

Roope Grönroos

# Sähkösuunnittelu osana suunnitteluprojektia

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkötekniikka

Insinöörityö

8.3.2016

Tekijä(t) Otsikko	Roope Grönroos Sähkösuunnittelu osana suunnitteluprojektia
Sivumäärä Aika	23 sivua 8.3.2016
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Koulutusohjelma	Sähkötekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Sähkövoimatekniikka
Ohjaaja(t)	Pasi Haravuori, Osastopäällikkö Jukka Kahila, Projektipäällikkö Osmo Massinen, Lehtori
<p>Insinöörityö tehtiin Sweco Industry Oy:n automaatio-osastolle. Työssä tutkittiin, kuinka teollisuuden sähkösuunnittelu liittyy suunnitteluprojekteissa muihin suunnittelualoihin isomman suunnittelukonsernin näkökulmasta.</p> <p>Alussa perehdytään muihin suunnittelualoihin ja siihen, kuinka ne ovat sidoksissa teollisuuden sähkösuunnitteluun. Alussa käydään läpi suunnitteluprojektin eri vaiheita ja mitä niihin sisältyy. Työtä varten haastateltiin eri suunnittelualojen kokeneita ammattilaisia. Tästä saatiin hyvä yleiskäsitys projektista ja sen eri vaiheista. Seuraavaksi tutkittiin sähkösuunnittelun eri vaiheita yksityiskohtaisemmin sekä tiedonvaihtoa muiden suunnittelualojen kanssa. Lopussa on kerrottu yleisesti tietokantapohjaisista sähkösuunnitteluohjelmista.</p> <p>Työssä kerrotaan sähkösuunnittelusta osana projektia. Tämän opinnäytetyön lisäksi tul- laan tekemään Swecolle uusi ohje PISA-sähkösuunnitteluohjelmistosta, jota käytetään vain talon sisäisesti.</p> <p>Työ antoi hyvän käsityksen siitä, miten sähkösuunnittelu liittyy muihin suunnittelualoihin. Suunnitteluprojektien onnistumisen kannalta on erittäin tärkeää tietää, miten suunnittelu- alat liittyvät toisiinsa.</p>	
Avainsanat	teollisuuden sähkösuunnittelu, suunnitteluprosessi, sähkösuunnitteluohjelmat

Author(s) Title	Roope Grönroos Electrical Engineering as Part of a Engineering Project
Number of Pages Date	23 pages 8 March 2016
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical Engineering
Specialisation option	Electrical Power Engineering
Instructor(s)	Pasi Haravuori, Department Manager Jukka Kahila, Project Manager Osmo Massinen, Senior Lecturer
<p>This study was made for Sweco Industry Oy's automation department. The purpose was to investigate how industrial electrical <i>engineering</i> s linked to other engineering disciplines of design projects from a large company's perspective.</p> <p>First, the other engineering disciplines and how they are linked to the industrial electrical <i>engineering</i> were familiarized with. The various stages of the engineering of the project and what is included in them were clarified. Experienced professionals from various design disciplines were interviewed about their work. This yielded a good overview of the project and its different stages. After this, the various phases of the electrical design and information exchange with the other design disciplines were examined in more detail. At the end of the thesis, database-based electrical <i>engineering</i> programs are described.</p> <p>The result is a description of electrical engineering as part of a project. In addition to this thesis, a new user manual for PISA electrical design software will be made for Sweco. This will be used only in-house.</p> <p>This research provided a good understanding about how electrical engineering is related to other engineering disciplines. For the success of engineering projects, it is necessary to understand how various engineering disciplines are related to each other's</p>	
Keywords	industrial electrical engineering, design process, electrical engineering programs

## Sisällys

### Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Projekti ja sen vaiheet	2
3	Projektien suunnittelualat	5
3.1.1	Turvallisuussuunnittelu	5
3.1.2	Prosessisuunnittelu	7
3.1.3	Putkisuunnittelu	8
3.1.4	Laitesuunnittelu	8
3.1.5	Rakennesuunnittelu	8
3.1.6	Automaatio- ja instrumenttisuunnittelu	9
4	Sähkösuunnittelu	9
4.1	Esisuunnittelu	9
4.1.1	Sähkönjakelun esisuunnittelu	10
4.2	Perussuunnittelu	11
4.2.1	Sähkönjakelu	11
4.2.2	Asennukset	13
4.2.3	Keskijännitehankinnat	14
4.2.4	Pienjännitekeskukset	14
4.2.5	Pienjänniteasennukset	16
4.2.6	Pienjännitehankinnat	17
4.3	Toteutussuunnittelu	17
4.3.1	Pienjännitejakelun yleiskaavio	17
4.3.2	Sähkölaitteiden sijoituspiirustukset	18
4.3.3	Lopulliset kaapelireitit	18
4.3.4	Sähkötilojen kaapelihyllyt	18
5	Tietokantapohjaiset sähkösuunnitteluohjelmat	19
5.1	Vertex ED	19
5.2	EPLAN Electric P8	20
5.3	PISA	21

## Lyhenteet

PI-kaavio putkitus-instrumenttikaavio, kaavio jolla kuvataan prosessin toimintaa

SAT-testi Site Acceptance Test, työmaahyväksyntä projektille

FAT-testi Factory Acceptance Test, tehdashyväksyntä laitteille

PJ pienjännite

KJ keskijännite

UPS Uninterruptible Power Supply

## 1 Johdanto

Insinööri työ tehtiin Sweco Industry Oy:n automaatio-osastolle. Työn tarkoituksena oli kuvata sähkösuunnittelua osana suunnitteluprojektia ja sitä, kuinka se liittyy muihin suunnittelualoihin. Työssä haettiin laajempaa käsitystä sähkösuunnittelusta suunnitteluprojektin osana sekä alojen välisestä tiedonvaihdosta. Alojen välinen tiedonvaihto on erittäin tärkeää koko projektin onnistumisen kannalta. Lisäksi projektin onnistumisen kannalta on tärkeää, että sen jäsenet ymmärtävät eri osapuolien vastuualueet, jotta tietoa osataan välittää oikeille osapuolille. Työssä haastateltiin eri alojen kokeneita ammattilaisia, minkä avulla saatiin käsitys alojen välisestä yhteistyöstä ja vastuualueista. Viimeisenä on esitelty tietokantapohjaisia sähkösuunnitteluohjelmia, joita käytetään eri yrityksissä.

Sweco Industry on teollisuuden suunnitteluun ja konsultointiin erikoistunut asiantuntijayritys. Yhtiön pääliiketoiminta keskittyy paperiteollisuuteen, kemianteollisuuteen, kaivosteollisuuteen sekä meriteollisuuteen. Työntekijöitä vuonna 2015 oli yhteensä 550, jotka työskentelevät konsultoinnin, suunnittelun ja projektinhoidon parissa. Sweco Industry kuuluu Sweco Finland -konserniin, joka puolestaan kuuluu Sweco-konserniin, jonka alaisuudessa työskentelee 15 000 henkilöä. Sweco-konsernin pääkonttori sijaitsee Ruotsissa. Tällä hetkellä toimitusjohtajana toimii Tomas Carlsson. Sweco-konserni on suurin toimija alallaan Euroopassa. [1.]

## 2 Projekti ja sen vaiheet

Projektilla tarkoitetaan tarkkaan suunniteltua hanketta jonkin päämäärän saavuttamiseksi. Projekteilla on aina alku, loppu sekä usein tarkkaan laadittu aikataulu. Projektia suunnitellessa pyritään ennakoimaan mahdollisimman hyvin riskejä, jotta välttyttäisiin projektin venymiseltä taikka budjetin kasvamiselta. Projektityö on kertaluontoinen, eikä sitä toisteta määräajoin. [2.]

