



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Tuomas Juupaluoma

E³-SUUNNITTELUOHJELMISTON SO-
VELTUVUUS SÄHKÖSUUNNITTELU-
TOIMISTON ERILAAJUISIIN SUUN-
NITTELUTÖIHIN

Tekniikka
2016

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Tuomas Juupaluoma
Opinnäytetyön nimi	E ³ .-suunnitteluohjelmiston soveltuvuus sähkösuunnittelu- toimiston erilaajuisiin suunnittelutöihin
Vuosi	2016
Kieli	suomi
Sivumäärä	50 + 9 liitettä
Ohjaaja	Mikko Västi

Tämä opinnäytetyö tehtiin Pöyry Finland Oy:n Vaasan toimistolle, jonka käytössä tällä hetkellä oleville suunnitteluohjelmille etsitään automatisoidumpaa vaihtoehtoa. Työhön valittiin kohteeksi tietokantapohjainen E³.- suunnitteluohjelma, joka mahdollistaisi suunnittelutyön osittaisen automatisoinnin. Tutkimuksessa selvitetiin miltä osin E³.-ohjelman käyttöä voitaisiin toimistolla laajentaa ja mitä se vaatisi.

Opinnäytetyössä esiteltiin tutkittavana olevan E³.-suunnitteluohjelman ominaisuuksia ja vertailtiin sen käytettävyyttä AutoCAD-suunnitteluohjelmaan. Työssä käytiin läpi myös muita sähköalalla yleisesti käytettyjä suunnitteluohjelmia. Yksi tutkimuksen aiheista oli E³.-n sisältämän komponenttikirjaston tarkastelu ja suunnitelmien tuottamiseen tarvittavan tietokannan hallinnan helppouden selvittäminen.

Tutkimuksessa selvisi, että ohjelmat ovat erilaisia käytettävyydeltään ja toimintoiltaan. Komponenttikirjaston tarkastelun tuloksena oli, että komponentteja tarvitsee luoda tietokantaan paljon, jotta E³.-lla olisi mahdollista laatia suunnitelmia. Vaihtoehtona laajan komponenttikirjaston luomiseen esitetään geneeristen komponenttien käyttöä. Jos E³.-ohjelmaa mietitään käyttöönotettavaksi, vaatii se muokkauksia sekä aikaa. Tällä hetkellä AutoCADin käyttö toimiston suunnittelutyössä on järkevämpää, mutta E³. on mahdollista ottaa käyttöön sen rinnalle, pienempien projektien suunnitteluun.

ABSTRACT

Author	Tuomas Juupaluoma
Title	Suitability Analysis of E ³ . -Design System for Various Design Work at an Electrical Design Office
Year	2016
Language	Finnish
Pages	50 + 9 Appendices
Name of Supervisor	Mikko Västi

This thesis was made for Pöyry Finland Oy's Vaasa office, which is looking for automated options for design systems currently in use. The database driven E³. design system was chosen as a focus of examination because it could partially automate the design work. The purpose was to study how to expand the use of the E³.-designing system and what it requires.

The features of the E³. design system were examined and compared with the AutoCAD design system. Other design systems commonly used in electric industry were also presented. One of the subjects to examine was the E³. component library and how easy it is to control it.

The research revealed that the design systems are different in usability and functionality. The result of E³. component library examination was that many components need to be created in order to fully utilize E³. in design work. The use of the generic components is proposed as an alternative option for the large component library. If the E³. design system is considered to be commissioned, it requires modifications and time. At the moment the use of the AutoCAD is more reasonable in design work at the office than E³. But it is possible to take E³. in use alongside AutoCAD, to design smaller projects.

Keywords	Electrical Planning, Designing System, Comparison, Component Library
----------	--

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO	9
2	YRITYSESITTELY	10
	2.1 Pöyry Oyj.....	10
	2.2 Pöyry Finland Oy	10
	2.3 Vaasan toimisto.....	11
3	SÄHKÖSUUNNITTELUOHJELMISTOT	12
	3.1 AutoCAD.....	12
	3.2 E ³ .series	13
	3.3 EPLAN	16
	3.4 CADS	17
	3.5 Vertex Systems Oy.....	18
	3.6 MagiCAD	19
4	E ³ . – KOMPONENTIT JA SYMBOLIT	20
	4.1 Symbolin, komponentin ja laitteen määritelmät	20
	4.2 Komponenttien tarpeen kartoittaminen	21
5	KOMPONENTTIKIRJASTON LUOMINEN.....	25
	5.1 Uusia komponentteja ja symboleja	25
	5.2 Komponenttien luomiseen kuluva aika	29
6	E ³ .:N JA AUTOCADIN VERTAILU	32
	6.1 Erilaisten kaavioiden tuottaminen ohjelmilla	35
	6.1.1 Piirikaavio	36
	6.1.2 Pääkaavio	37
	6.1.3 Suojaus- ja lukituskaavio	37
	6.1.4 Layout-kuvat.....	38
	6.2 Raportit	38
	6.2.1 Riviliitinluettelo.....	39
	6.2.2 Muut raportit.....	41

6.3 Ohjelmien hyvät ja huonot puolet	42
7 YHTEENVETO JA LOPPUPÄÄTELMÄT	45
LÄHTEET	50
LIITTEET	

KUVA- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuva 1. Pöyryn toimipisteet Suomessa	11
Kuva 2. E ³ .seriesin modulaarinen rakenne	15
Kuva 3. Esimerkkikomponentti	21
Kuva 4. Zukenin tietokannasta löytyviä, käyttökelpoisia symboleja.....	23
Kuva 5. Nelinapaisen kuormankytkimen symboli.....	26
Kuva 6. Termostaatin symboli.....	27
Kuva 7. Moottoriohjatut katkaisija, erotin ja maadoituserotin	27
Kuva 8. Kippireleen komponentin osat	28
Kuva 9. E ³ ..n tuottama kojeluettelo	41
Taulukko 1. E ³ .series moduulit	14
Taulukko 2. Suunnitteluohjelmien vertailu- ja pisteytystaulukko	33

LIITELUETTELO

LIITE 1. Kennoterminaalien liityntöjen kuvaus	51
LIITE 2. Kennoterminaalien liityntöjen kuvaus	52
LIITE 3. Esimerkki piirikaaviosta	53
LIITE 4. Esimerkki pääkaaviosta	54
LIITE 5. Esimerkki suojauskaaviosta	55
LIITE 6. Esimerkki lukituskaaviosta	56
LIITE 7. Esimerkki layout-kuvasta	57
LIITE 8. Esimerkki vaatimusten mukaisesta riviliitinluettelosta	58
LIITE 9. E ³ :n tuottama riviliitinluettelo	59

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

ABB	Kansainvälinen sähkötekniisten tuotteiden valmistaja
API	Ohjelmointirajapinta
CAD	Tietokoneavusteinen suunnittelu
CAE	Tietokantapohjainen tietokoneavusteinen suunnittelu
CCS	Cim Consult Solution Oy
DWG	Tiedostomuoto
DXF	Tiedostomuoto
GB	Kiinalainen kansallinen standardi
IEC	Kansainvälinen sähköalan standardointiorganisaatio
ISO	Kansainvälinen standardointiorganisaatio
NFPA	Yhdysvaltalainen standardi

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä on tarkoitus tutkia E³.-suunnitteluohjelmaa Pöyryn Vaasan toimiston näkökulmasta. Työssä on tarkoitus selvittää rajat, joilla ohjelma voitaisiin ottaa käyttöön sekä mitä se vaatisi. Lopputuloksena saadaan selvitys AutoCAD – suunnitteluohjelman ja E³.:n ominaisuuksista sekä ohjelmien soveltuvuudesta erilaisten kaavioiden tuottamiseen. Työssä tarkastellaan myös E³.:n automaattisista toiminnoista saatavaa hyötyä sekä arvioidaan kirjastoon tarvittavien komponenttien määrää ja näiden luomiseen kuluva aikaa.

Opinnäytetyön lähtökohtana on tehdä tutkimus sellaisen käyttäjän näkökulmasta, jolla on vain ohjelman peruskoulutus käytynä sekä yleinen tuki apuna eikä aikaisempaa kokemusta ohjelman kanssa työskentelemisestä.

Pöyryn Vaasan toimisto on keskittynyt muun muassa erilaisten suur- ja keskijännitepuolen sähkösuunnitelmien tekoon. Tärkeimpänä työkaluna sähkösuunnitelmien luomisessa voidaan pitää sähkösuunnitteluohjelmistoa, joilla luodaan suunnitelmiin tarvittavat kaaviot ja piirrokset. Nykyisin toimistolla käytettävistä sähkösuunnitteluohjelmista suurimmassa käytössä oleva AutoCAD ei sisällä automatisoituja toimintoja. AutoCADin lisäksi toimiston suunnittelutyössä käytetään CADS -suunnitteluohjelmaa. Opinnäytetyössä tutkittavana oleva E³. sisältää paljon automatisoituja toimintoja, joiden on tarkoitus helpottaa ja nopeuttaa suunnittelutyötä. Työn tarkoituksena on vertailla näiden kahden ohjelman ominaisuuksia sekä tutkia E³.:n joustavuutta ja muokattavuutta toimiston tarpeiden näkökulmasta. Lisäksi työssä käydään läpi lyhyesti muita alalla yleisesti käytössä olevia sähkösuunnitteluohjelmistoja.

Tarpeen opinnäytetyössä tehdyille tutkimukselle loi halu saada älykäs suunnitteluohjelma käyttöön projekteissa, joissa sen käyttäminen ei ole vielä ollut mahdollista. Tiedossa on, että älykkäällä järjestelmätyökalulla saadaan nopeutettua suunnittelutyötä sekä vähennettyä virheitä. Tällaisen työkalun saaminen käyttöön, esimerkiksi saneeraus – ja laajennuskohteisiin olisi hyödyllistä. Jokaisella asiakkaalla ja jokaisessa kohteessa on omanlaisensa erityispiirteet ja vaatimukset, joten ohjelmalta vaaditaan runsasta muokattavuutta ja joustavuutta.

2 YRITYSESITTELY

2.1 Pöyry Oyj

Jaakko Pöyry perusti yrityksen Suomessa vuonna 1958, jolloin se alkoi tuottaa suunnittelu- ja konsultointipalveluita metsäteollisuuden tarpeisiin. Jo alkuajoista lähtien yritys on ollut kansainvälinen toimija ja myynyt palveluitaan ulkomaille. Pöyry kasvoi yhdeksi maailman suurimmista metsäteollisuutta palvelevista suunnittelu- ja konsultointipalveluyrityksistä. Myöhemmin Pöyryllä tehtiin strateginen päätös laajentua uusille toimialoille yrityskauppojen avulla. /1/

Nykyisin Pöyryn keskeisiä toimialoja, joille tarjotaan suunnittelu- ja konsultointipalveluita, ovat sähkön ja lämmön tuotantolaitokset, sähkön siirto ja jakelu, uusiutuva energia, sellu- ja paperiteollisuus, kemianteollisuus ja biojalostus, liikennejärjestelmät, vesi ja ympäristö sekä kiinteistöt. Pöyry on kasvanut suureksi pörssiyritykseksi, jolla on palveluksessaan noin 6 000 asiantuntijaa 50 maassa. /1/

Pöyry Oyj on konsernin emoyhtiö, joka vastaa konsernin kehittämisestä, rahoituksesta, valvonnasta sekä toiminnan yleisestä koordinoinnista. /2/

2.2 Pöyry Finland Oy

Pöyry on Suomen johtavia suunnittelu- ja konsultointiyrityksiä. Suomessa Pöyryn palveluksessa on noin 1600 työntekijää ympäri maata. Suomen palvelutarjonta kattaa kaikki Pöyryn keskeiset osaamisalueet. Suomessa Pöyryllä on kattava paikallispalveluverkosto, johon kuuluu 19 toimistoa. Kuvassa 1 on esitetty Pöyryn Suomen toimistojen sijainnit kartalla. Pääkonttori sijaitsee Vantaalla. /3/

Suurissa projekteissa aluetoimistot voivat toimia yhteistyössä toistensa kanssa ja hyödyntää toistensa ydinosaamista.



Kuva 1. Pöyryn toimipisteet Suomessa

2.3 Vaasan toimisto

Pöyryn Vaasan toimiston ydinosamiseen kuuluu sähkö- ja automaatio suunnittelu sekä sähkömekaaninen suunnittelu. Muilla Pöyryn toimialoilla, kuten civil-, prosessi-, putkisto-, konesuunnittelu yms. toimisto toimii linkkinä ja kontaktipisteenä asiakkaan ja Pöyryn välillä. Vaasan toimiston asiakkaita ovat globaalit energia- ja prosessiteollisuuden projektitoimittajat. Lisäksi toimialaan kuuluu paikallisen teollisuuden kunnossapitoon ja laajennuksiin liittyvät palvelut. /4/

Toimialaan kuuluu suunnittelun kaikki eri osa-alueet /4/:

- konsultointipalvelut
- suunnittelupalvelut
- hankintapalvelut
- projektin johtopalvelut
- koestuspalvelut.

3 SÄHKÖSUUNNITTELUOHJELMISTOT

CAD (Computer Aided Design), eli tietokoneavusteinen suunnittelu, on teknistä piirtämistä ja suunnittelua tietokoneen avulla. Se on sähkösuunnittelijan perustyökalu, jolla tuotetaan suunnitelmiin tarvittava dokumentaatio.

CAD-ohjelmilla pystytään luomaan erilaisia 2D- ja 3D-piirroksia, sähkösuunnitelmissa kolmiulotteisuutta ei kuitenkaan yleensä tarvita. CAE (Computer Aided Engineering) – ohjelmistot ovat tietokantoihin perustuvia suunnittelujärjestelmiä, jotka sisältävät suunnittelutyötä automatisoivia toimintoja. Markkinoilla on useiden ohjelmistoyritysten kehittämiä erilaisia CAD- ja CAE-suunnitteluohjelmia, jotka ovat sähkösuunnitteluun tarkoitettuja.

Sähkösuunnitteluohjelmistot ovat sähkösuunnittelijan tärkeimpiä työkaluja työssään. Niiden tarkoitus on helpottaa ja nopeuttaa suunnittelijan työtä. Ohjelmat ovat kuitenkin vain apuväline suunnittelijan työssä, tarvitaan ammattitaitoa että ohjelmia osaa käyttää oikein ja luoda niillä oikeanlaista dokumentaatiota.

Sähkösuunnitteluohjelmistoja löytyy erilaisia, osassa ohjelmista ei ole lainkaan automatisoituja toimintoja kun taas osa ohjelmista toimii hyvin pitkälle automatisoiduilla toiminnoilla. Osa sähkösuunnittelussa käytetyistä suunnitteluohjelmista on tietokantapohjaisia ohjelmia, joilla voidaan luoda ”älykkäitä” suunnitelmia.

Seuraavissa kappaleissa esitellään Suomessa käytetyimpiä sähkösuunnitteluohjelmistoja. Osa esiteltävistä suunnitteluohjelmista on jo tällä hetkellä, jollain tasolla, käytössä toimistolla ja niistä löytyy kokemusta. Osa ohjelmista taas on toimistolla vähemmän tunnettuja eikä välttämättä ole ollut käytössä koskaan.

3.1 AutoCAD

AutoCAD on yhdysvaltalaisen Autodesk Inc. yhtiön kehittämä ja julkaisema suunnitteluohjelmisto. AutoCAD on kaikenlaiseen yleiseen suunnitteluun tarkoitettu ohjelma, josta on saatavilla 3 eritasoista versiota: AutoCAD LT (kevyin versio), AutoCAD (perusversio) ja AutoCAD 360 (vaativampaan käyttöön). AutoCADiin on saatavissa myös eri toimialoille räätälöityjä lisäosia, esimerkiksi arkki-

tehtien käyttöön tarkoitettu AutoCAD Architecture, mekaniikkasuunnitteluun tarkoitettu AutoCAD Mechanical ja sähkösuunnitteluun tarkoitettu AutoCAD Electrical. /5/

Ensimmäinen AutoCAD- suunnitteluohjelmiston versio julkaistiin vuonna 1982 /5/, josta lähtien se on ollut yksi suosituimmista suunnitteluohjelmista markkinoilla.

AutoCAD on viivanpiirtoon perustuva 2D- ja 3D-pohjainen suunnitteluohjelma, jonka käyttö perustuu erilaisten graafisten objektien piirtämiseen. Ohjelma käyttää DWG- ja DXF- tiedostomuotoja. /5/ Nämä ovat hyvin yleisesti käytettyjä tiedostomuotoja suunnittelualalla.

