavat nimeä Harju Elekter Oy.

Vuoden 2020 alussa Harju Elekter -konserniin sisältyi 12 yritystä. /2/

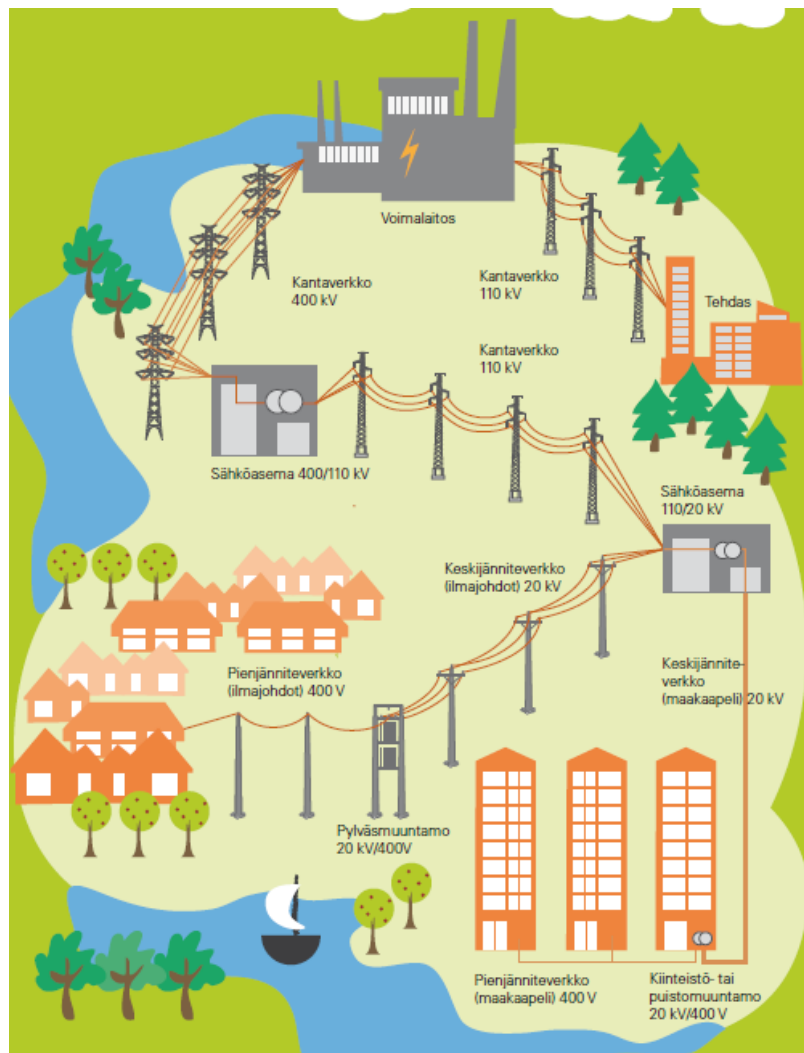


**Kuva 1.** Harju Elekter Oy:n tehdas Kurikassa. /3/

## 2 MUUNTAMOTUOTTEET

### 2.1 Sähköenergiajärjestelmä

Sähköenergiajärjestelmä kaikessa yksinkertaisuudessaan tarkoittaa järjestelmää, jolla voimalaitoksessa tuotettu sähköenergia saadaan siirrettyä asiakkaan pistoraasiaan. Järjestelmä koostuu 400kV ja 220kV kantaverkosta, 110kV alueverkosta ja 20kV/0.4kV jakeluverkosta. Verkossa on käytössä useita erisuuruisia jännitetasoja, joiden valinnalla on pyritty optimoimaan järjestelmän kustannusten suhde häviöihin ja jännitteenalenukseen. **(Kuva 2.)**



**Kuva 2.** Yleiskuva sähköenergiajärjestelmästä. /4/

Harju Elekter Oy:n Finnkumu -tuotteet kohdistuvat tässä järjestelmässä 20kV/0.4kV jakeluverkkoon. Jakeluverkossa on myös käytössä 12kV ja 1kV jännitetasoja joillakin alueilla. Tästä syystä Finnkumu -tuotteista käytetään myös nimityksiä jakelumuuntamo tai puistomuuntamo. /5/

## 2.2 Jakelumuuntamon toiminta

Jakelumuuntamon (**Kuva 3.**) rakenne koostuu kolmesta pääkomponentista, KJ-kojeistosta, muuntajasta ja PJ-keskuksesta. KJ-kojeisto voi olla joko kuormaerottimilla toteutettu ilmaeristeinen ratkaisu tai vaihtoehtoisesti SF6-kaasueristeisellä kojeistolla toteutettu. Pääsääntöisesti KJ-kojeistossa on yksi tai useampi liityntäkenno johon 20kV maakaapeli joko syöttää jännitettä tai, josta jännite syötetään eteenpäin seuraavalle jakelumuuntamolle. Tämän lisäksi kojeistoissa on yksi varokekuormaerotin- tai katkaisijakenno, joka syöttää jännitteen muuntajan KJ-liittimiin. Muuntajassa jännitetaso alennetaan 20kV:stä 0.4kV:hen, joka syötetään muuntajan PJ-liittimistä PJ-keskuksen pääkytkimelle. Pääkytkimeltä jännite siirtyy PJ-keskuksen kokoojakiskoihin, joista se voidaan jonovarokkeiden kautta maakaapeleita käyttäen siirtää asiakkaille.



**Kuva 3.** Finnkumu Oy:n valmistama ilmaeristeinen jakelumuuntamo. /6/

### 2.3 Muuntamotuotteiden valmistus Harju Elekter Oy:llä

Muuntamotuotteiden valmistus Harju Elekter Oy:llä tapahtuu tuotantotiloissa alihankkijoiden ja asiakkaiden toimittamista osista ja komponenteista. Alihankkijoilta saataviin osiin kuuluvat esimerkiksi rungon ja ulkokuoren valmistuksessa käytettävät kevytlevyosat, kaapelit, johtosarjat, mittarit, erottimet ja kojeistot. Joissain tapauksissa asiakkaat toimittavat muuntajia, kojeistoja, kaapeleita, mittareita, ohjauskeskuksia ja muita komponentteja, joita he haluavat tilaamiinsa tuotteisiin asennettavan.

Muuntamoissa käytettävät ovet, ohjauskotelot, kokoojakiskot ja erikoisosat viimeistellään ja esivalmistellaan tuotannon erinäisisissä pisteissä kunkin tuotteen vaatimusten mukaisiksi. Pääasiassa jakelumuuntamon valmistus koostuu kevytlevykomponenteista koostuvan rungon valmistuksesta, kuormaerotinten, pääkytkinten, katkaisijoiden ja kiskostojen valmistelusta ja asennuksesta sekä omakäyttö- ja kaukokäyttöosien valmistuksesta, johdotuksesta, johdotusten kytkemisestä sekä lopullisesta koestuksesta ja tarkastuksesta.