Teollisuuden projekteissa tarvitaan eri suunnittelualoja, joiden välillä tapahtuu projektin edetessä paljon tiedonvaihtoa. Toimialojen määrä vaihtelee hyvin projektikohtaisesti, koska aina ei rakenneta koko tehdasta alusta loppuun, vaan välillä projektit ovat pienempiä. Pienemmät projektit voivat keskittyä jonkin prosessin päivittämiseen vaikkapa uudelle tuotteelle tai raaka-aineelle. Toisin sanoen projektien koot vaihtelevat hyvin pienistä päivityksistä hyvinkin suuriin ja pitkäkestoisiin projekteihin, joissa esimerkiksi rakennetaan kokonainen tehdas alusta loppuun. Suurissa projekteissa projektinhallinta on erittäin tärkeää projektin onnistumisen kannalta, koska ison projektin epäonnistuminen voi johtaa erittäin suuriin tappioihin.

### Esiselvitys

Esiselvityksessä selvitetään, onko tulevan laitoksen rakentaminen taloudellisesti kannattavaa. Projektin kannalta selvitetään vaikutukset ympäristöön sekä laitoksen rakentamista varten tarvittavat luvat. Lähtötiedot ovat osittain olettamuksia, joten niiden oikeellisuus selviää vasta projektin edetessä. Suunniteltavalle laitokselle etsitään rakennuspaikkoja eri alueilta ja raaka-aineiden, työvoiman, rahoituksen, lupien saatavuutta selvitetään näille paikoille. [3.]

### Esisuunnittelu

Esisuunnitteluvaiheessa tarkennetaan kustannuksia ja muita projektin toteutukseen liittyviä asioita. Lähtötiedot ovat olettamuksia, joiden paikkansapitävyys selviää vasta projektin edetessä. Esisuunnittelussa eri suunnittelualat vaihtavat keskenään informaatiota, jota käytetään eri toimialojen lähtötietoina. Laitoksen sijainti voi olla jo selvillä tässä vaiheessa, tai jäljellä on muutamia vaihtoehtoja. Eri suunnittelualat selvittävät aloittain laitoksen rakennus- ja suunnittelukustannuksia, joista saadaan suunnitellun tehtaan kustannusarvio. Esisuunnitteluvaiheessa ei vielä tiedetä käytettäviä laitteita tai järjestelmiä,

jolloin lopullinen hinta ei ole täysin paikkansapitävä. Esisuunnittelussa tehdään kyselyitä laitevalmistajille, jolloin saadaan suuntaa-antavat tuotantomäärät käytettävissä oleville raaka-ainemäärille. Läheskään kaikki projektit eivät etene esisuunnitteluvaihetta pidemmälle; vain noin puolet projekteista lähtee esisuunnittelun jälkeen liikkeelle. [3.]

### Perussuunnittelu

Perussuunnittelussa on kaksi eri vaihetta, joista ensimmäisen osuus on 30 %. Ensimmäisen osuuden jälkeen alkaa toinen vaihe, joka kestää perussuunnittelun päättymiseen asti. Vaiheisiin jako tehdään, koska eri suunnittelualojen välillä tehdyssä tiedonvaihdossa liikkuvaa informaatiota käytetään eri osapuolten välillä ristiin esisuunnitteluvaiheessa. Perussuunnittelussa tehdään tarjouskyselyitä prosessiin tarvittavista laitteista sekä rakenteista, minkä myötä projektin kustannusarvio tarkentuu. [3.]

### Toteutussuunnittelu

Ennen toteutussuunnittelun aloittamista tehdään viimeinen päätös, rakennetaanko laitos vai ei. Myönteisen päätöksen jälkeen aloitetaan toteutussuunnittelu, jossa aloittain tehdään suunnitelmia toteutusta varten. Toteutussuunnittelun edetessä aikaisempien vaiheiden suunnitelmat tarkentuvat lopulliseen muotoonsa. Toteutussuunnittelussa pyritään tekemään suunnitelmat mahdollisimman tarkkaan, koska projektin lopullinen toteutus perustuu niihin. [3.]

### Rakentaminen ja käyttöönotto

Rakennus- ja käyttöönottovaiheessa työmaalla rakennetaan tuotantolaitosta aikaisempien projektivaiheiden tuotoksena syntyneiden piirustusten ja dokumenttien perusteella. Rakennusvaiheessa ollaan tiiviissä yhteydessä laitoksen rakentajiin esimerkiksi silloin, kun he tarvitsevat lisää tietoa ja vastauksia rakennusvaiheessa syntyneisiin kysymyksiin. Laitosta rakennettaessa joissakin tapauksissa voidaan esimerkiksi huomata, että jokin asia on parempi tehdä toisella tavalla tai että asiakas haluaa muuttaa jotakin, mikä voi johtaa siihen, että osa aikaisemmista suunnitelmista joudutaan suunnittelemaan uusiksi. [3.]



Asennettaville sähkölaitteistoille suoritetaan ennen työmaalle lähettämistä FAT-testi, jolla varmennetaan laitteiden toimivuus. FAT-testi tehdään laitetoimittajien toimesta, jolloin paikan päällä säästytään kalliilta korjauksilta. Sähkölaitteisto asennetaan ja kytetään laitoksessa, minkä jälkeen suoritetaan kojeistus, jolla varmennetaan toimivuus sekä sähköturvallisuuden toteutuminen ja vältytään erittäin kalliita laiterikoilta. [3.]

Laitoksen valmistuttua suoritetaan SAT-testi, jossa varmistetaan prosessin toimivuus. Testissä varmistetaan, että laitoksen prosessi toimii järjestelmän kuvausta vastaavasti oikeissa olosuhteissa. Hyväksytyn SAT-testin jälkeen laitos on valmis luovutettavaksi käyttöön. Projektin lopuksi tehdään vielä lopulliset dokumentit laitoksesta ”as built” -merkinnällä. Nämä lopulliset kuvat tehdään työmaalta saatujen ”punakynäpiirustuksien” perusteella. Lopulliset kuvat ovat tärkeitä, jotta tiedetään, kuinka laitos on oikeasti rakennettu. Näitä tietoja tarvitaan esimerkiksi silloin, kun aletaan rakentaa laitokseen laajennusta tai päivittämään jotain prosessin osaa. Myös kunnossapito tarvitsee laitoksen kuvia, kun he korjaavat laitteita tai komponentteja. As built kuvat toimivat laitoksen ylläpidodokumentteina koko laitoksen käytön ajan.

## Tuotanto

Tuotantovaiheessa laitosta ylläpidetään ja huolletaan. Laitoksissa usein uusitaan vain osa prosessista kerrallaan tuotannon aikana. Prosesseja usein päivitetään erilaisille raaka-aineille ja lopputuotteille sopiviksi. Tällaiset tapaukset suunnitellaan erillisinä projekteina, ja useimmiten projektit toteuttavat samat yritykset, jotka ovat suunnitelleet ja rakentaneet laitoksen.

## Purkaminen

Laitos puretaan sen elinkaaren lopussa. Purkamisen ajankohta määrittyy sen mukaan, miten laitosta on päivitetty ja huollettu.

### 3 Projektien suunnittelualat

#### 3.1.1 Turvallisuussuunnittelu

Projektissa yhtenä alana on turvallisuussuunnittelu, joka vaikuttaa kaikkiin suunnittelu-aloihin. Ottamalla turvallisuusasiat jo esisuunnitteluvaiheessa huomioon, säästytään hin-  
tavilta jälkikorjauksilta asennusvaiheessa. Heti projektin alussa kannattaa miettiä, mitä  
ollaan suunnittelemassa ja mitkä lait tai asetukset vaikuttavat projektin suunnitteluun. [4.]

