

## **Liiketoiminnan laajentaminen sähkösuunnitteluun**

Niina Kemppainen

Opinnäytetyö  
Huhtikuu 2019  
Tekniikan ja liikenteen ala  
Insinööri (AMK), sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma  
Sähkövoimatekniikka

Tekijä(t) Kempainen, Niina	Julkaisun laji Opinnäytetyö, AMK	Päivämäärä Huhtikuu 2019
	Sivumäärä 50	Julkaisun kieli Suomi
		Verkkojulkaisulupa myönnetty: x
Työn nimi <b>Liiketoiminnan laajentaminen sähkösuunnitteluun</b>		
Tutkinto-ohjelma Insinööri, sähkö- ja automaatiotekniikan koulutusohjelma		
Työn ohjaaja(t) Korpivaara Päivi, Hytönen Vesa		
Toimeksiantaja(t) WSP Finland Oy		
Tiivistelmä <p>WSP Finland Oy on monialainen yhdyskuntarakentamisen asiantuntijayritys, joka tarjoaa suunnittelu- ja asiantuntijapalveluita esimerkiksi ympäristön, infran ja talonrakentamisen aloilla. Yrityksessä on tällä hetkellä muut infran ja talonrakentamisen suunnittelualat lukuun ottamatta talotekniikkasuunnittelua (sähkö-, lvi- ja automaatio-suunnittelu). Lähitulevaisuudessa WSP Finland Oy:n on tarkoitus laajentaa liiketoimintaa myös sähkösuunnitteluun.</p> <p>Tavoitteena opinnäytetyössä oli selvittää tarvittavat hankinnat ja toimenpiteet helpottamaan uuden sähkösuunnitteluliiketoiminnan aloittamista. Selvitykset kohdistuivat sähkösuunnittelijoilta vaadittaviin teknisiin ja ammatilliseen vaatimukseen, suunnittelussa tarvittaviin materiaaleihin, sähkösuunnitteluohjelmistoihin sekä suunnitteluympäristöön.</p> <p>Työ toteutettiin kehittämistyönä, jossa käytettiin kvalitatiivisia eli laadullisia tutkimusmenetelmiä. Aineistona työssä käytettiin haastatteluja, kirjallisuutta ja verkkosivustoja.</p> <p>Tuloksena saatiin selvitettyä mitä lakeja ja ohjeistuksia sähkösuunnittelijalla tulee olla käytävissä ja mistä ne hankitaan sekä minkälainen koulutus ja suunnittelukokemus tulisi rekrytoitavilla sähkösuunnittelijoilla olla. Lisäksi selvityksissä kävi ilmi, että tulevaisuudessa sähkösuunnitteluun käytettävää suunnitteluohjelmaa kannattaa vielä harkita. Suunnitteluympäristön osalta tuloksena voidaan pitää selvitystä ja alustavia toimenpiteitä muiden suunnittelualojen kansiorakenteiden, piirustusraamien ja nimiöiden hyödyntämisestä sähkösuunnittelussa.</p>		
Avainsanat (asiasanat) Sähkösuunnittelu, rakennussuunnittelu, sähkösuunnittelijat, pätevyys		
Muut tiedot (Salassa pidettävät liitteet)		

Author(s) Kempainen, Niina	Type of publication Bachelor's thesis	Date April 2019 Language of publication: Finnish
	Number of pages 50	Permission for web publication: x
Title of publication <b>Expanding Business to Electrical Design</b>		
Degree programme Electrical and Automation Engineering		
Supervisor(s) Korpivaara Päivi, Hytönen Vesa		
Assigned by WSP Finland Oy		
Abstract  <p>WSP Finland Ltd. is a multidisciplinary urban construction specialist company that offers engineering and specialist services for e.g. environment, infra and house building industries. At the moment the company covers all other infra and house building engineering industries, except building services engineering (electrical, HVAC and automation design). In the near future WSP Finland Ltd. is set to expand their business also to cover electrical design.</p> <p>The goal of the thesis was to investigate the needed purchases and operations to ease initiating the new electrical design business. The investigation focused on the technical and professional requirements of electricity engineers, materials needed for the engineering work, and the softwares and engineering environment for electrical design.</p> <p>The thesis was carried out as development work, where qualitative research methods were used. Materials of the thesis include interviews, literature and online reference material.</p> <p>As an outcome of the thesis, clarification of the acts and instructions electrical engineers must have at hand and their location to find them were defined. Another outcome was the definition for what kind of education and designing experience a person recruiting electrical engineers should have. In addition, the research revealed that in the future software used for electrical design should be further considered. Utilizing the research and initial operations done for the folder hierarchies, blueprint frames and labels of other designing industries can be considered as an outcome for the engineering environment in electrical design.</p>		
Keywords/tags (subjects) Electrical design, civil engineering, electrical engineers, competence		
Miscellaneous (Confidential information)		

## Sisältö

<b>Käsiteluettelo .....</b>	<b>3</b>
<b>1 Johdanto.....</b>	<b>5</b>
1.1 Tutkimusmenetelmät.....	5
<b>2 WSP Finland Oy.....</b>	<b>7</b>
<b>3 Markkinakatsaus .....</b>	<b>9</b>
<b>4 Sähkösuunnittelu.....</b>	<b>11</b>
4.1 Suunnittelijan tehtävät .....	12
4.2 Sähkösuunnitteluprosessi rakennushankkeessa .....	13
4.2.1 Sähkösuunnitteluun käytettyjen työtuntien jakautuminen .....	16
4.3 Sähkösuunnittelijan pätevyudet.....	18
4.4 Lait ja määräykset .....	19
4.5 Sähkösuunnittelun vaatimukset.....	23
<b>5 Tietomallinnus .....</b>	<b>25</b>
<b>6 Sähkösuunnitteluohjelmistot ja suunnitteluympäristö .....</b>	<b>28</b>
6.1 Sähkösuunnitteluohjelmistot .....	29
6.2 Tietomallien analysointiohjelmistot .....	32
6.3 Sähkösuunnittelu- ja tietomallianalysointiohjelmistojen valinta WSP:lle	34
<b>7 Tarvittavat määräykset ja ohjeet.....</b>	<b>35</b>
<b>8 Suunnitteluympäristö .....</b>	<b>37</b>
<b>9 Pohdinta .....</b>	<b>41</b>
<b>Lähteet .....</b>	<b>45</b>
<b>Liitteet .....</b>	<b>49</b>
Liite 1. Sähkösuunnittelijan kelpoisuusvaatimukset.....	49
Liite 2. Sähköjärjestelmien suunnittelutehtävän vaativuus .....	50

## Kuviot

Kuvio 1. WSP Finland Oy:n liikevaihto ja liikevoitto vuosina 2013–2018 .....	8
Kuvio 2. WSP Finland Oy:n henkilömäärät vuosina 2013–2018.....	8
Kuvio 3. Sähkösuunnittelun toimialaluokituksen muodostuminen .....	9
Kuvio 4. Rakennushankkeen ja suunnitteluprosessin vaiheet .....	14
Kuvio 5. Yleissuunnittelun dokumentit sähkösuunnittelun osalta .....	15
Kuvio 6. Sähkösuunnitteluun käytetyt työtunnit eri suunnitteluvaiheissa.....	17
Kuvio 7. Keskeisimmät sähköturvallisuuteen liittyvät säädökset Suomessa .....	23
Kuvio 8. Haastatteluissa esiin tulleet vaatimukset sähkösuunnittelijalle .....	25
Kuvio 9. 3D-tietomallinnuskuva, johon on yhdistetty eri talotekniikkajärjestelmät ..	26
Kuvio 10. Tietomallipohjaisen suunnittelun rakenne .....	26
Kuvio 11. Talotekniikkasuunnittelun tehtävät tietomallinnuksessa.....	28
Kuvio 12. CADS Electric:ssä käytössä olevaa tuotemallitekniologiaa .....	30
Kuvio 13. MagiCAD:llä toteutettua sähkösuunnittelua 2D- ja 3D-näkymässä.....	31
Kuvio 14. E <sup>3</sup> .series-järjestelmän CAE-ohjelmistokonsepti .....	32
Kuvio 15. Tietomallin laadunvarmistus- ja tarkastusprosessi .....	33
Kuvio 16. Tekla BIMsight:lla toteutettu tietomallien yhdistäminen.....	34
Kuvio 17. WSP:n käytössä olevia mallikansiorakenteita .....	38
Kuvio 18. Alustavaa kansiorakennetta sähkösuunnitteluun .....	39
Kuvio 19. A3-kokoinen raami WSP:n nimiöllä .....	40
Kuvio 20. Päivitetty nimiöruutu .....	40

## Taulukot

Taulukko 1. Sähkösuunnittelualan yritykset ja liikevaihdot vuosina 2013 - 2017.....	10
Taulukko 2. Toimipaikat toimialoittain ja maakunnittain vuonna 2017.....	10
Taulukko 3. Sähkösuunnitteluohjelmistojen vahvuudet ja heikkoudet .....	35

## Käsiteluettelo

2D	Kaksiulotteisuus (2-dimensional)
3D	Kolmiulotteisuus (3-dimensional)
API	Ohjelmointirajapinta (Application Programming Interface)
BIM	Rakennuksen tietomalli (Building Information Modeling)
CAD	Tietokoneavusteinen suunnittelu (Computer Aided Design)
CAE	Tietokoneavusteinen suunnittelu, joka mahdollistaa myös tuotteen simuloinnin ja analysoinnin (Computer Aided Engineering)
CENELEC	Eurooppalainen sähköalan standardointijärjestö (European Committee for Electrotechnical Standardization)
DWG, DXF	Autodeskin kehittämiä CAD-tiedostomuotoja
EMC-direktiivi	Direktiivi, joka säännöstelee jäsenvaltioiden sähkölaitteiden sähkömagneettista yhteensopivuutta (EMC, electromagnetic compatibility)
HILMA	Työ- ja elinkeinoministeriön ylläpitämä julkisten hankintojen sähköinen ilmoituskanava
IEC	Maaialmanlaajuinen sähköalan standardointijärjestö (International Electrotechnical Commission)
IFC-malli	Talonrakennussuunnittelussa käytettävä yhteinen tiedonsiirtomuoto (Industry Foundation Classes)

PLC	Ohjelmoitava logiikka (Programmable Logic Controller)
SESKO ry	Sähköteknisen alan kansallinen standardointijärjestö
SFS	Suomen Standardisoimisliitto SFS ry
SKOL ry	Suunnittelu- ja konsultointialan yritysten toimialajärjestö
Tukes	Turvallisuus- ja kemikaalivirasto

# 1 Johdanto

Opinnäytetyön toimeksiantaja on WSP Finland Oy. WSP Finland Oy on monialainen yhdyskuntarakentamisen asiantuntijayritys, jonka tavoite on olla tulevaisuudessa entistä kokonaisvaltaisempi rakennusalan palveluntarjoaja. Talotekniikkasuunnittelun aloittaminen (lvi-, sähkö- ja automaatio-suunnittelu) on yksi lähivuosien suunnitelluista uusista liiketoiminnan osaamisalueista. Koska yrityksessä ei ole aiemmin ollut talotekniikkasuunnittelua, yrityksen sisällä ei ole vielä selkeää näkemystä uuden liiketoiminta-alueen aloittamiseen liittyvistä toimenpiteistä ja hankinnoista. Tavoitteena kehittämistyönä toteutetussa opinnäytetyössä oli selvittää, mitä kaikkea yrityksen liiketoiminnan laajentaminen rakennussähkösuunnitteluun vaatii. Opinnäytetyössä laadittiin selvitys tarvittavista toimenpiteistä helpottamaan uuden suunnitteluyksikön perustamista. Aihetta tarkasteltiin henkilöstön taitojen ja pätevyyksien, tarvittavien ohjelmistojen sekä noudatettavien lakien ja säädösten kautta.

Opinnäytetyössä käydään yleisesti läpi sähkösuunnittelua, siihen liittyviä pätevyksiä, huomioitavia lakeja ja määräyksiä sekä käytetyimpiä sähkösuunnitteluohjelmistoja. Lisäksi on tehty pienimuotoinen katsaus sähkösuunnittelun markkinatilanteeseen. Opinnäytetyön selvitykset ja tulokset käsitellään kunkin aiheen teoriaosuuden yhteydessä. Lopuksi pohditaan opinnäytetyön hyödyllisyys ja onnistuneisuus.

## 1.1 Tutkimusmenetelmät

Opinnäytetyössä selvitetään sähkösuunnittelupalvelun aloittamisessa huomioitavat asiat seuraavien tutkimuskysymysten avulla:

- Mitä sähkösuunnittelua tekevältä henkilöstöltä vaaditaan?
- Mitä materiaaleja, esimerkiksi lakeja ja asetuksia, tulee sähkösuunnittelijalla olla käytettävissä ja kuinka ne hankitaan?
- Mitä sähkösuunnittelu- ja tietomallinnusohjelmistoja tarvitaan?



Tutkimuskysymyksiä lähdettiin ratkaisemaan kehittämistutkimuksella. Kehittämistutkimus on yhdistelmä kvalitatiivista eli laadullista ja kvantitatiivista eli määrällistä tutkimusta ja sillä tähdätään muutokseen. Kehittämistutkimus voi olla myös ainoastaan laadullinen tutkimus, jonka tavoite on muutoksen aikaansaaminen kehittämällä esimerkiksi menetelmää tai organisaatiota. (Kananen 2015, 76.) Opinnäytetyö toteutettiin tutkimuksellisenä kehittämistyönä, koska työn tavoitteena on muutos eli sähkösuunnitteluliiketoiminnan aloittaminen. Selvitystyön ohella on mahdollisuuksien mukaan tarkoitus olla myös itse mukana tarvittavissa toimenpiteissä.