### 2.4 Muuntamotuotteet Suomessa

Suomen markkinoilla on tällä hetkellä noin kymmenen yrityksen valmistamia muuntamotuotteita. Näistä yrityksistä puolet ovat kotimaisia yrityksiä, joiden muuntamotuotteet valmistetaan Suomessa (**Kuvat 4-8.**).

Suomessa muuntamotuotteiden tarve ja kysyntä on ollut viime vuosina nousujohteista johtuen mittavista maakaapelointihankkeista. Nämä hankkeet ovat suoraa seurausta sähkömarkkina-alaissa säädetyistä vaatimuksista sähköverkolle ja sähkönjakelun jatkuvuudelle. Nämä vaatimukset määräävät, että jakeluverkon vioittuminen myrskyn tai lumikuorman seurauksena ei saisi aiheuttaa verkon käyttäjälle yli 6 tuntia kestävää keskeytystä sähkönjakeluun. /7/

Näiden ehtojen täyttymiseksi suomalaisten verkkoyhtiöiden prioriteettina onkin säävarman verkon rakentaminen ja kehittäminen. /8/

Koska suurin osa sähköjaketun keskeytymisistä johtuu ilmajohtoihin kohdistuvista myrskyvaurioista, on verkkoyhtiöiden yleinen ratkaisumalli tähän maakaapelointi, johon myrskyissä tai lumikuorman alla kaatuvat puut ja muut ilmajohtimia koskevat riskitekijät eivät vaikuta.

Sähköjaketun toimintavarmuuden lisäksi sähköverkosta pyritään tekemään mahdollisimman älykäs. Tämä tarkoittaa kasvavaa tarvetta jakelumuuntamoiden etähallinta-, valvonta- sekä suojausjärjestelmille. /9/



**Kuva 4.** Maviko Oy:n valmistama i1000 älymuuntamo. /9/



**Kuva 5.** Alfen Elkamo Oy:n valmistama ELMO-puistomuuntamo. /10/

### **3 TUOTANNON KOKOONPANO**

Kokoonpano on tuotannon vaihe, jossa keskenään yhteensopivia osia lisätään järjestelmällisesti vaiheittain tuotteeseen lopputuotteen aikaansaamiseksi. Useimmisissa tapauksissa tuotantolinja on osittain automatisoitu järjestelmä, jonka läpi tuote liikkuu. Jokaisessa linjan vaiheessa tapahtuu jokin tuotantoprosessin osa. Työntekijät ja käytettävät koneet sekä työkalut pysyvät paikoillaan tuotantolinjan varrella, jonka läpi tuote kulkee alusta loppuun. /11/

#### **3.1 Kokoonpano-ohjeiden merkitys**

Automatisoimattomassa, täysin työntekijöiden varassa olevassa tuotantoprosessissa, jossa valmistettavat tuotteet vaihtelevat on tärkeää, että työntekijöillä on ohjeistus, johon turvautua tuotantoerissä ilmenevien muutosten ja vaihtelevuuksien tapauksissa. Hyvien ohjeiden olemassaolo vähentää epätietoisuudesta johtuvia tuotannon viivästyksiä ja asennusvirheitä merkittävästi. Tämä puolestaan korreloi parempiin tuotantovolyymeihin ja virheiden määrän laskuun. Nämä tekijät vaikuttavat positiivisesti työntekijöiden henkiseen hyvinvointiin toistuvien onnistumisten kokemusten sekä aikaansaamisen tuntemuksen kautta.

#### **3.2 Vältettävät asiat kokoonpano-ohjeissa**

Tuotannon kokoonpano- ja asennusohjeita luotaessa on tärkeää pyrkiä lopputulokseen, joka on ohjeiden lukijan kannalta selkeä ja toimiva. Hyvien ohjeiden luomiseksi perehdyinkin sellaisiin asioihin, jotka tekevät ohjeista huonoja. Yleisimpänä huonona ominaisuutena ohjeistuksissa onkin se, että ohjeet ovat liian vaikeaselkoisia ja monimutkaisia, tämän takia työntekijän on vaikea tukeutua niihin tarpeen vaatiessa. Ohjeet on kirjoitettu ISO 9001 auditoijille ja asiakkaille, sillä oletuksella, että edellä mainitut eivät tarkastele ohjeiden toimivuutta kovinkaan tarkasti.

Huonot ohjeet eivät myöskään sisällä kuvia tai kaavioita. Pelkkään tekstiin tukeutuminen vaatii työntekijältä enemmän aikaa ja keskittymistä verrattaessa ohjeistusta suoritettavaan työvaiheeseen. Seurauksena tästä, ohjeet eivät ole työntekijäl-

le kiinnostavat ja niitä ei käytetä. Tuotannon ohjaajat ja esimiehet myös usein tiedostavat käytössä olevan ohjeistuksen puutteet, eivätkä tämän takia käytä niitä tuotannon standardien ylläpitämiseen. Sen sijaan aika ajoin tarkastellaan noudatavatko tuotteet annettuja määrittelyjä.

Huonosta ohjeistuksesta puuttuu laadunvalvontaan ja työturvallisuuteen liittyviä tärkeitä seikkoja, kuten ajoittainen tuotteiden tai kappaleiden tarkastelu ja huomiot tai varoitukset työvaiheista, joissa vaaratilanteen loukkaantumisen riski on olemassa. /12/

## 4 ASENNUS JA KOKOONPANO-OHJEET

### 4.1 Alkutilanne

Harju Elekter Oy:n toiminta koostuu pääasiassa jakelumuuntamotuotteiden valmistuksesta. Näiden tuotteiden ohessa toimintaan kuuluvat lisäksi kaapelijako-kaappien valmistus, muuntamokomponenttien valmistus ja varaosamyynti sekä olemassa olevien muuntamotuotteiden kentällä tapahtuvat huolto- ja päivitystoimenpiteet. Pääasiallisen muuntamotuotteiden valmistuksen valttikorttina Harju Elekter Oy:n Finnkumu -tuotteiden valmistuksessa ovat asiakkaan erikoistarpeita varta vasten suunnitellut ja valmistetut mittatilaustuotteet (**Kuvat 7-8.**), joiden valmistuksessa Harju Elekter Oy:n suurimmat vahvuudet sijaitsevat. /1/



**Kuva 6.** Lautaverhoiltu erikoisvärinen Finnkumu -MTS -muuntamo. /3/



**Kuva 7.** Salla Ikosen maisemointimaalaamia Finnkumu -MTXL+ -muuntamoita.  
/3/

Tämän opinnäytetyön päätavoite oli luoda sarja kokoonpano- ja asennusohjeita sarjatuotettavien tuotemallien valmistusta varten. Mittatilaustuotteiden kokoonpanoa varten ohjeistusta ei luotu johtuen kyseisten tuotteiden ainutlaatuisuudesta ja yksilöllisyydestä. Myöskään muuntamotuotteiden PJ-keskusten omakäyttöpohjille ei luotu ohjeistusta, johtuen suurista variansseista jopa sarjatuotetuissa malleissa. Lisäksi mainittakoon, että omakäytöt, muutamaa harvinaista poikkeustapausta lukuun ottamatta, ovat siinä määrin yksinkertaisia kokonaisuuksia, että niiden valmistaminen onnistuu sähköalan koulutuksen saaneilta henkilöiltä pelkästään tuotekuvien pohjalta.