Vuonna 1995 voimaan tullut EU-direktiivin mukaan kaikilla laitteilla tulee olla CE-mer-  
kintä laitteen toimittajan toimesta. Tämä velvoittaa kaikkia laitevalmistajia myöntämään  
CE-merkinnän valmistamilleen laitteille. Laitetoimittaja voi halutessaan tilata laitteelle tar-  
kistuksen, jolla selvitetään, täyttääkö laite vaadittavat turvallisuusstandardit ja -asetuk-  
set. Laitevalmistajan tulee antaa laitteelle CE-merkintä tai vaatimuksenmukaisuusvakuu-  
tus. Vaatimuksenmukaisuusvakuutuksella laitevalmistaja takaa, että laite on tehty stan-  
dardien ja asetuksien mukaan, ja se on käyttäjälle turvallinen. [4.]

Turvallisuussuunnittelijat tarkistavat muiden alojen turvallisuusasiat sekä projektin  
alussa että sen edetessä, sekä tarkistavat suunnitelmia ja korjauttavat niitä, jos niissä on  
puutteita. Projektin lopussa tehdään FAT ja SAT-testit, jotka ovat samalla lopulliset tur-  
vallisuushyväksynät projektille. Muita suoritettavia testejä ovat käyttöönotto- ja varmen-  
nustarkastukset sähkölaitteille sekä paineastiatarkastukset. [4.]

Joissain projekteissa keskitytään vain turvallisuuteen. Tällöin projekti keskittyy valmii-  
seen tehtaaseen tai laitteeseen, johon tehdään turvallisuuteen liittyviä hyväksyntöjä tai  
varmistetaan, että laite on käyttäjilleen turvallinen. Asiakas voi tilata selvityksen, jossa  
esimerkiksi selvitetään täyttääkö, jokin tuotantolinjasto turvallisuusmääräykset ja onko  
se turvallinen käyttää. Turvallisuussuunnittelijat tutustuvat kohteeseen ja tutkivat sen toi-  
mintaa turvallisuuden kannalta. Selvityksessä syntyy dokumentti, jossa kerrotaan puut-  
teet turvallisuusnäkökohdista, mikäli niitä on. Asiakas päättää itse, tekeekö se korjauk-  
set. Asiakas voi jättää tekemättä korjaukset, jos se toteaa riskien olevan riittävän matalia.  
Asiakas itse määrittelee riskin suuruuden, eikä suunnittelija tätä tee. Loppuasiakkaan  
täytyy itse tehdä päätös, onko se valmis ottamaan riskin vai ei. [4.]

Prosessiturvallisuuudessa keskitytään prosessin suojatoimintojen toiminnan turvallisuuteen. Vaiheessa esimerkiksi tarkistetaan, ovatko turvalaitteet tarpeeksi toimintavarmoja, tarvitseeko jokin asia lisävarmennusta. Tämä voidaan suorittaa esimerkiksi kahdentamalla jokin järjestelmä. [4.]

Turvallisuussuunnittelu tekee yhteistyötä kaikkien suunnittelualojen kanssa, jolloin hyvä yhteydenpito alojen välillä on tärkeää. Turvallisuussuunnittelu on muita suunnittelualoja tuoreempi ala, ja aikaisemmin toiminta onkin ollut hieman villimpää. Nykyisin turvallisuussuunnittelu otetaan paremmin huomioon, koska pienellä vaivalla voidaan aikaansaada isoja säästöjä. Onnettomuuksilla ja henkilövahingoilla on myös negatiivinen vaikutus yrityksen imagoon. [4.]

Yleisimmin laiminlyöty turvallisuusasia on riskiarvioinnit. Riskiarvioinnissa ensiksi tunnistetaan riskit sekä arvioidaan niiden laajuus ja todennäköisyys. Sitten päätellään, onko riski liian suuri vai tarpeeksi pieni. Kun todetaan, että riski on liian suuri, aletaan miettiä tapoja sen alentamiseksi. Loppuasiakkaan täytyy määrittää, mikä on sille tarpeeksi pieni riski – sellaisenaan käsite on liian laajatarkoitteinen. Turvallisuussuunnittelua lopulta määrää asetetut lait ja määräykset. [4.]

Noin 40 % onnettomuuksista johtuu siitä, ettei suunnittelun alkuvaiheessa ole otettu tarpeeksi hyvin riskejä huomioon. Tämä osuus on suurin onnettomuuksien aiheuttaja, joten turvallisuusasioihin keskittyminen suunnittelun alkuvaiheessa on kannattavaa. Tämä voi myös johtaa suuriin säästöihin, kun vältetään kalliilta laite- ja henkilövaurioilta. [4.]

### 3.1.2 Prosessisuunnittelu

Prosessisuunnittelun tehtävänä on kuvata, kuinka teollisuuslaitoksen tuotannon pääprosessi toimii. Pääprosessinsuunnittelu voidaan jakaa kemia-, energia- ja metsäprosessisuunnitteluun. Metsäprosessisuunnittelussa suunnitellaan prosessien pääpiirteet ja prosessien osat tilataan eri laitetoimittajilta. Kemianteollisuudessa prosessisuunnittelu tehdään paljon yksityiskohtaisemmin kuin muilla teollisuudenaloilla. Kemiaprosessiteollisuus käsittää paljon räjähdysvaarallisia aineita ja myrkyllisiä kemikaaleja, jotka joudutaan huomioimaan prosessisuunnittelussa. Lääketeollisuuden prosessit tehdään osteuilla lisensseillä, joiden perusteella tehdään yksityiskohtainen prosessinsuunnittelu. Energiaprosessisuunnittelussa suunnitellaan voimalaitosten prosessin toimintaa. Useissa teollisuuden projekteissa tarvitaan esimerkiksi höyryä, jolloin ylijäävästä höyrystä voidaan tuottaa energiaa. Joissakin prosesseissa syntyy poltettavaa jätettä, jolloin kätevin tapa hävittää jätteet on polttaa ne paikan päällä energian tuotantoa varten. [5.]

Prosessisuunnittelu lähtee liikkeelle asiakkaalta saatavista lähtötiedoista. Yleisimpinä lähtötietoina prosessisuunnittelussa käytetään suunnitteluohjeita, standardeja, suunnitteluperusteita sekä alustavia riskikartoituksia. Asiakas kertoo, kuinka paljon heillä on raaka-aineita käytettävissä, ja niiden perusteella aletaan tehdä projektin esiselvitystä. Esiselvityksessä kysellään laitetoimittajilta prosessiin tarvittavia laitteita ja niiden teknisiä arvoja, joiden perusteella saadaan selvitettyä laitoksen tuotantomäärät. Nousevien ympäristövaatimusten mukana nousevat energiasuunnittelun haasteet laskea tehtaiden päästöjä. Prosessisuunnittelun tuloksena lopullisena syntyviä dokumentteja ovat PI-kaaviot, toimintaselostus, virtauskaaviot, käyttöohjeet ja koulutusaineisto. Käyttöohjeiden avulla loppuasiakas kykenee ajamaan prosessia suunniteltujen arvojen rajoissa ja huoltamaan prosessia määrävälein. [3; 5.]

Prosessisuunnittelusta saadaan sähkösuunnitteluun lähtötietoina pumppujen tehovaatimukset ja sijainnit, joilla sähkösuunnittelu mitoittaa sopivat moottorit pumpuille sekä syöttökaapelit. Joissain tapauksissa prosessi vaatii lämmitystä, jolloin prosessisuunnittelu mitoittaa lämmityksen tarpeen, ja sähkösuunnittelu suunnittelee sähkösaaton lämmittämään prosessin putkistoja.