AutoCAD -suunnitteluohjelmasta ei löydy automaattisia toimintoja, vaan se antaa suunnittelijalle vapauden muokata piirroksia hyvin yksityiskohtaisestikin. Pöyryn Vaasan toimistolla AutoCAD on ylivoimaisesti eniten käytetty suunnitteluohjelmisto ja sillä tuotetaan suuriinkin projekteihin tarvittavat piirrokset ja kaaviot.

3.2 E³.series

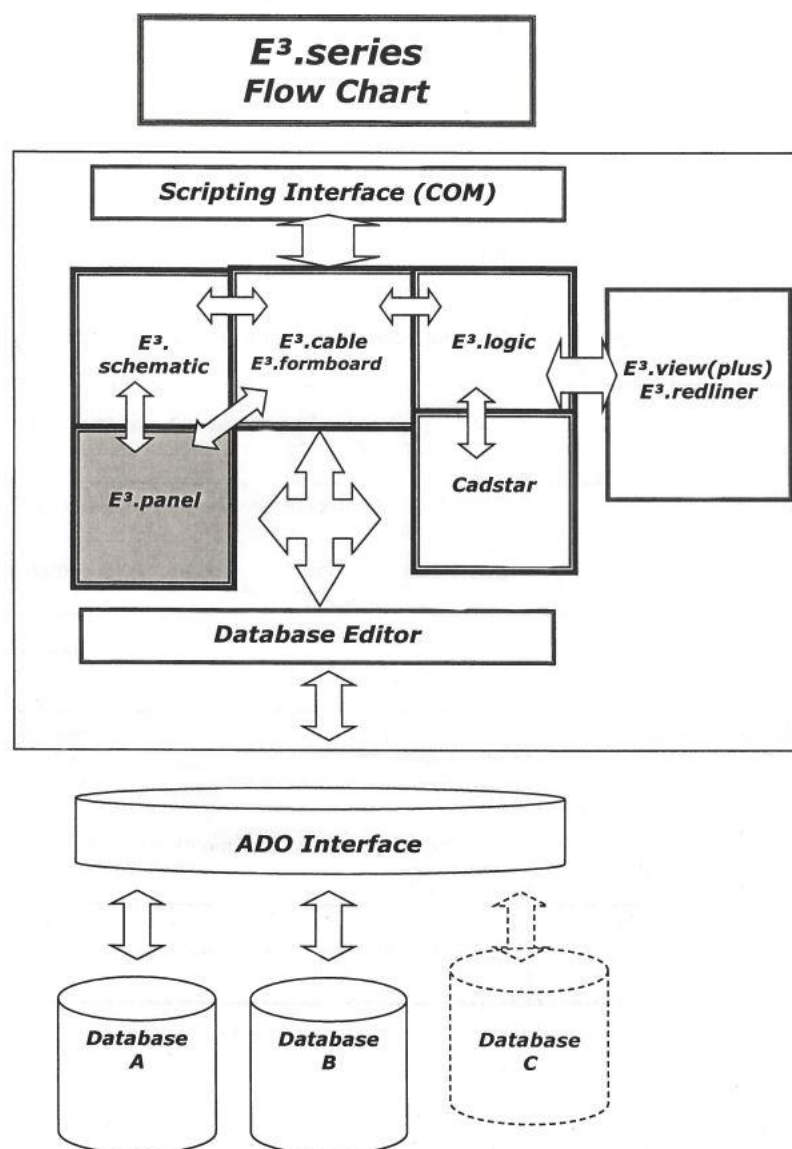
E³.series on japanilaisen Zuken – yhtiön omistama CAE-suunnitteluohjelmisto, jota käytetään sähkö-, automaatio-, elektroniikka-, pneumatiikka- ja hydrauliiikka-tuotteiden suunnitteluun ja dokumentointiin. Suomessa E³.seriesin maahantuojana ja ylläpitäjänä toimii CIM Consult Solution Oy. E³.series on Windows- ympäristössä toimiva älykäs suunnitteluohjelmisto, joka mahdollistaa suunnittelun osittaisen automatisoinnin API-rajapinnan kautta. /6/

E³.series on käytössä pienistä yhden työntekijän yrityksistä aina globaalisti toimiviin yrityksiin. Ohjelmaa käyttäviä yrityksiä löytyy laajasti eri teollisuuden aloilta. Suunnitelmien tekeminen E³.series:n avulla on, joillain toimialoilla, mahdollista automatisoida jopa 100 %:sti. Tällöin toiminta pohjautuu valmiisiin tyyppikaavioihin ja näiden sisällä oleviin optioihin sekä variantteihin. Tyyppikaavioita generoidaan automaattisesti syötettävien tietojen perusteella. Generoituun projektiin pystytään kuitenkin tekemään haluttuja muutoksia ja lisäyksiä, näin pystytään yhdistämään automatisointi ja käyttäjän haluamat asiat.

E³.series koostuu erilaisista moduuleista, joita käyttäjä voi yhdistellä oman tarpeensa mukaisesti. Ohjelmiston sisältämät moduulit on esitetty taulukossa 1. Moduulit toimivat samassa ECAD kernel -tietokannassa, jonka kautta tieto kulkee eri moduulien välillä. Ohjelmiston modulaarinen rakenne on esitetty kuvassa 2. /7/

Taulukko 1. E³.series moduulit /7/

E ³ .		
Nro.	Moduuli	Kuvaus
1	E³.schematic	Sähköisten, hydraulisten ja pneumaattisten kaavioiden sekä prosessi- ja instrumentointikaavioiden suunnitteluun ja dokumentaation tuottamiseen
2	E³.cable	Laitteiden johdotusten, kaapeleiden ja johdinsarjojen suunnitteluun ja esittämiseen. Sisältää E ³ .schematicin toiminnot.
3	E³.formboard	Johdinsarjojen 1:1 esitysten luomiseen. E ³ .cablen lisäosa
4	E³.topology	Komponenttien sijoitteluun ja johdinsarjojen generoimiseen
5	E³.panel	Koteloiden ja keskusten layouttien sekä johdinsarjojen suunnitteluun ja esittämiseen
6	E³.view	Ilmainen moduuli E ³ .-dokumenttien katselemiseen ja tulostukseen
7	E³.viewplus	Moduuli, jolla voi E ³ .view:n toimintojen lisäksi vaihtaa tasoja ja kieltä sekä suorittaa scriptejä
8	E³.redliner	Moduuli, jolla voi E ³ .view:n toimintojen lisäksi tehdä punakynämerkintöjä
9	E³.enterprise	Mahdollistaa projektin muokkaamisen useamman käyttäjän toimesta yhtäaikaisesti. Ns. multi-user-moduuli
10	E³.logic	Elektronisten kaavioiden suunnitteluun ja dokumentointiin
11	Cadstar	Piirilevyjen suunnitteluun ja dokumentointiin



Kuva 2. E³.seriesin modulaarinen rakenne /7/

E³. valittiin tässä opinnäytetyössä tutkittavaksi suunnitteluohjelmaksi, koska sen ominaisuuksista ja joustavuudesta eri tilanteissa ei ole juurikaan tietoa. Pöyryllä on jo valmiiksi ohjelman lisenssejä omistuksessa, joten ohjelman tarkasteleminen oli helppo aloittaa. Ohjelma on myös jo käytössä joissain Pöyryn eri toimipisteissä, tämän johdosta ohjelman käytölle olisi myös jatkuvuutta. Tiedossa on myös, että osalla asiakkaista on E³. käytössä, joten hyppääminen heidän ympäristönsä ei olisi enää kovin vaikeaa, jos ohjelma otettaisiin käyttöön toimistolla. Tietokan-

noissa tietysti olisi eroja, mutta siirtyminen asiakkaan ympäristöön olisi kuitenkin helpompaa kuin kokonaan toisesta ohjelmasta siirtyminen.

Tässä opinnäytetyössä keskitytään E³.schematic – moduuliin, joka on objektikeskeinen ohjelmisto, kuten koko E³.series. Sen tavoitteena on mahdollistaa helppo sekä tehokas suunnittelu teollisuusympäristöön.

E³.schematic – moduuli on tarkoitettu erilaisten sähköisten kaavioiden, riviliitinlistauksien, kytkentälistauksien sekä kaapeli- ja johdinluetteloiden laadintaan. Ohjelmaa käytetään etenkin seuraavilla toimialoilla: automaatio, energia, keskus-/kotelovalmistus ja tehdassuunnittelu. E³.schematic – moduulin lisänä on E³.panel-moduuli, jolla pystytään suunnittelemaan erilaisia layout-kuvia. /6/

Ohjelmalla on mahdollista tuottaa suunnitelmista automaattisesti generoituvia raportteja. Raportteja on muun muassa sisällysluettelo, kansilehti, osaluettelo, kytkentä - ja kaapeliluettelo, riviliitinluettelo sekä kilpi – ja tarratulosteet.

Kyseisestä moduulista löytyy Excel – tyyppiset tietotaulut projektin lehdistä, kytkennöistä, laitteista, kaapeleista, pinneistä ja riviliittimistä. Taulut toimivat tietolähteinä, mutta niiden avulla voidaan myös helposti muokata tietoja ja tehdä muutoksia, jolloin tiedot päivittyvät automaattisesti kaavioihin.

E³.schematic-ohjelmalla sähkösuunnitelmien tekeminen perustuu valmiiden komponenttien sijoittamiseen suunnitelmaan. Ohjelmassa on mukana laaja tietokanta valmiita komponentteja, jotka on luotu käyttäen IEC/ISO -standardien mukaisia symboleja. /6/ Tietokannasta ja komponenteista on kerrottu lisää tämän opinnäytetyön luvussa 4.

3.3 EPLAN

EPLAN Software & Service on saksalainen suunnitteluratkaisuja kehittävä yhtiö, joka kuuluu Friedhelm Loh-konserniin Rittalin tytäryhtiönä. EPLAN on perustettu vuonna 1984 ja sen palveluksessa on 800 työntekijää ympäri maailman, myös Suomessa on toimintaa. EPLAN on modulaarinen CAE-suunnitteluohjelmisto,

johon sisältyy perusosa ja siihen liitetyt lisäosat, käyttäjän tarpeiden mukaisesti. /8/

EPLANin Electric P8-versio on yksi vaihtoehto sähkösuunnittelua tekeville yrityksille. Ohjelma on tarkoitettu automaatioprojektien suunnitteluun, dokumentointiin ja hallinnointiin. Se on tietokantapohjainen sähkösuunnitteluohjelma, joka sisältää paljon automaattisia toimintoja. Ohjelman avulla pystyy luomaan riviliitinluettelon ja osaluettelon suoraan projektin piirikaavioiden perusteella. Myös sijaintiviitteiden luominen eri komponenttien välillä onnistuu automaattisesti. /8/

EPLAN Electric P8:n mukana on myös laaja symbolikirjasto, johon on integroitu na IEC-, GB-, NFPA- ja GB -standardien mukaisia symboleja. Omien symbolien luominen onnistuu muokkaamalla olemassa olevia symboleja tai luomalla kokonaan uuden symbolin. /8/

EPLANin toiminnot ja rajoitteet ovat toimistolla jo hyvin tiedossa. Tämän takia tätä ohjelmaa ei tutkita tarkemmin tässä opinnäytetyössä, vaan etsitään muita vaihtoehtoja.

3.4 CADS

CADS on suomalaisen, vuonna 1979 perustetun, Kyndata Oy:n kehittämä CAD-ohjelmisto. CADS tarjoaa eri toimialoille kehitettyjä ja yhteensopivia ohjelmistoja sekä niiden käyttämistä helpottavia ja tukevia palveluita. CADSiltä löytyy suunnitteluohjelmat arkkitehti- ja rakennussuunnitteluun, automaatio- ja sähkösuunnitteluun, LVIA-suunnitteluun sekä työkaluja moniin muihin tarkoituksiin. /9/

CADS on täysin suomenkielinen ohjelmisto ja sen kehityksessä on huomioitu myös suomalaiset suunnittelukäytännöt sekä voimassa olevat standardit. Tarvittaessa ohjelma on saatavissa myös englanninkielisenä. /9/

CADS Electric on CADS – ohjelmiston sähkösuunnitteluun tarkoitettu versio. Ohjelma soveltuu laajasti sähkö- ja automaatioalan eri suunnittelu- ja dokumentointitarpeisiin. CADS Electric – suunnitteluohjelmalla onnistuu rakennussähkö-, teol-

lisuussähkö- ja automaatio suunnitelmien laatiminen, jakeluverkkojen suunnittelu sekä keskusten layout – suunnittelu. /9/

CADS Electric – suunnitteluohjelmasta löytyy myös automaattisia toimintoja, kuten komponenttien väliset ristiviittaukset, johdotusviittaukset ja kytkentäviittaukset. Electricillä onnistuu myös johdotusraporttien generoiminen suoraan projektista johdotustietokantaa hyväksikäyttäen. Ohjelma sisältää valmiin tietokannan, josta löytyy useiden eri laitevalmistajien valmiit tuotetietokannat sekä sähkönumerot.fi – tuotetietokannan tuotteet (noin 210 000 tuotetta). Myös omien symbolien luominen onnistuu. /9/

Yksi CADS Electricin eduista on monipuolisten raporttien tuottaminen suoraan projektista. Ohjelmalla suunnitellun projektin kaapeleista saadaan luotua kaapelikaavio, myös kilpiluetteloiden luonti onnistuu automaattisesti. CADS Electricillä onnistuu myös riviliitinluetteloiden tekeminen. /9/

CADS on käytössä myös Pöyryn Vaasan toimiston suunnittelutyössä. Ohjelmalla tuotetaan suunnitelmia joidenkin asiakkaiden toiveiden mukaisesti.

3.5 Vertex Systems Oy

Vertex Systems Oy on suomalainen, vuonna 1977 perustettu, suunnittelun ja tiedonhallinnan ohjelmistoratkaisuja teollisuuden eri aloille kehittävä yritys. Vertexin kehittämällä ohjelmilla on 18 000 käyttäjää globaalisti 37 maassa. Vertexillä on eri toimialoille suunnattuja suunnitteluohjelmistoja, näihin toimialoihin kuuluu koneenrakennus, laitos- ja prosessiteollisuus, sähkö- ja automaatio, rakentaminen sekä kalusteiden valmistus. /10/

Vertex ED on Vertex Systems Oy:n sähkö- ja automaatio suunnitteluun kehittämä ohjelma. Vertex ED on työkalu, joka perustuu kaavioiden älykkyyteen sekä tietokantapohjaiseen arkistointijärjestelmään. Ohjelma sisältää paljon automaattisia toimintoja, joilla on tarkoitus vähentää tarpeetonta ja virhealtista työtä. /10/

Ohjelmaan sisältyy symbolikirjasto, jonka avulla älykkäiden piirikaavioiden tuottaminen onnistuu. Vertex ED osaa tuottaa automaattisesti kaavioiden ristiviittaukset, kojeluettelot, kaapeliluettelot sekä johdotusluettelot. /10/

3.6 MagiCAD

MagiCAD on suomalaisen Progman Oy:n kehittämä CAD-ohjelmisto, joka on erikoistunut talotekniseen suunnitteluun. MagiCAD julkaistiin vuonna 1998, jonka jälkeen se on ollut jatkuvan kehitystyön alla. MagiCADilla on mahdollista valita käytettävä suunnitteluympäristö AutoDeskin AutoCADin ja Revit - ympäristöjen välillä. Revit – ympäristössä työskentely tarkoittaa, että kaikki projektiin kuuluva tieto sisältyy yhteen tietokantaan usean erillisen tasokuvan sijaan. Ohjelma sisältää tietokannan, josta valitaan projektiin oikeita laitteita. MagiCADiin kuuluu myös erilaisia laskentatyökaluja, jotka helpottavat suunnittelijan työtä. Ohjelmisto tarjoaa ratkaisuja talotekniikkasuunnitteluun, johon kuuluu mm. lämmitys-, jäähdytys-, ilmastointi-, vesi-, sähkö- ja telejärjestelmät. /11/

MagiCAD Electrical on suunnitteluohjelmisto, joka on tarkoitettu nopeaan ja tehokkaaseen sähköisten järjestelmien suunnitteluun ja piirtämiseen. Ohjelmalla pystytään suunnittelemaan mm. kaapelihyllyjä ja valaisinten sijainteja sähkösuunnitelmissa. Ohjelma sisältää myös älyä, esimerkiksi automaattiset kytkennät laitteiden välillä sekä varoitukset erilaisissa virhetilanteissa. /11/

MagiCADiä on käytetty Pöyryn Vaasan toimistolla 2D-hyllysuunnitteluun tilanteissa, joissa 3D-kuvia ei ole saatavilla.