#### **4.2 Asennus- ja kokoonpano-ohjeiden merkitys Harju Elekter Oy:ssä**

Johtuen laajoista maakaapelointihankkeista on kysyntä jakelumuuntamotuotteille ja paine tuotantovolyymien kasvattamiselle suuri. Kysynnän kasvu on luonnollisesti johtanut myös tarjonnan kasvuun markkinoilla. Jotta Harju Elekter Oy pystyy mahdollisimman kokonaisvaltaisesti ja tehokkaasti kilpailemaan markkinoilla kasvattamalla tuotantovolyymia samalla säilyttäen tuotteiden korkean laadun, on ensisijaisen tärkeää, että tuotannon kokoonpanoprosessi olisi mahdollisimman saumaton ja loppuun hiottu. Vaikka nykyinen tuotantoprosessi toimiikin kohtalai-

sen hyvin, sisältää se kriittisiä puutteita tiedon välittymisen muodossa suunnittelun ja tuotannon välillä. Ratkaisuna näihin epäkohtiin on esitellä tuotannolle sarja kattavia ja kokonaisvaltaisia asennus- ja kokoonpano-ohjeita, joita käyttämällä tuotannon työntekijöiden olisi mahdollista välttää tiedonpuutteesta johtuvia viivästyksiä ja virheitä. Täten parannetaan tuotantoa ja eliminoiden mahdollisia virheitä ja puutteita valmiissa tuotteissa.

### **4.3 Ohjeiden puuttumisen vaikutukset**

Tuotannon asennus- ja kokoonpano-ohjeiden puuttumisen vaikutukset Harju Elekter Oy:n tuotannossa olivat ennen tätä opinnäytetyötä merkittävät, johtuen tuotannon projektityyisestä jaksotuksesta. Tuotannossa valmistettiin suurimmaksi osaksi yhtä tai kahta tuotemallia kerrallaan. Tämän takia jotkin tuotemallit olivat pitkiä aikoja pois tuotannosta. Tämä taas tarkoitti, että näiden tuotemallien asiakaskohdattaiset kokoonpanometodit vaativat asentajilta paljon muistelua ja arvuuttelua. Ohjeistuksen puuttuminen johti myös siihen, että lähes jokaisella yksittäisellä asentajalla oli oma näkemyksensä tiettyihin kokoonpanon vaiheisiin ja toteutuksiin. Tämän takia useissa saman projektin tuotteissa ilmeni mittavia asentajakohtaisia eroavaisuuksia. Vaikka tällä itsessään ei tuotteen toimintaan ole suoranaista merkitystä, aiheutti se suurta varianssia tuotteiden sisäisessä kokesijoittelussa, joka tulee vielä tulevaisuudessa aiheuttamaan ongelmia tuotteiden mahdollisen päivittävyyden kanssa.

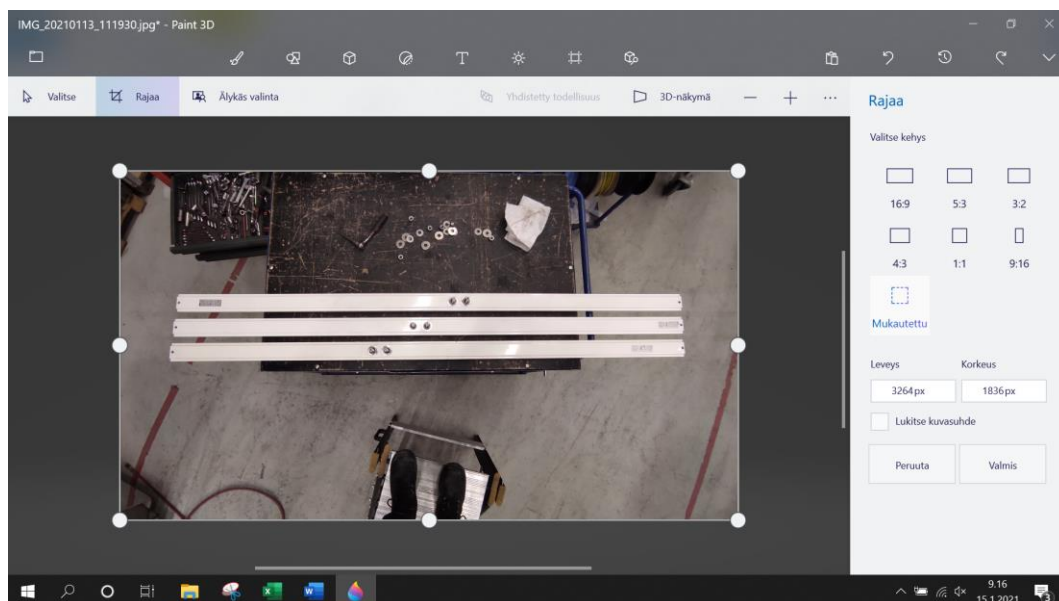
Ohjeistuksen puuttumisen vaikutukset olivat kuitenkin selvimmin havaittavissa uusia työntekijöitä perehdyttäessä. Koska tuotantoprosessiin perehdytys nojasi täysin kokeneemman asentajan opetukseen tarkoitti tämä, että kokeneempi asentaja oli täysin sidoksissa uuden asentajan perehdyttämiseen, mikä taas näkyi suoraan hidastumisena valmistusprosessissa. Myös aiemmin mainitut asentajakohtaiset näkemykset periytyivät tässä prosessissa uudelle työntekijälle, joka pahimmassa tapauksessa omaksui virheellisiä tai epäoptimaalisia kokoonpanometodeja, joiden vaikutuksesta tuotannon kokonaistehokkuus jäi alle potentiaalisen huippunsa.