### 3.1.3 Putkisuunnittelu

Putkisuunnittelun lähtötietoina toimivat PI-kaavio ja laitesijoitukset, joiden avulla suunnitellaan putkistoreitit tarvittaville putkille. Putkien kulkureitit mietitään yhdessä layout-suunnittelun kanssa, jolloin vältetään mahdollisilta yhteentörmäyksiltä. Putkistosuunnittelun rajat vaihtelevat projektikohtaisesti, koska laitetoimittaja voi suunnitella putkistot toimittamalleen laitteelle, jolloin putkistosuunnittelulle voi jäädä vain laitteiden väliset alueet suunniteltavaksi. Putkisuunnittelu suunnittelee putkireitit PI-kaavion perusteella ja suunnittelee putkistoon tarvittavat venttiilit ja instrumenttien kannakoinnit. [6.]

Putkistosuunnittelussa vaihdetaan tietoja sähkösuunnittelun kanssa putkistojen ja kaapelihyllyjen kulkureiteistä, jotta ne eivät törmäisi toisiinsa. Joissain projekteissa sähkösuunnittelijat piirtävät kaapelireitit 2D-kuvana, joiden perusteella putkistosuunnittelijat piirtävät kaapelireitit 3D-malliin. Projekteissa, joissa putkistosuunnittelu ei piirrä kaapelireittejä 3D-malliin, täytyy suorittaa törmäystarkastelu, jossa varmistetaan, etteivät putki ja kaapelireitit törmää toisiinsa. Putkistosuunnittelussa syntyy lopulta dokumentteina putkiston reitti- ja sijoittelukuvat, kannakointipiirustukset ja putkistojen massalistat. [6.]

### 3.1.4 Laitesuunnittelu

Laitesuunnittelu suunnittelee laitteesta riippuen sille mekaniikan, pneumatiikan, hydraulikan, automatiikan tai sähköt. Laiteturvallisuus on osana laitesuunnittelua, jotta saadaan suunniteltua tuvallisista ja käytännöllisistä laitteista. Laitesuunnittelu tekee myös laitteille teollista muotoilua, jolla haetaan käyttömukavuutta sekä estetiikkaa. Laitesuunnittelu miettii laitteen käytettävyyttä, valmistettavuutta, turvallisuutta ja elinkaaren aikana syntyviä kustannuksia esimerkiksi huollon tarvetta ja varaosia. Huoltoa varten laitesuunnittelu suunnittelee laitteille tarvittavat huoltotasot. Turvallisuudirektiivit ja laitteiden määräävät pitkälti laitesuunnittelun turvallisuussuunnittelua. [3.]

### 3.1.5 Rakennesuunnittelu

Rakennesuunnittelu suunnittelee prosessilaitteille erilaisia rakenteita, joilla laitteet tuetaan. Joissain tilanteissa tarvitaan erikoisia teräsrakenteita kannattelemaan prosessilaitteita tai niiden välisiä yhteyksiä. Tällöin rakennesuunnittelu suunnittelee sopivat teräsrakenteet prosessin tarpeisiin. Suunnittelun määrän tarve vaihtelee projektikohtaisesti; joissakin projekteissa joudutaan tekemään erikoisempia ratkaisuja.

### 3.1.6 Automaatio- ja instrumenttisuunnittelu

Automaatiosuunnittelu sisältää yleensä myös instrumenttisuunnittelua. Automaatiosuunnittelussa suunnitellaan prosessisuunnittelun antamien lähtötietojen perusteella prosessille tarvittavat automaatiot. Myös automaatio- ja instrumenttisuunnittelun laajuus vaihtelee projektikohtaisesti riippuen siitä, kuinka paljon laitetoimittajat suunnittelevat laitteiden automaatiota. Instrumenttisuunnittelussa valitaan käyttökohteeseen sopivat kenttälaitteet sekä kaapeloinnit. Instrumenteille suunnitellaan standardien avulla oikeanlaiset kiinnitykset. [7.]

## 4 Sähkösuunnittelu

Teollisuuden sähkösuunnittelu jakaantuu kolmeen eri osaan: sähkönjakeluun, prosessi- ja rakennussähköistykseen. Sähkösuunnittelukokonaisuus jakautuu myös kolmeen eri vaiheeseen: esisuunnitteluvaiheeseen sekä perus- ja toteutussuunnitteluun.

### 4.1 Esisuunnittelu

Esisuunnittelussa tuotetaan teknilliset ja taloudelliset selvitykset projektin jatkokehittämiseen. Esisuunnittelun lähtötiedot ovat olettamuksia, joiden käyttökelpoisuus selviää työn edetessä. Esisuunnittelun tavoitteena on tuottaa tarpeelliset tekniset ja taloudelliset dokumentit projektin aloittamista varten. Sähkönjakelun yleiskaaviot, alustava kustannusarvio ja alustavat tilavaraukset ovat esisuunnittelussa syntyviä keskeisiä dokumentteja. [3; 8.]

#### 4.1.1 Sähkönjakelun esisuunnittelu

Esisuunnittelun piiriin kuuluva sähkönjakelun yleiskaavio piirretään yksiviivaesityksenä projektin edellyttämällä laajuudella. Sähkönjakelun yleiskaaviossa kuvataan energian siirtoa sekä kytkentöjä kojeistojen välillä. Esisuunnitteluvaiheessa ei yleensä kuvata tarkasti keskuksien sisäisiä kytkentöjä eikä pienitehoisia kenttälaitteita. Yleiskaaviossa esitetään suuritehoiset moottorit, muuntajat, kytkinasemien lähdöt, keskijännitekojeistot ja pienjännitejakokeskukset sekä niiden väliset yhteydet. Alustavassa esisuunnittelussa ei tarvitse mitoittaa kaapeleita. Piirustuksiin merkitään laitteistojen nimellisarvot, kuten moottorikuormat, nimellisjännitteet, muuntajien tehot, muuntosuhde, kytkentäryhmä, nimellisvirta sekä oikosulkukestoisuus. [3.]

Syötettävät kojeet on jaettava keskuksille niin, että tehot jakautuvat tasaisesti eri keskuksille. Yleensä muuntajat mitoitetaan 70:n % kuormalla, ellei asiakas aseta tiukempia vaatimuksia. Suunnitteluun tarvittavia lähtötietoja ovat arvioita vaadittavasta sähkötehoista, suuret yksittäiset käytöt, laitoksen alustavat pohjakuivat, syöttävän verkon tiedot sekä tulevan verkon erityistarpeet. Suunnittelijan tehtävänä on selvittää yhdessä prosessisuunnittelijan ja asiakkaan sähkövastaavan kanssa tarvittavat lähtötiedot. Alustavaa sähkönjakelun yleiskaaviota käytetään kustannusarviota laadittaessa sekä perussuunnittelun lähtötietona. [3; 8.]

#### Sähköistyksen kustannusarvio

Sähköistyksestä tehdään kustannusarvio projektin esisuunnittelussa, ja se on usein suuri osuus kokonaisbudjetista. Kustannusarviolla on suuri vaikutus investointipäätökseen, joten se täytyy tehdä riittävällä tarkkuudella. Kustannusarvio koostuu laitteistosta, asennuksesta sekä suunnittelusta. Kustannusarvio on hyvä jakaa pienempiin osuuksiin (esimerkiksi suurjännitekojeistoihin ja laitteisiin, keskijännitekojeistoihin ja laitteisiin, muuntajiin, pienjännitekeskuksiin, moottoreihin ja laitteisiin, säädettyihin käyttöihin, apusähköjärjestelmiin, prosessisähköasennuksiin, rakennussähköasennuksiin sekä suunnitteluun). Jokaiselle alueelle ilmoitetaan kokonaishinta, joka sisältää tarvikkeet ja asennuksen. Kustannusarviota tehtäessä ollaan tiiviissä yhteistyössä muiden alojen kanssa, sillä tässä vaiheessa laitemuutokset ovat yleisiä. [3.]