4 E³. – KOMPONENTIT JA SYMBOLIT

Yksi tärkeimmistä Zukenin E³- suunnitteluohjelman ominaisuuksista on valmiit komponentit, jotka ovat tallennettuna tietokannassa sijaitsevaan komponenttikirjastoon. Symboleja ja komponentteja tuodaan projektiin suoraan tietokannasta. Ohjelmassa on vakiona Zukenin tietokanta, josta löytyy valmiina yli 5 000 komponenttia ja yli 8 000 symbolia. Näiden lisäksi joiltakin komponenttivalmistajilta löytyy omia tietokantoja, joista on mahdollista saada käyttöön komponentteja. Komponenttien ja symbolien käyttö on olennainen osa E³:sta, joten nämä käsitteet on tärkeä sisäistää ennen ohjelman käyttöä.

4.1 Symbolin, komponentin ja laitteen määritelmät

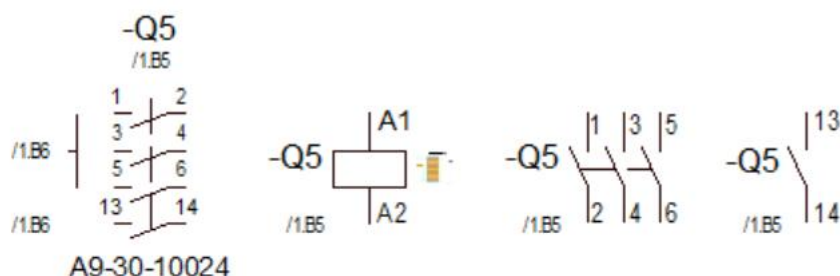
Symboli on neutraali graafinen elementti, jolle ei anneta laitetunnusta eikä tarkempia tietoja sen toiminnasta ja ominaisuuksista. Sillä ilmaistaan yhden objektin yhtä toimintoa kaaviossa. Symboli koostuu neljästä elementistä: grafiikasta, kytkentäpisteistä, ominaisteksteistä ja attribuuteista. /7/

Komponentti muodostuu yhdestä tai useammasta symbolista ja siihen on liitetty haluttu määrä tietoa komponentin ominaisuuksista /7/. Komponentista voidaan kertoa esimerkiksi sen valmistaja, jännitealue, tyyppinumero ja nimellisvirta.

Komponentti voi olla myös niin sanottu geneerinen komponentti, jolloin sillä on tarvittava symboliikka, mutta se ei ota kantaa laitetyyppiin tai valmistajaan. Komponentti sijoitetaan kaavioon ja siihen tehdään kytkennät sekä johdotukset normaalisti. Geneerinen komponentti voidaan vaihtaa kesken projektin toisenlaiseksi komponenttityypiksi, mutta sen kytkennät sekä johdotukset säilyvät kaaviossa. Geneeristen komponenttien avulla tarvittavien komponenttien määrää voidaan laskea kirjastossa, kun voidaan luoda tietokantaan esimerkiksi vain yksi kytkimen komponentti ja antaa sille myöhemmin projektissa tarkemmat tiedot. Näin ei tarvitse jokaista tiedoiltaan hieman erilaista kytkintä luoda erikseen tietokantaan, vaan riittää, että piirrosmerkki on sama.

Yksi vaihtoehto on myös luoda niin sanottu dynaaminen komponentti, jolloin sillä on vain attribuuttitiedot eikä lainkaan symbolirakennetta. Dynaamista komponenttia voidaan käyttää projektissa siten, että se tulee toisen laitteen mukana erillisellä additional part – attribuutilla. Toinen vaihtoehto on, että dynaaminen komponentti ottaa toisen laitteen symbolit haltuun ja käyttää itsellään.

Kuvassa 3 nähdään esimerkki valmiista kokonaisesta komponentista: ABB:n kontaktori, johon kuuluu kosketinpakka, kela, pääkoskettimet ja yksi sulkeutuva kosketin.



Kuva 3. Esimerkkikomponentti

Laite on komponentin esiintymä projektissa. Kun valmis komponentti lisätään tietokannasta projektiin, se saa automaattisesti laitetunnuksen. Käyttäjä voi muuttaa tunnusta jälkikäteen. Näin komponentti muuttuu laitteeksi ja se ilmestyy projektin laite-välilehdelle. Myös symboli on mahdollista muuttaa laitteeksi antamalla sille laitetunnus. /7/

4.2 Komponenttien tarpeen kartoittaminen

Komponenttikirjaston tulisi sisältää suurimman osan keskeisimmistä sähkösuunnitelmiin tarvittavista komponenteista, jotta projektien suunnitleminen E³:lla olisi tehokasta. Tässä opinnäytetyössä ei ole tarkoitus alkaa luomaan omaa tietokantaa, vaan tutkia ja selvittää onko komponenttien puute siedettävissä rajoissa, että ohjelman käyttöönotto olisi järkevää ja kustannustehokasta. Komponenttien tarvetta tarkastellaan pienempien ja paljon muutoksia tarvitsevien projektien sekä suurten projektien näkökulmasta. Tarpeen kartoittamisen lähtökohtana oli se, että Pöyryltä

ei löytynyt sen omaan käyttöön räätälöityjä komponentteja tai symboleita lainkaan.

Ohjelman mukana tulevassa Zukenin tietokannasta löytyy iso valikoima erilaisia komponentteja sekä symboleja ja tarkoituksena on kartoittaa, kuinka paljon tämän tietokannan komponentteja voitaisiin käyttää hyödyksi sellaisissa sähkösuunnitelmissa mitä Pöyryn eri toimistoilla tehdään. Zukenin tietokantaa ei tietysti ole tarkoitettukaan kattamaan kaikkien käyttäjien komponenttitarvetta, vaan antamaan pohjan ja toimimaan esimerkkinä käyttäjän omalle kirjastolle.

Optimaalisinta olisi luoda oma kirjasto, josta löytyisi suunnitelmiin tarvittavat komponentit ja symbolit, osana tätä kirjastoa voitaisiin pitää Zukenin oletustietokantaa. Ohjelman käyttö on silloin tehokasta kun kirjastosta löytyy suurin osa projektiin tarvittavista komponenteista, oli kyseessä sitten pieni muutostyö tai laajempi suunnittelutyö.

Esimerkkinä tyyppillisestä Pöyryn Vaasan toimiston työstä käy 110kV/20kV sähköaseman suunnittelu. Tällaisen projektin suunnittelutyössä tuotetaan satoja sivuja erilaisia piirroksia, joihin sijoitetaan yhteensä tuhansia symboleja ja komponentteja. Huomioon täytyy ottaa, että suuri osa näistä symboleista ja komponenteista on kuitenkin samanlaisia ja variaatiota ei ole paljoa.

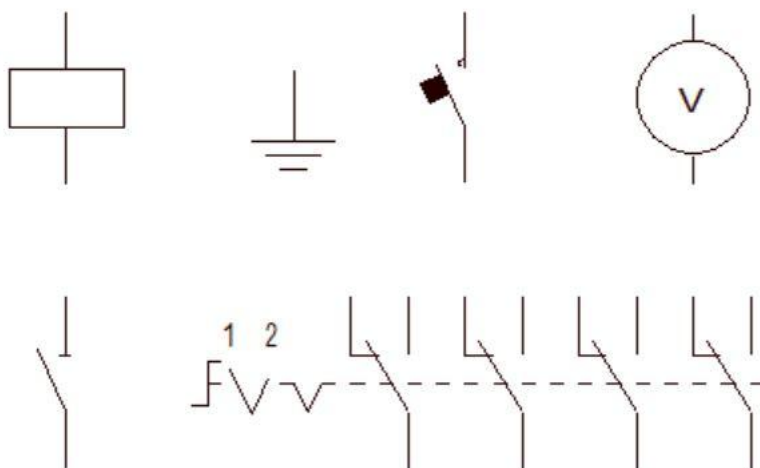
Symbolien ja komponenttien tarvetta tutkittiin piirtämällä E³-suunnitteluohjelmalla vanhoja AutoCADilla piirrettyjä suunnitelmia uudelleen. Kartoitusta tehtäessä käytiin läpi useita erilaisia kaavioita, joita suunnitteluohjelmalla on tarkoitus tuottaa. Esimerkkinä erään sähköaseman piirikaaviot, joista etsittiin komponentteja ja vertailtiin näitä olemassa olevaan komponenttikirjastoon.

Zukenin tietokannassa olevista komponenteista ei löydy kovin montaa suoraan käyttökelpoista komponenttia sellaisiin sähkösuunnitelmiin mitä yleisimmin Pöyryn eri asiakasprojekteissa tehdään. Zukenin tietokannasta löytyvistä valmiista komponenteista käyttökelpoisiksi todettiin osa varokeautomaateista, painonapeista, kontakteista sekä erilaisista kytkimistä. Huomioon täytyy ottaa se, että useat

tarvittavista komponenteista on samankaltaisia toistensa kanssa, joten niistä on helppo luoda pienillä muutoksilla uusia komponentteja.

Symbolikirjastosta sen sijaan löytyi paljon käyttökelpoisia symboleita, joita voitaisiin mahdollisesti käyttää piirrettävissä kaavioissa. Kaavioissa käytetään symboleja apuna kuvaamaan järjestelmän toimintaa mahdollisimman selkeästi.

Symboleista käyttökelpoisia ovat esimerkiksi erilaiset muuntajat, kytkimet, suoja-laitteet sekä muut sekalaiset merkit, joita voitaisiin käyttää hyödyksi kaavioiden tekemisessä. Kuvassa 4 on esitetty esimerkkejä sellaisista symboleista, joita on mahdollista käyttää hyväksi kaavioita piirrettäessä. Symboleja on helppo käyttää pohjana myös komponenttien luomisessa. Jos halutaan luoda symbolista komponentti, sille annetaan haluttu tunnus sekä määritellään sen ominaisuudet ja tiedot.



Kuva 4. Zukenin tietokannasta löytyviä, käyttökelpoisia symboleja

Projekteihin sisältyy myös suuri määrä eri kaapeleita. E³:ssa kaapelit ovat myös komponentteja ja ne on lisättävä suunnitelmaan oikeisiin kohtiin, jotta ohjelma osaa tulostaa raportit oikein. Valmiista kirjastosta löytyy jonkin verran kaapeleita, mutta ne eivät ole sopivia toimistolla suunniteltaviin kaavioihin, joten kaikki projekteissa käytettävät kaapelit on myös luotava kirjastoon.

Kartoituksen tuloksena voidaan todeta, että uusia komponentteja tarvitaan paljon. Pöyryn Vaasan toimistolla suunniteltaviin sähkösuunnitelmiin tarvittavista komponenteista puuttuu tietokannasta arviolta yli 90 %. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että melkein jokainen sähkösuunnitelmiin tarvittava komponentti on luotava erikseen.

Zukenin valmiista tietokannasta on hyötyä varsinkin symbolikirjaston osalta, mutta komponenttikirjaston osalta hyöty jää tällä hetkellä pieneksi, sillä suoraan käytökelpoisia komponentteja on hyvin vähän. Tämä johtuu siitä, että Pöyryn Vaasan toimiston suunnittelemat projektit ovat usein suurjännitepuolelle, kun taas suurin osa valmiin komponenttikirjaston komponenteista on yleisen jännitetason komponentteja.

Tämä luo pakottavan tarpeen oman tietokannan luomiseksi, jos ohjelmaa mietitään käyttöönotettavaksi. Tehtävää helpottaa se, että useat suunnitelmissa käytettävät komponentit ovat käyttökelpoisia monessa kohtaa projektia. Huomioon on otettava myös se asia, että eri projekteissa käytettävät komponentit ovat useasti samoja eli yhtä projektia varten luodut E³:n komponentit ovat käyttökelpoisia seuraavissakin projekteissa. Osa kirjaston luomistyöstä on mahdollista myös ulkoistaa, ottaen avuksi CCS:n automatisoidut työkalut, joiden avulla voidaan ladata tietoja tietokantaan nopeasti. Tämä vaatii listaa tarvittavista komponenteista tarkkoine tietoineen.

5 KOMPONENTTIKIRJASTON LUOMINEN

Tutkimukseen kuului tarkastelu siitä, kuinka helppoa on luoda uusi symboli tai komponentti. Tarkastelussa tutkitaan myös aikaa, joka kuluu yksittäisen komponentin luomiseen. Tämän perusteella pystytään arvioimaan komponenttikirjaston luomiseen kuluva aikaa sekä ohjelman käyttöönoton järkevyyttä.

Tarkastelun lähtökohtana oli selvittää kuinka vaikeaa käyttäjän on luoda komponentteja ja symboleja pelkän peruskoulutuksen ja yleisen tuen pohjalta. CCS järjestää erillisiä tietokantaeditorikoulutuksia, mutta tällaiseen ei ole välttämättä jokaisen, mahdollisesti tulevaisuudessa ohjelmaa käyttävän, suunnittelijan mahdollista osallistua.

Tarkastelussa tutkittiin vanhoissa piirikaavioissa käytettyjä komponentteja, joita ei luonnollisestikaan löytynyt Zukenin valmiista komponenttikirjastosta. Komponenttien luominen tapahtuu E³.schematic – ohjelmassa olevalla tietokantaeditorilla.

Ennen komponentin luomista täytyi etsiä komponentista teknisiä tietoja. Symbolien luomisessa voitiin käyttää myös apuna AutoCAD – piirrosmerkkejä, jotka saadaan tuotua E³.:seen. Dwg -muodossa tuotuja piirrosmerkkejä voidaan käyttää pohjana kun piirretään uusia komponentteja, tästä voi olla suuri apu monimutkaisten ja harvinaisten komponenttien luomisessa, mutta muuten tästä saatava hyöty jää pieneksi, sillä piirrosmerkit eivät ole suoraan käyttökelpoisia vaan niitä joudutaan muokkaamaan. Myös Zukenin valmiista kirjastosta löytyviä symboleja ja komponentteja voidaan käyttää pohjana uusien luomisessa.

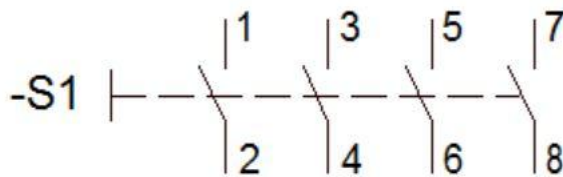
5.1 Uusia komponentteja ja symboleja

Tarkastelua tehtäessä luotiin E³.:n tietokantaeditorilla komponentteja, joita käytetään piirikaavioissa. Komponentteja luotiin muokkaamalla mahdollisista valmiista symboleista oikean näköisiä ja muutettiin ne komponenteiksi antamalla tarpeelliset tiedot ja määritykset.

Tässä luvussa esitetyt komponentit ovat esimerkkejä sellaisista komponenteista, joita ei löytynyt Zukenin valmiista tietokannasta ja joita on käytetty suunniteltujen projektien piirikaavioissa.

Seuraavaksi esitellään esimerkkien avulla erilaisten komponenttien luomista ja tarkastellaan niiden luomiseen käytettyä aikaa. Tarkastelun lähtökohtana on selvittää, kuinka kauan kokemattomalla käyttäjällä kuluu aikaa luoda tietokantaeditorilla komponentteja ja symboleja tietokantaan.

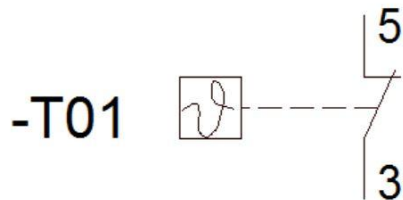
Kuvassa 5 on esitetty nelinapainen, ABB:n valmistama OT40F4N2 mallinen, kuormankytkin. Valmiista kirjastosta löytyi lähes samanlainen piirrosmerkki, josta pystyttiin muokkaamaan halutunlainen komponentti. Aikaa tämän komponentin luomiseen kului arviolta 20 minuuttia.



Kuva 5. Nelinapaisen kuormankytkimen symboli

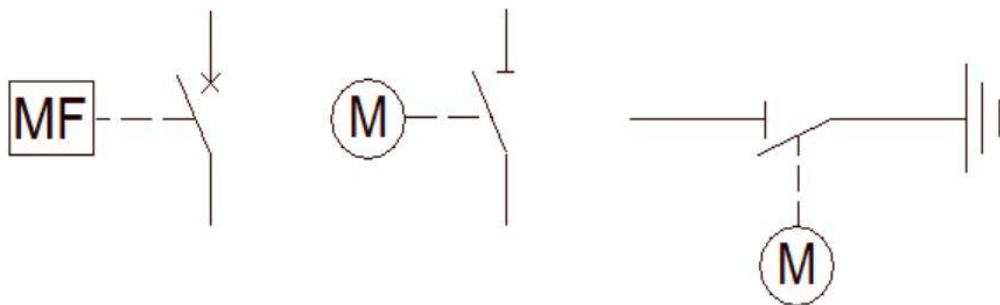
Kuvassa 6 on RITTAL:n SK3110-mallisen termostaatin symboli, jota käytetään sähköaseman lämmityksen ohjauksen esittämisessä. Tämän komponentin luomissa käytettiin apuna symbolikirjastosta löytynyttä avautuvan koskettimen symbolia. Termostaatin symboli luotiin itse käyttäen grafiikkatyökaluja. Graafisten työkalujen käyttö E³:ssa ei ollut ensi alkuun kovin helppoa ja oikealta näyttävän termostaattia kuvaavan piirroksen aikaansaaminen olikin aika haastavaa. Aikaa tämän komponentin tekemiseen kului ensimmäisellä kerralla noin 50 minuuttia, johtuen juurikin graafisten työkalujen vaikeakäyttöisyydestä sekä ongelmista editorin käytössä. Johtuen suuresta käytetystä ajasta, kyseinen komponentti kokeiltiin luoda uudelleen alusta ja tällä kertaa aikaa kului enää noin 20 minuuttia. Vertailun

vuoksi luotiin AutoCADilla sama termostaatin piirrosmerkki ”tyhjänä”, tähän aikaa kului 3 minuuttia.