#### 4.4 Esityö

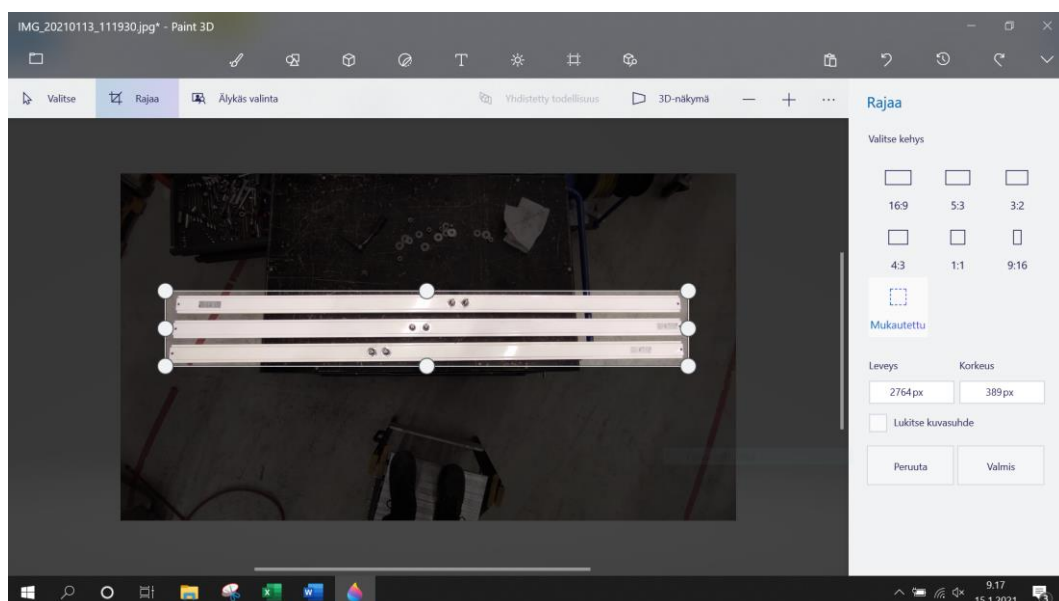
Tämän opinnäytetyön pohjana toimi usean vuoden työurani Harju Elekter Oy:llä asentajana ja perehdyttäjänä. Asennus- ja kokoonpano-ohjeiden laatimisesta oli ollut keskustelua jo paljon ennen opintojeni aloitusta ja välittömästi opintojeni alettua aloin tosissani pohtimaan ohjeiden kirjoittamista opinnäytetyöni aiheena. Tämän takia minulla oli jo hyvissä ajoin selkeät tavoitteet tämän opinnäytetyön suhteen. Ohjeistuksen rakennetta ja tyyliä mietittäessä keskustelin runsaasti asentajakollegojen sekä Harju Elekter Oy:n toimihenkilöiden kanssa optimaalisen lopputuloksen saavuttamiseksi. Kaikki edellä mainitut antoivatkin minulle vankan pohjan tämän opinnäytetyön kirjoittamiselle.

#### 4.5 Ohjeiden formaatti ja rakenne

Jo alussa oli selvää, että ohjeistuksen tulisi sisältää mahdollisimman paljon kuvia kokoonpanoprosessin eri vaiheista. Tämä johtuen siitä, että useita vaiheita on vaikea selittää ja perehdyttäjän jatkuva läsnäolo on välttämätöntä. Kuvista nähdyt vaiheet on myös helpompi muistaa ja kuvaa on helppo verrata valmistettavaan tuotteeseen samankaltaisuuden varmistamiseksi. Kuvien yhteyteen kirjoitettiin yksinkertainen kuvaus suoritettavasta työvaiheesta, joka sisälsi myös mahdolliset erikoista huomiota sisältävät vaiheet. Kuvia käsiteltiin lievästi rajaamalla ylimääräiset osat pois (**Kuvat 8-9**). Yrityksen nimen muuttumisen takia, ohjeiden alkuperäisiä kansilehtiä ei enää voitu käyttää. Kansilehdet päivitettiin vaihtamalla yrityksen vanha logo uuteen (**Kuvat 10-11**).



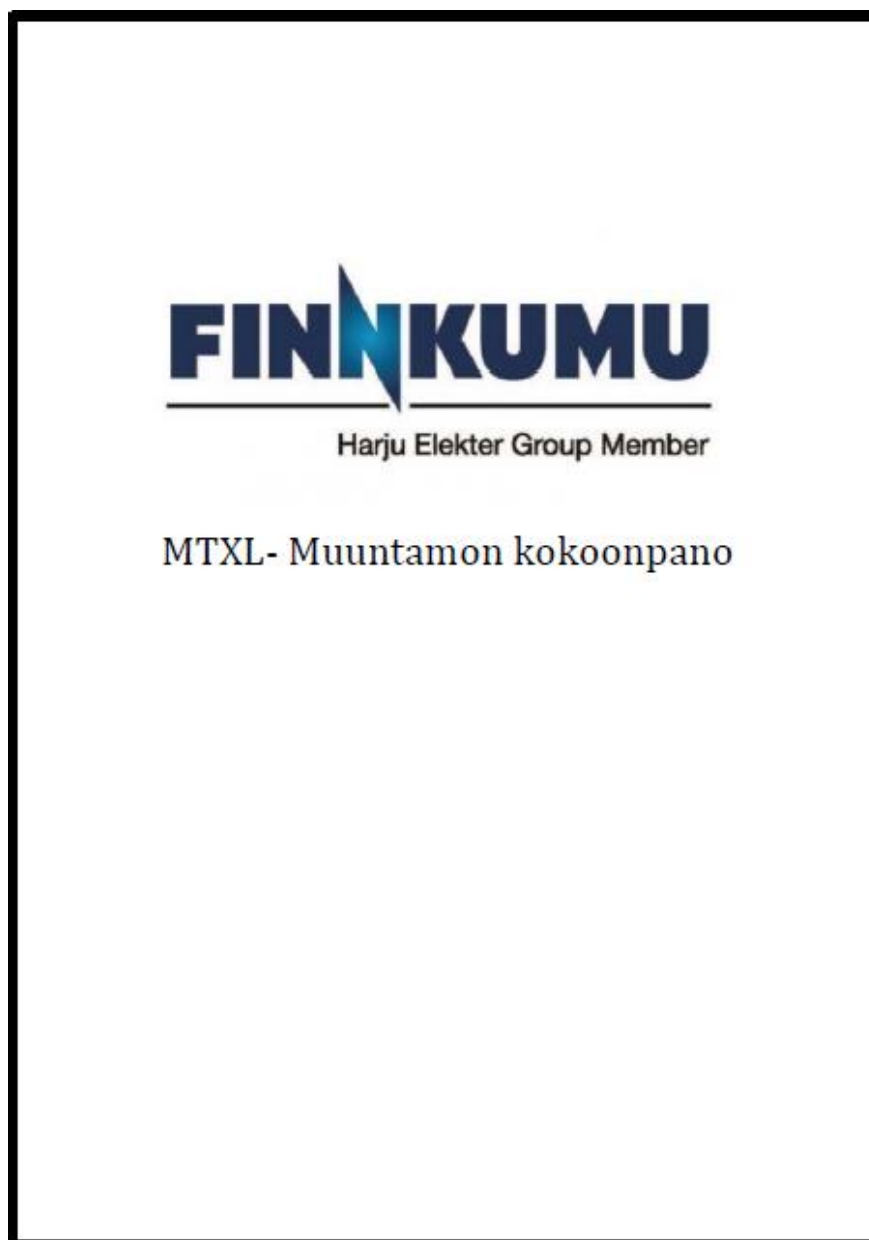
**Kuva 8.** Kokoonpano-ohjeen käsiteltävä kuva kokonaisuudessaan. /13/