Aineistonkeruumenetelminä käytettiin asiakirjoja ja haastatteluja. Haastattelu on sopeva aineistonkeruumenetelmä esimerkiksi silloin, kun tutkitaan mielipiteitä tai tutkimushetken ilmiöitä ja tilanteita. Käytetyt dokumentit olivat lähinnä kirjallisuutta ja verkkosivustoja. Haastattelumuodoista käytettiin strukturoitua haastattelua, joka toteutettiin osittain sähköpostitse ja osin kasvotusten haastattelemalla. (Kananen 2015, 143 - 145.) Haastateltaviksi valittiin yrityksen sisältä henkilöitä, joilla on aiheesta eniten kokemusta ja tietoa. Haastatteleman henkilöt ovat WSP Finland Oy:n nykyisiä sähköasiantuntijoita, joista osalla on vuosikymmenien kokemus sähköalasta sisältäen myös sähkösuunnittelua.

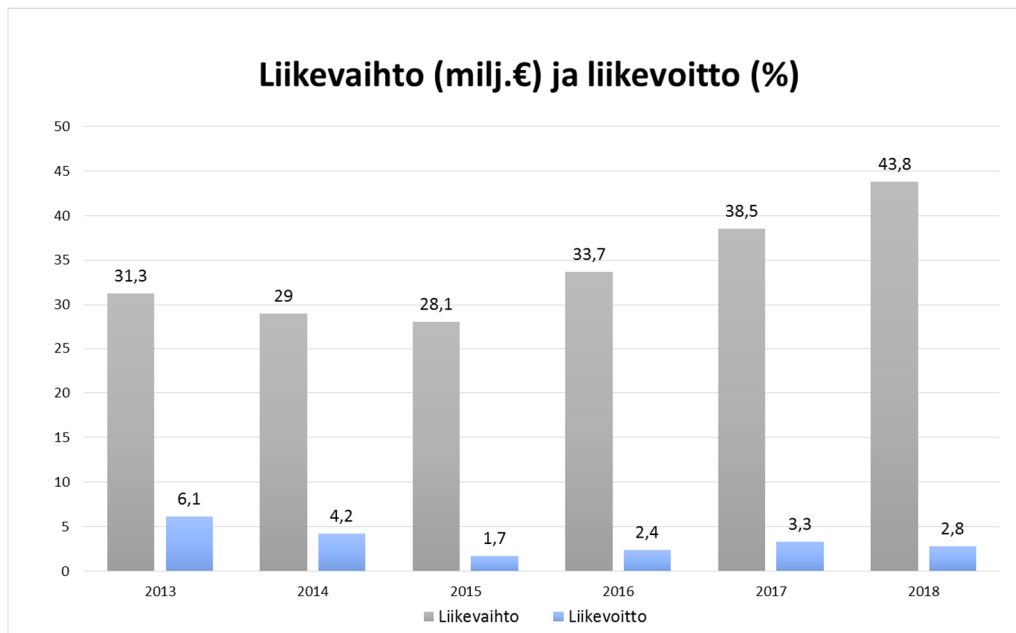
Kasvotusten tehdyt haastattelut tallennettiin muistiinpanojen avulla ja sähköpostihaastattelut olivat luonnollisesti heti kirjallisessa muodossa. Haastattelujen jälkeen yhdistin haastatteluaineistot samaan tiedostoon, jotta sitä oli helpompi lukea ja käsitellä. Aineistona käyttämiäni dokumentteja käsittelin lähinnä tallentamalla kaikki tarvitsemi verkkosivustot ja -julkaisut sekä lainaamalla aiheeseen liittyvää kirjallisuutta. Suppeiden aineistojen käsittely ei aina vaadi yhteismitallistamista, koska aineisto on hallittavissa lukemisella. (Kananen 2015, 161-163). Opinnäytetyön aineisto on kaiken kaikkiaan melko ytimekäs, joten en suorittanut aineistolle jatkojalostamista, vaan perehdyin aineistoihin lukemalla ne huolellisesti useaan kertaan.

## 2 WSP Finland Oy

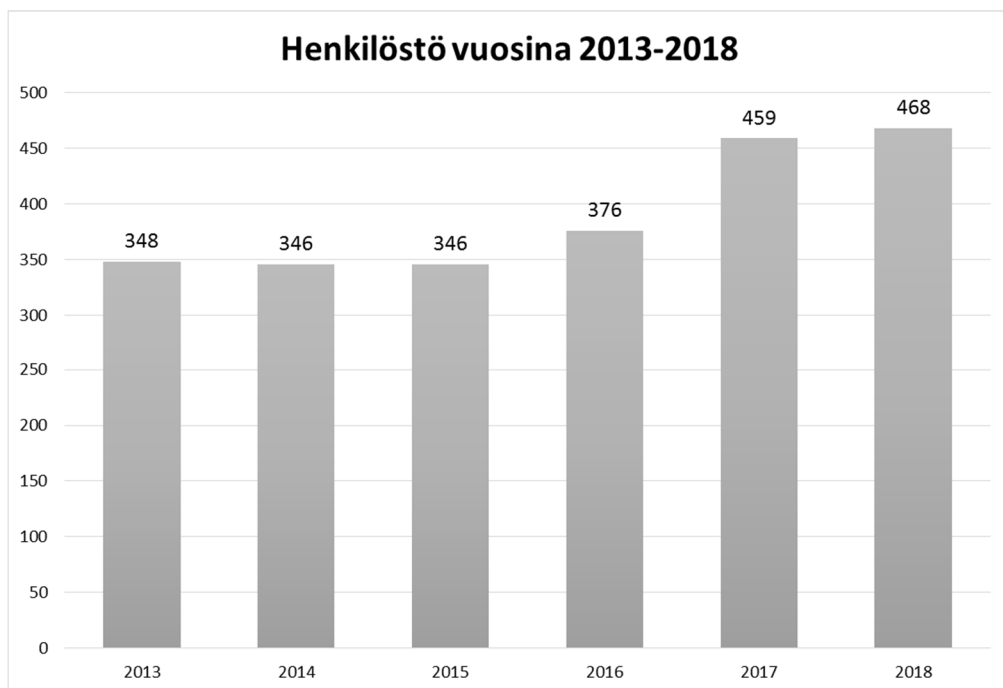
WSP-konserni on maailmanlaajuinen yhdyskuntarakentamisen asiantuntijayritys, joka työllistää yli 43 000 ihmistä 40 eri maassa. Kaiken kaikkiaan WSP-konsernin toimipisteitä on 550 ympäri maailmaa, joista 15 sijaitsee Suomessa. Globaaliin WSP-konserniin kuuluva WSP Finland Oy:n henkilöstömäärä on tällä hetkellä noin 650 ja liikevaihto vuonna 2018 oli 43,8 miljoonaa euroa (kuvio 1). WSP Finland Oy tarjoaa palveluita seuraavilla aloilla:

- ympäristö ja arkkitehtuuri (maisema- ja kaupunkiarkkitehtuuri, akustiikka ja ympäristömelu)
- liikkuminen ja liikenne (liikennesuunnittelu, telematiikka ja tekniikka)
- infra (katu ja alue, tie ja rata, kaivos- ja kalliosuunnittelu)
- sillat
- korjausrakentaminen (rakenne, laboratorio ja arkkitehtuuri)
- talonrakentaminen
- rakennetekniikka. (WSP Keitä olemme 2019.)

Kuvioissa 1 ja 2 on esitetty WSP Finland Oy:n liikevaihto, liikevoitto ja henkilöstömäärä vuosina 2013-2018.



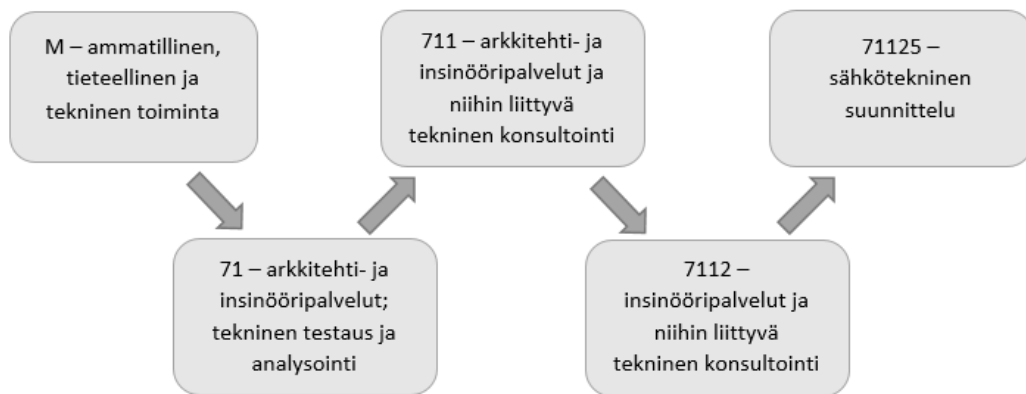
Kuvio 1. WSP Finland Oy:n liikevaihto ja liikevoitto vuosina 2013–2018 (Asiakastieto n.d; Hult 2019)



Kuvio 2. WSP Finland Oy:n henkilömäärät vuosina 2013–2018 (Asiakastieto n.d; Hult 2019)

### 3 Markkinakatsaus

Sähkösuunnitteluyritysten markkinatilannetta tarkasteltiin työssä pääosin Suomen valtion tietopalveluviraston eli Tilastokeskuksen sekä suunnittelu- ja konsultointialan yritysten toimialajärjestön SKOL ry:n tilastojen ja taulukoiden avulla. Tilastokeskuksen toimialaluokitus sähkösuunnittelun osalta muodostuu kuvion 3 mukaisesti.



Kuvio 3. Sähkösuunnittelun toimialaluokituksen muodostuminen (Tilastokeskus n.d.)

Toimialaluokituksen mukaan sähkötekninen suunnittelu sisältää seuraavat järjestelmäläat:

- sähkönjakelujärjestelmien sekä -verkkoon liittyvien laitteiden ja kojeiden suunnittelu
- sähkölämmityksen ja -valaistuksen suunnittelu
- teletekniikan suunnittelu (tiedonsiirto- ja viestiliikenne)
- valvonta- ja hälytysjärjestelmien suunnittelu.

Sähköteknistä suunnittelua tekeviä yrityksiä oli Suomessa vuonna 2017 kaiken kaikkiaan 733, joissa työskenteli yhteensä 2461 henkilöä. Taulukossa 1 näkyy sähkösuunnitteluyritysten määrä, henkilöstö ja liikevaihto vuosina 2013 - 2017.

Taulukko 1. Sähkösuunnittelualan yritykset ja liikevaihdot vuosina 2013 - 2017 (Tilastokeskus, n.d.)

<b>Sähkötekkinen suunnittelu</b>					
	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>
<b>Toimipaikkojen lukumäärä</b>	782	769	771	754	733
<b>Henkilöstön lukumäärä yhteensä</b>	2568	2273	2432	2410	2461
<b>Liikevaihto 1000€</b>	268 834	256 382	305 867	282 152	321 654
<b>Liikevaihto/hlö 1000€</b>	105	113	126	117	131

Tilastokeskuksen tietojen mukaan yritysten ja henkilöstön määrä on vähentynyt, mutta liikevaihto on kasvanut. (Tilastokeskus n.d.) Tämä kertoo todennäköisesti siitä, että suunnitteluohjelmistot ovat kehittyneet ja sitä kautta suunnittelutyö on tehostunut.

Tilastokeskuksen tilastot eivät anna Sähkötekkinen suunnittelu 71125-tasolla maakuntakohtaista tietoa toimipaikoista, henkilömääristä ja liikevaihdosta. Kyseiset tiedot on saatavilla vain valtakunnan ja pääluokan tasolla, eli tasolla 71 Arkkitehti- ja insinööripalvelut; tekninen testaus ja analysointi. Taulukkoon 2 on kerätty tiedot pääluokasta 71 Arkkitehti- ja insinööripalvelut, johon myös sähkötekkinen suunnittelu sisältyy, toimipaikoista maakunnittain. Taulukosta nähdään, että arkkitehti- ja insinööripalveluiden liikevaihto henkilöä kohden on keskimäärin hyvin lähellä samaa kuin koko Suomen sähkötekkinisessä suunnittelussa. Eniten toimipaikkoja ja suurin liikevaihto on odotetusti Uudellamaalla. Keski-Suomessa toimipaikkoja on vähiten, joka mahdollisesti viittaa siihen, että Keski-Suomen markkinoilla olisi tilaa ja tarvetta sähkösuunnittelulle.

Taulukko 2. Toimipaikat toimialoittain ja maakunnittain vuonna 2017 (Tilastokeskus, n.d.)