## 4.2 Perussuunnittelu

### 4.2.1 Sähkönjakelu

Perussuunnittelu antaa lähtötiedot toteutussuunnittelulle. Perussuunnitteluvaiheessa määritetään projektissa käytettävä perustekniikka sekä kustannukset ja aikataulu. Tavoitteena on sähkönjakelun perussuunnittelun kannalta tuottaa riittävät asiakirjat hankintaa varten suurjännite- ja pienjännitekojeistoista, muuntajista ja niiden apujärjestelmistä. Apujärjestelmä sisältää loistehon kompensointia, apusähköjen jakelua, ohjaus-, suojaus-, mittaus- ja hälytyspiirejä. Edellä mainittujen piirien perusratkaisuista vastaa suunnittelija, ja toteutuksesta vastaa kojeistojen toimittaja. [3; 8.]

Oikosulkulaskennassa tehdään oikosulkulaskelmista tekninen asiakirja, joka toimii perusmitoituksen pohjana. Oikosulkulaskennalla on tarkoitus saada selville kojeistojen ja syöttävien kaapelien oikosulkukestoisuus, jotta vältetään laitteiden oikosulkukestoisuuden yli- tai alimitoittamiselta. Molemmat vaihtoedot käyvät kalliiksi, mutta eri tilanteissa. Oikosulkulaskenta tehdään tarkoitukseen erikseen suunnitellulla ohjelmalla. Laskennasta saadut tulokset voidaan esittää joko erillisenä dokumenttina tai saadut laskelmat voidaan liittää yleiskaavioon. [3.]

Perussuunnittelussa tarkennetaan esisuunnittelussa tehtyä jakelun yleiskaavoita ja saatetaan se lopulliseen muotoonsa. Jakelukaavio päivitetään vastaamaan nykyistä suunnittelun tilannetta lisäämällä apujärjestelmät ja päivittämällä uusimmat tiedot. Kojestojen oikosulkukestoisuudet ja kaapelit mitoitetaan oikosulkulaskelmien perusteella. Kojestojen tunnuksia täsmennetään vastaamaan uusimpia tietoja. Kuormien jako keskuksille sekä huipputehot tarkistetaan niin, että saadaan selville muuntajien lopullinen määrä. Jakelukaaviota käytetään perussuunnittelun jälkeen virallisena hankita-asiakirjana, joten siinä ei saa olla enää avoimia kohtia tai epäselvyyksiä. [3.]

Kojestojen alustavat yleiskaaviot päivitetään vastaamaan nykyistä tilannetta lähtöjen lukumäärien, varalähtöjen ja oikosulkukestoisuusvaatimusten mukaan. Yleiskaaviossa tulee olla mittaukset, hälytykset, suojaukset ja apusähköjärjestelmät sellaisella tarkkuudella, että kojeistoille voidaan kysellä tarjoukset. [3.]



Jakelukaavion päivityksen yhteydessä on syytä tehdä muuntajien kuormituslaskelmat uusiksi, koska muuttunut verkko voi vaikuttaa muuntajien kuormituksiin. Muuntajakoon muuttuminen vaikuttaa myös oikosulkutehoihin, mikä tulee ottaa yleiskaaviossa huomioon. Kun keskusten huipputeho, varatehon tarve, keskimääräinen  $\cos \varphi$  ja tasoituskero tiedetään, voidaan laskea muuntajien kuormitukset. Varatehon tarve on tapauskohtainen riippuen asiakkaan tarpeista. Mikäli erityisiä tarpeita ei ole, käytetään 30 % varasta. [3.]

Kun halutaan vaikuttaa sähkötilojen layout-suunnitteluun, on suunnittelijan tehtävä sijoituspiirustukset muuntaja- ja kojeistotiloista. Suunnittelijan on varmistettava, että laitos- ja rakennussuunnittelija ottavat huomioon sähkötilojen tilantarpeet ja sisäisen layoutin. Sijoituspiirustuksiin tehdään tilavaraukset muuntajille, kojeistoille, kompensoinnille sekä apusähköjärjestelmille. [3.]

Yleensä muuntaja- ja kojeistotilojen layout-piirustukset tulevat arkkitehdilta tai laitossuunnittelijalta, mikäli kyseessä on uusi kohde. Välillä sähkösuunnittelijan on mahdollista vaikuttaa sähkötilojen sijaintiin, jolloin muuntajatila ja sähkötilat tulee sijoittaa mahdollisimman läheltä toisiaan. Muuntajien ideaalinen paikka jäähdytyksen ja asennuksen kannalta on ulkoseinällä. Kojeston paras sijainti on muuntajien vieressä tai yläpuolella, jotta saadaan mahdollisimmat lyhyet syöttökaapelit näiden välille. Syöttökaapeleille varataan tarvittavat reitit, jotka voivat olla kaapelikellarissa, lattiakanaalissa, ylös nostetun lattian alla tai kaapeleille tehdyssä kaapelikellarissa. [3.]

Rakennussuunnittelijalle annetaan lähtötiedoiksi alustavat rakennustehtäväpiirustukset. Rakennustehtäväpiirustuksista tulee esittää sähkötiloihin vaadittavat tarpeet. Vaadittuja asioita ovat tarvittavan tilan pituus, leveys sekä vähimmäiskorkeus, kaapelikellarin tilat tai ylös nostetun lattian korkeus, sekä tilan sijainti rakennuksessa. Sähkötilan ovien tulee myös käydä ilmi. Ovet tulisi sijoittaa niin, että niistä on suora kulku ulos, jotta tulevien kojeistojen ja muuntajien laahaus olisi helpompaa. [3.]

#### 4.2.2 Asennukset

Perussuunnitteluvaiheessa tavoitteena on määrittää kaapelien asennusreitit sekä tilankäyttövaraukset muiden suunnittelualojen kesken. Muuntajien ja kojeistojen väliset kaapelireitit suunnitellaan laskentapituuksia varten. Kaapeleiden pituudet vaikuttavat investointikustannuksiin, oikosulkutehoihin sekä jännitteen alenemaan, joita tulee tarkastella reittisuunnittelussa. Kaapelireitit tulee optimoida mahdollisimman lyhyiksi valmistajan antamien ohjeiden ja määräysten mukaisesti. [3.]

Kaapelireitin suunnittelussa tulee huomioida asennettavuus ja kaapeliin kohdistuvat olosuhteet, ettei kaapeleille aiheudu turhaa kulumista. Kaapelireittisuunnittelussa ollaan yhteydessä muihin suunnittelualoihin, joista merkittävimpiä ovat LVI-, rakennus- ja laitosuunnittelu. [3.]

Sähkösuunnittelijan toimesta rakennustehtäväpiirustuksiin tehdään lähinnä kaapelireittien reikiä, kun kaapelireittisuunnittelussa joudutaan menemään useaan eri tilaan. Alustava suunnitelma rei'istä tehdään lähtötiedoksi rakennussuunnittelijalle. Piirustuksiin merkitään selkeästi reikien sijainti ja koko. Jos kaapelireitit asennetaan lattiakanaaleihin, tulee suunnittelija varmistaa, että kanaalien mitat vastaavat kaapelivalmistajan ohjeita. [3.]

Kaapelihankintoja varten on tehtävä erilliset kaapelilistat suur- ja keskijännitekaapeleita varten. Useassa projektissa suur- ja keskijännitekaapelien osuus on pieni, joten sopiva paikka kaapelihankinnan tiedoille on asennusmäärittely. [3.]

#### 4.2.3 Keskijännitehankinnat

Perussuunnittelun osalta tuotetaan ostotoiminnassa tarvittavat asiakirjat ja sovitetaan ne projektin aikatauluun. Projektin aikataulun kannalta on erittäin tärkeää, että laitehankinnat tehdään ajoissa perussuunnittelun aikana. Hankinta-aineiston laadulla ja laitteiden toimittajien aikataululla on suuri merkitys projektin aikataulussa pysymiseen. Suunnittelijan tulee vaikuttaa edellä mainittuihin asioihin parhaalla mahdollisella tavalla. [3.]