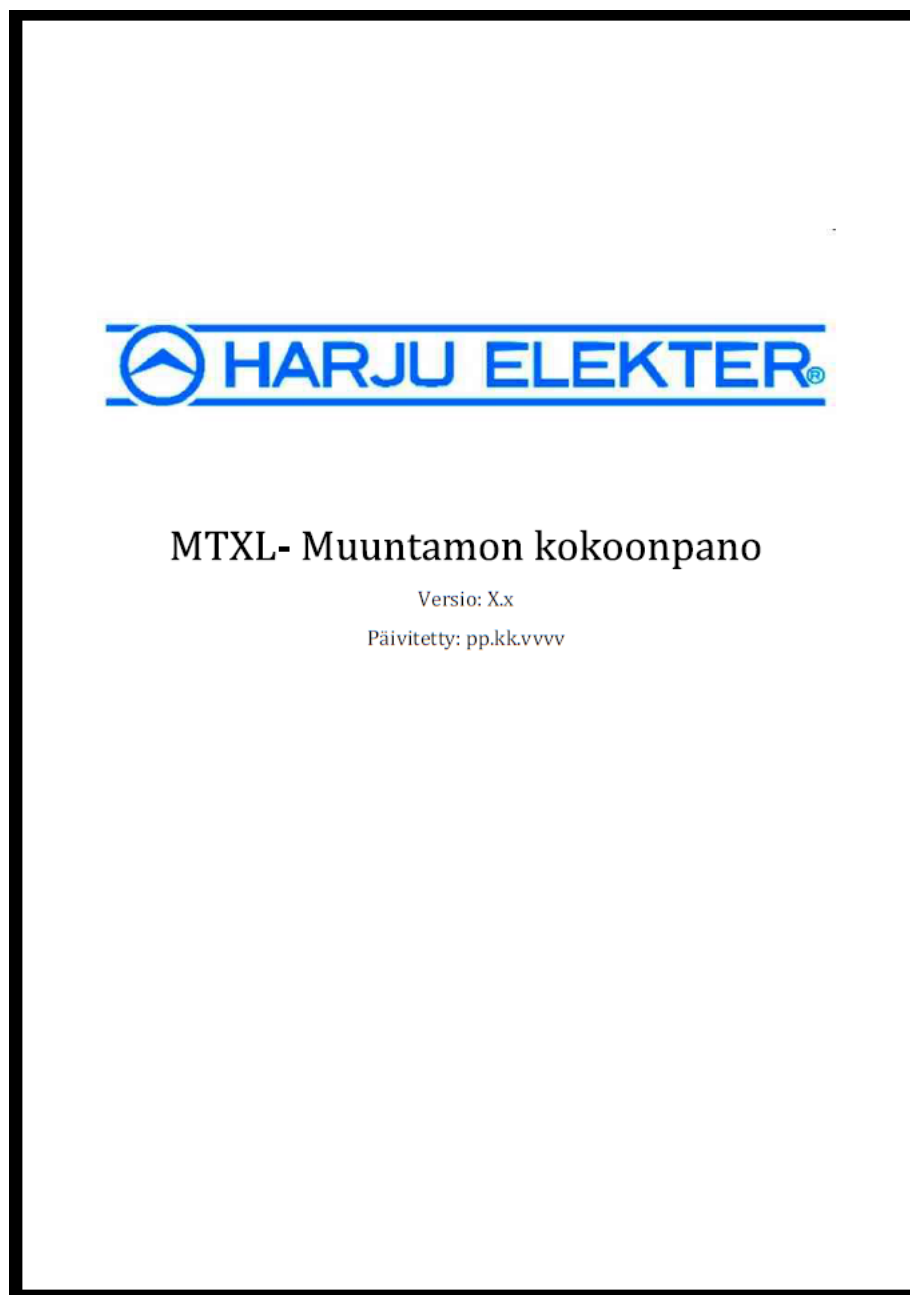
**Kuva 9.** Kokoonpano-ohjeen käsiteltävä kuva rajattuna. /13/

Ohjeiden perusrakenteeksi muodostui seuraavanlainen:

- Kansilehti, jossa on ilmoitettu tuote, jota ohje koskee (**Kuvat 10-11.**).
- Sisällysluettelo, jossa ohjeen sisältö on eritelty.
- Itse ohjeistus, jonka laajuus vaihtelee kyseessä olevan tuotteen mukaan.



**Kuva 10.** Kokoonpano-ohjeen alkuperäinen kansilehti. /13/



**Kuva 11.** Kokoonpano-ohjeen päivitetty kansilehti yrityksen uudella logolla. /14/  
Pääsääntöisesti ohjeet ovat tulostettuina paperiversioina asentajien saatavilla, mutta myös vaiheittain eriteltyinä versioina sähköisessä muodossa tarkasteltavissa ATK-päätteiltä.

#### **4.6 Aikataulu**

Johtuen omista tuotannollisista vastuualueistani sekä opintojeni monimuoto- toteutuksesta, ei virallista aikataulua työn suorittamiselle laadittu. Tarkoitukseni olikin saada tämä opinnäytetyö suoritettua mahdollisimman ripeällä tahdilla kuitenkaan vaarantamatta lopputuloksen laatua.

Työn suorittamisen aikataulu nojasi myös vahvasti Harju Elekter Oy:n tuotannossa valmistettaviin tuotteisiin ja niiden sopivuuteen tähän opinnäytetyöhön.