<b>Toimipaikat toimialoittain ja maakunnittain vuonna 2017.</b>				
<b>71 Arkkitehti- ja insinööripalvelut</b>				
	<b>Toimipaikkojen määrä</b>	<b>Henkilöstön lkm yhteensä</b>	<b>Liikevaihto 1000€</b>	<b>Liikevaihto/hlö 1000€</b>
<b>Uusimaa</b>	3090	17 177	2 468 615	144
<b>Pirkanmaa</b>	895	4 741	628 239	133
<b>Keski-Suomi</b>	421	1 865	245 563	132
<b>Pohjois-Pohjanmaa</b>	626	3 572	423 989	119

SKOL ry on suunnittelu- ja konsultointialan yritysten toimialajärjestö, jonka tavoite on edistää hyvää suomalaista suunnittelua ja konsultointia. SKOLiin kuuluu noin 160 yritystä, jotka työllistävät yli 17 000 henkilöä. (SKOL ry n.d.) SKOL ry:n mukaan suurimmat toimialat suunnittelu- ja konsultointialalla vuonna 2017 liikevaihdon perusteella ovat edellisten vuosien tapaan prosessisuunnittelu ja rakennetekniikka. Muut suuret toimialat ovat LVI-tekniikka, rakennuttaminen sekä sähkö- ja teletekniikka. Suurimmat toimeksiantajaryhmät olivat teollisuus (40 %), kuntasektori (20 %) ja valtio (10 %). (SKOL Tilastot n.d.) SKOL ry:n uusimman suhdannekatsauksen mukaan teollisuuden, yhteiskunnan ja rakentamisen asiantuntijapalveluyritysten liikevaihto kasvoi 5 % vuonna 2018 vuoden takaiseen verrattuna. Talonrakentamisen tilauskanta ja uudet tilaukset ovat molemmat kasvaneet vuoteen 2017 verrattuna. Talonrakentamisen tilauskanta kasvoi 16 % ja uudet tilaukset 24 %. (SKOL Suhdannekatsaus 2019.)

Sähkö- ja teletekniikkatoimialan osuus liikevaihdosta on viimeisen neljän vuoden aikana (2014 - 2017) pysynyt keskimäärin 5 %:ssa (SKOL Tilastot n.d.). SKOL-jäsenyritykset ovat arvioineet lähitulevaisuuden näkymät vakaiksi. (SKOL Suhdannekatsaus 2019.) Työ- ja elinkeinotoimistojen näkemyksen mukaan tehty ammattibarometriarvion mukaan isossa osassa Suomea on pula sähkö- ja automaatioinsinööreistä. Ammattibarometrin mukaan pulaa sähkö- ja automaatioinsinööreistä on muun muassa Oulun, Tampereen ja Jyväskylän seuduilla. Uudellamaalla työnhakijoiden ja vapaiden työpaikkojen määrät ovat tasapainossa. (Työllistymisen näkymät eri ammateissa 2019.) Edellä mainitut seikat viittaavat siihen suuntaan, että kysyntää sähkösuunnittelulle on ja tulee ainakin lähitulevaisuudessa olemaan.

## **4 Sähkösuunnittelu**

Sähkösuunnittelua tarvitaan aina jossain muodossa, kun laite, järjestelmä, kone tai kiinteistö vaatii sähköä toimiakseen. Nykyään laitteistoihin ja järjestelmiin kuuluu osana usein lisäksi tietotekniikkaa ja tiedonsiirtoa. Sähkösuunnittelun perustana on

kokonaisvaltainen sähkö- ja tietoteknisten järjestelmien ymmärtäminen ja niiden soveltaminen käytännössä. (Sähkösuunnittelijan käsikirja 2004, 9.)

#### 4.1 Suunnittelijan tehtävät

Sähkösuunnittelijan tehtävänä on toimia omalla osa-alueellaan asiantuntijana, joka etsii sekä esittää ratkaisuja, jotka täyttävät kohteelle asetetut vaatimukset. Tehtävänä on luoda suunnitelma hyväksytyjen ratkaisuvaihtoehtojen mukaisesti toimivasta kokonaisuudesta. Suunnitelman tulee olla sellainen, että kohde voidaan rakentaa ja käyttöönottaa sekä sitä voidaan käyttää vaatimusten mukaisesti. Sähkösuunnittelijan tulee seurata alan kehitystä ja tuoda mahdollisuuksien mukaan esille myös uusia innovatiivisia vaihtoehtoja. (Sähkösuunnittelun käsikirja 2004, 92.)

Varsinaiset suunnittelutehtävät liittyvät käyttäjätarpeiden ymmärtämiseen, tarvittavien selvitysten ja teknisten mitoitusten tekemiseen, laite- ja järjestelmävalintoihin, dokumenttien laatimiseen ja yhteydenpitoon hankkeen muihin osapuoliin. Suunnittelutyöhön saattaa kuulua myös muita tehtäviä, esimerkiksi tarkastus- tai hankinta-tehtäviä. (Sähkösuunnittelijan käsikirja 2004, 9.)

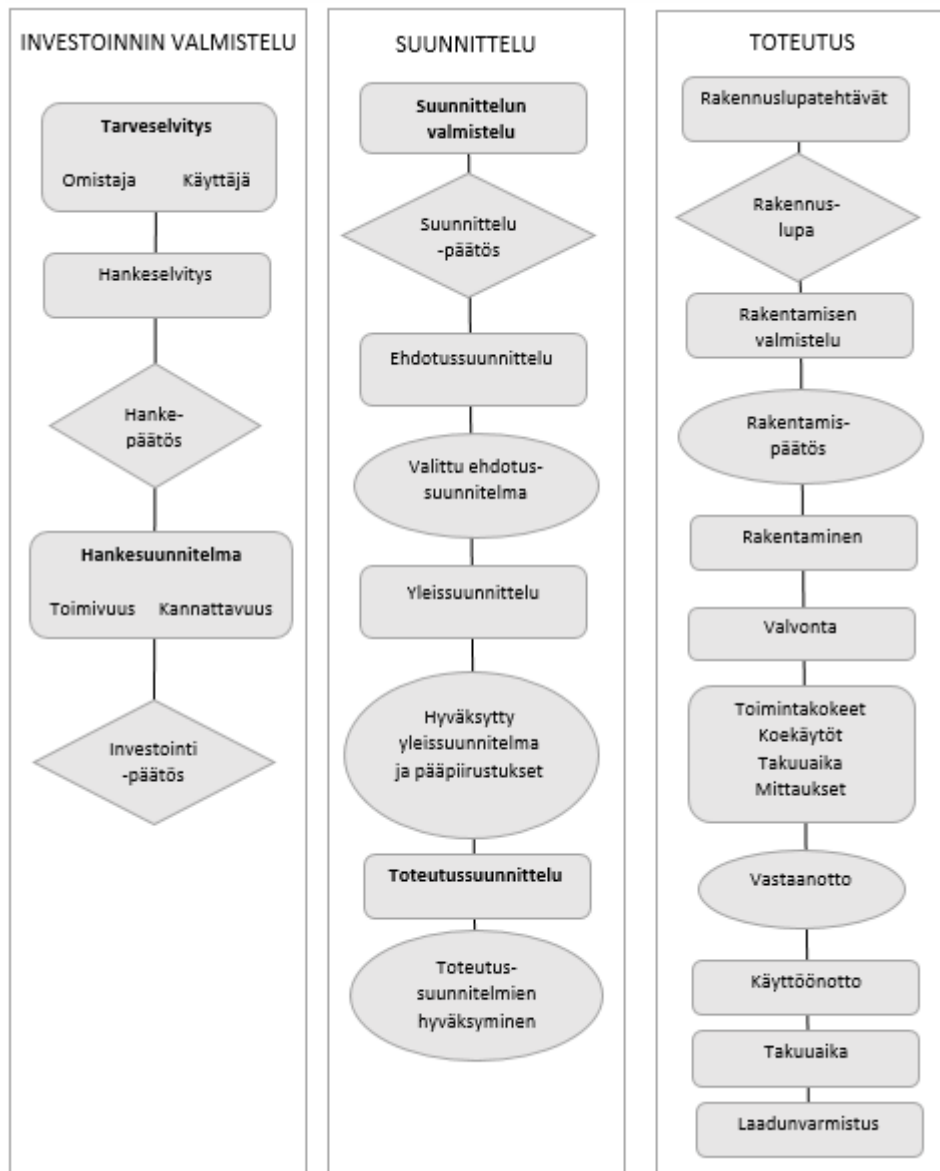
Sähkösuunnittelijan tehtäväalue voidaan jakaa konsultoivaan ja tekniseen suunnitteluun. Tekninen suunnittelija tutkii ja etsii teknisiä ratkaisuja, joilla voidaan toteuttaa asiakkaan toiveet ja tarpeet resurssien mukaisesti. Tekninen suunnittelija laatii dokumentteja ratkaisujen esittämiseen sekä kauppa- ja toteutusasiakirjoiksi. Konsultoiva suunnittelija etsii tapoja parantaa asiakkaan liiketoimintaa ja tarjoaa asiakkaan ongelmiin ja tarpeisiin oman alansa toteutusratkaisuja. (Sähkösuunnittelijan käsikirja 2004, 9.)

Rakennussähköistyksen suunnittelutehtävät ovat jakaantuneet moneen eri osa-alueeseen ja suunnittelijat ovat usein erikoistuneet suunnittelemaan tiettyjä teknisiä osa-alueita. Jaottelu tapahtuu yleensä järjestelmien pohjalta, kuten sähköverkko, tele- ja turvajärjestelmät ja rakennusautomaatio. (Sähkösuunnittelijan käsikirja 2004, 9.)

## 4.2 Sähkösuunnitteluprosessi rakennushankkeessa

Sähkösuunnittelun prosessi voidaan jakaa vastaaviin osiin kuin rakennushanke. Eri alojen suunnittelutyöt ajoittuvat keskenään limittäin, koska suunnittelijat tarvitsevat toisiltaan ja tilaajalta lähtötietoja ja määrittelyjä. Suunnittelun sisällä ovat eri vaiheet mahdollisesti käynnissä yhtä aikaa ja voidaan myös palata tarvittaessa suunnitteluprosessin aiempiin vaiheisiin. Jotta suunnittelutyö etenee hyvin, tulee tilaajan saada suunnittelun eri osien tuloksia sovitun aikataulun mukaisesti. Lisäksi tilaajan on tehtävä tarvittavia päätöksiä suunnittelun eri vaiheissa töiden etenemiseksi sujuvasti. Kuviossa 4 näkyy sekä rakennushankkeen että suunnitteluprosessin vaiheet. (Sähkösuunnittelijan käsikirja 2004, 54.) Seuraavaksi käsitellään lyhyesti sähkösuunnittelun kannalta tärkeimmät prosessin eri vaiheet.

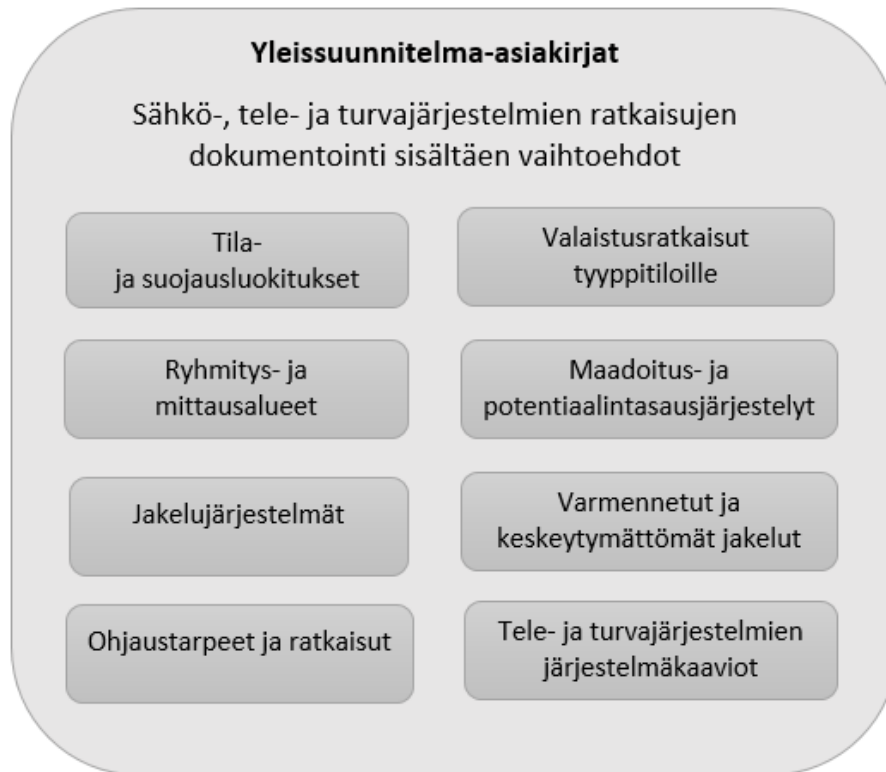




Kuvio 4. Rakennushankkeen ja suunnitteluprosessin vaiheet (Sähkösuunnittelijan käsikirja 2004, 54, muokattu; ST 41.10 2017)

### Yleissuunnittelu

Yleissuunnittelussa viedään mahdollisesti aiemmin tehtyä ehdotussuunnitelmaa eteenpäin ja tarkennetaan toteutuskelpoiseksi yleissuunnitelmaksi. Yleissuunnitteluvaiheessa talotekniikan suunnittelija esittää alustavat liittymäratkaisut rakennuksen ulkopuolisiin verkostoihin ja laatii reititystarpeet, tyyppitilojen ratkaisuvaihtoehdot sekä tekee taloteknisten järjestelmien yhteensovituksen. Lisäksi tehdään yleissuunnitteluasiakirjapaketti, joka sisältää sähkösuunnittelun osalta kuviossa 5 näkyvät dokumentit. Lopputuloksena on hyväksytty yleissuunnitelma. (ST 41.10 2017.)