Hankintaohjelmassa selvitetään hankinnan kohde ja laajuus tarjouksen antajalle. Hankintaohjelmaan on sisällytetty toimitusehdot sekä vaatimukset, joiden tulee sisältyä tarjouksen sisältöön. Teknisessä erittelyssä määritetään hintakyselyyn kyseltävä urakka niin, että eri urakoitsijoiden tarjoukset ovat yhdenmukaisia ja vertailukelpoisia. [3.]

#### 4.2.4 Pienjännitekeskukset

Pienjännitekeskusten osalta perussuunnittelussa oleellisimpana osana ovat hankintojen valmistelu ja tilausvarausten sopimiset osapuolten kesken. PJ-keskusten suunnittelun tavoitteena on sähköpiirien jako keskuksiin sekä keskuksien rakenteiden ja kalustuksen määrittely. Sähköpiirit tulee jakaa selkeästi ja prosessin toiminnan kannalta järkevästi. Keskuksien kalustus ja rakenne määritetään kohteen vaatimuksien mukaan. Suunnittelussa tehdään tarvittavat dokumentit keskuksien tilaamista varten sekä luodaan tarvittavat lähtötiedot toteutussuunnittelua varten. [3.]

Prosessisähköistystä varten luodaan keskuslähtöluettelo, jolla kuvataan keskusta. Luettelossa määritetään keskuksien lähtöjen määrä, keskuslähdön kalustus ja liittyvän kaapelin poikkipinta. Keskuslähtöluettelon nimitys varioi asiakkaasta riippuen, ja siitä käytetään myös esimerkiksi nimiä lähtöluettelo ja kuormitustaulukko. Myös sen sisältö voi hieman vaihdella. Keskuslähtöluettelo kuuluu hankintamateriaaliin, ja sen tulee olla niin yksityiskohtainen, että sen avulla voidaan tehdä sitovat tarjoukset sekä valmistaa itse keskukset. [3.]

Teknisessä määrittelyssä määritetään hankittavien keskuksien rakenne, suurimmat ulkoiset mitat sekä kohteen tai asiakkaan vaatimukset. Teknisen erittelyn on otettava huomioon asennuskohteen asettamat vaatimukset, kuten haalausreitit, kaapelointisuunnat, valokaaripaineen suunta, ympäristön lämpötila ja läpivientien palomassaus, mikäli nämä aiheuttavat lisäkustannuksia keskuksien toimittajalle. Keskusluettelolla ja keskuksen teknisellä määrittelyllä määritetään yksiselitteisesti sekä tarkasti hankittavien keskusten rakenteet ja ominaisuudet. [3.]

Keskuksilta lähteviä sähkölähtöjä varten tehdään mitoitusaulukko, jonka avulla voidaan mitoittaa eri lähdöt keskuksilta. Taulukkoja tehdään tarvittaessa eri jännitetasoille, eri kojevalmistajien laitteille, moottorilähdöille ja alakeskuslähdöille. Tyypillisin näistä on moottoreita varten laadittu mitoitusaulukko. Useimmiten suunnittelussa käytettävät taulukot saadaan asiakkaalta, jolloin niissä on huomioitu asiakkaan käyttämät kojetyypit ja kojekoot, kaapelien korjauskertoimet ja jännitteenalenemat. Mitoitusaulukko on yksi keskuskyselyn asiakirjoista, jolla määritellään keskuksen lähtöjä ja sisäisiä kytkentöjä. [3.]

Tyyprikaavioilla kuvataan useamman samanlaisen lähdön kalustusta. Tyyprikaavio on sähköteknisesti muuttumaton, mutta mitoitusaulukon avulla valitaan sopivat komponenttikoot ja luodaan sähkötekniset piirustukset lähdöille. Jokaisesta erilaisesta lähdöstä on tehtävä oma tyyprikaavionsa. Tyyprikaavioilla esitetään keskusvalmistajalle sähkölähtöjen sisäiset kytkennät ja luodaan lähtökohtaiset piirikaaviot. Tyypipiirikaavioita tehdessä tulee olla huolellinen, koska niistä monistetaan kaikki keskusten piirilähdöt. Jos tyyprikaaviossa on virhe, se monistuu useaan kertaan. Keskuskysely on suotavaa tehdä tyyprikaavioilla, koska keskusvalmistajan tekemät muutokset on helpompi tehdä tyyprikaavioihin kuin jokaiseen yksittäiseen lähtöön. [3.]

Sähkötiloihin tehdään alustavat sähkölaitteiden sijoitukset sekä muuntaja- ja keskustiloihin. Sijoituspiirustuksiin tehdään varaukset uusille keskuksille, kompensoinnille, taajuusmuuttajille, UPS-laitteille sekä muille sähkötilan laitteille. Sijoituspiirustuksiin yleensä merkitään myös tulevat läpiviennit kiskosilloille keskusvalmistajan lähtötiedoiksi suunnitteluun. Keskusten sijoittelussa tulee ottaa huomioon voimassa olevat standardit, kaapelien taivutussäteet sekä laajennusvarat. [3.]

#### 4.2.5 Pienjänniteasennukset

Perussuunnitteluvaiheessa sovitaan tilankäytöstä muiden suunnittelualojen kanssa. Räjähdysherkät tai paloherkät tilat määritellään tilaluokituspiirustukseen. Tilaluokituspiirustuksessa luokitellaan tilat eri kategorioihin tilojen räjähdysherkkyyden perusteella. Räjähdysvaarallisille alueille saa asentaa vain tilaluokituspiirustuksessa annetun luokan laitteita. Tiloissa tulee välttää turhia asennuksia, vaikka ne olisivat luokituksen mukaisia. Räjähdystilojen luokittelu tulee tehdä huolellisesti, jotta kalliiksi käyviä ali- tai ylikuokiteltuja tiloja ei tulisi. [3.]

Kaapelireitit suunnitellaan yhteistyössä muiden suunnittelualojen kanssa, koska kaapelihyllyjen tulee väistellä muiden suunnittelualojen tekemiä esteitä. Kaapelihyllyt jaetaan pisto- ja runkohyllyihin, joista jälkimmäisiin keskitytään perussuunnittelussa. Runkohyllyt toimivat kaapelireittien pääreittinä, joten ne tulee suunnitella mahdollisimman selkeästi ja suoraviivaisesti muiden suunnittelualojen kanssa. Suunnittelussa tulee välttää törmäyksiä muiden suunnittelualojen (esimerkiksi LVI:n putkistojen) kanssa. Yleensä sähkösuunnittelija tekee instrumentoinnin kaapelihyllysuunnitelmat, joten ennen suunnittelun aloittamista on hyvä selvittää instrumentoinnin tarpeet. [3.]

Kaapelireittisuunnittelussa täytyy selvittää heti alussa hyllyjen lopullinen määrä sekä ottaa laajennusvarat huomioon. Useimmiten hyllyjen lisääminen jälkikäteen on hankalaa tai mahdotonta. Siirryttäessä sähkötilasta prosessialueelle tulee huomioida, että läpivienneissä on myös tarpeeksi tilaa ja laajennusvaraa. Paloseinien kohdalla hyllyt täytyy aina katkaista ja läpiviennit sulkea. Suunnittelussa tulee pyrkiä siihen, että instrumentti-ohjaus ja voimakaapelit ovat omilla hyllyillään, ja voimakaapeleita on vain yhdessä tassa. [3.]