Kuva 6. Termostaatin symboli

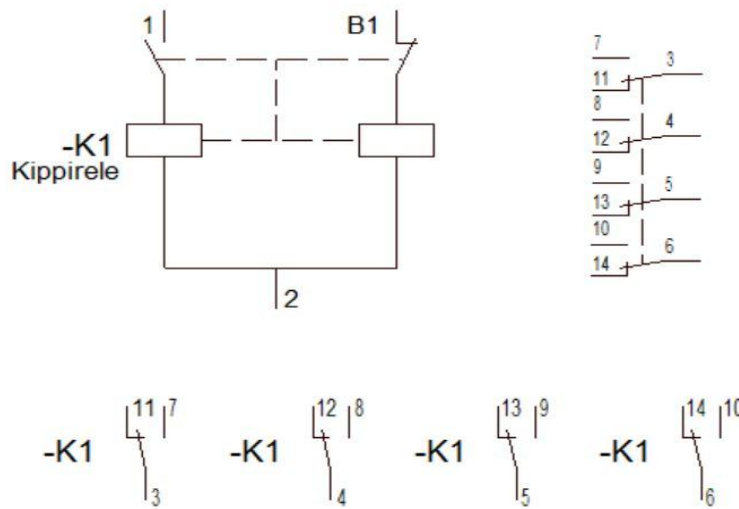
Kuvassa 7 on esitetty moottoriohjattujen katkaisijan, erottimen ja maadoituserottimen symbolit, joita käytetään sähköaseman pääkaavioissa. Symbolit oli helppo luoda käyttäen valmiista kirjastosta löytyviä katkaisijan ja erottimen piirrosmerkkejä pohjana. Näiden kolmen symbolin luomiseen kului aikaa yhteensä 15 minuuttia.



Kuva 7. Moottoriohjatut katkaisija, erotin ja maadoituserotin

Seuraavaksi tutkittiin monesta symbolista koostuvan komponentin luomista. Komponentiksi valittiin kippirele, johon kuuluu kippireleen symbolin lisäksi kosketinpakka ja neljän koskettimen symbolit. Tähän komponenttiin löytyi kirjastosta valmiit kelan ja koskettimien symbolit. Kippireleen komponentti on esitetty kuvassa 8. Komponentin tekemisessä hieman ongelmia tuotti liittimien numerointi,

mutta sekin onnistui muutaman yrityksen jälkeen. Tämän komponentin luomiseen kului aikaa noin tunti.



Kuva 8. Kippireleen komponentin osat

Komponenttien ja symbolien luominen on helppoa jos valmiista kirjastosta löytyy helposti muokattavissa oleva symboli pohjaksi. Mikäli valmiista symbolikirjastosta ei ole apua komponentin luomisessa, tehtävä vaikeutuu ja hidastuu ainakin monimutkaisempien komponenttien kohdalla, koska silloin joudutaan piirtämään symboli alusta asti. Graafisten työkalujen käyttö symbolin piirtämisessä on hie­man epätarkkaa ja hidasti symbolin luomista sekä vaikutti piirrosmerkkien laa­tuun. Tämä johtui luultavasti osittain myös kokemattomuudesta ohjelman käytös­sä.

Yksi vaikea asia on kennoterminaalien liityntöjen kuvaus piirikaavioissa. Esimerkit suo­jareleen liitynnöistä on esitetty liitteessä 1 sekä liitteessä 2. Se on ongelmallis­ta, sillä jokaisessa kennoterminaalissa on omanlaisensa moduulit ja näiden teke­minen valmiiksi tietokantaan vie paljon aikaa ja on työlästä. Ratkaisu voisi olla yhdestä moduulista tehty malli, jota käytettäisiin pohjana eri projekteissa. Toinen mahdollinen ratkaisu on luoda suo­jareleesta komponentti, jossa jokainen liityntä on oma osansa. Tällöin liityntöjä voitaisiin lisätä suoraan kirjastosta projektiin, suunnittelija pystyisi itse määräämään liityntöjen määrät ja paikat projektissa.

Näiden ratkaisujen toteuttaminen vaatii vielä lisäselvityksiä, mutta ne on käytännössä mahdollisia toteuttaa.

Jos mietitään oman komponenttikirjaston luomista, siihen on luotava tietyt säännöt joiden mukaan komponentteja luodaan tietokantaan. Komponenttien, symbolien ja kansioiden nimeämistä koskeva linja on hyvä päättää, sillä se helpottaa huomattavasti tietokannan selaamista ja sieltä komponenttien etsimistä. Selkeillä säännöillä saadaan tietokannasta luotua helppokäyttöinen. Komponenttien siirtäminen tietokannasta projektiin on oltava helppokäyttöistä, oikean komponentin etsimiseen ei saa kulua liian kauan aikaa.

CCS järjestää E³:n tietokannan hallintaan keskittyviä tietokantaeditorikoulutuksia. Tällaiseen koulutukseen osallistuminen olisi luultavasti hyödyllistä suunnittelijalle, joka mahdollisesti alkaisi tietokantaa kokoamaan. Yhtenä vaihtoehtona on ulkoistaa tietokannan rakentaminen CCS:lle. CCS:lle lähetettäisiin lista komponenteista tarpeeksi tarkoilla tiedoilla ja he valmistaisivat valmiin tietokannan käytettäväksi suunnitelmissa. Pöyryn Vaasan toimiston tilanteessa komponenttien luomisen ulkoistaminen ei kuitenkaan ole välttämättä tällä hetkellä järkevää.

Yksi toimiva tapa tässä tapauksessa voisi olla jo edellä mainittujen geneeristen komponenttien käyttö suunnittelutyössä. Kun ei tarvitse luoda jokaiselle käytettävälle komponentille omaa symbolia, vaan voidaan käyttää vastaavaa, säästetään luultavasti ajassa ja vaivassa. Jos luodaan kaavioita ennen kuin laitevalinnat on tiedossa, geneerinen komponentti on järkevä valinta. Kaaviot voidaan luoda normaalisti ja laitevalintojen jälkeen voidaan tulla lisäämään komponentille valitun laitteen tiedot.

5.2 Komponenttien luomiseen kuluva aika

Edellä kerrottiin esimerkkinä muutamien komponenttien luomiseen kulunut aika, josta voidaan hieman päätellä mitä vaatisi oman komponenttikirjaston luominen. Komponentin luomiseen kulunut aika tietysti vaihtelee suurestikin eri komponenttien välillä ja lisäksi huomioon täytyy ottaa erilaiset odottamattomat ongelmat ohjelman käytössä, joita tulee väistämättä ainakin kokemattomammalle käyttäjälle.

Itse symbolin piirtämiseen ei välttämättä kulunut paljon aikaa, vaan suurin osa ajasta saattoi kulua komponentin määrittämisen ja tarpeellisten asetusten antamiseen sekä pohjaksi sopivan symbolin etsimiseen tietokannasta. Huomioon täytyy ottaa myös komponenttien tekniset tiedot, joita tarvitaan piirroksien perusteella generoitaviin raportteihin. Nämä tiedot täytyy selvittää ennen kuin komponentin luomista aloitetaan.

Aikaa arvioitaessa on lisäksi huomioitava testaamiseen kuluva aika, jota ei ole laskettu mukaan aika-arvioihin. Valmis komponentti on testattava lisäämällä se projektiin ja todettava liityntäpisteiden toimivuus sekä komponenttien tietojen generoituminen raportteihin oikein.

Huomioon täytyy ottaa, että kokeneempi käyttäjä pystyy luomaan komponentit huomattavasti nopeammin ja tehokkaammin sekä käyttämään valmiista tietokannasta löytyviä piirrosmerkkejä paremmin hyväkseen.

Oman komponenttikirjaston luomiseen kulunutta aikaa arvioidessa pitää miettiä kuinka laaja pohjakomponenttikannasta halutaan ja miten komponentteja alettaisiin luomaan tietokantaan. Pohjakomponenttikantaan luotaisiin yleisimmät suunnitelmissa käytettävät komponentit, kattaen noin 70–80 % kaikista tarvittavista komponenteista. Tällaisella komponenttimäärällä suunnitelmien tekeminen olisi jo komponenttien puolesta mahdollista. Puuttuvat komponentit luotaisiin projektin aikana, tarpeen mukaan. Täsmällisen arvion antaminen on mahdotonta, johtuen komponenttien erilaisista ominaisuuksista. Tämän suuruisen komponenttikannan luomiseen menisi aikaa päätyönä, tämän hetken tietojen mukaan, arviolta 50 – 60 tuntia. Geneeristen komponenttien käytöllä pystyttäisiin kuitenkin mahdollisesti pienentämään tietokannan luomiseen kuluva aikaa, kun ei tarvitsisi luoda jokaisesta komponentista yksitellen kirjastoon.

Tapaa, jolla omaa tietokantaa alettaisiin kokoamaan, täytyy myös miettiä. Vaihtoehtoina on, että suunnittelija ottaa päätyökseen uusien komponenttien luomisen ja tallentamisen tietokantaan tai sitten komponentteja luodaan kaavioiden suunnittelun ohessa, sitä mukaa kun komponentteja tarvitaan kaavioihin. Jos päätetään, että komponentteja luodaan kaavioiden suunnittelun ohessa, täytyy suunnittelutyöhön

varata reilusti lisää aikaa. Päätyönä toteutettava komponenttikirjaston luonti vaatii vähintään edellä mainitun ajan varaamista suunnittelijan työhön.

6 E³:N JA AUTOCADIN VERTAILU

Pöyryn Vaasan toimistolla käytössä olevan AutoCADin kanssa vertailuun otettiin E³-suunnitteluohjelma, jonka uskotaan nopeuttavan ja helpottavan suunnittelutyötä sekä vähentävän virheitä. Viivanpiirtoon perustuva AutoCAD ja tietokantapohjainen E³ ovat hyvin erilaisia ohjelmia käyttää, johtuen erilaisesta näkökulmasta suunnittelua kohtaan. AutoCAD on perinteinen CAD – suunnitteluohjelma (Computer Aided Design), kun taas E³ on kehittyneempi CAE-ohjelma (Computer Aided Engineering). Kyseisten ohjelmien välillä ei ole ennen tehty vertailua, ainakaan tässä opinnäytetyössä olevasta näkökulmasta.

AutoCAD ei sisällä automaattisia toimintoja, joten suunnitseminen on työlästä kun kaikki suunnitelmaan tarvittavat dokumentit on luotava käsin, jokaista yksityiskohtaa myöten. Ohjelma tosin antaa suunnittelijalle vapauden muokata suunnitelmista juuri sellaisia kuin suunnittelija itse haluaa.

E³ taas sisältää runsaasti automaattisia toimintoja, joilla pystytään lyhentämään suunnitteluun käytettävää aikaa, helpottamaan suunnittelijan työtä sekä vähentämään virheitä. Ohjelmaa käyttäessä suunnittelija on sidottu ohjelman toiminnallisuuksiin ja suunnitelmien muokkaaminen voi olla hankalaa ainakin ennen kuin sisäistää ohjelman toiminnan.

Vertailuun mietittiin olennaisimpia asioita, mitä sähkösuunnitteluohjelmien käytössä tulee ottaa huomioon. Vertailuun ohjelmien välillä valittiin seuraavat kriteerit: yleinen käytettävyys, kokemus ohjelman käytöstä, automaattiset toiminnot, raportointi, erilaisten kaavioiden luominen, piirrosmerkit ja graafiset työkalut. Kriteerit pisteytettiin kuvaavampien alakriteerien avulla. Näiden pisteiden perusteella pystytään arvioimaan suunnitteluohjelmien ominaisuuksia ja soveltuvuutta suunnittelutoimiston käyttöön. Vertailun tuloksia esitellään taulukossa 2, johon on koottu eri vertailukriteerit sekä ohjelmien pisteytys.

Taulukko 2. Suunnitteluohjelmien vertailu- ja pisteytystaulukko

Kriteeristö (min – max pisteet per kriteeri)	AutoCAD	E³.
Yleinen käytettävyys 1-5p	- Valikoiden käyttö 3p - Piirtustusala 4p - Liikkuminen piirroksessa 5p - Muokattavuus 4p Yht: 16p	- Valikoiden käyttö 3p - Piirtustusala 1p - Liikkuminen piirroksessa 1p - Muokattavuus 4p Yht: 9p Arvioihin voi vaikuttaa käyttäjän kokemattomuus ohjelman käytöstä
Kokemus 1-5p	- Kokemus ohjelmasta toimistolla 5p - Kokemus ohjelmasta itsellä 3p Yht: 8p Ohjelmaan liittyvissä ongelmatilanteissa tuki yleensä välittömästi saatavilla	- Kokemus ohjelmasta toimistolla 1p - Kokemus ohjelmasta itsellä 2p Yht: 3p Ohjelmaan liittyvissä ongelmatilanteissa tukea ei välttämättä välittömästi saatavilla. CCS:n hyvä tukipalvelu helpottaa asiaa
Piirtoa helpottavat automaattiset toiminnot 1-5p	- Ohjelman sisältämät automaattiset toiminnot 1p Ohjelma ei sisällä lainkaan automaattisia toimintoja	- Ohjelman sisältämät automaattiset toiminnot 4p Kaikkia hyötyjä ohjelman toiminnoista ei saada vielä käyttöön, siksi ei täysiä pisteitä
Raportit 1-5p	- Raporttien generoiminen 1p - Raporttien tuottamiseen kuluva aika 1p Yht: 2p Raporttien tuottaminen on mahdollista vain manuaalisesti. Tähän kuluu paljon suunnittelu-aikaa ja se on virhealtista	- Raporttien generoiminen 3p - Raporttien tuottamiseen kuluva aika 3p Yht: 6p Mahdollisuus tulostaa: * riviliitinluettelo * kojeluettelo * kaapeliluettelo * kytkentäluettelo * piirustusluettelo *+ muita Muokkauksia tarvitaan ennen kuin saadaan hyötyä, siksi ei täysiä pisteitä
Piirrosmerkit 1-5p	- Piirrosmerkkejä valmiina 5p - Uuden luominen 4p - Älykkyys 1p - Valmiiden piirrosmerkkien käyttäminen 3p Yht: 13p	- Piirrosmerkkejä valmiina 1p - Uuden luominen 2p - Älykkyys 5p - Valmiiden piirrosmerkkien käyttäminen 5p Yht: 13p

Kriteeristö min – max pisteet per kriteeri	AutoCAD	E ³ .
Graafiset työkalut 1-2p	<ul style="list-style-type: none"> - Tarkkuus 2p - Monipuolisuus 2p - Käyttäminen 2p - Työkalujen määrä 2p Yht: 8p Snap, ortho yms. toiminnoilla piirtäminen huomattavasti helpompaa	<ul style="list-style-type: none"> - Tarkkuus 1p - Monipuolisuus 1p - Käyttäminen 1p - Työkalujen määrä 1p Yht: 4p Ohjelma ei ole piirtotyökalu mutta silti ajoittain graafisia työkaluja tarvitaan
Erilaisten kaavioiden tuottaminen 1-5p	<p>-Piirikaavio:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Automaattiset toiminnot 1p - Vanhat piirikaaviot 5p - Kulunut aika 4p Yht: 10p Vanhoja piirikaavioita voidaan käyttää pohjana ja esimerkkinä kun luodaan uutta.	<p>-Piirikaavio:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Automaattiset toiminnot 3p - Vanhat piirikaaviot 1p - Kulunut aika 2p Yht:6p Tällä hetkellä automaattisista toiminnoista ei saada kaikkea hyötyä irti. Huomioon otettava käyttäjän vähäinen kokemus ohjelman käytöstä
	<p>-Pääkaavio</p> <ul style="list-style-type: none"> - Helppous 4p - Kulunut aika 4p - Älykkäät toiminnot 1p Yht: 9p <p>-Suojauskaavio</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kaavion luominen 5p 	<p>-Pääkaavio</p> <ul style="list-style-type: none"> - Helppous 3p - Kulunut aika 3p - Älykkäät toiminnot 2p Yht:8p <p>-Suojauskaavio</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kaavion luominen 1p
	<p>Monimutkaisen viivaesityksen luominen on ohjelmalla suhteellisesti helppoa</p>	<p>Mahdollinen raporttityökalu kaavion luomiseen on selvityksessä, tällä hetkellä luominen vaikeaa</p>
	<p>-Lukituskaavio</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kaavion luominen 4p - Älykkäät toiminnot 1p Yht: 5p	<p>-Lukituskaavio</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kaavion luominen 3p - Älykkäät toiminnot 1p Yht: 4p
	<p>-Layout -kuvat</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kuvan luominen 4p - Älykkäät toiminnot 1p Yht: 5p	<p>-Layout -kuvat</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kuvan luominen 2p - Älykkäät toiminnot 3p Yht: 5p

Vertailutaulukon tuloksena saadaan pisteytettyä ohjelmat: AutoCAD saa yhteensä 82 pistettä ja E³. saa yhteensä 63 pistettä. Vertailun pisteistä pystytään vetämään johtopäätös tämän hetkisestä ohjelmien soveltuvuudesta Pöyryn Vaasan toimiston käyttöön. Pisteistä ei kuitenkaan voida lopullisia johtopäätöksiä ohjelmista tehdä, sillä E³.:n pistemäärät voivat muuttua nopeastikin kokemuksen kasvaessa ohjelman käytöstä.