Kuvio 5. Yleissuunnittelun dokumentit sähkösuunnittelun osalta (ST 41.10 2017, muokattu)

### **Toteutussuunnittelu**

Toteutussuunnittelussa kehitetään, tarkennetaan ja jaetaan yleissuunnitelmaa sillä tavoin, että se palvelee sekä hankintoja että toteutusta. Hankintaan liittyvästä suunnittelukokonaisuudesta tulee voida määrittää kohteen ja rakennusosien laajuus, määrät, työtavat ja laatu riittävällä tarkkuudella. Toteutusta palvelee järjestelmäosa-suunnittelu. Suunnittelijan tehtäviä toteutussuunnittelussa ovat esimerkiksi taloteknisten ratkaisujen yhteensovittaminen, erilaisten asiakirjojen täydentäminen sekä yleissuunnittelussa laadittujen piirrosten ja suunnitelmien läpikäynti käyttäjän, arkkitehdin ja muiden suunnittelijoiden kanssa. Toteutussuunnitteluvaiheen tuloksena saadaan hyväksytyt toteutussuunnitelmat. (ST 41.10 2017.)

### **Rakentamisen valmistelu ja rakentaminen**

Rakentamista valmistellaan organisoinnilla, kilpailuttamalla eri rakentamistehtävät, käymällä sopimusneuvottelut ja tekemällä hankinta- ja urakkasopimukset. Suunnitte-

lijän tehtävät valmisteluvaiheessa ovat suunnittelua täydentäviä tehtäviä, jotka liittyvät edellä mainittuihin toimenpiteisiin, eli kilpailutukseen, neuvotteluihin ja sopimusten tekoon. Valmistelun lopputuloksena on rakentamispäätös, jonka jälkeen siirrytään varsinaiseen rakentamiseen.

Rakentamisen aikana varmistetaan, että toteutus on sopimuksen mukainen, lopputulos täyttää tavoitteet ja tarvittavat käyttö- ja ylläpitovalmiudet löytyvät. Rakentamisen aikaiset sähkösuunnittelijan tehtävät ovat jälleen suunnittelua täydentäviä. Tehtävien yhteydessä varmistetaan suunnitelmien toteutuminen, esimerkiksi osallistamalla valvontakierroksiin ja työmaakokouksiin sekä tarkastamalla järjestelmä- ja tuotesatoimittajien suunnitelmat. Rakentamisvaihe päättyy urakan vastaanottoon. (ST 41.10 2017.)

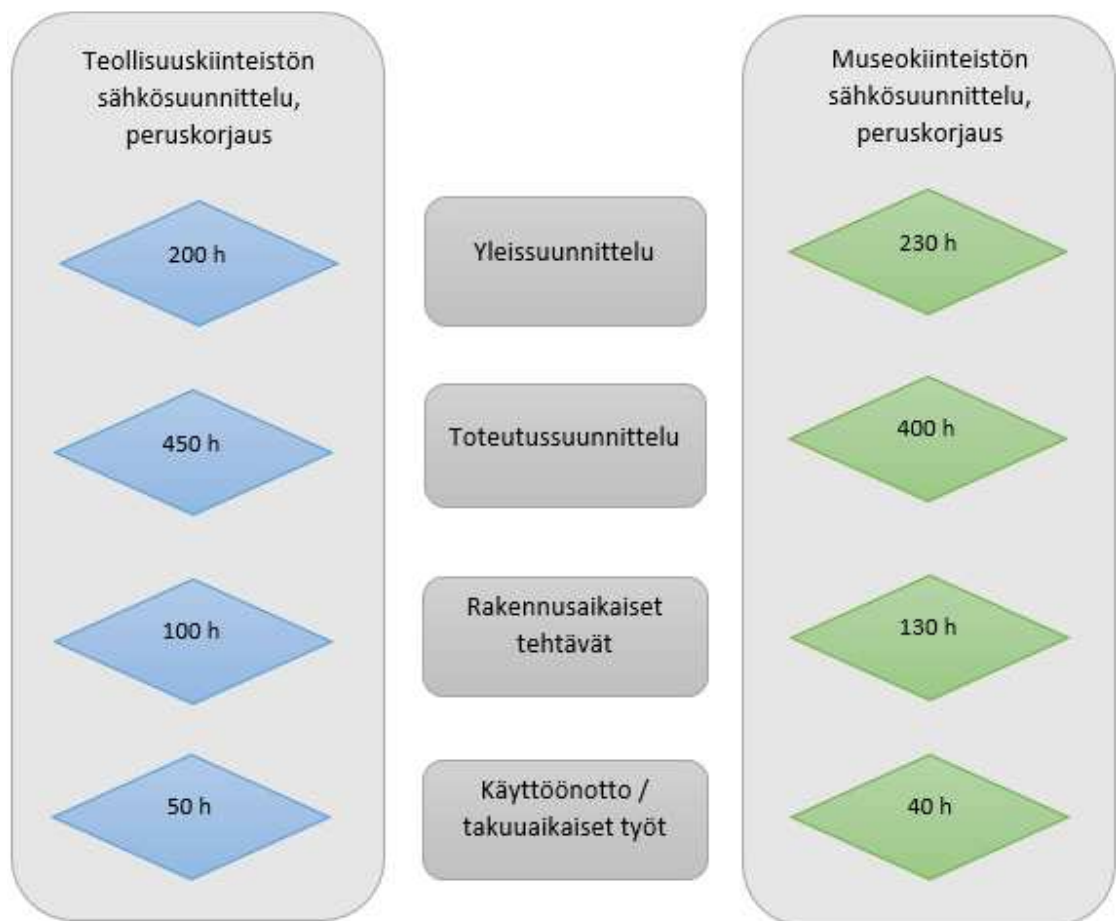
### **Käyttöönotto ja takuu aika**

Käyttöönotossa tarkastetaan järjestelmien toiminta ja annetaan käytön opastus. Suunnittelun tehtäviin käyttöönotossa kuuluu muun muassa urakoitsijoiden laatiemien luovutuspiirustusten tarkastaminen. Käyttöönoton tuloksena rakennus luovutetaan. Takuuaikana seurataan kuinka rakennus toimii, suoritetaan säätöjä, pidetään tarvittavat tarkastukset sekä korjataan puutteet. Suunnittelun tehtävät painottuvat takuuajana takuutarkastuksiin.

#### **4.2.1 Sähkösuunnitteluun käytettyjen työtuntien jakautuminen**

Rakennushankkeen kustannuksista suunnittelun osuus on pieni osa verrattuna hankkeen kokonaiskustannuksiin. Rakennussuunnittelun osuus on arvioitu olevan noin 8 % koko hankkeesta. Rakennussuunnittelu sisältää muun muassa arkkitehti-, pää-, rakenne-, lvi-, sähkö- ja sisustussuunnittelua. Sähkösuunnittelun kustannukset ovat arviolta noin 10 % rakennussuunnittelun kustannuksista. (Talorakennuksen kustannustieto 2011, 311.)

Kuviossa 6 on esitetty esimerkkinä kahden erityyppisen kohteen sähkösuunnitteluun käytetyt työtunnit eri rakennushankkeen vaiheissa. Tiedot on kerätty hankkeista, joissa WSP Finland Oy on ollut mukana. Kuten kuviosta näkyy, suurin työpanos sijoituu toteutussuunnitteluun sekä teollisuuskiinteistön että museokiinteistön osalta. Myös yleissuunnitteluun on varattava huomattava määrä työtunteja. Rakennusaikaiset tehtävät ja käyttöönotto ja takuuajan vaiheet eivät ole niin merkittäviä, mutta kuitenkin ehdottomasti huomioitavia tuntimääriä tarjouksia ja projektien resursointia ajatellen. Kuviossa 6 mainitsemattomat rakennushankkeen vaiheet eivät sisällä sähkösuunnittelun työpanosta tarkastelluissa kohteissa, ainakaan siinä määrin, että niistä olisi tunteja erikseen merkitty.



Kuvio 6. Sähkösuunnitteluun käytetyt työtunnit eri suunnitteluvaiheissa (WSP Finland Oy:n projektitietoja 2019)

### 4.3 Sähkösuunnittelijan pätevyudet

Suomen lainsäädännön mukaan sähkösuunnittelu ei ole sähkötyötä eikä suunnittelijalle ole säädetty pätevyysvaatimuksia. Sähkösuunnittelua tekevän henkilön tulee kuitenkin tuntea sähköturvallisuuteen liittyvät säädökset niin, että laaditut suunnitelmat ovat lakien ja säädösten mukaisia. (Koponen 2015, 10.)

Vaikka lakiin ei ole kirjattu sähkösuunnittelijan pätevyyttä, on suunnittelijan suositeltavaa kuulua vapaaehtoiseen pätevyysjärjestelmään (Sähköala.fi. 2015). Järjestelmän mukainen pätevyys on osoitus siitä, että päteväksi todetun henkilön koulutus- ja työkokemus täyttävät niille asetetut vaatimukset (Rakennussähkösuunnittelijan pätevyys, n.d.). Pätevyysjärjestelmä voi helpottaa ja yksinkertaistaa rakennuttajan päätöstä sähkösuunnittelijan valinnassa sekä mahdollistaa suunnittelijoiden osaamistason vertailun. Lisäksi pätevyyden toteamistoiminnalla on tarkoituksena luoda sähköalan koulutuksen saaneelle henkilölle jatkuvaan itsensä kehittämiseen kannustava järjestelmä. (NSS sertifiointi, n.d.)

Rakentamisen suunnittelijapätevyys uudistusten myötä myös sähkösuunnittelijapätevyudet on uudistettu vuonna 2014 voimaan tulleen uuden Maankäyttö- ja rakennuslain mukaisesti. Vuoden 2016 alusta on myönnetty uuden järjestelmän mukaisia pätevyksiä. Myönnetty pätevyys on voimassa 7 vuotta kerrallaan. (Rakennussähkösuunnittelijan pätevyys, n.d.)

Sähkösuunnittelijoiden pätevyysjärjestelmän ovat vuonna 2004 perustaneet yhteistyössä Sähkösuunnittelijat NSS ry, Suomen konsulttiyhdistys SNIL ry, Sähköinsinööriliitto ry, Sähkö tarkastusyhdistys SÄTY ry, Insinööriliitto IL ry ja Senaatti-kiinteistöt. Pätevyudet myöntää puolueeton sähkösuunnittelijan lautakunta, joka koostuu edellä mainittujen asiantuntijaorganisaatioiden edustajista. Pätevyysrekisteriä ylläpitää Sähkösuunnittelijat ry. (NSS sertifiointi, n.d.)

Sähkösuunnittelijan pätevyyttä voi hakea neljään eri vaativuusluokkaan: vähäinen, tavanomainen, vaativa ja poikkeuksellisen vaativa. Pätevyyden luokittelussa huomioidaan sähkösuunnittelijan asiantuntemus ja ammattitaito, koulutus ja suunnittelukokemus. Sähkösuunnittelijan kelpoisuusvaatimukset ja sähköjärjestelmien suunnittelu-tehtävien vaativuusluokat ovat liitteenä 1 ja 2. (Rakennussähkösuunnittelijan pätevyys, n.d.) Pätevyyden hakeminen maksaa 70 € ilman arvonlisäveroa, joka on 24 % (Ohje pätevyysmenettely n.d).

#### 4.4 Lait ja määräykset

##### **Sähköturvallisuuslaki**

Kaikkiin sähköalan töihin, myös sähkösuunnitteluun, liittyvien määräysten ja ohjeiden perustana on sähköturvallisuuslaki. Koska tekniikka on nopeasti kehittyvä ala, laissa määritellään vain perusvaatimukset, tekniset yksityiskohdat esitellään tarkemmin asetuksissa ja standardeissa. (Harjula 2013, 6.) Sähköturvallisuuslain tarkoituksena on muun muassa pitää sähkölaitteistot ja niiden käyttö turvallisena, estää sähkömagneettisten häiriöiden haitalliset vaikutukset ja varmistaa sähkölaitteiden vaatimustenmukaisuus. Sähköturvallisuuslaissa on säädetty myös sähkölaitteiden ja -laitteistojen vaatimustenmukaisuuden osoittamisesta ja vaatimustenmukaisuuden valvonnasta. Lisäksi laissa on pantu täytäntöön sähkömagneettista yhteensopivuutta koskeva EMC-direktiivi sekä tietyllä jännitealueella toimivien sähkölaitteiden asettamista saataville koskeva pienjännitedirektiivi. (L 1135/2016 1§.)

Sähköturvallisuuslaissa ei ole määritetty yksityiskohtaisia ohjeita sähkösuunnitteluun, mutta laissa on esitetty muuan muassa seuraavat vaatimukset:

##### *6 §*

*Sähkölaitteita ja -laitteistoja koskevat yleiset vaatimukset*

*Sähkölaitteet ja -laitteistot on suunniteltava, rakennettava, valmistettava ja korjattava niin sekä niitä on huollettava ja käytettävä käyttötarkoituksensa mukaisesti niin, että:*

1) niistä ei aiheudu kenenkään hengelle, terveydelle tai omaisuudelle vaaraa;

2) niistä ei sähköisesti tai sähkömagneettisesti aiheudu kohtuutonta häiriötä;

3) niiden toiminta ei häiriinny helposti sähköisesti tai sähkömagneettisesti.

*Jos sähkölaite tai -laitteisto ei täytä 1 momentissa säädettyjä edellytyksiä, sitä ei saa saattaa markkinoille, luovuttaa toiselle eikä ottaa käyttöön. (L 1135/2016 1§.)*

Lisäksi pykälässä 31§ on tarkennettu sähkölaitteistojen turvallisuusvaatimuksia. Samat vaatimukset tulee huomioida myös sähkösuunnittelussa. (Harjula 2013, 6.)