Maadoituskaaviossa määritetään maadoitettavien laitteiden liittyminen maadoituselektrodiin. Maadoituskaavioon merkitään joko maadoituselektrodi tai piste, jonka kautta liitetään jo olemassa olevaan maadoitusverkkoon. [3.]

#### 4.2.6 Pienjännitehankinnat

Perussuunnittelussa luodaan tarvittavat dokumentit pienjännitehankintoja varten sekä yhdistetään hankinnat projektin aikatauluun. Kuten muissakin sähköhankinnoissa, toimitusajat ovat pitkiä, joten aikataulussa on pyrittävä pitäytymään. [3.]

Moottorien toimitusluettelo on yksi laadittavista dokumenteista. Toimitusluettelosta selviää moottorin toimitusnumero, toimittaja, toimitusaika ja toimitusosoite. Listasta löytyvät myös tiedot siitä, kenen vastuulla moottorin hankkiminen on sekä moottorin tekniset tiedot. Moottorien toimitusluettelosta hallitaan moottorien toimituksien aikataulutusta. [3.]

Myös säätökäytöistä laaditaan oma tekninen erittelynsä, jossa on listattu kaikki taajuusmuuttajat ja pehmokäynnistimet ja jossa määritetään laitteiden tekniset ominaisuudet hankintaa varten. Lisäksi laitteiden toimittajia varten luodaan tekninen erittely, jossa on listattu hankinnan kohde ja laajuus, määräyksen, käyttökohde, verkkotiedot, ympäristöolosuhteet, rakenne- ja toiminnalliset vaatimukset sekä kunnossapitoon vaikuttavat tarpeet ja toiveet. [3.]

### 4.3 Toteutussuunnittelu

Toteutussuunnitteluvaiheessa suunnittelu viedään kaikilla osa-alueilla sellaiselle tarkkuudelle, jolla toteutetaan kohteen rakentaminen. Toteutussuunnittelussa tehdään yksityiskohtaiset piirustukset jakokeskuksista valmistusta, asennusta ja kaapelointia varten. [3.]

#### 4.3.1 Pienjännitejakelun yleiskaavio

Pienjännitteen yleiskaavio tehdään, jos projekti ei sijoitu muualle kuin muuntajan alajännitepuolelle. Tällöin tehdään pienjännitejakelun yleiskaavio keskuksista ja kojeista. Pienjännitejakelun kaavio liitetään tehtaan yleiskaavioon viittaamalla siihen piirustukseen, jossa on pääkeskusta syöttävä muuntaja. Kyseinen piirustus voi olla koko tehtaan yleiskaavio, keskijännitejakelun yleiskaavio tai muuntajaa syöttävän keskijännitekojeiston yleiskaavio. Tapauksessa, jossa projektiin kuuluu myös sähkönjakelua, ei yleensä ole tarvetta tehdä pelkkää pienjännitejakelun yleiskaaviota. [3.]

#### 4.3.2 Sähkölaitteiden sijoituspiirustukset

Sähkölaitteiden sijoituspiirustuksessa sähkölaitteet sijoitetaan tehtaan layout-piirustukseen. Piirustuksessa esitetään kaikkien asennettavien sähkölaitteiden fyysinen sijainti oikeassa mittakaavassaan. Joissain tapauksissa saatetaan käyttää hyvin samantapaista sijoituspiirustusta, jota kutsutaan moottorikartaksi. Siinä esitetään moottorien fyysiset sijainnit ilman turvakytкимиä, paikallisohjauskotelot, kentälle asennettavat säätökäytöt, lämmittimet sekä sähköurakkaan sisältyvät ohjauslaitteet. [3.]

#### 4.3.3 Lopulliset kaapelireitit

Sähkölaitteiden sijoituspiirustuksesta tarkistetaan, että kaikille laitteille löytyy kaapelihyllyreitti tai jokin muu reitti. Instrumenttisuunnittelun kanssa tarkistetaan suunnitelmien oikeellisuus, ja putkisuunnittelun kanssa suoritetaan törmäyskatselmus. Kaapelihyllyreitien riittävä kapasiteetti tulee tarkistaa lopullisiin suunnitelmiin. 3D-malleihin tehdään lisämitoitus, jotta asentajat voivat asentaa hyllyt oikein. [3.]

#### 4.3.4 Sähkötilojen kaapelihyllyt

Keskuksiin menevät ja lähtevät kaapelit tuodaan keskuksille joko niiden ylä- tai alapuolelta. Keskijännitekojeistoihin liitytään aina alaspäin. Alakautta liityttäviä keskuksia varten rakennetaan ylös nostettu lattia, jonka alle sijoitetaan kaapelikellari tai lattiakanaalit. Lattiakanaaleita käytetään yleensä pienissä kohteissa tai kohteissa, joissa on kaapelimäärät ovat vähäisiä. Kaapelikellari suunnitellaan yleensä niin korkeaksi, että sinne mahtuu useita kaapelihyllyjä päällekkäin ja että myös asennus mahdutaan siellä suorittamaan. [3.]

## 5 Tietokantapohjaiset sähkösuunnitteluohjelmat

Teollisuuden sähkösuunnittelussa eniten työtunteja kuluu piirikaavioiden tekemiseen, joten suunnitteluohjelmilta tämän tulisi onnistua varsin nopeasti. Tästä syystä sähkösuunnittelussa käytetään usein tietokantapohjaisia suunnitteluohjelmia, joiden avulla luodaan piirikaaviot sekä massaluettelot kaapeleista ja muista tarvittavista asioista. Tietokantapohjaiseen suunnitteluohjelmaan syötetään yleensä piirien data taulukkomuodossa, jonka perusteella ohjelma tekee piirikaaviot.

### 5.1 Vertex ED

Vertex ED on suomalainen sähkö- ja automaatio-suunnitteluohjelma, jonka on kehittänyt suomalainen Vertex Systems Oy. Vertex Systems Oy on keskittynyt erityisesti teollisuuden suunnitteluohjelmiin. Heillä on useita eri ohjelmia teollisuuden suunnitteluun. Näitä ovat esimerkiksi laitokseen ja sen prosesseihin, koneisiin ja laitevalmistukseen sekä sähköön ja automaatioon keskittyvät ohjelmistot. [8.]

Vertex ED on tietokantapohjainen suunnitteluohjelma, jolla pystytään hallitsemaan isojakin projekteja. Ohjelmalla pystytään tuottamaan monipuolisesti sähkösuunnittelun dokumentteja ja massalistoja. Tietokantaan syötettävien tietojen avulla Vertex ED tekee automaattisesti sähköpiirustuksia, jolloin inhimillisten virheiden määrä putoaa piirustusten luonnissa. Ohjelman avulla säästytään rutiininomaisilta töiltä, jolloin suunnittelijalle jää tehtäväksi tarkistaa ohjelman ilmoittamat virheet, jotka näkyvät virheraportissa. Ohjelmassa on myös työkalu, jolla luodaan dwg-pohjaisia piirustuksia. Verrattuna joihinkin ”in house” -ohjelmistoihin Vertex ED ei ole kovinkaan muokattavissa kulloisenkin projektin tarpeisiin sopivaksi. [8.]



## 5.2 EPLAN Electric P8

EPLAN Electric P8 on saksalaisen EPLAN software & Service AB:n kehittämä tietokantapohjainen sähkösuunnitteluohjelma. Yhtiö on aloittanut toimintansa vuonna 1984, joten sillä on jo useamman vuosikymmenen kokemus ohjelmistosuunnittelusta. [10.]