Suoraan ei voida sanoa jonkin tietyn ohjelman olevan parempi kuin toisen. Ohjelman sopivuus suunnittelutyöhön riippuu hyvin paljon siitä, minkälaista dokumentaatiota ohjelmalla on tarkoitus tuottaa. Myös asiakkaiden vaatimukset ja toiveet, koskien suunnitteluohjelmia, on otettava huomioon. Asiakas saattaa vaatia projektin dokumentaatiota tietyssä tiedostomuodossa ja määrättyllä ohjelmistolla suunnitelluksi. Tämä asettaa suunnittelutoimistoille ja suunnitteluohjelmille haasteita, joihin on pystyttävä vastaamaan.

6.1 Erilaisten kaavioiden tuottaminen ohjelmilla

Seuraavaksi käydään läpi tärkeimpiä kaavioita, joita suunnittelutyössä tuotetaan ja vertaillaan niiden tekemistä AutoCADilla ja E³.:lla.

Suunnitteluohjelmalta vaaditaan erilaisia ominaisuuksia ja vaatimukset vaihtelevat sen mukaan minkälaisia piirroksia ja kaavioita suunnittelutoimistolla tehdään. Pöyryn Vaasan toimisto on keskittynyt erilaisten keski- ja suurjännitepuolen sähkösuunnitelmien tekoon ja näihin suunnitelmiin kuuluu laajasti erilaisia kaavioita ja piirroksia. Opinnäytetyötä varten tutkittiin erään toimistolla suunnitellun sähköaseman kaavioita ja luotiin samanlaisia kaavioita kummallakin tutkittavalla ohjelmalla. Tarkkojen kaavioiden tuottaminen E³.:lla oli kuitenkin hankalaa, johtuen tarvittavien komponenttien ja symbolien puutteesta.

Projekteissa käytetään erilaisia piirustusraameja, joiden sisään kaaviot luodaan. Piirustusraami sisältää kaiken tarvittavan tiedon piirustuksesta, kuten suunnittelijan tiedot, piirustuksen nimen ja version, yksityiskohtaiset tiedot piirustuksesta sekä koordinaatiston, jonka avulla viitataan kaavion eri yksityiskohtiin. Eri projekteissa on erilaisia piirustusraameja ja ne vaihtelevat asiakkaiden vaatimusten

mukaan, joten suunnitteluohjelmalta vaaditaan kykyä muokata ja luoda uusia piirustusraameja.

Kummallakin ohjelmalla piirustusraamien luominen ja muokkaaminen onnistuu. E³:lla uusi raami luodaan lehtipohjien avulla, joita pystytään muokkaamaan tarpeen mukaisiksi.

6.1.1 Piirikaavio

Piirikaaviossa on tarkoitus esittää mahdollisimman yksinkertaisesti ja selkeästi järjestelmän toiminta. Kaaviosta selviää järjestelmässä käytetyt komponentit ja näiden väliset liitännät. Piirikaaviosta nähdään myös riviliitinten sijoittelut suunnitelmassa. Piirikaaviot ovat ehkä olennaisin osa sähkösuunnitelmia ja niiden tekemiseen käytetään paljon suunnittelutunteja. Esimerkki piirikaaviosta on esitetty liitteessä 3.

Piirikaavioiden luominen E³:lla on erilaista, verrattuna AutoCAD:llä luomiseen, johtuen ohjelman automaattisista toiminnoista ja valmiista komponenteista sekä symboleista. E³:lla saadaan esimerkiksi tehtyä piirikaavioihin valmiit viittaukset, joiden avulla voidaan liikkua piirikaaviossa lehtien ja kytkentöjen välillä kätevästi. E³:lla piirikaavioiden tuottaminen vaatii kuitenkin näiden automaattisten toimintojen käytön hallitsemista, muuten hyöty ohjelman toiminnoista menetetään.

AutoCADin suurena etuna on vanhojen suunnitelmien piirikaaviot, joita voidaan käyttää pohjana kun luodaan uusia piirikaavioita. E³:lle ei löydy tällä hetkellä valmiita piirikaavioita, joita voitaisiin käyttää pohjana. Mahdollista on myös tuoda AutoCAD – kaavio E³:een ja käyttää sitä pohjana, älyä siinä ei luonnollisesti olisi. Suoraan käyttöön tällaista pohjaa ei saa, mutta esimerkiksi sen päälle voitaisiin piirtää uusi kuva E³:lla.

E³:lla piirikaavioita luotaessa vastaan tuli muutaman kerran odottamattomia ongelmia ohjelman toiminnallisuuksien kanssa, joita ei osattu ratkaista heti ja jotka hidastivat suunnittelutyötä. Ongelmat johtuivat käyttäjän kokemattomuudesta ja ne saatiin ratkaistua E³:n tukipalvelun kautta.

AutoCADilla piirikaavion luominen on tällä hetkellä helpompaa ja nopeampaa. E³.:n etuna on kuitenkin mm. suoraan piirikaavioista generoitavissa olevat raportit, jotka tasoittavat tilannetta, jos niistä saadaan muokattua käyttökelpoisia. Manuaalisen työn määrä on piirikaavioita luotaessa isompi AutoCADilla. Huomioon, piirikaavioiden luomiseen kuluvaa aikaa tarkasteltaessa, on otettava tekijän vähäinen kokemus E³.:n käytöstä.

6.1.2 Pääkaavio

Pääkaaviossa esitetään pääpiiri yksinkertaistettuna esityksenä. Siinä selvitetään kaikki pääpiiriin kuuluvat kiskot, johdotukset, kojeet ja laitteet, esimerkiksi suoja-releet, katkaisijat ja muuntajat. Pääkaaviossa esitetyt komponentit on sijoitettu kaavioon todellisen sijoituksen mukaan. Kaaviosta tulee ilmetä myös kojeiden tunnuksot ja olennaisimmat tiedot. Esimerkki pääkaaviosta on esitetty liitteessä 4.

Pääkaavioiden luominen kummallakin ohjelmalla onnistuu suhteellisen nopeasti ja kätevästi. Pääkaavioon ei välttämättä tarvitse E³.:lla liittää älyä eli kaavion sisältämät kojeet ja laitteet voidaan esittää symboleina. Luotaessa uutta komponenttia, jonka jokin osa esitetään pääkaaviossa, on järkevää luoda komponenttiin yksi lisäsymboli pääkaaviota varten. Näin pikkuhiljaa saataisiin liitettyä älyä myös pääkaavioon. Älyn avulla voidaan liikkua projektissa olevien komponenttien osien välillä helposti. Lisäksi huomataan mitä osia on suunnittelussa tehty ja mitä tekemättä kun nähdään komponentista sijoitetut osat.

6.1.3 Suojaus- ja lukituskaavio

Suojauskaaviossa esitetään järjestelmän suojausten toiminta. Suojauskaaviosta selviää suojausfunktioit, katkaisijoiden laukaisuehdot sekä kaikki järjestelmään kuuluvat suojat ja niiden toiminnot. Esimerkki suojauskaaviosta on esitetty liitteessä 5.

Vertailtaessa suunnitteluohjelmia suojauskaavion piirtämisessä, huomataan AutoCADin olevan selvästi käytännöllisempi yksityiskohtaisen viivaesityksen luomiseen. E³.:n älykkäistä toiminnoista ei ole tällä hetkellä hyötyä suojauskaavion luomisessa. Yksi vaihtoehto suojauskaavion luomiseen E³.:lla on luoda uusi ra-

porttipohja, josta selviäisi kaikki kaaviossa tarvittavat asiat. Tätä vaihtoehtoa selvitetään ja sen tekemiseen tarvitaan ulkoista apua.

Lukituskaaviossa esitetään järjestelmän erottimien lukitusten toiminta. Lukituskaaviosta selviää erottimien lukitusehdot, joita ovat muun muassa erottimien ja katkaisijoiden tilatiedot. Esimerkki lukituskaaviosta on esitetty liitteessä 6.

Yksinkertaisen lukituskaavion luomisessa piirtäen AutoCADin ja E³.:n välillä ei ole suuria eroja, kummallakin ohjelmalla kaavion luominen onnistuu. Huomioon täytyy ottaa kuitenkin AutoCADin graafisten työkalujen helpompi käytettävyys. Vaihtoehtona E³.:lla on lisätä komponenttiin lisäsymboli, joka lisättäisiin lukituskaavioon. Lisäarvo tästä on sama kuin pääkaaviossa eli liikkuminen komponentin osien välillä helpottuu ja nähdään mitkä osat komponentista on sijoitettu.

6.1.4 Layout-kuvat

Sähkösuunnitelmissa usein luodaan erilaisista keskuksista ja kaapeista layout-kuvia. Layout-kuvat piirretään mittakaavaan ja niistä selviää kaapin ja kojeiden tarkat mitat sekä laitteiden fyysiset sijainnit. Esimerkki layout-kuvasta on esitetty liitteessä 7.

E³.:een kuuluu erillinen E³.panel – ohjelma, joka on tarkoitettu layout-kuvien tekemiseen. Toimistolla toteutettavissa suunnitelmissa ei ole tarvetta E³.panelilla tuotetuille 3D-keskuskuville, yksinkertaiset viivaesitykset kaapeista riittää. E³.panel – ohjelmasta saadaan hyötyä kun luodaan komponentille lisäsymboli, joka esittää fyysisesti laitetta edestä eli ns. naamakuva. Sille annetaan tarkat mitat, jotta mittakaava menee oikein layout – kuvassa. Layout – kuvissa ei ole tarpeen kuitenkaan esittää muuta kuin kojeita kuvaavat laatikot oikeilla mitoilla ja tunnuksilla.

6.2 Raportit

Sähkösuunnitelmiin tarvitaan paljon erilaisia raportteja ja luetteloita varsinaisten kaavioiden ja piirustusten lisäksi. E³.-suunnitteluohjelmassa on sisäänrakennettuja automaattisia toimintoja, joilla saadaan osa näistä raporteista automaattisesti gene-

roitua piirretyistä kaavioista. E³. osaa hakea projektin kaavioista tietoa, joka on mahdollista tuoda Exceliin. Näiden toimintojen avulla suunnittelijan työn on tarkoitus helpottua ja nopeutua huomattavasti.

Ongelmana on saada ohjelma tuottamaan sellaisia raportteja ja luetteloita, jotka kelpaisivat toimiston tarpeisiin. Projekteihin luotavat raportit saattavat erota ulkonäöltään ja sisältämiltä tiedoiltaan suurestikin toisistaan, asiakkaan vaatimusten ja toiveiden mukaisesti. Tämä tarkoittaa sitä, että yksi raporttipohja ei riitä, vaan sitä pitäisi pystyä muokkaamaan tarpeiden mukaisesti. Tällä hetkellä toimistolla suunniteltaviin projekteihin tarvittavat erilaiset raportit ja luettelot luodaan käsin ja näihin käytetään paljon suunnittelu-aikaa.

E³.:lla on mahdollista generoida muun muassa seuraavat raportit: riviliitinluettelo, kojeluettelo, kaapeliluettelo, kytkentäluettelo sekä piirustusluettelo.

Raportit voidaan tulostaa suoraan omaksi Excel-tiedostoksi, josta tietoja on helppo katsella ja muokata. Riviliitinluettelo on E³.:lla luotavista raporteista ainoa, joka päivittyy automaattisesti sen mukaan kun piirikaaviossa tehdään muutoksia. Muut raportit vaativat aina uuden tiedoston generoimisen muutoksen jälkeen.

Tässä kappaleessa keskitytään erityisesti riviliitinluettelon tutkimiseen. Se on toimiston tarpeiden näkökulmasta tärkein suunnitelmiin kuuluva raportti, sillä sen tekemiseen joudutaan käyttämään eniten suunnittelu-aikaa. Muut E³.:lla tuotettavat raportit käydään myös läpi.

6.2.1 Riviliitinluettelo

Tässä kappaleessa selvitetään E³.:lla tuotetun riviliitinluettelon käyttökelpoisuutta toimiston tarpeisiin. Opinnäytetyössä on tarkoitus tutkia E³.:n tuottamaa riviliitinluetteloja ja selvittää kuinka paljon sitä pitäisi muokata, että siitä saataisiin hyötyä.

Riviliitinluetteloon listataan jokainen projektin sisältämä riviliitin ja riviliittimen kytkentä. Riviliitinluettelon sisältämä tieto ja ulkonäkö saattavat vaihdella suurestikin eri projektien välillä, asiakkaiden vaatimusten mukaisesti.

Automaattisesti generoituvasta E³:n riviliitinluettelosta saataisiin suuri hyöty isoimmista projekteissa. Nykyisin suunnittelijat luovat riviliitinluettelot manuaalisesti, katsomalla piirikaavioista jokaisen riviliittimen yksitellen ja merkitsevät sen luetteloon. Tähän kuuluu huomattavan kauan suunnittelu-aikaa eli automaattisesti generoituvasta riviliitinluettelosta saatava ajansäästö olisi merkittävä, varsinkin laajemmissa projekteissa. Lisäksi virheiden tekemisen mahdollisuus on suuri, laajaa ja yksityiskohtaista, riviliitinluetteloa manuaalisesti tehdessä.

Riviliitinluettelosta tulee selvittää riviliittimen numero, mahdolliset ketjutukset toisten riviliittimien kanssa, kaapeleiden ja kytkettävien johtimien tiedot sekä tieto johtimien kohteista. Luettelosta on selvittävä myös se, kummalle puolelle riviliittintä kytkennät tulevat. Yksi tärkeä asia riviliitinluettelossa on myös riviliittimien yhdistyspalojen eli jumppereiden sijoitus. Ohjelman pitää osata itse sijoittaa jumpperit oikeille paikoilleen tai se on oltava suunnittelijan muokattavissa.

Liitteessä 8 on Excelillä tehty esimerkki riviliitinluettelosta, josta löytyy kaikki tarvittavat tiedot. Liitteessä 9 puolestaan on E³:lla tuotettu riviliitinluettelo, ilman mitään muokkauksia. Lähtökohtana on, että E³:n pitäisi pystyä tuottamaan lähes samanlainen luettelo sisällöltään kuin liitteessä 8 on kuvattu, muuten automaattisesti generoituvasta riviliitinluettelosta ei ole hyötyä. E³:n tuottama riviliitinluettelo on tällä hetkellä täysin soveltumaton asiakasprojekteihin ja se vaatii paljon muokkauksia, että siitä saataisiin hyötyä suunnitelmissa.

Liitteessä 8 kuvatunlaisen luettelon luominen E³:lla on mahdollista, ainakin hyvin lähelle. Jumppereiden sijoittaminen riviliittimen kummallekin puolelle on mahdollista. Tämä vaatii niin sanottujen riviliitinsymbolien muokkaamista halutun kaltaisiksi. Lisäksi on muokattava lehtipohjasymbolia, jotta uudet riviliitinsymbolit sopivat lehtipohjaan. Riviliittimelle on mahdollista antaa piirikaaviossa määrittely, että tuleeko liitäntä liittimen ylä- vai alapuolelle. Ensin on kuitenkin muokattava käytettävien liittimien komponentteja tietokantaeditorissa. Tietokantaeditorissa asia määritellään riviliittimien kontakteille attribuuttien avulla.