### 31 §

#### *Sähkölaitteiston turvallisuusvaatimukset*

*Sähkölaitteisto on suunniteltava, rakennettava ja korjattava hyvän turvallisuusteknisen käytännön mukaisesti ottaen huomioon 6 §:n 1 momentin 1 kohdassa säädetyt vaatimukset.*

*Sen lisäksi, mitä 1 momentissa säädetään, sähkölaitteiston on täytettävä olennaiset turvallisuusvaatimukset. Olennaiset turvallisuusvaatimukset koskevat suojausta sähköiskulta, suojausta tulipaloa ja kuumuutta vastaan, suojausta muilta haittavaikutuksilta, erityislaitteistojen sekä erityisolosuhteiden vaatimuksia, eri laitteistojen keskinäistä yhteensopivuutta sekä muita olennaisia rakennevaatimuksia. Vaatimukset koskevat myös tarpeellisia merkintöjä ja asiakirjoja.*

*Sähkölaitteiston rakenteessa on otettava huomioon Suomessa vallitsevat olosuhteet ja noudatettavat asennustavat. (L 1135/2016 31§.)*

Sähköturvallisuuslaki ei tuo esille varsinaisesti suunnitteluun liittyviä vaatimuksia, vaan ne löytyvät laissa viitatuista valtioneuvoston asetuksista, Tukesin ohjeista sekä standardeista. (Harjula 2013, 6.) Lain noudattamista valvoo Suomen

sähköviranomaisena toimiva Turvallisuus- ja kemikaalivirasto Tukes (Uutela 2018, 13).

### **Asetukset**

Säköturvallisuuslain nojalla on säädetty muun muassa seuraavia Valtioneuvoston asetuksia täydentämään lakia:

- 21.12.2016/1437 Valtioneuvoston asetus sähkölaitteiden turvallisuudesta
- 21.12.2016/1436 Valtioneuvoston asetus sähkölaitteiden- ja laitteistojen sähkömagneettisesta yhteensopivuudesta
- 21.12.2016/1435 Valtioneuvoston asetus sähkötyöstä ja käyttötyöstä
- 21.12.2016/1434 Valtioneuvoston asetus sähkölaitteistoista
- 22.4.2016/388 Valtioneuvoston asetus työntekijöiden suojelemiseksi sähkömagneettisista kentistä aiheutuvilta vaaroilta. (Edilex lainsäädäntö, n.d.)

### **Tukes**

Turvallisuus- ja kemikaalivirasto Tukes on julkaissut sähköturvallisuuslakia täydentävät ohjeet koskien sähkölaitteistojen käyttöönottoa, käyttöä ja tarkastuksia julkaisussaan Tukes-ohje 16/2017 (Tukes-ohje 16/2017). Lisäksi Tukes on julkaissut ja listannut ohjeessaan S10-2019 Sähkölaitteistojen turvallisuutta ja sähkötyöturvallisuutta koskevat SFS-standardit, joita tulee noudattaa sähköasennuksissa ja -suunnittelussa. (Uutela 2018, 13; Tukes luettelo S10-2019.)

### **Standardit**

Suomen kansalliset SFS-standardit laatii sähkö- ja elektroniikka-alan standardointijärjestö SESKO ry. Lisäksi SESKO ry saattaa eurooppalaiset CENELEC-standardit ja maailmanlaajuiset IEC-standardit SFS-standardiksi. (Vesa 2019.) Noudatettavista sähköstandardeista oleellimmat ovat SFS 6000-standardisarja 2017 Pienjännitesähköasennukset, SFS 6001 2015 Suurjännitesähköasennukset ja SFS 6002 Sähkötyöturvallisuus (Uutela 2018, 14). Sähkösuunnittelun tekniseen dokumentointiin liittyviä ohjeistuksia on esitetty SFS-Käsikirjoissa 616 - 619:



- SFS-Käsikirja 616 Viitetunnusjärjestelmä ja sovellutukset
- SFS-Käsikirja 617 Sähkökaavioissa käytettävät piirrosmerkit
- SFS-Käsikirja 618 Dokumentaation jäsentely, dokumenttien luokittelu ja hallinta
- SFS-Käsikirja 619 Sähköpiirustukset, käyttöohjeet ja osaluettelot.

Kukin käsikirja sisältää useampia aiheeseen liittyviä standardeja. (SFS Kauppa, n.d.) Noudattamalla Tukes-ohjeen S10-2019 luetteloimia standardeja, noudattaa myös sähköturvallisuuslakia (L1135/2016 33§). Lain mukaan standardeista voidaan poiketa, jos vastaava turvallisuustaso saavutaan muulla tavoin. Tällöin suunnittelijan tai rakentajan on ennen työn aloittamista tehtävä kirjallinen selvitys, josta käy ilmi vaatimusten täyttyminen. (L1135/2016 34§.)

### **ST-kortisto**

Säädöksissä, määräyksissä ja standardeissa ei aina ole käsitelty teknisiä yksityiskoh-  
tia. Tämän vuoksi Sähkötieto ry laatii ja ylläpitää julkaisuja, joissa esitetään standar-  
dien edellyttämät menettelytavat ja toimintamallit käytännönläheisimpinä. ST-  
kortiston avulla voidaan saavuttaa lakien ja standardien mukainen lopputulos. Lisäksi  
ST-kortiston julkaisuja käyttämällä edistetään sähkö- ja tietoteknistenjärjestelmien  
hyvää suunnittelutapaa, luotettavan ammattitiedon hakemista ja sen hyödyntämistä.  
(ST Sähkötieto ry, n.d.)

ST-kortistosta löytyy monipuolisesti tietoa sähkö-, tele- turva- ja automaatiojärjestel-  
mistä sekä niiden suunnittelusta ja toteutuksesta. ST-kortisto koostuu ST-korteista,  
-käsikirjoista, -ohjeistoista, -esimerkeistä ja -raporteista.

Sähkösuunnittelussa tulee huomioida kaikki edellä mainitut lait, asetukset, ohjeet ja  
standardit. Kuviossa 7 on esitetty vielä kootusti tärkeimmät sähköturvallisuuteen  
liittyvät säädökset.



Kuvio 7. Keskeisimmät sähköturvallisuuteen liittyvät säädökset Suomessa (Uutela 2018, 13)

#### 4.5 Sähkösuunnittelun vaatimukset

WSP Finland Oy:n asiakkaat ovat pääasiassa julkiselta sektorilta, esimerkiksi kuntia, kaupunkeja ja yliopistoja. Selvitin julkisen sektorin tilaajien vaatimuksia sähkösuunnittelijan teknisestä ja ammatillisesta pätevyydestä sähköisen HILMA-palvelun kautta. HILMA on työ- ja elinkeinoministeriön ylläpitämä ilmoituskanava, jossa hankintayksiköt ilmoittavat julkisista hankinnoistaan ja hankintamenettelyistään. Julkiset hankinnat ovat tavara-, palvelu- ja rakennusurakkahankintoja, joita valtio, kunnat ja kuntayhtymät, valtion liikelaitokset sekä muut laissa määritellyt hankintayksiköt tekevät oman organisaation ulkopuolelta. Sääntelyn tavoitteena on tehostaa julkisten varojen käyttöä, jonka vuoksi hankinnat tulee kilpailuttaa avoimesti. HILMAssa tulee ilmoittaa hankinnat, jotka ylittävät kansallisen ja EU-kynnysarvon. (HILMA Julkiset hankinnat n.d.)

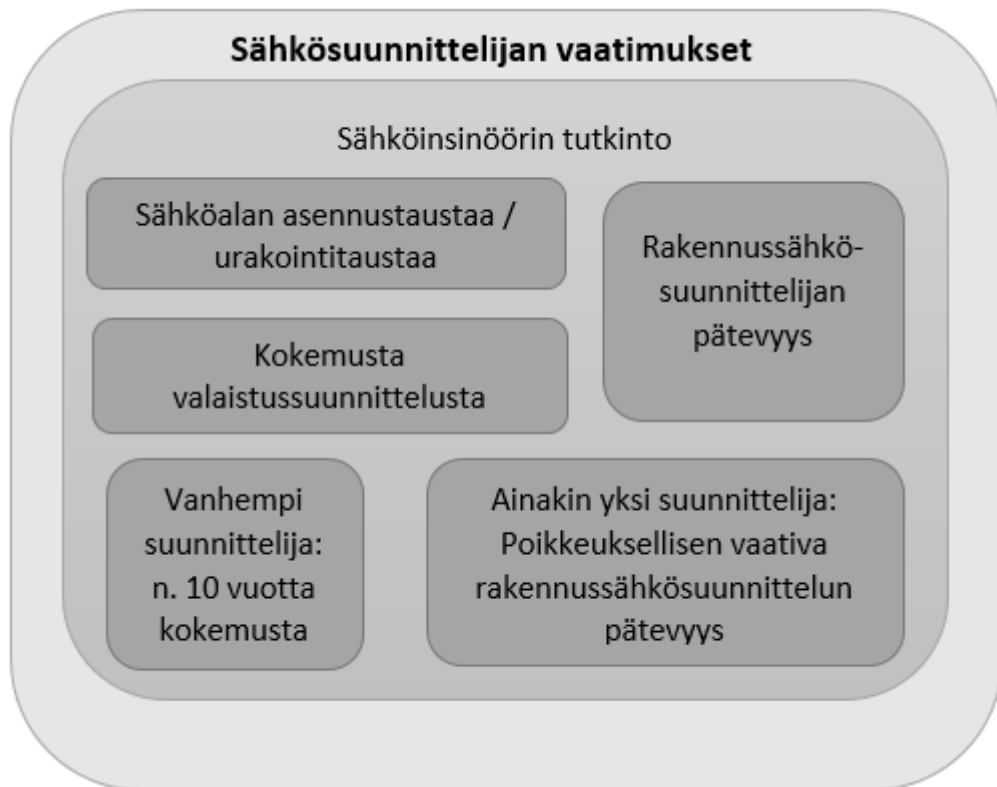
HILMAssa julkistetuissa sähkösuunnitteluun liittyvistä hankintailmoituksissa oli jonkin verran vaihtelua suunnittelijan teknisen ja ammatillisen pätevyysvaatimuksille.

Kolmasosassa tutkimissani ilmoituksissa oli vaatimuksena rakennussähkösuunnittelijapätevyyskä, joita on käsitelty aiemmin luvussa 4.3. Pääosin vaatimukset olivat kuitenkin esitetty vastaavanlaisen kohteen suunnittelukokemuksien kautta, esimerkiksi

”Sähkösuunnittelun vastuuhenkilöillä tulee olla kokemusta vastuullisena suunnittelijana toimimisesta vähintään 5 vuotta sekä suunnittelukokemusta vähintään kahdesta koulu-, päiväkotii- tai oppilaitoskohteesta, näiden hankkeiden tulee olla valmistunut 1.1.2014 tai myöhemmin.” (HILMA Julkiset hankinnat n.d.)

Vaikkei rakennussähkösuunnittelun pätevyyttä kaikissa valintaperusteissa ja vaatimuksissa ole esitetty, kannattaa ainakin osalla WSP:lle tulevista sähkösuunnittelijoista olla edellä mainittu pätevyys, jotta sen takia ei tarvitse jäädä pois tarjouskilpailusta. Investointina rakennussähkösuunnittelijan pätevyys ei ole kovin suuri. Tärkeintä HILMAssa julkaistujen hankintailmoitusten perusteella on kuitenkin suunnittelijan kokemus eritasoisista kohteista viimeisen viiden vuoden aikana.

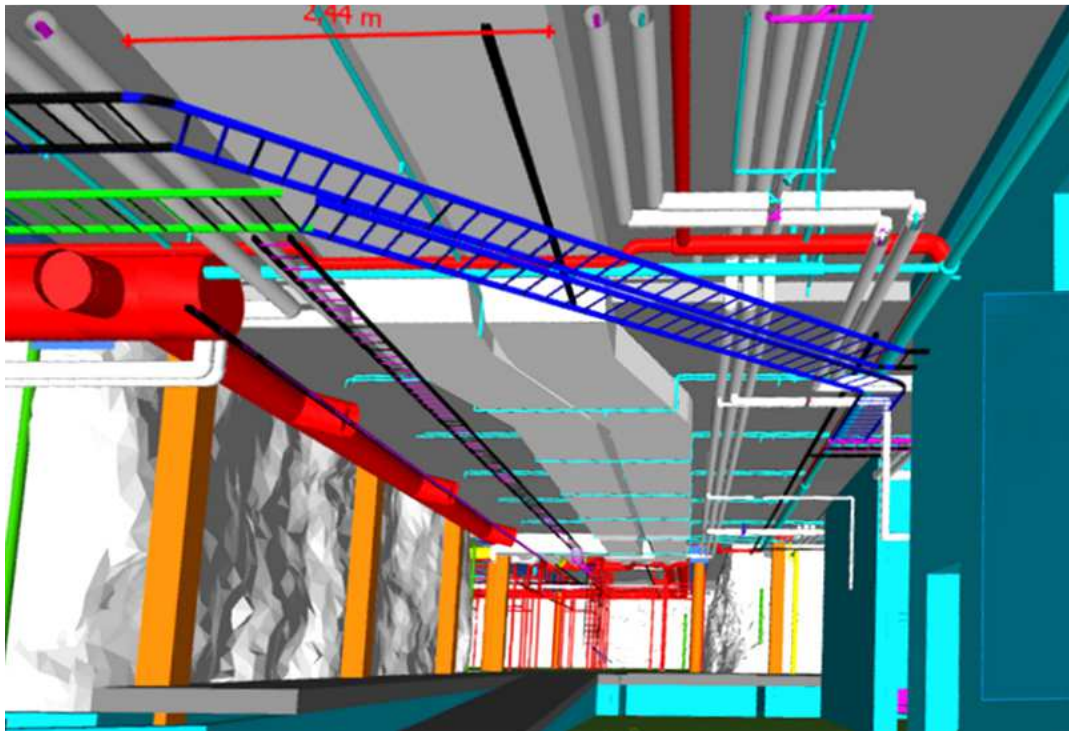
Tekemissäni WSP:n sähköasiantuntijoiden haastatteluissa kävi ilmi, että sähkösuunnittelijalla olisi hyvä olla asennus-/urakointitustaa ja sähköinsinöörin tutkinto (kuvio 8). Lisäksi WSP:llä tulisi olla ainakin yksi henkilö, jolla olisi korkeimman tason rakennussähkösuunnittelun pätevyysluokka (poikkeuksellisen vaativa suunnittelu). Tällöin henkilö voi suorittaa suunnittelua myös suurjännitealueella ja esimerkiksi kohteissa, joihin sisältyy muuntamo. Haastattelujen mukaan sähkösuunnittelijalla olisi lisäksi hyvä olla kokemusta valaistussuunnittelusta ja näkemystä 3D-mallintamisesta.