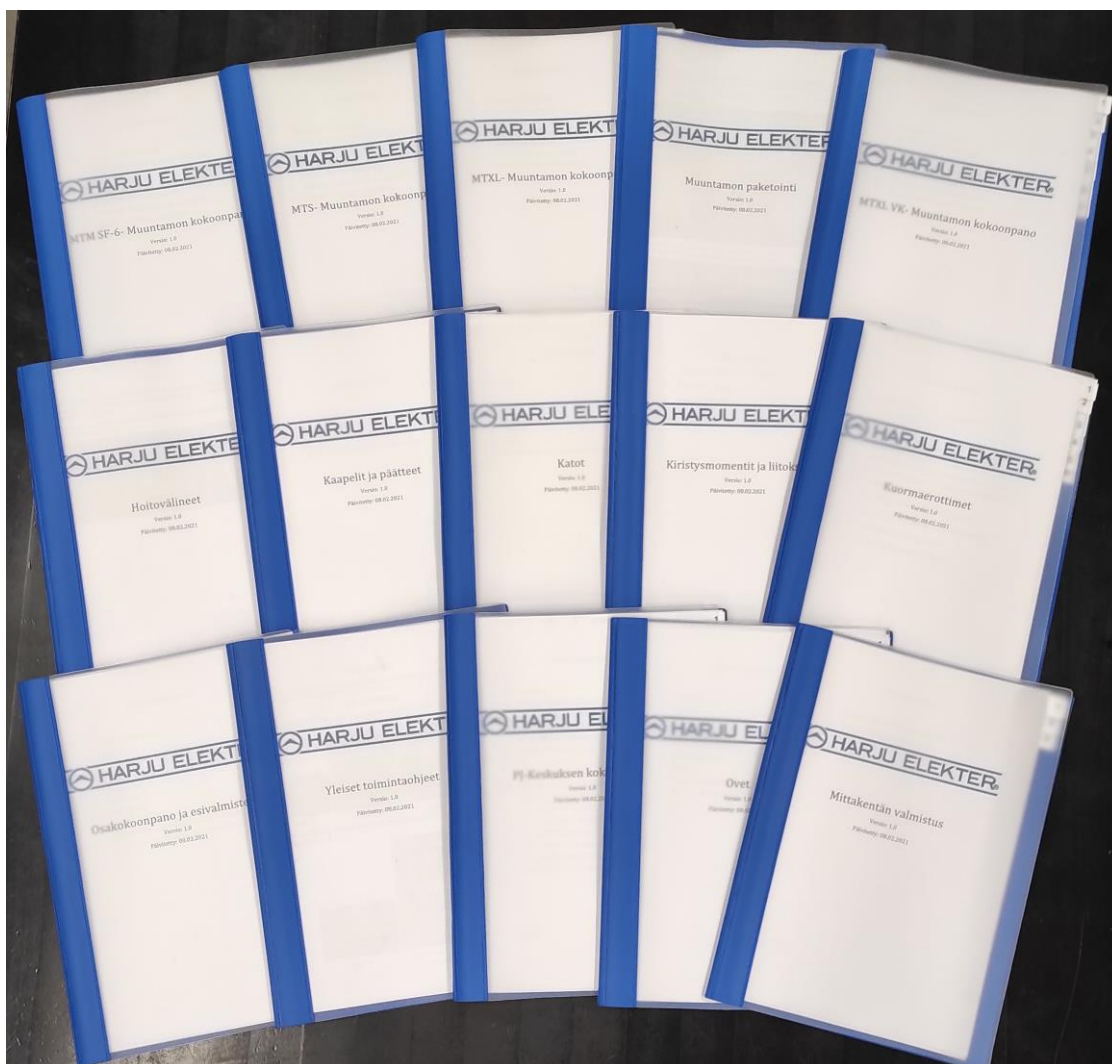
Vuoden 2019 lopulla alkunsa saanut Covid -19 -kriisi vaikutti myös tämän opinnäytetyön tekoon.

## 5 LOPPUTULOS

Tämän opinnäytetyön lopputuloksena Harju Elekter Oy:lle luovutettiin yhteensä 15 kpl tuotannon asennus- ja kokoonpano-ohjeita (**Taulukko 1.**), (**Kuva 12.**). Ohjeita esiteltiin tuotannon eri osa-alueille aina niiden valmistuessa. Tulevaisuutta ajatellen luotiin kirjallinen pohja yhdeksälle muulle muuntamotuotteen KJ-osalle. Näitä valmiita osioita ei sisällytetty tähän opinnäytetyöhön johtuen jo valmiiksi suuresta työmäärästä.

**Taulukko 1.** Harju Elekter Oy:lle luovutetut ohjeet. /13/

Ohje	Sivuja	Valmistumispäivämäärä
Kuormamerotimet	54	25.6.2020
Ovet	19	19.7.2020
Osakokoonpano ja esivalmistelu	42	19.7.2020
Kiristysmomentit ja liitokset	16	2.9.2020
Katot	47	17.11.2020
Muuntamon paketointi	7	19.11.2020
Kaapelit ja päätteet	12	9.12.2020
Hoitovälineet	20	10.12.2020
MTXL	64	10.12.2020
MTXL VK	66	10.12.2020
PJ-keskuksen kokoonpano	67	16.1.2021
MTM SF-6	42	23.1.2021
MTS	40	23.1.2021
Mittakentän valmistus	27	29.1.2021
Yleiset toimintaohjeet	17	29.1.2021



**Kuva 12.** Valmiit asennus- ja kokoonpano-ohjeet. /13/

Ohjeita laadittaessa hyödynnettiin eri tavarantoimittajien ja valmistajien omia ohjeita, joista mainittakoon ABB:n kuormaerotinten asennus- ja käyttöohjetta, jota käytettiin runsaasti ”Kuormaerottimet”, ”MTXL”- ja ”MTXL VK” -ohjeiden laatimisessa sekä Schneider Electric, Prisma P -katalogia, jota käytettiin ”Kirstysmomentit ja liitokset” -ohjeen laatimisessa (**Liitteet 1-2**).

Ohjeistukseen laadittuja kiristysmomenttitaulukkoita eri materiaaleille (**Taulukot 1-2.**).

**Taulukko 2.** Yleisimpien messinkisten liitospulttien kiristysmomentit. /15/

<b>Messinkiset muuntajaliittimet</b>	
<b>Pulttikoko</b>	<b>Kiristysmomentti</b>
<b>M10</b>	<b>15 Nm</b>
<b>M12</b>	<b>25 Nm</b>
<b>M14</b>	<b>41 Nm</b>
<b>M16</b>	<b>55 Nm</b>

**Taulukko 3.** Yleisimpien teräksisten liitospulttien kiristysmomentit. /15/

<b>8.8 Teräspultit ja mutterit</b>	
<b>Pulttikoko</b>	<b>Kiristysmomentti</b>
<b>M6</b>	<b>13 Nm</b>
<b>M8</b>	<b>28 Nm</b>
<b>M10</b>	<b>50 Nm</b>
<b>M12</b>	<b>75 Nm</b>

## 5.1 Palaute

Ohjeita annettiin pääsääntöisesti Harju Elekter Oy:llä työskentelevien kesätyöntekijöiden ja työharjoittelijoiden käytettäväksi. Pyysin edellä mainittuja pyrkimään luottamaan mahdollisimman paljon ohjeisiin ja ilmoittamaan mahdollisista puutteista tai epäselvyyksistä.

Ohjeita esiteltiin myös toimihenkilöille sekä tuotannon kokoonpanotyöntekijöille ja asentajille arvioitaviksi kirjoitusprosessin eri vaiheissa epäselvyyksien välttämiseksi ja mahdollisimman käytännönläheisen lopputuloksen aikaansaamiseksi.

Saamani palaute olikin erittäin positiivista ja runsasta. Yhdessä edellä mainittujen tahojen kanssa ohjeistukseen tehtiin esiteltyjä korjauksia ja tarkennuksia kirjoitusprosessin edetessä ja näin saatiin aikaiseksi hyvin tuotannon tarpeita vastaava selkeä ohjeistus.