EPLAN-ohjelmassa on varsin hyvät piirikaavion suunnitteluominaisuudet. Siinä on esimerkiksi automaattinen viivanpiirto eri komponenttien välille, jolloin piirtoalueelle vedettäessä komponentteja ohjelma osaa automaattisesti piirtää viivat niiden välille. Automaattinen viivanpiirto vähentää virheiden mahdollisuuksia, jolloin piirikaavioiden tarkastamiseen ja korjaamiseen ei tarvitse käyttää paljoa aikaa. Ohjelmasta saadaan tulostettua älykkäitä piirikaavioita, joihin voidaan piirtää merkintöjä, minkä jälkeen ne voidaan kääntää takaisin piirtotilaan. Käänteinen suunnittelu on ominaisuutena varsin kätevä esimerkiksi silloin, kun kuvia saadaan takaisin kommentoinnista. [10.]

Piirikaavioita voidaan myös muokata ulkoisesti viemällä tiedostot Excelliin, jolloin valitaan halutut tiedot, ja ohjelma tulostaa listan piirikaaviolla olevista tiedoista. Listalla saadaan nopeasti tehtyä muutoksia moniin piirikaavioihin. Muokkauksen jälkeen Excel suljetaan, ja ohjelma tekee muokkaukset piirikaavioihin ilman erillistä vientitoimintoa. [10.]

EPLAN-ohjelmistossa on sisäinen komponenttikirjasto, josta löytyy 60 eri valmistajan komponentit. Valmistajat ylläpitävät tätä kirjastoa, jolloin sieltä saadaan uusimpienkin komponenttien tiedot (esimerkiksi kytkentäpisteet, piirikaaviokuva, fyysiset mitat sekä hinta). Komponenttikirjastossa on suorat hyperlinkit komponenttien datalehdille, joista nähdään komponenttien tarkemmat tiedot. Ohjelmistossa voidaan käyttää joko valmistajien määrittämiä komponenttien piirrosmerkkejä tai ohjelmasta löytyviä IEC-standardin mukaisia piirrosmerkkejä. Piirrosmerkkejä voidaan myös muokata piirtoalueella, ja sen jälkeen tallentaa tehdyt muokkaukset tietokantaan erillisinä komponentteina. [10.]

Piirikaaviot generoidaan taulukkoon syötetyn tiedon perusteella kuten monessa muusakin suunnitteluohjelmassa. Excel-pohjaiseen taulukkoon kerrotaan piirin tiedot, joita ovat esimerkiksi taajuusmuuttajalähtö ja sen sijaintitiedot sekä lisävarustelut kuten tasavirtajarru. Näiden tietojen perusteella ohjelma generoi taulukon perusteella luodut piirikaaviot. [10.]

### 5.3 PISA

PISA on Sweco Industryn sähkö- ja automaatio suunnittelun ohjelmisto, joka on kehitetty yrityksen sisällä. Ohjelmaa on kehitetty jo yli 20 vuoden ajan, eikä se ole kaupallisesti saatavilla. PISA on kehitetty Microsoft Access -tietokannan ja AutoCAD-ohjelman perustalle. PISA on käytössä lähes kaikissa Sweco Industryn projekteissa. Ohjelma on lähes täysin muokattavissa, ja muokkaus projektin tarpeiden mukaiseksi voidaan suorittaa hyvinkin nopeassa ajassa. Ohjelman muokattavuus on suuri etu verrattuna kaupallisiin ohjelmiin, joissa koodi ei voida muokata. Kaupallisia ohjelmia ei välttämättä saada vastamaan projektin tarpeita. Ohjelma on Swecon itse kehittämä, jolloin on myös välttytty kalliilta ohjelmistolisenssimaksuilta. Toki ohjelmiston kehittämisestä on aiheutunut kuluja.

Jokaisessa projektissa on projektille räätälöity PISA-versio, joka on muokattu vastamaan projektin tarpeita. Kesken projektin tapahtuvia muutoksia päästään työstämään hyvin nopeasti muokkaamalla ohjelman projektikohtaista käyttöliittymää. Kun jokin muutos todetaan hyväksi jossakin projektissa, se lisätään seuraaviin PISA-versioihin. Täten ohjelma on jatkuvassa kehityksessä, ja se hioutuu käytön myötä paremmaksi.

PISAssa tehdään projektityötä Access-tietokannassa, joka sijaitsee Swecon omalla palvelimella. Projektikohtaiset PISA-käyttöliittymät ovat yhteydessä projektikohtaiseen projektidataan, jolloin kaikilla projektin jäsenillä on uusimmat tiedot saatavilla toimistolla ja työmaalla. PISAA voidaan käyttää myös kopioimalla projektidata omalle tietokoneelle, jolloin ohjelmaa pystytään käyttämään ilman internetyhteyttä.

PISA on suunniteltu teollisuuden sähkö- ja automaatio suunnitteluun. Ohjelmalla generoidaan piirikaaviot tietokantaan syötettyjen tietojen perusteella. Tietokannasta saadaan tulostettua erilaisia projekteissa tarvittavia luetteloita, joita ovat esimerkiksi kaapelimoottori- ja massaluettelot. Nämä kaikki listat ovat täysin muokattavissa, jolloin niistä saadaan juuri kulloisellekin projektille sopivia. Tietokannasta on helppo etsiä tarvittavia tietoja tekemällä erilaisia suodatuksia tietokantaan, mikä helpottaa asioiden selvittämistä.

## 6 Yhteenveto

Insinööriyössä tutkittiin sähkösuunnittelua osana suunnitteluprojektia. Työssä saatiin hyvä käsitys siitä, kuinka projektisuunnittelun yleensä tulisi edetä. Tämän insinööriyön avulla saadaan nopeasti käsitys siitä, kuinka sähkösuunnittelu liittyy muihin suunnittelu-aloihin. Projektien onnistumisen kannalta tiivis tiedonvaihto eri alojen välillä on ensiarvoisen tärkeää. Tästä syystä on hyvin tärkeää ymmärtää, miten suunnittelualat liittyvät toisiinsa.

Työssä vertailtiin myös tietokantapohjaisia sähkösuunnitteluohjelmia, joilla pystytään hallitsemana hyvinkin suuria projekteja. Nykypäivänä projektit ovat niin suuria, että ilman tietokantaisia suunnitteluohjelmia dokumentoinnin hallinnasta tulisi erittäin haastavaa. Tietokantapohjaiset ohjelmat on tarkoitettu tehostamaan suunnittelun tehokkuutta, sekä minimoimaan virheitä.

## Lähteet

- 1 Teollisuus. Swecon kotisivut. <<http://www.sweco.fi/fi/Finland/Palvelut/Teollisuus/>>. Luettu 1.11.2015.
- 2 Projektit. VirtuaaliAMK. <<http://www2.amk.fi/digma.fi/www.amk.fi/opintojak-sot/0407015/1109830128539/1139490687656/1155743675713/1160017661801.html>>. Luettu 1.11.2015.
- 3 Sweco@Work. Toiminnanohjausjärjestelmä. Swecon Intranet.
- 4 Järvensivu Sanna-Maria. Projektipäällikkö. Sweco Industry Oy. Haastattelu 12.1.2016.
- 5 Hannonen Leena. Osastopäällikkö. Sweco Industry Oy. Haastattelu 14.1.2016.
- 6 Salminen Tuomas ja Makkonen Mika. Osastopäälliköt. Sweco Industry Oy. Haastattelu 14.1.2016.
- 7 Tomma Markku. Projektipäällikkö. Sweco Industry Oy. Haastattelu 6.1.2016.
- 8 Kahila Jukka. Projektipäällikkö. Sweco Industry Oy. Haastattelu 29.1.2016.
- 9 Tuottavuus syntyy tiedonhallinasta. <<http://www.vertex.fi/documents/99885/136015/VRTX+ED+esite+taitto.pdf/66cb3753-ce0b-4759-86af-dfb548ff33b7>>. Luettu 29.1.2016.
- 10 Jaakkola Anssi, 2015 Sähkösuunnitteluohjelmiston valinta suunnittelutoimiston käyttöön, opinnäytetyö.