Kuvio 8. Haastatteluissa esiin tulleet vaatimukset sähkösuunnittelijalle

## 5 Tietomallinnus

Rakennuksen tietomalli eli BIM (Building Information Modeling) on uusi suunnittelutapa muiden suunnittelumenetelmien joukossa. Tietomallinnuksella on jo nyt suuri merkitys rakennusalalla ja sen ennustetaan tulevaisuudessa kasvavan. (Rakennuksen tietomalli n.d.) Tietomalli sisältää tuotteen ja rakennusprosessin koko elinkaaren aikaiset tiedot samassa paikassa digitaalisessa muodossa. Kaikki yksittäiset tiedot tallennetaan vain kerran, jonka jälkeen niitä on mahdollista hyödyntää koko hankkeen ajan. Tietomallinnuksessa tuotteesta luodaan 3D-malli (kuvio 9), joka mahdollistaa erilaisten analyysien ja simulointien laatimisen jo hankkeen alkuvaiheissa. (Tietomallinnus n.d.)



Kuvio 9. 3D-tietomallinnuskuva, johon on yhdistetty eri talotekniikkajärjestelmät (Sähköala.fi 2016)

Kuviossa 9 näkyy 3D-malli, johon on tietomallinnuksen avulla yhdistetty lvi- ja sähköjärjestelmät. Tietomallinnuskuva havainnollistaa hyvin ilmanvaihtokanavien, putkien ja kaapeliyhdytyskaivojen sijoittelut. (Sähköala.fi 2016.) Kuviossa 10 on esitetty tietomallipohjaisen suunnittelun rakenne kiinteistön elinkaaren aikana.



Kuvio 10. Tietomallipohjaisen suunnittelun rakenne (Laaja 2017, 15)

Kiinteistöjen ja rakennuksien tietomallinnuksen tavoite on suunnittelun ja rakentamisen laadun, turvallisuuden, tehokkuuden ja kestävä kehityksen mukainen tukeminen hanke- ja elinkaariprosesseissa. Tietomallit mahdollistavat muun muassa:

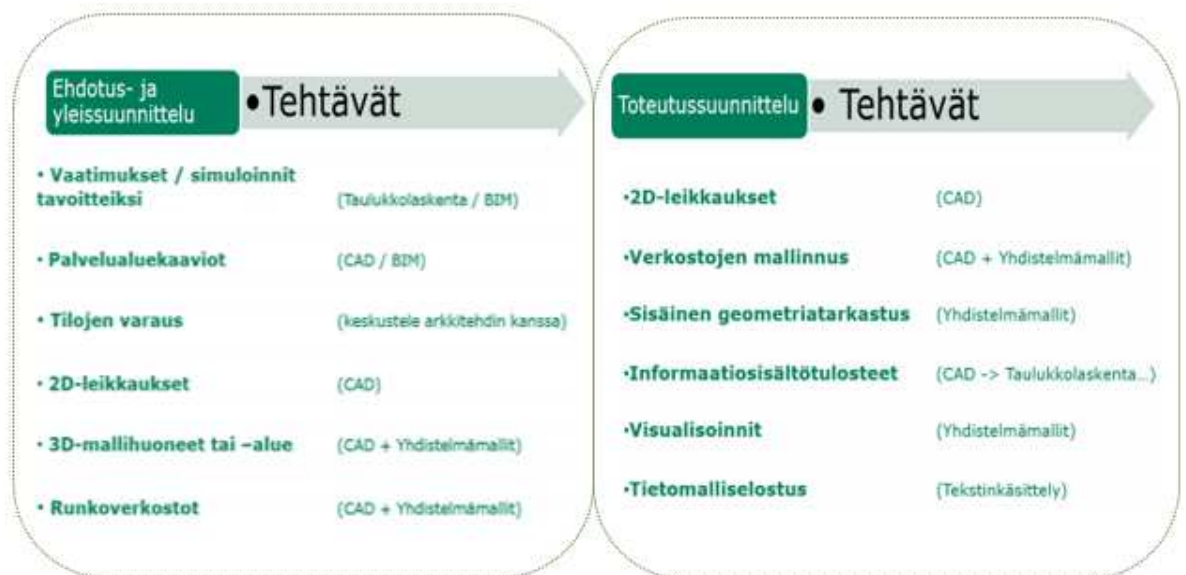
- eri ratkaisujen toimivuuden, laajuuden ja kustannusten vertailemisen → tukena investointipäätöksissä
- energia-, ympäristö- ja elinkaarianalyysit ratkaisujen vertailua, suunnittelua ja ylläpidon tavoiteseuranta varten
- suunnitelmien havainnollistamisen sekä rakennettavuuden analysoimisen
- tehostamisen laadunvarmistuksessa, tiedonsiirron parantamisessa ja suunnitteluprosessissa
- rakennushankkeiden tietojen hyödyntämisen käytön ja ylläpidon toiminnoissa. (YTV2012, 5.)

Tietomalleja voidaan luoda eri suunnitteluohjelmistoilla, jonka vuoksi on kehitetty yhteinen tiedonsiirtomuoto. Talonrakennussuunnittelussa yhteinen tiedonsiirtomuoto on IFC-malli (Industry Foundation Classes), joka sisältää tiedot rakennusosien muodoista ja ominaisuuksista.

Tietomalleista voidaan tuottaa erilaisia dokumentteja automaattisesti. Tietomalli itsessään varmistaa tuotettujen dokumenttien ristiriidattomuuden. Lisäksi tietomallin avulla voidaan yhdistää eri suunnittelualojen osamallit yhdistelmämalliksi ja tarkastella niiden yhteensopivuutta ja mahdollisia törmäysanalyysseja. (Tietomallinnus n.d.)

Talotekniikan osalta (lvi- ja sähkötekniikka) tietomallinnusta hyödynnetään rakennushankkeessa lähinnä kahdessa eri vaiheessa: ehdotus- ja yleissuunnitteluun sekä toteutussuunnitteluun. Ehdotus- ja yleissuunnitteluvaiheessa talotekniikkasuunnittelu ei laadi koko rakennuksen kattavaa järjestelmämallia, vaan painottuu järjestelmävalintoihin, palvelualuekaavioihin ja talotekniikan tilavarauksiin. Kun hanke on toteutussuunnitteluvaiheessa, laaditaan koko rakennuksen kattavat järjestelmämallit.

(YTV2012 osa 4, 8.) Kuviossa 11 on vielä esitetty talotekniikkasuunnittelijan tehtävät ehdotus- ja yleissuunnittelussa sekä toteutussuunnittelussa. Useissa sähkösuunnitteluohjelmistoissa on nykyisin valmius tietomallien luomiseen.



Kuvio 11. Talotekniikkasuunnittelun tehtävät tietomallinnuksessa (Laaja 2017, 17)

## 6 Sähkösuunnitteluohjelmistot ja suunnitteluympäristö

Tietokoneavusteinen suunnittelu eli CAD (Computer Aided Design) tarkoittaa teknistä piirtämistä ja suunnittelua tietokoneen avulla. CAD-ohjelmistot ovat sähkösuunnittelijan perustyökalu, jolla tuotetaan suunnittelun dokumentit. (Juupaluoma 2016, 12.) CAD-ohjelmistojen lisäksi suunnittelijat käyttävät myös tuotteen simuloinnin ja analysoinnin mahdollistavia tietokoneavusteisia suunnitteluohjelmistoja eli CAE-ohjelmistoja (Computer Aided Engineering n.d; Juupaluoma 2016, 12). CAD- ja CAE-ohjelmistoilla voidaan luoda erilaisia 2D- ja 3D-piirroksia sekä tehostaa suunnittelu-työtä käyttämällä tietokantapohjaisia automatisoituja suunnittelujärjestelmiä. (Juupaluoma 2016, 12.)

Varsinainen sähkösuunnittelu sekä siihen liittyvät laskennat ja dokumentit tehdään käyttäen sähkösuunnitteluohjelmistoja. Rakennushankkeessa sähkösuunnitteluohjelmistot ovat jossain määrin käytössä koko hankkeen ajan, painottuen yleis- ja toteutussuunnitteluvaiheisiin. Luvussa 4.2 kuviossa 5 esitetyt yleissuunnitteluasiakirjat tehdään pääosin sähkösuunnitteluohjelmistolla. Useimmilla sähkösuunnitteluohjelmistoilla on valmius myös tietomallien käyttämiseen ja luomiseen.

Rakennushankkeen useassa vaiheessa tulee tarkastella eri alojen suunnitelmien (esimerkiksi arkkitehti-, rakenne-, lvi- ja sähkösuunnitelmien) yhteensopivuus. Yhteensopivuudesta yleensä huolehtii rakennushankkeen pääsuunnittelija (ST 41.03 2013). Suunnitelmien yhteensopivuutta esimerkiksi talotekniikka- ja rakennesuunnitelmien osalta tietomallien avulla voi suorittaa myös muu kuin pääsuunnittelija, kuten sähkösuunnittelija. Yksi työkalu suunnitelmien yhdistämiseen ja niiden yhteensopivuustarkasteluun ovat tietomallien analysointi -ohjelmistot, joilla voidaan suorittaa muun muassa törmäystarkasteluja. Tietomallien analysointi -ohjelmistoja tarkastellaan luvussa myöhemmin tarkemmin.

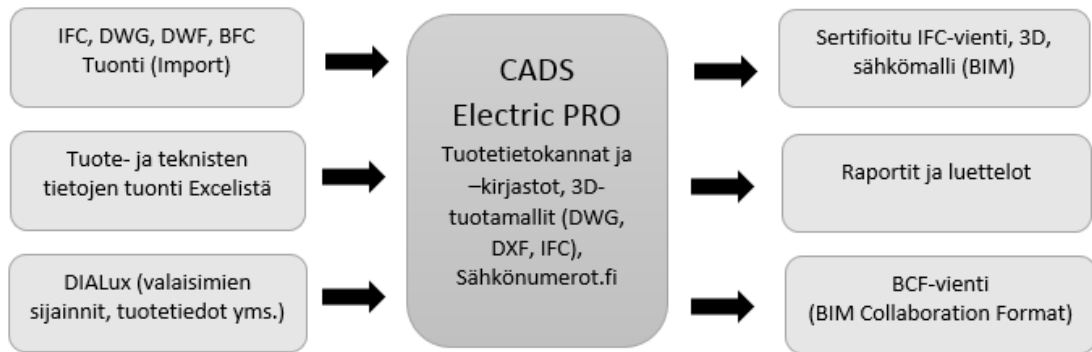
WSP:llä on opinnäytetyön kirjoitusajankohtana mahdollista saada käyttöön sähkösuunnitteluohjelmista MagiCAD sekä tietomallien analysointi -ohjelmista Solibri Model Checker. Seuraavaksi käydään kuitenkin muitakin sähkösuunnitteluun soveltuvia ja liittyviä ohjelmia läpi. Tarkoituksena on selvittää mitkä ohjelmat ovat sopivimmat ja parhaat WSP:n käyttöön tulevaisuudessa.

## 6.1 Sähkösuunnitteluohjelmistot

### **CADS Electric Pro**

Kymdata Oy:n CADS Electric Pro on laaja ohjelmisto kiinteistöjen järjestelmien suunnitteluun ja dokumentointiin. CADS Electric Pro ohjelmistoon sisältyy sähkö-, tele- ja datajärjestelmien sekä sähköjakeluverkkojen, järjestelmä-, keskus- ja piirikaavioiden suunnittelun. CADS:n ominaisuuksiin kuuluu lisäksi esimerkiksi tele- ja turvajärjestelmien suunnittelu, kaksisuuntainen DIALux-linkki valaistussuunnitteluun, BIM (Building Information Model) ja 3D-mallinnus sekä työkalu energiatodistusten ja -selvitysten tekemiseen. BIM-ominaisuuden avulla CADS:in voidaan tuoda muiden suunnitteluosapuolien IFC-malleja (Industry Foundation Classes), jolloin voidaan tehdä mm. törmäystarkasteluja. CADS-ohjelmistolla on mahdollisuus myös tuottaa IFC-malleja. Kuviossa 12 on esitetty CADS Electric Pro:n toiminta tuotemallitekнологiaan liittyen. (CADS Talotekninen suunnittelu n.d.)