## **5.2 Kehitys**

Vaikkakin tämän opinnäytetyön lopputuloksena tuotettu ohjeistus on sitä käyttävien tahojen hyväksi ja toimivaksi toteama, ei se suinkaan tarkoita, että sen kehitys voitaisiin lopettaa. Finnkumu -tuoteperheen lopuille malleille on vielä tulevaisuudessa laadittava ohjeet ja alati kehittyvät tuotteet ja tuotantometodit edellyttävät, että ohjeistusta jalostetaan ja kehitetään tulevaisuudessa tuotannon ja tuotteiden rinnalla.

Kestävän kehityksen periaatteiden mukaisesti onkin tulevaisuudessa ohjeita käyttävien tahojen kuunteleminen ensiarvoisen tärkeää optimaalisen lopputuloksen takaamiseksi. On tarpeen, että kaikkien tahojen osaamista, tietoa, taitoa ja luovuutta yhdistellään kestävien ratkaisujen löytämiseksi. Yhteistyö, aloitteellisuus, erehdykset ja niistä oppiminen sekä erilaisten ratkaisujen kokeileminen ovatkin edellytyksiä uusien ratkaisujen kehitykselle. /16/

Tämän opinnäytetyön luomasta pohjasta onkin jo kirjoitusvaiheessa syntynyt lukuisia kehitysehdotuksia, kuten asiakkaille varaosien mukana toimitettavia otteita ohjeistuksesta, muuntamon kentällä tapahtuvan asennuksen ohjeistuksen päivittäminen sekä asiakkaille ja urakoitsijoille toimitettava ohjeistus muuntamon maastossa ja kentällä vaadittavien perusratkaisujen oikeaoppiseen toteuttamiseen.

## 6 LOPPUPÄÄTELMÄT JA YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksen oli laatia kattavat tuotannon asennus- ja kokoonpano-ohjeet Harju Elekter Oy:n Finnkumu -muuntamotuotteille, jossa myöskin onnistuttiin tavoitellulla tavalla.

Ohjeiden luomisessa, kirjallinen osuus osoittautui kaikkein yksinkertaisimmaksi ja valmistui noin muutamassa kuukaudessa vapaa-ajalla sekä taukojen yhteydessä kirjoitettuna. Tässä prosessissa kokemukseni perehdyttäjänä sekä erinomainen muistini Finnkumu -tuotteiden valmistamisesta tarkoitti sitä, että minun oli mahdollista kirjoittaa ohjeistuksen kirjallinen osuus lähes puhtaasti ulkomuistista.

Todelliseksi haasteeksi muodostui tuotantoprosessin valokuvaaminen, johon harjoitin useita erilaisia lähestymistapoja. Haasteelliseksi muodostui kuvien määrän rajoittaminen ohjeissa sopivaan, kuitenkin sen vaikuttamatta ohjeiden selkeyteen.

Lopulliseksi ratkaisuksi muodostui yksinkertaisesti matkapuhelimen kameran käyttäminen. Ohjeissa käsitellyt muuntamotuotteet kulkivat läpi normaalin valmistusprosessin, jossa jokainen vaihe dokumentoitiin. Täten kustakin kohteesta saatiin mittava määrä kuvia kokoonpanon eri vaiheista. Otettuja kuvia käsiteltiin kevyesti rajaamalla mahdollisimman paljon epäolennaisuuksia kuvan ulkopuolelle, säilyttäen silti olennaisuudet.

Alkuperäinen ajatus opinnäytetyölleni oli laatia ohjeet kaikkiin sarjatuotettaviin muuntamotuotteisiin, mutta kyseisten tuotteiden silkan määrän takia, työ rajattiin vain yleisimpiin tuotteisiin. Rajauksista huolimatta työstä muodostui hyvin laaja. Valokuvia otettiin ja muokattiin 3086 kappaletta ja valmiita ohjeita kirjoitettiin 540 sivua. /13/

Tätä opinnäytetyötä voidaan pitää onnistuneena, sillä ensimmäisten luovutettujen ohjeiden vaikutus oli perehdyttäjän näkökulmasta huomattava, sillä uusia työntekijöitä ei yksinkertaisen alkuperehdytyksen jälkeen juurikaan ollut tarvetta ohjata ohjeiden käsittelemässä tehtävissä. Ohjeita hyödyntävät työntekijät kertoivat oh-

jeiden olemassaolon helpottavan heidän työtehtäviään. Ohjeiden kokonaisvaltaisesta vaikutuksesta tuotantoon ei voida tässä vaiheessa vielä antaa tarkkoja tuloksia, sillä todenmukaisen kuvan saamiseksi ohjeiden vaikutuksesta tulee tuotannon valmistusaikoja seurata pidemmän jakson ajan, jolloin tätä jaksoa voidaan vertailla aiempiin jaksoihin.

## LÄHTEET

/1/ Harju Elekter Oy, Finnkumu, Etusivu. Viitattu 1.12.2020

<https://www.finnkumu.fi/>

/2/ Harju Elekter Oy, Finnkumu, Yritys. Viitattu 1.12.2020

<https://www.finnkumu.fi/yritys/>

/3/ Saranpää, A. Sähköpostikeskustelu, Kuvamateriaalia opinnäytetyöhön. Viitattu 2.12.2020

/4/ STUK, Kaaviokuva sähkön siirrosta Suomessa. Viitattu 3.12.2020

[https://www.stuk.fi/documents/12547/103407/Sahkonsiirto\\_piiirros.pdf/1216a642-2cba-4543-9aa4-838871405c87](https://www.stuk.fi/documents/12547/103407/Sahkonsiirto_piiirros.pdf/1216a642-2cba-4543-9aa4-838871405c87)

/5/ STUK, Jakelujohdot ja -muuntamot. Viitattu 3.12.2020

<https://www.stuk.fi/aiheet/sahkonsiirto-ja-voimajohdot/jakelujohdot-ja-muuntamot>

/6/ Harju Elekter Oy, Finnkumu, Puistomuuntamot. Viitattu 1.12.2020

<https://www.finnkumu.fi/tuotteet/puistomuuntamot>

/7/ FINLEX, Sähkömarkkinalaki luku 6, 51 § Jakeluverkon toiminnan vaatimukset. Viitattu 5.12.2020 <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2013/20130588>

/8/ Energiamaailma, Tavoitteena säävarma sähköverkko Viitattu 5.12.2020

<https://energiamaailma.fi/tavoitteena-saavarma-sahkoverkko>

/9/ Maviko Oy, Älymuuntamo. Viitattu 8.12.2020 <https://www.maviko.fi/tuotteet-ja-palvelut/alymuuntamo>

/10/ Alfen Elkamo OY, Puistomuuntamot. Viitattu 8.12.2020

<https://alfenelkamo.fi/fi/puistomuuntamot>

/11/ Inc, Assembly line methods. Viitattu 10.12.2020

<https://www.inc.com/encyclopedia/assembly-line-methods.html>

/12/ Quality inspection, What good assembly work instructions look like. Viitattu 10.12.2020 <https://qualityinspection.org/assembly-work-instructions-china/>