Yhteenvetona E³:n riviliitinluettelosta voidaan todeta, että siitä on mahdollista muokata käyttökelpoinen. Luettelon muokkaaminen itse on kuitenkin hankalaa ja

vaatii ulkoista apua. Kaikkiin asiakkaiden vaatimuksiin luettelo ei välttämättä kuitenkaan taivu, ongelmaksi nousee esimerkiksi ketjutusten saaminen näkyviin halutulla tavalla.

6.2.2 Muut raportit

Kojeluettelosta selviää suunnitelmassa olevat kojeet ja laitteet sekä näiden tarkat tiedot. Tietoihin tarvitaan, asiakaskohtaisesti, esimerkiksi laitteen tarkka malli, mitat, nimellisarvot, tunnus projektissa sekä yleistä tietoa laitteesta. Suurempaan suunniteltavaan projektiin sisältyy useita kojeluetteloita. Esimerkiksi sähköasema-projektissa jokaiselle kentälle sekä kaapille tehdään oma kojeluettelo. Kuvassa 9 on esimerkki E³:n tuottamasta kojeluettelosta. Kojeluettelo voidaan generoida Excel-tiedostoksi, jota muokkaamalla on mahdollista saada kojeluettelosta käyttökelpoinen projekteihin. Tämä vaatii komponenttien tietojen määrittelyä tarkasti.

Higher Level Assignment:			Location designation:		
Pos.	No.	Article Number	Description	manufacturer	Device designation
1	3	3RH1122-1AH00	Contact relay, 2NO+2NC, AC 48V 50/60HZ	Siemens AG	-K1, -K2, -K3
2	2	3RH1140-2AH00	Contact relay, 4NO, AC 48V 50/60HZ, CA	Siemens AG	-K4, -K5
3	1	03005+00556	Pushbutton, 1NO, red	ABB	-S1
4	1	03706	green, integrated mount, diameter 22	ABB	-P1
5	8	1020010000	Terminal WDU _ WDU 2.5 SW; Feed-through	Weidmüller	-X1(8)
6	1	CR_2NO_2NC	Contact relay, 2NO+2NC		+KK1-K1
7	1	XBE-BV63	<=400V green, direct power supply	Telemecanique	=M10+KK1-P2

Kuva 9. E³:n tuottama kojeluettelo

Kaapeliluettelossa selvitetään projektissa käytettävät kaapelit ja näiden tiedot. Kaapeliluettelon tulostaminen Exceliin onnistuu E³:lla helposti, jos kaapelit on lisätty oikein projektiin.

Kytkentäluettelosta nähdään kaapeleiden johtimien liittynät. Tämä helpottaa asentajan työtä työmaalla, kun luettelosta näkee suoraan kaapelin johtimien liittynät. Tällöin ei tarvitse erikseen tutkia piirikaavioita ja etsiä sieltä kaikkia liittyntö-

jä. E³.:lla tulostettu kytkentäluettelo on hieman vaikeaselkoinen, mutta siitä selviää kyllä kaikki tarvittava tieto.

Piirustusluettelossa on lueteltuna kaikki projektiin liittyvät dokumentit sekä niiden piirustusnumerot. E³.:lla tulostettu piirustusluettelo on selkeä ja käyttökelpoinen. Projektin dokumenttien täytyy olla huolellisesti nimetty, muuten piirustusluetloon tulee väärää tietoa.

6.3 Ohjelmien hyvät ja huonot puolet

Vertailussa olevien ohjelmien, AutoCADin ja E³.:n, hyviä ja huonoja puolia tarkasteltaessa tulee esiin eroja ohjelmien käytettävyydessä. Huomioon vertailua tehdessä täytyy ottaa huomioon tekijän kokemus ohjelmista: AutoCAD on ollut selvästi suuremmassa käytössä kuin E³. Tämä oli myös yhtenä opinnäytetyön lähtökohtana: selvitetään miltä E³.:n käyttö tuntuu kokemattoman käyttäjän näkökulmasta.

Suurimpana E³.:n hyötynä voidaan pitää sen sisältämiä automaattisia toimintoja, jotka toimiessaan nopeuttaisivat suunnittelutyötä huomattavasti. Automaattisilla toiminnoilla pystytään myös helpottamaan suunnittelijan työtä kun jokaista projektin sisältämää suunnitteluvaihetta ei tarvitse tehdä käsin. Älykkäät viittaukset ja suoraan kaavioista tulostettavat raportit helpottavat suunnittelutyötä suuresti. Myös liikkuminen E³.:n projektin eri kaavioiden ja luetteloiden välillä on tehty helpoksi: muutamalla painalluksella pääsee esimerkiksi hyppäämään riviliitinluettelosta piirikaavioon, oikean komponentin kohdalle.

Ongelmana E³.:n automaattisissa toiminnoissa on niiden toimivuus ja soveltuvuus toimiston suunnittelutyöhön tällä hetkellä. Asiakkaiden vaatimuksiin sekä toiveisiin on pystyttävä vastaamaan. Sellaisenaan ohjelman käyttäminen Pöyryn Vaasan toimiston suunnittelutyössä on tällä hetkellä haastavaa ja ohjelman käyttöönotto vaatii ohjelman muokkaamista ja räätälöintiä toimiston tarpeisiin sopivaksi. Ohjelman muokkaamista ei ole välttämättä mahdollista itse tehdä kaikilta osin, vaan joidenkin osien muokkaaminen on ulkoistettava CCS:lle. E³.:n sisältämistä toi-

minnoista saadaan kiistatta suurta hyötyä, mutta hyödyllisten toimintojen saaminen käytännön työhön vaatii vielä työtä ja lisäselvityksiä.

AutoCADistä E³:een siirtyminen vaatii suunnittelijalta paljon uusien asioiden opettelemista ja CCS:n järjestämän ohjelman peruskurssin käyminen olisikin suotavaa jokaiselle suunnittelijalle ennen ohjelman käyttöönottoa. Käyttöönoton alkuvaiheessa ohjelmalla suunnitelmien luominen on luultavasti hidasta ja haastavaa suunnittelijalle. Ongelmana on myös se, että toimistolta ei löydy ohjelmaa hallitsevaa henkilöä jonka puoleen voisi kääntyä ongelmatilanteissa vaan ratkaisut ongelmiin on löydettävä itse. Ohjelman käyttöönottoa pystytään koulutusten lisäksi kuitenkin mahdollisesti helpottamaan esimerkiksi siten, että CCS kääntäisi olemassa olevia AutoCAD-kaavioita E³:n käytettäväksi. Lisäksi CCS:n toimiva tukipalvelu auttaa ongelmatilanteissa.

Luvussa 4 läpikäydyn komponenttikirjaston niukkuus on myös haaste ohjelman käyttöönottoa ajatellen. Komponentteja on luotava paljon ja niiden luomiseen joudutaan käyttämään paljon aikaa. Hyvänä puolena voidaan pitää sitä, että sen jälkeen kun komponentti on luotu ja se on kirjastoon tallennettu, se on käyttökelpoinen seuraavissakin projekteissa. Tarvittavien komponenttien määrää pystytään kuitenkin mahdollisesti pienentämään käyttämällä geneerisiä komponentteja. Kirjaston luomiseen ja ylläpitoon on mahdollista myös saada apua CCS:ltä, joudutaan vain harkitsemaan kuinka paljon ohjelmaan halutaan panostaa.

E³:n yhtenä heikkoutena, verrattuna AutoCADiin on graafisten työkalujen käytön vaikeus. Suunnittelutyössä joudutaan käyttämään paljon erilaisia viivanpiirtotyökaluja ja tätä ominaisuutta vertailtaessa AutoCAD on helpompi ja tarkempi käyttää kuin E³. Huomioon täytyy kuitenkin ottaa, että E³ ei ole suunniteltu viivanpiirto-ohjelmaksi, kuten AutoCAD. Tässä on suurin ero näiden kahden ohjelman välillä.

Vertailussa pitää ottaa huomioon myös ohjelmien yleinen käytettävyys. Yleiseen käytettävyyteen kuuluu muun muassa valikoiden käyttö, piirustusala, liikkuminen piirustuksessa sekä muokattavuus. Näitä asioita tarkasteltaessa huomataan ero ohjelmien välillä: AutoCAD on yleiseltä käytettävyydeltään suunnittelijalle muka-

vampi ohjelma. Esimerkiksi zoomaus ja liikkuminen kaavion sisällä ovat vaikeampikäyttöisempiä E³.:ssa. AutoCADin piirtotyökalut ovat myös monipuolisempia ja helppokäyttöisempiä kuin E³.:n vastaavat. Piirustusalan pieni koko E³.:ssa häiritsee ja vaikeuttaa suunnittelua, pienellä näytöllä ohjelman käyttäminen on hankalaa ja epäkäytännöllistä. Nämä ominaisuudet vaikuttavat suuresti ohjelman käytettävyyteen. Huomioon, näitä asioita mietittäessä, on kuitenkin otettava ns. tottumiskysymykset sekä käyttäjän kokemus ohjelmista.

AutoCADin suurena hyötynä ovat vanhojen suunnitelmien kaaviot ja piirustukset, joista voidaan ottaa mallia ja kopioida soveltuvia osia suoraan uusiin kaavioihin. Kuten jo edellä on mainittu, vanhat suunnitelmat on mahdollista saada myös E³.:n käyttöön, mutta tähän tarvitaan ulkoista apua.

7 YHTEENVETO JA LOPPUPÄÄTELMÄT

Tämän opinnäytetyön tärkeimpänä tehtävänä oli selvittää ne rajat, joilla E³-suunnitteluohjelma voitaisiin ottaa käyttöön Vaasan Pöyryn toimiston suunnittelu-työssä sekä arvioida suunnitteluohjelmien soveltuvuutta toimiston sähkösuun- nittelmien tuottamiseen. E³-suunnitteluohjelmaa verrattiin toimistolla tällä hetkellä käytössä olevaan AutoCAD-suunnitteluohjelmaan.

Opinnäytetyöprosessi alkoi, kun osallistuin Turussa järjestettyyn CCS:n kaksipäi- väiseen E³.series käyttäjäkoulutukseen, jossa opeteltiin ohjelmiston perusteita. Koulutukseen osallistumisen tarkoituksena oli saada edellytykset ohjelman käyt- tämiseksi ja kerätä perustietoa tätä opinnäytetyötä varten. Koulutus oli hyödylli- nen ja auttoi hyvin pääsemään alkuun opinnäytetyössä, mutta uuden suunnitte- luohjelman käyttäminen oli silti aluksi vaikeaa ja haastavaa.

Työssä esiteltiin, E³.:n ja AutoCADin lisäksi myös muita alalla yleisessä käytössä olevia suunnitteluohjelmia, jotka voisivat olla vaihtoehtoja suunnitteluohjelmaksi toimiston suunnittelutyöhön.

Yksi tärkeä ja olennainen osa E³-suunnitteluohjelmaa ovat tietokannat ja kom- ponentit. Opinnäytetyössä arvioitiin suunnitelmien tekoon vaadittavien kompo- nenttien määrää sekä uusien komponenttien luomiseen kuluvaan aikaa.

Opinnäytetyöprosessia jatkettiin etsimällä vanhoista suunnitelmista soveltuvia piirroksia ja kaavioita piirrettäväksi E³-suunnitteluohjelmalla. AutoCADilla luo- tuja vanhoja suunnitelmia piirrettiin E³.:lla uudestaan ja vertailtiin näillä kahdella suunnitteluohjelmalla luotujen suunnitelmien eroja. AutoCADin ja E³.:n ominai- suuksia tarkasteltiin ja arvioitiin ohjelmien soveltuvuutta Pöyryn Vaasan toimis- ton tarpeisiin.

Tutkimuksen yhtenä tärkeimmistä lopputuloksista on arvio suunnitelmiin luotavi- en uusien komponenttien määrästä ja komponenttien luomiseen kuluva ajasta. Toimistolla suunniteltaviin projekteihin tarvittavien komponenttien määrä nousee satoihin komponentteihin ja näistä komponenteista yli 90 % joudutaan itse luo-

maan. Yhden komponentin luomiseen kuluva aika vaihteli tutkimuksessa kymmenestä minuutista liki tuntiin. Aika-arviota tarkasteltaessa on kuitenkin otettava huomioon käyttäjän niukka kokemus ohjelman käytöstä. Kaikkein vaikeimpien ja monimutkaisimpien komponenttien, kuten kenoterminaalien moduuleiden luomiseen kuluva aikaa ei tutkittu. Aikaa pohjakomponenttikannan, joka kattaisi 70 – 80 % kaikista tarvittavista komponenteista ja mahdollistaisi ohjelmalla suunnitelmien tekemisen, luomiseen kuluisi arviolta 50 – 60 tuntia. Yhtenä vaihtoehtona tällaiselle laajalle komponenttikirjastolle voidaan pitää generisiä komponentteja, joiden avulla saataisiin komponenttien luomiseen kuluva aikaa mahdollisesti lyhennettyä.

Opinnäytetyössä tutkittiin erilaisten sähkösuunnitelmiin tarvittavien kaavioiden luomista E³:lla ja AutoCADilla. Tutkimuksen perusteella voidaan todeta kaavioiden osalta, että

- piirikaavioiden luominen on tällä hetkellä AutoCADilla helpompaa. Huomioon täytyy kuitenkin ottaa E³:n käyttöä tehostavat älykkäät toiminnot, jotka tasoittavat tilannetta. Tällä hetkellä toiminnoista saatava hyöty on kuitenkin aika pieni, mutta tarvittavien muokkausten jälkeen ja kokemuksen ohjelman toiminnoista lisääntyessä, voidaan ohjelmasta saatavaa lisäarvoa mahdollisesti saada kasvatettua.
- pääkaavion luominen onnistuu kummallakin ohjelmalla, eikä siinä ole suuria eroja. E³:n älykkäistä toiminnoista voidaan saada hyötyä luomalla komponenteille uusi lisäsymboli, joka esitetään pääkaaviossa.
- suojauskaavion luominen on tällä hetkellä tehokkaampaa AutoCADilla. Asia voi muuttua, jos E³:lle suojauskaavion tekoon mahdollisesti luotavaa raporttityökalua aloitetaan käyttämään.
- lukituskaavion luomisessa ei ole suurta eroa ohjelmien välillä, kummallakin luominen onnistuu. Lisäarvoa E³:n toiminnoista saadaan luomalla

komponentille lisäsymboli, joka lisätään lukituskaavioon, samalla tavalla kuin toimittaisiin pääkaavion osalta.

- layout – kuvien luomista mietittäessä E³.panel on hyvä työkalu, sen käyttö vaatii vain komponenteille luotavat lisäsymbolit, jotka kuvaavat laitetta fyysisesti kaapissa. Hienoille 3D-kuville ei ole tarvetta. AutoCAD on edelleen riittävän hyvä vaihtoehto 2D-tasoisten layout – kuvien piirtämiseen.
- piirustusraamien luominen ja muokkaaminen onnistuu kummallakin ohjelmalla. E³.:lla raamien luomien vaatii vielä lisää opettelua, ennen kuin sillä saadaan luotua asiakasprojekteihin kelpaavia raameja.

E³.:n tuottamien raporttien käyttökelpoisuutta arvioitiin ja tuloksena oli, että osa raporteista on käyttökelpoisia ja osaan tarvitaan muokkauksia. Tärkein tutkittava raportti oli riviliitinluettelo, joka vaatii eniten muokkauksia. Tällä hetkellä riviliitinluettelo on soveltumaton asiakasprojekteihin ja sen muokkaaminen vaatii ulkoista apua. Riviliitinluettelon käyttö ja muokkausmahdollisuudet vaativatkin lisäselvitystä.

Ulkoisen avun käyttäminen on asiana sellainen, jota ei nähdä hyvänä, se vaatii aina resursseja. Lisäksi aikataulukysymykset nousevat esiin: muokkauksia voi olla tarve tehdä välittömästi ja se ei välttämättä ole ulkoisen avun näkökulmasta aina mahdollista.

Tutkimuksessa selvitettiin suunnitteluohjelmien ominaisuuksia, joiden avulla ohjelmia vertailtiin toisiinsa. Ohjelmista etsittiin hyviä ja huonoja puolia, joiden avulla pystyttiin arvioimaan niiden käyttökelpoisuutta. Taulukossa 2 esitetyn vertailutaulukon pisteytyksen perusteella voidaan vetää johtopäätös: AutoCAD on tämän hetkisen tilanteen mukaan järkevämpi ohjelma käyttää, mutta jos E³.:n käyttöönottoon ja muokkauksiin ryhdytään panostamaan, voidaan ohjelmasta saada tulevaisuudessa mahdollisesti käyttökelpoinen suunnitteluohjelma toimiston suunnittelutyöhön. Vaikka E³.:sta saataisiinkin käyttökelpoinen, ei AutoCAD:n

käytöstä kuitenkin luovuttaisi kokonaan, sillä se olisi edelleen hyvä vaihtoehto suunnittelutyöhön.