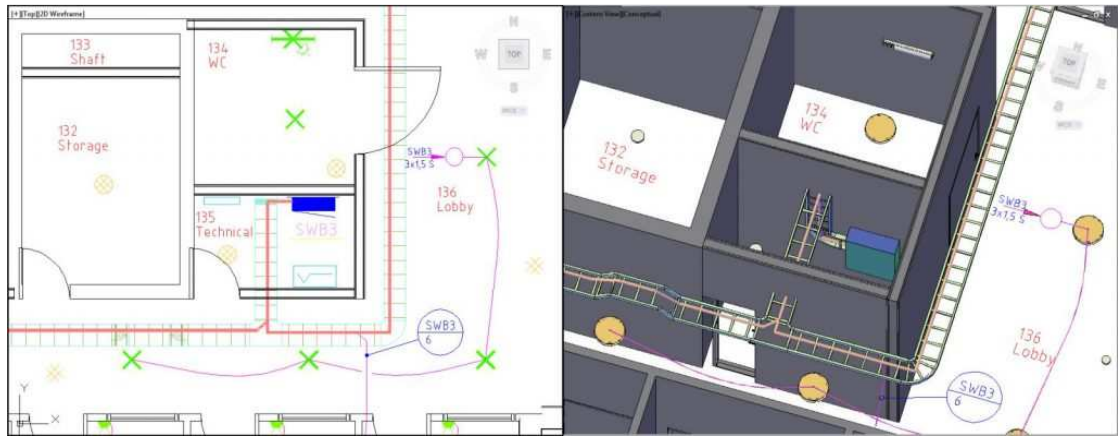




Kuvio 12. CADs Electric:ssä käytössä olevaa tuotemallitekniikkaa (CADs Talotekninen suunnittelu n.d.)

### MagiCAD

MagiCAD-ohjelmistossa on tehokkaat piirto- ja laskentaominaisuudet talotekniikka-järjestelmien suunnitteluun, tietomallintamiseen ja projektidokumenttien laajentamiseen. MagiCAD:n sähkösuunnitteluun liittyvät sovellukset on jaettu eri Electrical- ja Circuit Designer-ohjelmistoihin. MagiCAD Electrical-ohjelmisto toimii Autodesk Revit ja AutoCAD ympäristöissä. MagiCAD Electrical mahdollistaa ratkaisut sähkö-, tele- ja datajärjestelmien suunnitteluun, piirtoon ja laskentaan suomalaisten sähköalan standardien ja säädösten mukaisesti. Ohjelmiston ominaisuuksiin kuuluu myös toimintoja tuotteiden valintaan ja asennukseen, kaapelien ja kaapelihyllyjen mallinnukseen sekä keskuskaavioiden laatimiseen ja muokkaamiseen. Kuviossa 13 on esitetty MagiCAD:llä tehtyä sähkösuunnittelua ja mallinnusta. Lisäksi MagiCAD:iin sisältyy BIM-objektitietokanta sekä DIALux-yhteensopivuus. MagiCAD Circuit Designer-ohjelmisto on yhteensopiva AutoCAD:n kanssa ja se on tarkoitettu piirikaaviosuunnitteluun. MagiCAD on käytössä Pohjoismaissa, Venäjällä ja Kiinassa. (MagiCAD Electrical n.d.)



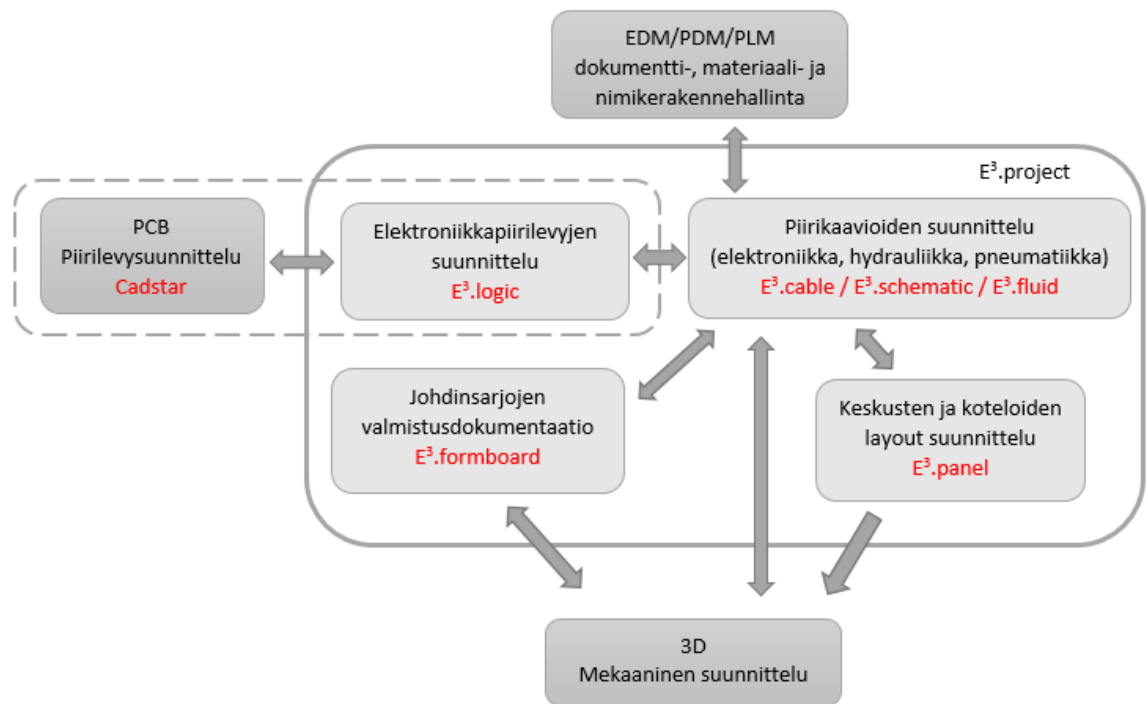
Kuvio 13. MagiCAD:llä toteutettua sähkösuunnittelua 2D- ja 3D-näkymässä (MagiCAD n.d.)

### EPLAN Electric P8

EPLAN Electric P8-ohjelmisto on tarkoitettu projektien suunnitteluun, dokumentointiin ja hallintaan. EPLAN:in vakiosuunnittelutoimintojen ja valinnaisten laajennuksien yhdistelmällä on mahdollista optimoida koko suunnitteluprosessi. Sähkösuunnittelun optimointiin liittyviä EPLAN:n toimintoja ovat esimerkiksi sijaintiviitteiden automaattinen luominen kosketinkarttoihin, komponentteihin, PLC:hen (Programmable Logic Controller) ja piirikaavioviittausten välille, automaattiset ja älykkäät kytkennät sekä navigaattorit nopeaan projektin tietojen paikallistamiseen. (EPLAN Electric P8, n.d.)

### E<sup>3</sup>

E<sup>3</sup>.series suunnitteluohjelmisto on ammattilaisten tietokantapohjainen työkalu, joka on tarkoitettu muun muassa sähkö- ja elektroniikkasuunnittelua tekeville yrityksille. E<sup>3</sup>-ohjelmisto mahdollistaa suunnittelutyön osittaisen automatisoinnin API-rajapinnan (Application Programming Interface) kautta. E<sup>3</sup>.series on modulaarinen ohjelmisto, eli yhdistämällä moduuleja ja lisäosia voidaan rakentaa eri tarpeisiin sopivia suunnitteluohjelmistokokonaisuuksia. (CCS E<sup>3</sup>.series n.d.) Kuviossa 14 näkyy E<sup>3</sup>.series-järjestelmän CAE-ohjelmistokonsepti.



Kuvio 14. E<sup>3</sup>.series-järjestelmän CAE-ohjelmistokonsepti (CCS E<sup>3</sup>.series. N.d.)

### Vertex ED

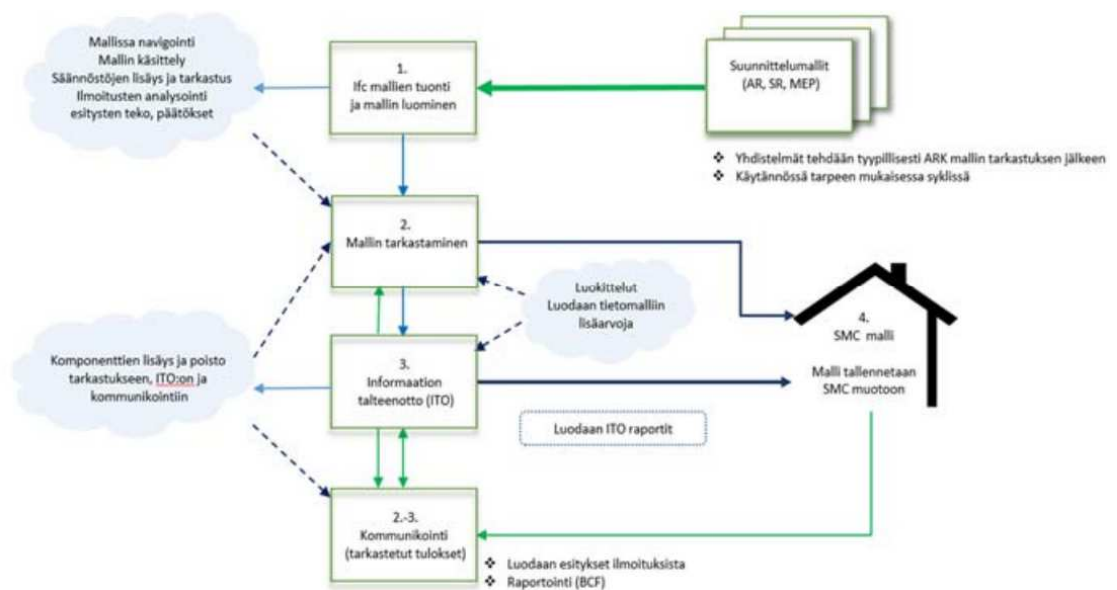
Vertex Ed on Vertex Systems Oy:n kehittämä teollisuuden sähkö- ja automaatio suunnittelu sekä tiedonhallintaohjelmisto. Vertex ED-ohjelmiston ominaisuuksia ovat esimerkiksi tehokkaat arkistotoiminnot, monipuoliset symbolikirjastot, eri kaavioista luetteloiden generointi, työryhmäpohjainen suunnittelu, saumaton DWG- ja DXF-yhteensopivuus sekä älykkäät piirtotoiminnot. Sähkösuunnitteluun tarkoitettuja sovelluksia Vertex ED:hen ovat johdinsarja-, instrumentointi-, logiikka- ja rakennussähkösovellus. (Vertex ED n.d.)

## 6.2 Tietomallien analysointiohjelmistot

### Solibri Model Checker

Solibri Model Checker on ohjelmistotyökalu, jolla voidaan analysoida tietomallien turvallisuutta, oikeellisuutta ja laatua. Solibri Model Checker tekee tietomalliin tuotujen suunnitelmien laadunvarmistuksen ja tarkastuksen ilmoittaen samalla mahdollisista virheistä ja ongelmakohtista. Työkalu suorittaa tarkastelut sääntöpohjaisella

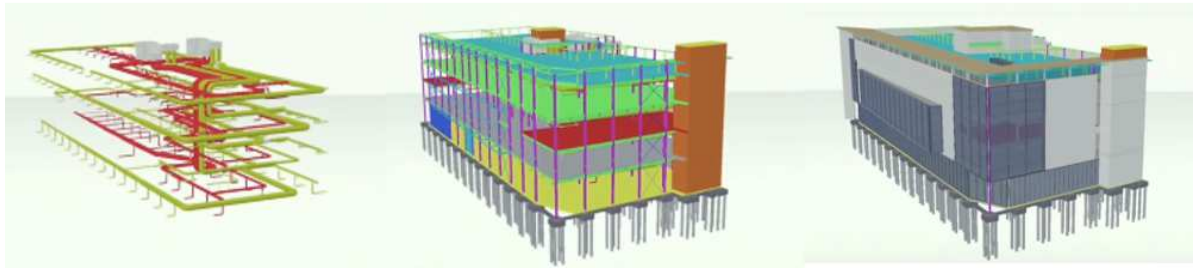
menetelmällä. Sääntö voi tarkastella tietomallia yleisellä tasolla, esimerkiksi tilojen rajautumisella seiniin, tai yksityiskohtaisemmin, kuten sisältääkö kaikki komponentit rakennetyypit. Rakennusmääräysten mukaiset säännöt on sisällytetty ohjelmistoon. Tarkastusten jälkeen Solibri Model Checker tuottaa listan ilmoituksista ja virheistä. Työkalu myös luo visuaalisen raportin, jossa ilmoitukset ja virheet on esitetty 3D-tilassa. Raportit ja ilmoitukset helpottavat tarkastajaa ja suunnittelijaa huomaamaan ongelmakohdat ja nopeuttavat niiden ratkaisua. Kuviossa 15 on esitetty Solibri Model Checker-työkalun toiminta. (Solibri Model Checker 2016, 1.)