/13/ Välimäki, V, Harju Elekter Oy. Opinnäytetyömateriaali. Viitattu 29.1.2021

/14/ Välimäki, V, Harju Elekter Oy. MTXL –Muuntamon kokoonpano-ohje. Viitattu 29.1.2020

/15/ Välimäki, V, Harju Elekter Oy. Kiristysmomentit ja liitokset. Viitattu 29.1.2021

/16/ Kestävä kehitys. Kestävän kehityksen periaatteet. Viitattu 30.1.2021  
<https://kestavakehitys.fi/kestava-kehitys/periaatteet>

/17/ ABB, Indoor Air Switch-disconnector, NAL/NALF/VR Installation and operating instructions4.16 ... 38 kV / 200...1250 A. Viitattu 30.1.2021  
[https://library.e.abb.com/public/8154866934244bc490cd90c5e78503fe/NAL%20MA%20EN\\_20201204.pdf](https://library.e.abb.com/public/8154866934244bc490cd90c5e78503fe/NAL%20MA%20EN_20201204.pdf)

/18/ Schneider Electric, Prisma P Catalogue 2019. Viitattu 30.1.2021  
<https://www.se.com/ww/en/product-range-download/2199-prisma-p/>

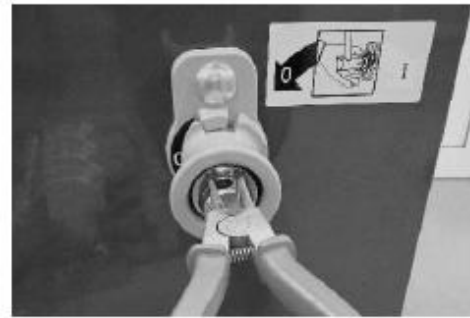
/19/ Välimäki, V, Harju Elekter Oy. Kuormaerottimet. Viitattu 30.1.2021

## LIITE 1

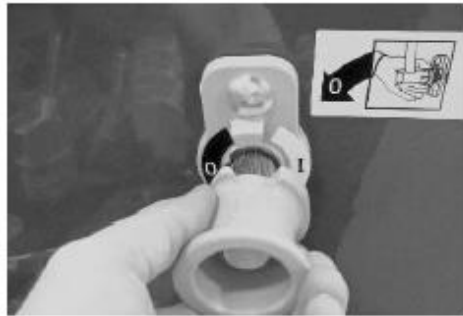
Esimerkkejä ABB:n kuormaerotinten ohjeesta. /17/



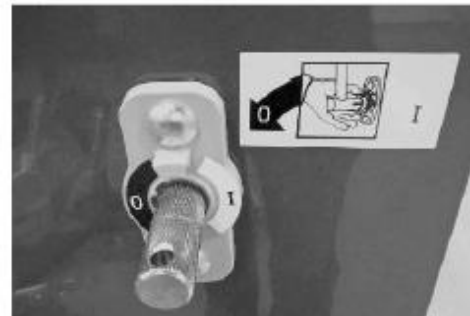
19 Front bearing of hand operating mechanism HE



20 Take out the Seeger ring, spring and nut



21 Slide out the arrestor ring from the shaft



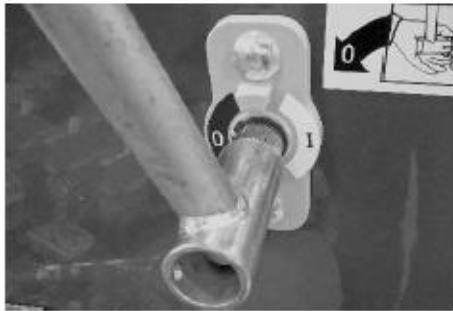
22 The shaft should rotate loosely after taking out the arrestor ring



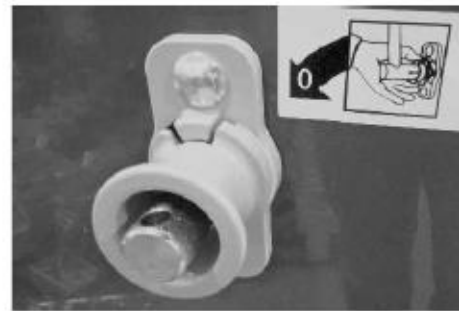
23 Put the operating handle on the splined end. Turn the handle anticlockwise to charge a mechanism opening spring (apply to A mechanism).



24 A mechanism opening spring is charged



25 Turn the handle to the left and right for test



26 Put the arrestor ring on the shaft



27 Slide out the arrestor ring to the position where it is possible to turn the handle clockwise and close switch-disconnector



28 Check if the arrestor ring and switch-disconnector are in locking position



29 If NOT (as in picture 22) slide out the arrestor ring from the shaft and turn 2-3 teeth to the right



30 Correctly position the arrestor ring in closed position



31 Check the opening spring is charged. After adjustment the Seeger ring, spring and nut should be put back on the HE shaft

## LIITE 2.

Esimerkkejä johtavien liitosten kiristysmomenteista. /18/

## Practical information

To ensure protection of persons, first connect the switchboard protective conductor to the earth electrode.

- Tie the cables as close as possible to the connections to avoid any mechanical stresses on the device terminals. When not using cable glands, also attach the cables near to the cubicle entry point.
- Cables must never be in contact with or passed between live conductors.
- Sharp edges of the framework must be protected where cables pass to avoid damaging the conductors.
- Comply with a minimum radius of curvature of 6 to 8 times the cable outside diameter.
- All power connections must be made with class 8.8 mounting hardware and elastic contact washers, tightened to the torque indicated in the table below.
- When connecting aluminium cables to copper terminals, use bimetal lugs or interfaces.
- Separate the different types of circuits into separate cable bundles (power, control, 48 V, 24 V, DC, AC, etc).

## Cable bundles

Cable cross-sectional area (mm <sup>2</sup> )	Max. number of cables per bundle
CSA ≤ 10	8
16 < CSA ≤ 50	4
CSA ≥ 50	Tie individually

## Tying the cable bundles

Type of tie	Maximum I <sub>cw</sub> (kA/rms 1s)	Distance between ties (mm)
Width: 4.5 mm Load: 22 kg	10	200
	15	100
	20	50
Width: 9 mm Load: 80 kg	20	350
	25	200
	35	100
	45	70

For cable sizes of 50 mm<sup>2</sup> or more, use 9 mm wide fixing ties.

Recommended tightening torque for mechanical and electrical connections with 8.8 class screws.

Diameter of screw	Tightening torque (Nm) (with nut + contact washer)
M3	1.5
M4	3.5
M5	7
M6	13
M8	28
M10	50
M12	75

**LIITE 3.**

Liite poistettu Harju Elekter Oy:n pyynnöstä.