E³:n käyttö tällä hetkellä rajoittuu yksinkertaisimpien piirrosten tuottamiseen. Ohjelman käyttämistä voidaan harkita korkeintaan pienissä projekteissa, kaikkien hyötyjen saaminen ohjelmasta ei kuitenkaan tällä hetkellä onnistu ja käyttö on tehotonta.

Mietittäessä ohjelman käyttöönottoa, on projektien oltava aluksi tarpeeksi pieniä ja sisällettävä vain vähän komponentteja, jotta ohjelman käyttäminen olisi mielekästä. E³:n käyttöönotto isommissa projekteissa vaatii käyttäjien koulutusta, komponenttikirjaston luomista sekä ohjelman räätälöintiä toimiston tarpeisiin sopivaksi. Tämä kaikki vaatii aikaa ja resursseja. Käyttöönottoa helpottaa CCS:n tarjoama tukipalvelu, josta saadaan ohjeita ohjelman käyttöön ja jonka avulla pystytään ratkaisemaan ongelmatilanteita.

Vanhat suunnitelmat sekä toimiston sähkösuunnittelijoiden pitkä kokemus ohjelman käytöstä tekevät AutoCAD:stä vaikeasti syrjäytettävän suunnitteluohjelman Pöyryn Vaasan toimistolla. E³:n suunnitteluohjelma voitaisiin kuitenkin ajaa harkiten sisään toimiston suunnittelutyöhön, aloittaen pienistä projekteista. Suunnittelijan näkökulma on kuitenkin otettava tässä huomioon, vanhasta ja paljon käytettyä suunnitteluohjelmasta ei ole helppoa siirtyä käyttämään täysin erilaisella ajattelutavalla rakennettua uutta ohjelmaa. Myös tämän takia ohjelman käyttöönotto on toteutettava pienin askelin.

Käyttöönottoa mietittäessä on otettava huomioon myös erilaisten, mahdollisesti E³:lla suunniteltavien, projektien laajuus. Kaikki projektit eivät ominaisuuksiltaan välttämättä sovi E³:lla suunniteltaviksi ja ohjelmalla suunniteltaviksi soveltuvia projekteja taas ei ole aina saatavilla. Tämä tarkoittaa sitä, että käyttöönotto saattaa hidastua ja ohjelman käyttö jopa keskeytyä kokonaan ajoittain, koska ohjelmalla suunniteltaviksi soveltuvia projekteja ei ole saatavilla.

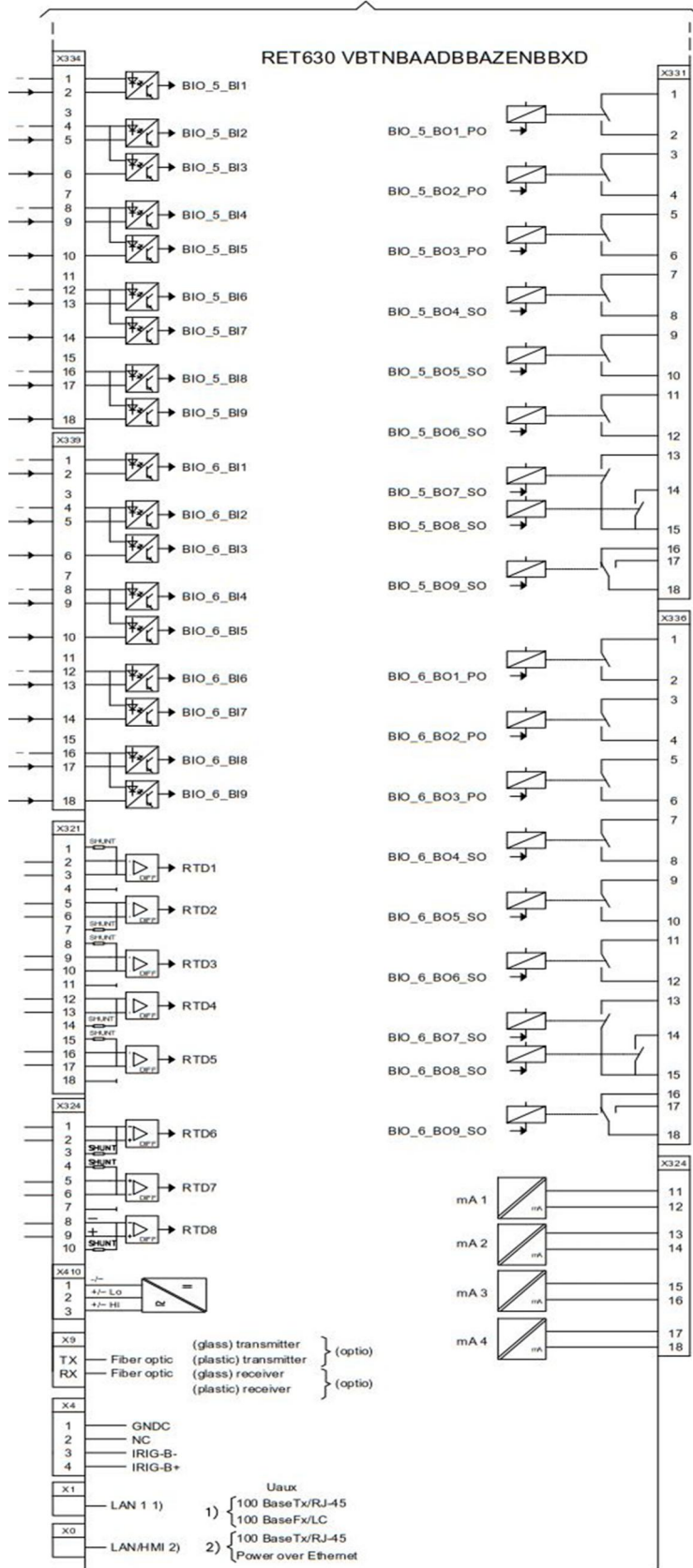
Suurimpana esteenä E³.:n käyttöönotolle, Pöyryn Vaasan toimiston suunnittelu-työhön, voidaan pitää automaattisesti generoituvien raporttien, erityisesti riviliitin-luettelon, käyttökelvottomuutta asiakasprojekteissa.

Zukenin E³.-suunnitteluohjelman toiminnoista on kiistattomasti hyötyä suunnitte-lutyössä, mutta ohjelman soveltuvuus toimiston suurjännitepuolen suunnitelmiin ei ole tällä hetkellä optimaalinen. Opinnäytetyössä tehdyn tutkimuksen perusteella siitä on kuitenkin mahdollista muokata toimiston tarpeisiin sopiva suunnitteluoh-jelma. Ohjelman muokkaaminen ja käyttöönotto vaatii kuitenkin paljon panostuk-sia.

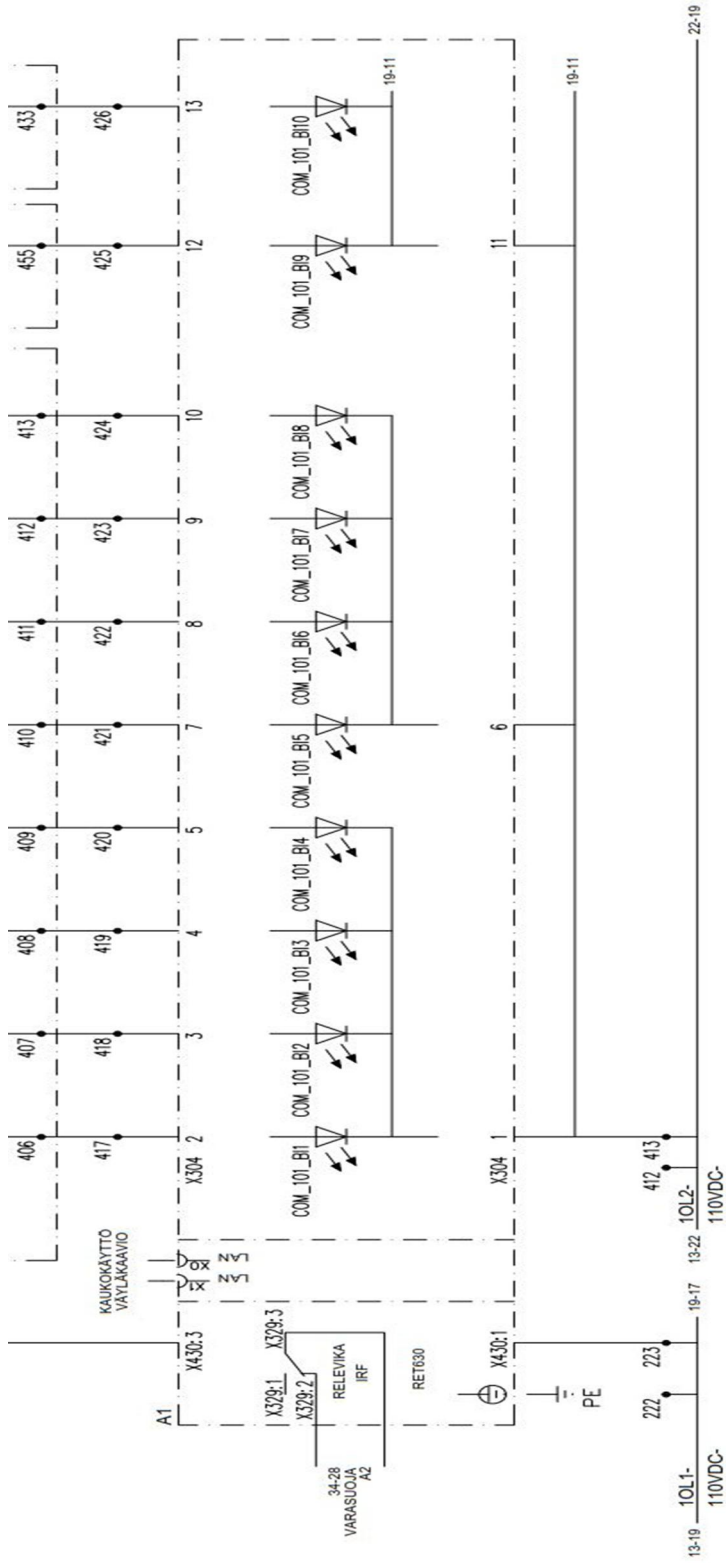
LÄHTEET

- /1/ Pöyryn verkkosivut, Pöyryn historia, Viitattu 21.4.2016
<http://www.poyry.fi/tietoa-meista/poyry-suomessa/poyryn-historia>
- /2/ Pöyryn verkkosivut, Pöyryn liiketoiminta, Viitattu 21.4.2016
<http://www.poyry.com/fi/poyry/liiketoimintamme>
- /3/ Pöyry Suomessa_2016-03, PowerPoint-esitys
- /4/ Pöyry Finland Oy Vaasa, PowerPoint-esitys
- /5/ Autodesk verkkosivut, AutoCAD, Viitattu 25.4.2016
<http://www.autodesk.fi/products/autocad/features/all>
- /6/ CCS Groupin verkkosivut. Viitattu 25.4.2016.
<http://ccsgroup.com/fi/e3.series>
- /7/ CCS Groupin E³. koulutusmateriaali
- /8/ EPLAN verkkosivut. Viitattu 25.4.2016.
<http://www.eplan.fi/fi/start>
- /9/ CADS verkkosivut. Viitattu 25.4.2016.
<http://www.cads.fi/fi>
- /10/ Vertex verkkosivut, Viitattu 26.4.2016.
<http://www.vertex.fi/web/fi>
- /11/ MagiCAD verkkosivut, Viitattu 26.5.2016.
<http://www.magicad.com/fi>

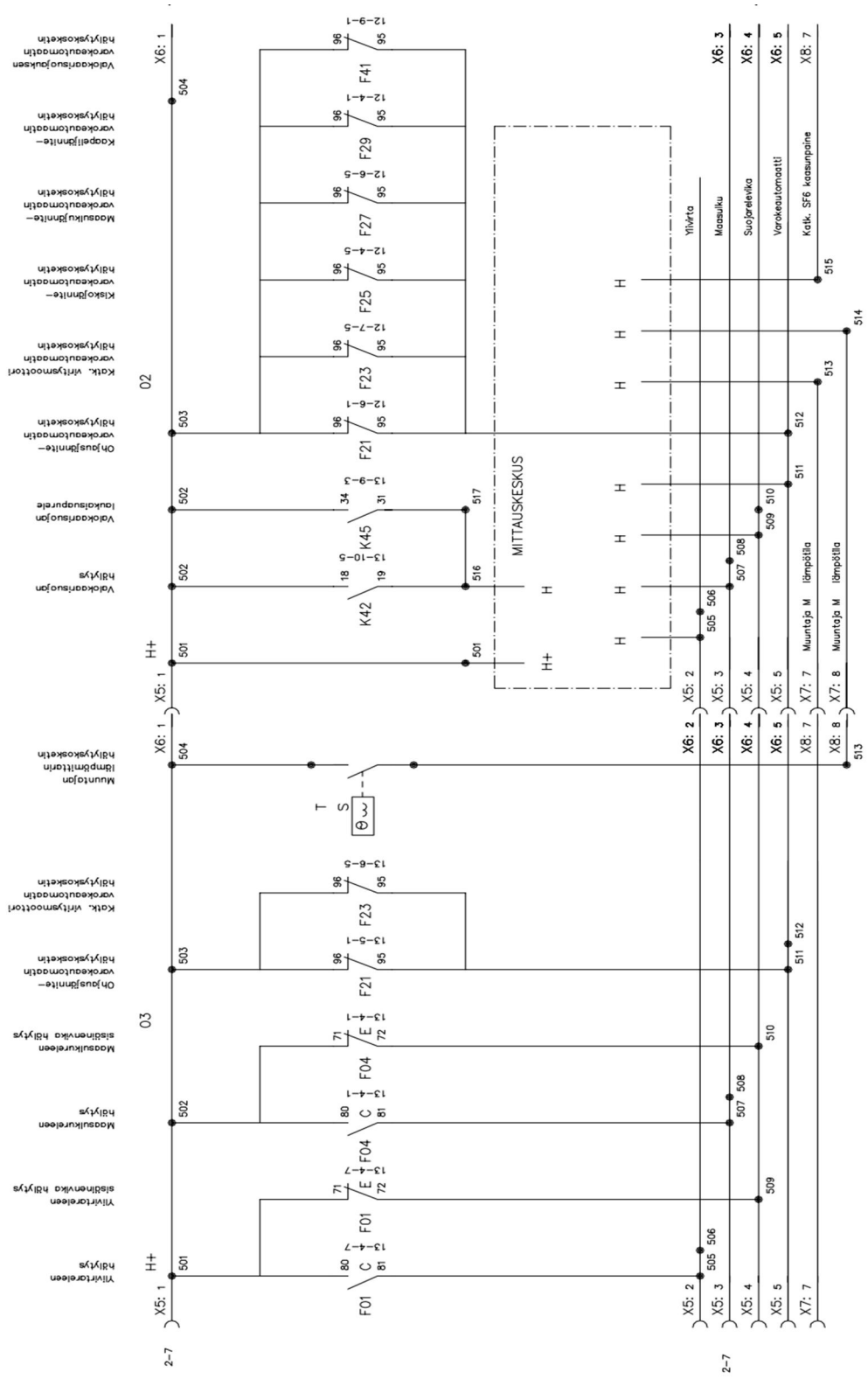
LIITE 1. Kennoterminaalien liityntöjen kuvaus



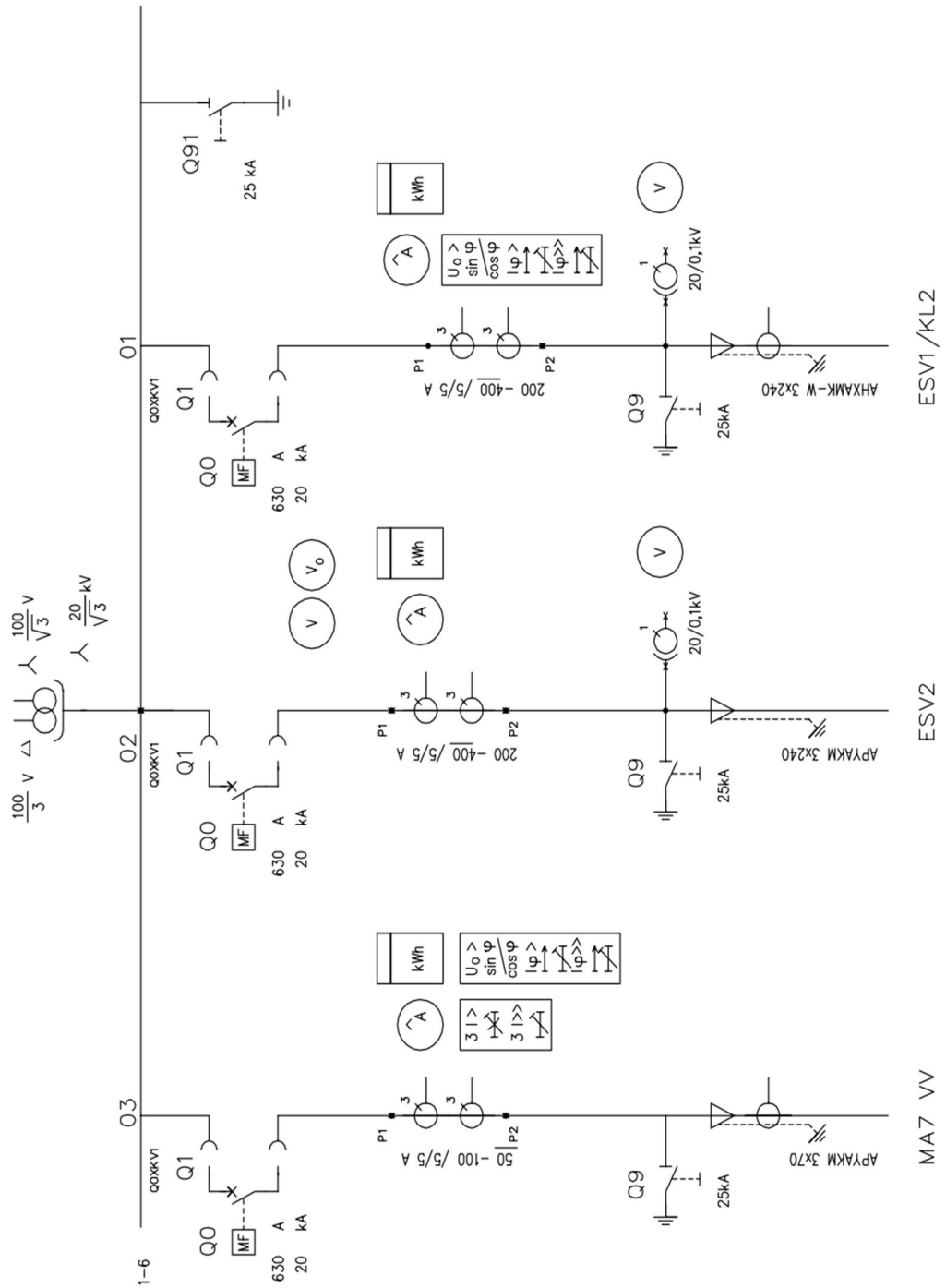
LIITE 2. Kennoterminaalien liityntöjen kuvaus



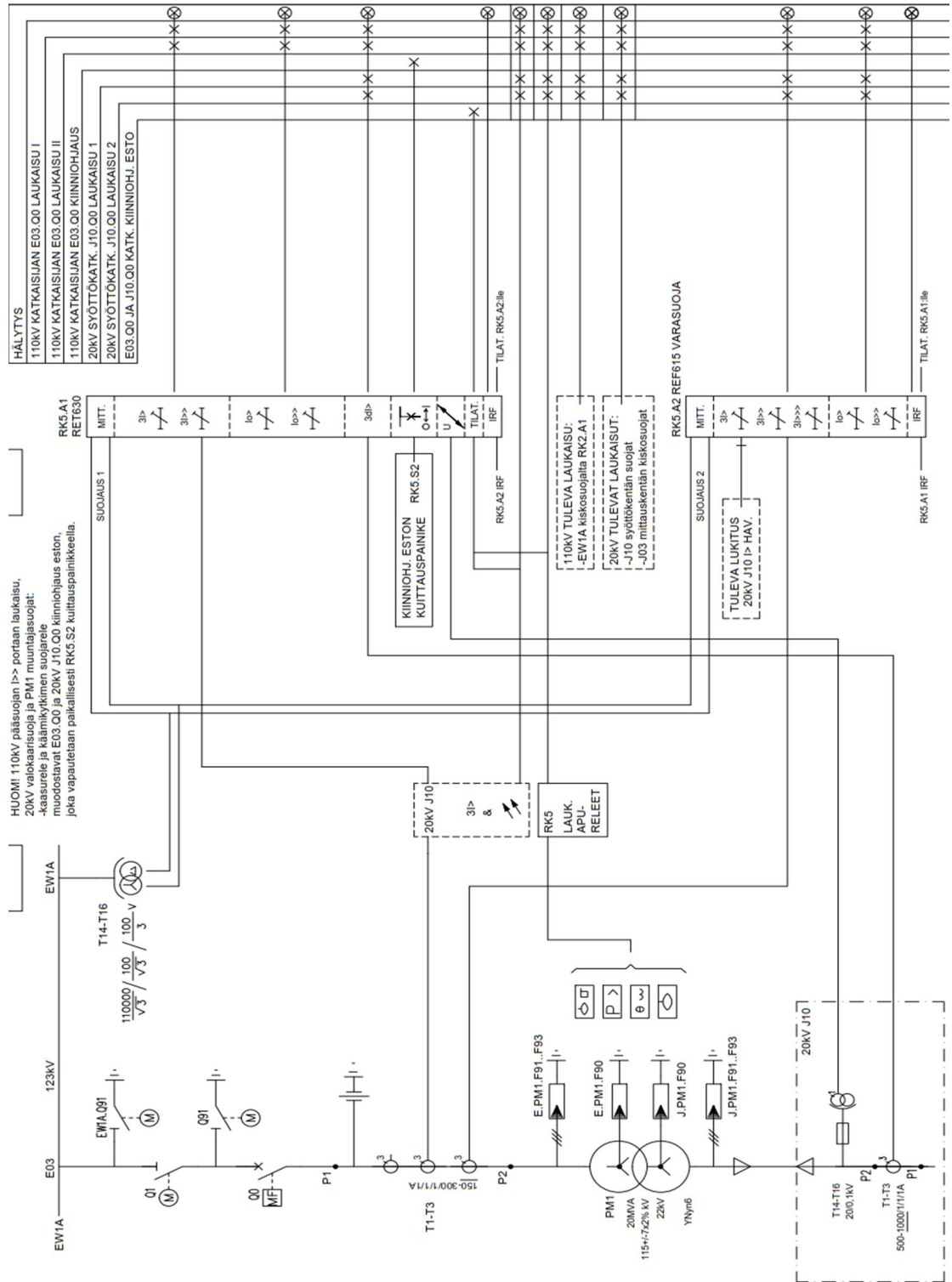
LIITE 3. Esimerkki piirikaaviosta



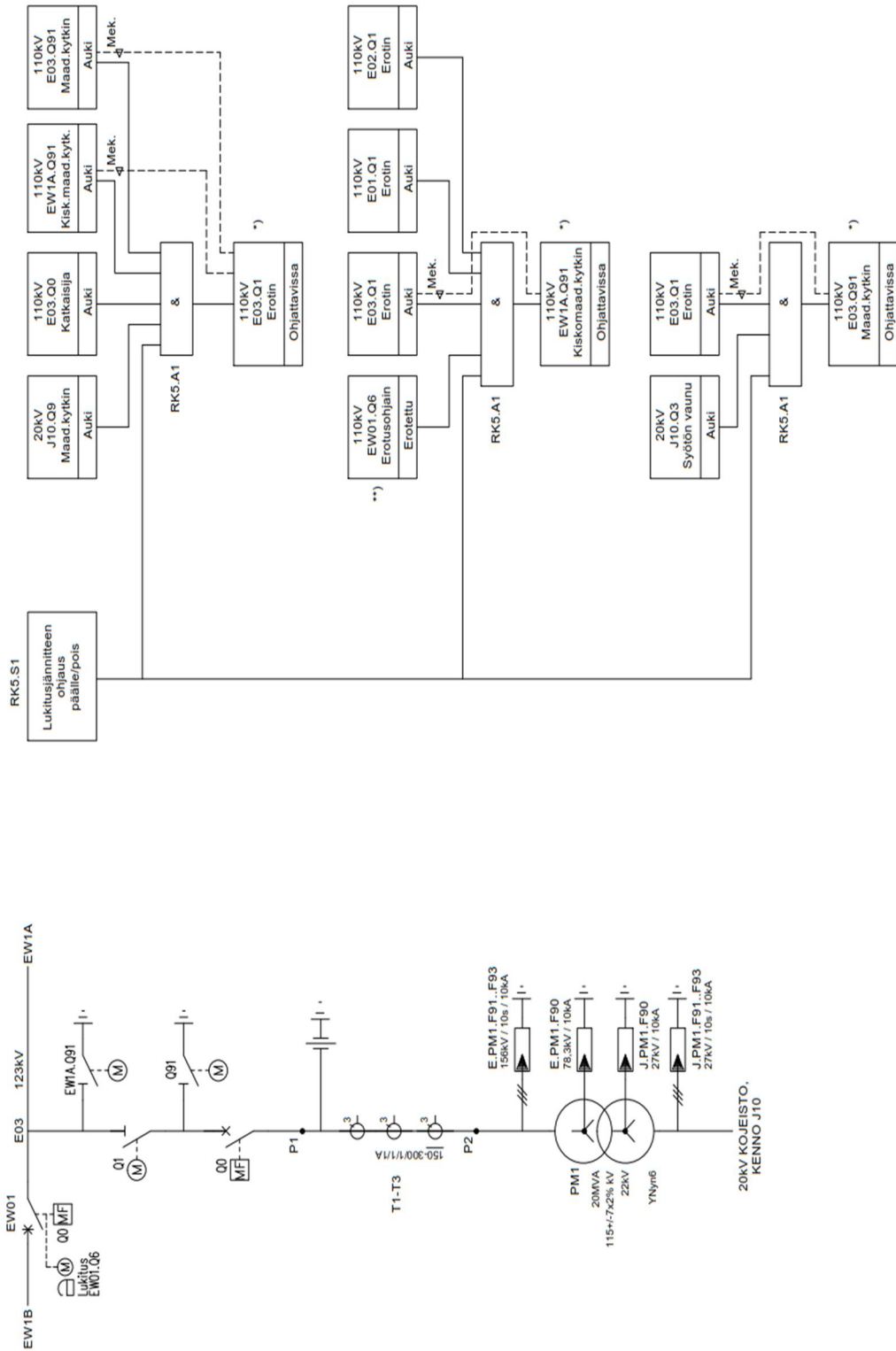
LIITE 4. Esimerkki pääkaaviosta



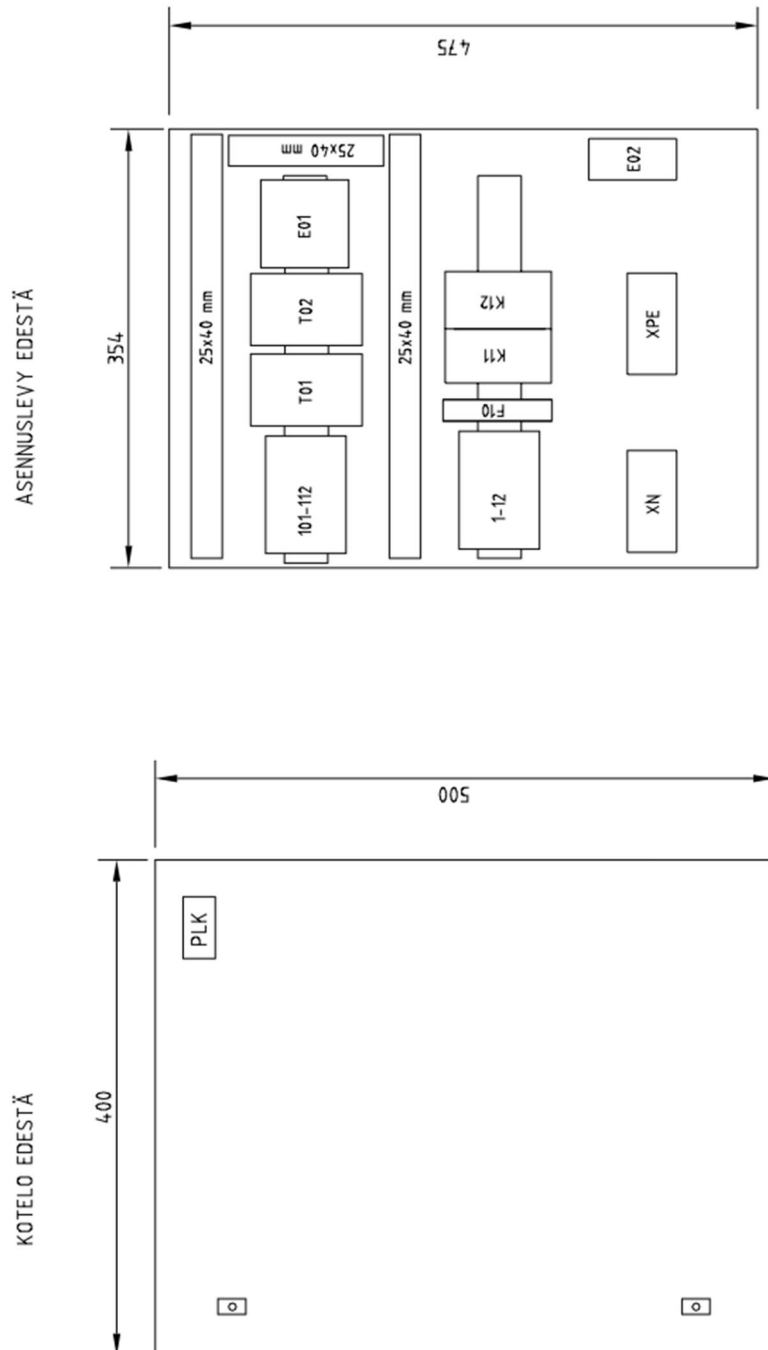
LIITE 5. Esimerkki suojauskaaviosta



LIITE 6. Esimerkki lukituskaaviosta



LIITE 7. Esimerkki layout-kuvasta



LIITE 8. Esimerkki vaatimusten mukaisesta riviliitinluettelosta

JOHDOTUSTAULUKKO													
M	KOHDE		KAAPELI		RIVILIITIN				KAAPELI		KOHDE		Huom. M
	Tunnus	Liitin	Número	Tyyppi	Johdin	↑ Ketjutus ↓	Apumerkki	No	↓ Ketjutus ↑	Johdin	Tyyppi	Liitin	
							AE05.31OL+	301				2	F11
							F02.APUJÄNNITE +	302				F1	F02
							AE05.31OL-	303				4	F11
							F02.APUJÄNNITE -	304				F2	F02
							AE05.32OL+	305	<-306			2	F12
							AE05.32OL+	306				14	K10
								307				20	S10
								308				1C2	A01
								309				K14	F01
								310				K16	F01
								311					
								312					
	AE05JK1	426	389		1		313->	313	<-314 <-312			24	K20
								314				12	K12
								315					
								316				2B7	A01
	RK04	557	826		ru		317->	317	<-318 <-316				
								318				K10	F01
								319				K10	F02
								320					
								321	<-320				
								322	<-323				
								323					
								324					
								325	<-326			4	F12
							AE05.32OL-	326				F10	F02
							AE05.32OL-	327					
								328				K18	F01
	AE05JK1	211	389		4		329->	329	<-328				

Riviliittimen yläpuoli

Riviliittimen alapuoli

LIITE 9. E³.:n tuottama riviliitinluettelo

terminal strip							
-X2							
	cable designators	target external	potential	terminal number	jumper	target internal	Placement in Schematics
			L1	1	●		/1.B2
			L1	2	●		/1.B2
				3	●	-K1 :13	/1.B2
				4	●	-K1 :14	/1.B2
				5	●	-K2 :13	/1.C2
	-K2	:14		6	●	-K3 :13	/1.C2
	-K4	:13		7	●	-K3 :14	/1.D2
			N	8	●	-K4 :14	/1.E2
			N	9	●	-K5 :14	/1.E3
	-K5	:13	N	10	●	-K6 :14	/1.D3
	-K7	:14		11	●	-K6 :13	/1.C3
	-K7	:13		12	●	-K8 :14	/1.C3
			L1	13	●	-K8 :13	/1.B3
			L1	14	●		/1.B4
			L1	15	●		/1.B4
			L1	16	●	-K11 :13	/1.B4
			L1	17	●	-K10 :13	/1.B4
	-K9	:13		18	●	-K10 :14	/1.C4
			N	19	●	-K11 :14	/1.D4
			N	20	●		/1.D4
			N	21	●	-K9 :14	/1.D4
			N	22	●		/1.E3
			N	23	●		/1.E3
			N	24	●		/1.E2
			N	25	●		/1.E3
			N	26	●		/1.E1
			L1	27	●		/1.E5
							/1.B5

terminal 102000000 [1 - 27]

Terminal type terminal