Kuvio 15. Tietomallin laadunvarmistus- ja tarkastusprosessi (Solibri Model Checker 2016, 2)

### Tekla BIMsight

Tekla BIMsight on tietomallisovellus, joka on tarkoitettu rakennusalalle tietomallien projektiyhteistyöhön. Sovelluksen avulla voidaan tarkastella, vertailla ja yhdistellä kaikkien rakennushankkeen osapuolten tuottamia malleja. Kun eri osapuolten tietomallit on yhdistetty yhdeksi kokonaisuudeksi, voidaan sovelluksella suorittaa muuan muassa törmäystarkasteluja ja viestiä eri osapuolten kesken sovelluksen kommentti-toiminnon välityksellä. (Tekla BIMsight n.d.) Kuviossa 16 näkyy kuinka BIMsight sovellukseen voidaan yhdistää eri suunnittelualojen tietomallit.



Kuvio 16. Tekla BIMsight:lla toteutettu tietomallien yhdistäminen (Tekla BIMsight n.d. muokattu)

### 6.3 Sähkösuunnittelu- ja tietomallianalysointiohjelmistojen valinta WSP:lle

Taulukkoon 3 on koottu tiedot eri sähkösuunnitteluohjelmistojen vahvuuksista ja heikkouksista. Kuten taulukosta näkyy, Kyndata Oy:n CADS Electric Pro -ohjelmistosta (myöhemmin CADS) ei selvityksen mukaan havaittu heikkouksia. Lisäksi haastatteluissa ainoana suositeltuna sähkösuunnitteluohjelmasta mainittiin CADS. Haastattavilla oli kertomansa mukaan omaa kokemusta nimenomaan CADS-ohjelmasta ja se on havaittu erittäin toimivaksi ohjelmaksi. Yksi CADS:n hyvistä ominaisuuksista on sen saumaton yhteensopivuus muiden dwg-tiedostojen kanssa. Tiedostoyhteensopivuus tulee vastaan, mikäli kohteesta saadaan käyttöön aiemmin tehtyjä suunnitelmia. Kuten MagiCAD-ohjelmasta, myös CADS:stä löytyy myös tietomallinnusominaisuus. Tulevaisuudessa sähkösuunnittelua tullaan todennäköisesti toteuttamaan yhä enemmän tietomallinnuslähtöisinä projekteina, joten valittavan ohjelman tulee ehdottomasti tukea tietomallinnusta ja tietomallien luontia. WSP:llä on opinnäytetyön kirjoittamishetkellä laajasti käytössä MagiCAD-ohjelma, mutta haastattelujen perusteella tulevaisuudessa on järkevää ainakin harkita sähkösuunnitteluohjelmiston vaihtoa Kyndata Oy:n CADS:iin.

Taulukko 3. Sähkösuunnitteluohjelmistojen vahvuudet ja heikkoudet

Sähkösuunnittelu-ohjelmistot	IFC-mallit ja BIM	Vahvuudet	Heikkoudet
MagiCAD	kyllä	Käytössä WSP:llä, monipuolisesti lisäosia eri suunnittelualueille, MagiCAD-ylläpito palvelu, laajasti käytössä Pohjoismaissa, Venäjällä ja Kiinassa	Toimii vain AutoDesk Revit tai AutoCAD ympäristössä
CADS Electric Pro	kyllä	Haastatteluissa ainut mainittu ja suositeltu ohjelma, älykkäät toiminnot, DWG-yhteensopivuus, tarjoaa ohjelmistokoulutusta ja paikallista asiakaspalvelua, myCADS-palvelusopimus, laajasti Suomessa käytetty	-
EPLAN Electric P8	ei	Automaattiset ja älykkäät toiminnot, unicode-valmiudet suunnitelmien tekoon ja kääntämiseen kaikille kielille, tietokantapohjaisuus	Tietomallinnusominaisuuksista ei löytynyt tietoa
E <sup>3</sup>	ei	Osittain automaattiset toiminnot, modulaarinen ohjelmisto, voi koota tarvitsemansa kokonaisuuden, tietokantapohjaisuus	Tietomallinnusominaisuuksista ei löytynyt tietoa, sekavat verkkosivustot
Vertex ED	ei	Automaattiset ja älykkäät toiminnot, kotimainen → paikallinen asiakaspalvelu	Tietomallinnusominaisuuksista ei löytynyt tietoa

Tietomallien analysointi -ohjelmia ei haastattelussa tullut esille. Se kertoo siitä, ettei eri suunnittelualueiden tietomallinnuksien yhteensovittaminen ja niiden tarkastelu ole toistaiseksi kuulunut tavanomaisiin sähkösuunnittelijan tehtäviin. Edellä mainitun perusteella ei todennäköisesti ole järkevää hankkia uutta tietomallien analysointi -ohjelmaa jo yrityksessä olevan ohjelmiston, Solibri Model Checkerin, lisäksi tai tilalle. Tärkeää on kuitenkin tiedostaa, että sopiva ohjelma tietomallien yhdistämiseen ja tarkistamiseen löytyy WSP:n ohjelmisto valikoimasta, mikäli sille tulee tarvetta.

## 7 Tarvittavat määräykset ja ohjeet

Jotta sähkösuunnittelija voi suunnitella lakien ja asetusten mukaisia sähköjärjestelmiä, tulee hänellä olla käytettävissä riittävä materiaali. Tärkeimmät materiaalit ovat:

- sähköturvallisuuslaki
- valtioneuvoston asetukset
- Tukesin ohjeet

- standardit
- ST-kortisto.

Lait ja valtioneuvoston asetukset ovat saatavilla ilmaiseksi Finlexin verkkosivustolta. Finlex on oikeudellisen aineiston julkinen ja maksuton verkkopalvelu, jonka omistaa oikeusministeriö. (Finlex n.d.) Sähköturvallisuuslaki 1135/2016 ja valtioneuvoston asetukset 21.12.2016/1434 - 1347 ja 21.12.2016/388 ovat siis helposti saatavilla ja tulostettavissa Finlexin verkkosivulla.

Tukesin julkaisemat ohjeistukset ja luettelot ovat lakien tapaan saatavilla ilmaiseksi Tukesin verkkosivuilta. Suunnittelijan tulisi huomioida Tukesin julkaisusta lähinnä luettelo S10-2019, jossa on luetteloitu sähkölaitteiston turvallisuutta ja sähkötyöturvallisuutta koskevat standardit. Luettelossa mainittuja standardeja noudattamalla täyttyvät lain vaatimukset liittyen sähkölaitteistojen rakenteeseen ja sähkötyöturvallisuuteen.

SESKO ry:n laatimat standardit ja muut SFS-julkaisut ovat maksullisia ja ne ovat tilattavissa Suomen Standardisoimisliitto SFS ry:n verkkokaupasta PDF-tiedostona tai paperisena. Toinen vaihtoehto on SFS Online -palvelu, johon voi koota haluamansa standardikokoelman. Mikäli WSP:llä tehdään tulevaisuudessa sähkösuunnittelua eri toimipisteillä, voisi yksi vaihtoehto standardien käyttöön olla se, että standardeja ostetaan PDF-muodossa tarpeen mukaan ja ladataan ne yhteiskäyttöverkkolevylle. SFS:n standardit ja muut julkaisut ovat tekijänoikeuslain suojaamia teoksia, joten esimerkiksi SFS-julkaisujen lataamiseen organisaatioon sisäiseen verkkoon tulee pyytää etukäteen lupa. (SFS Kauppa n.d.) Alla luetellut standardit ja standardisarjat olisi hyvä olla sähkösuunnittelijan käytössä:

- SFS 6000-standardisarja 2017 Pienjännitesähköasennukset
- SFS 6001 2015 Suurjännitesähköasennukset
- SFS 6002 Sähkötyöturvallisuus
- SFS-Käsikirja 616 Viitetunnusjärjestelmä ja sovellutukset
- SFS-Käsikirja 617 Sähkökaavioissa käytettävät piirrosmerkit

- SFS-Käsikirja 618 Dokumentaation jäsentely, dokumenttien luokittelu ja hallinta
- SFS-Käsikirja 619 Sähköpiirustukset, käyttöohjeet ja osaluettelot (SFS Kauppa n.d).

Standardien osalta tulee vielä selvittää, mikä on käytännöllisin menetelmä standardien hankkimiseen WSP:lle huomioiden sähköasiantuntijat ja -suunnittelijat sekä SFS-julkaisujen/online-palvelun hinnat. Yksittäisten standardien hinnat vaihtelevat 40 eurosta satoihin euroihin. SFS Online -palvelun hinnastoa ei ollut käytettävissä opinnäytetyötä kirjoittaessa yrityksistä huolimatta. Hinnastoa ei ole verkkosivustolla saatavilla ja tiedustellessani sitä SFS Online -palvelun asiakaspalvelusta, vastauksena ehdotettiin neuvottelua. Standardien hankinnan kannalta olisi tärkeää selvittää palvelun hinnasto tai edes hintojen suuruusluokka. SFS Online -palveluun ei ehditty hankimaan käyttöoikeuksia opinnäytetyön aikana, joten se jää tehtäväksi opinnäytetyön jälkeen.

Käytännössä yksityiskohtia todennäköisesti useimmiten tarkistetaan ST-kortistosta, jonka julkaisuihin on sisällytetty standardien edellyttämät menettelytavat ja toimitamallit. ST-kortiston julkaisut, eli ST-kortit, -käsikirjat, -ohjeistot, -esimerkit ja -raportit ovat kaikki saatavilla Sähköinfo Oy:n ylläpitämästä verkossa toimivasta sähköisestä aineistopalvelu Severistä. Opinnäytetyöprosessin aikana olin mukana selvittämässä ja hankkimassa WSP:lle lisenssejä Severi-palvelun materiaalipankkiin. Kun tulevaisuudessa sähkösuunnittelu WSP:llä aloitetaan, tulee lisenssien määrää varmasti vielä kasvattaa.

## **8 Suunnitteluympäristö**

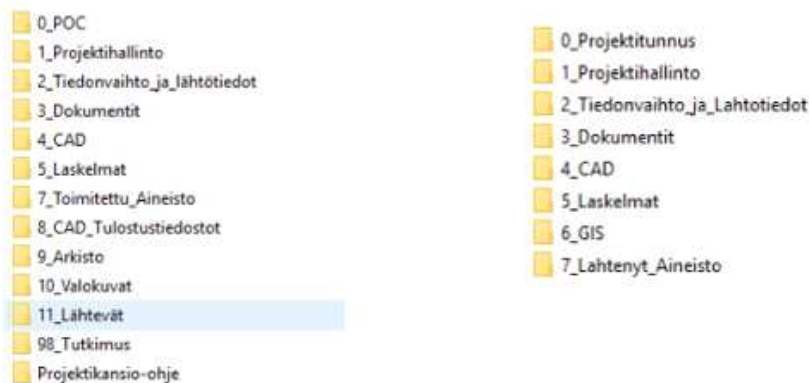
Suunnitteluympäristöön kuuluvat käytettävien ohjelmien ja tietokantojen lisäksi kansiorakenteet, malliraportit järjestelmä- ja työselostuksia varten, suunnitteludoku-



menttien valmiit pohjat, ohjelmien piirustusraamit ja nimiöt ja niin edelleen. Sähkösuunnittelua varten tutustuin WSP Finland Oy:n muiden suunnittelualojen suunnitteluympäristöihin ja selvitin niiden hyödyntämismahdollisuuksia.

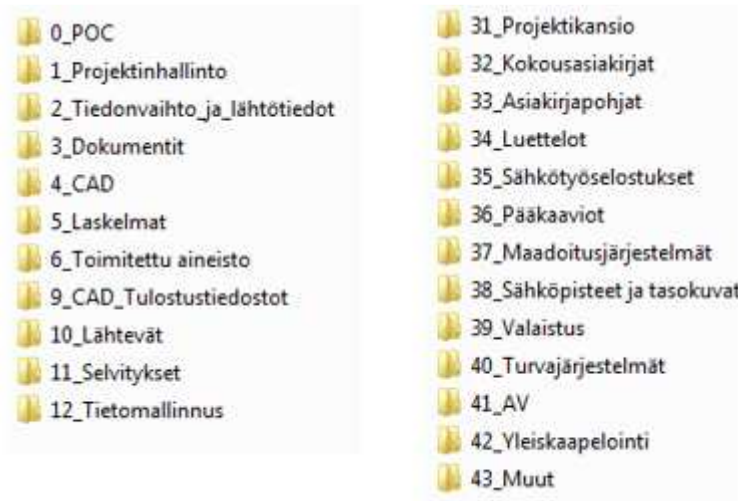
### Kansiorakenteet ja tiedostojen tallennus

WSP:llä on käytössä eri liiketoimintalinjoilla omat malliprojektikansiorakenteet. Tutustuin rakenne- ja arkkitehtisuunnittelun kansiorakenteisiin, joiden avulla tein alustavaan kansiojärjestelmää sähkösuunnittelua varten. Alla kuviossa 17 on rakenne- ja arkkitehtisuunnittelun malliprojektinkansioiden rakenteet ylimmällä tasolla. Sähkösuunnittelun mielestäni sopisi paremmin kuvion 17 vasemmalla puolella sijaitseva kansiorakenne. Osa alikansioista tulee WSP:n sisäisen ohjeistuksen mukaan olla jokaisessa projektissa, esimerkiksi kuvion 0- ja 1- kansiot, muutoin rakennetta on mahdollista muokata.



Kuvio 17. WSP:n käytössä olevia mallikansiorakenteita (WSP:n projektikansioista 2019)

Alla kuviossa 18 näkyy osa laatimastani alustavasta sähkösuunnittelun kansiorakenteesta. Kansiorakenne tulee varmasti muuttumaan ja kehittymään, kun ensimmäiset sähkösuunnitteluprojektit saadaan käyntiin.

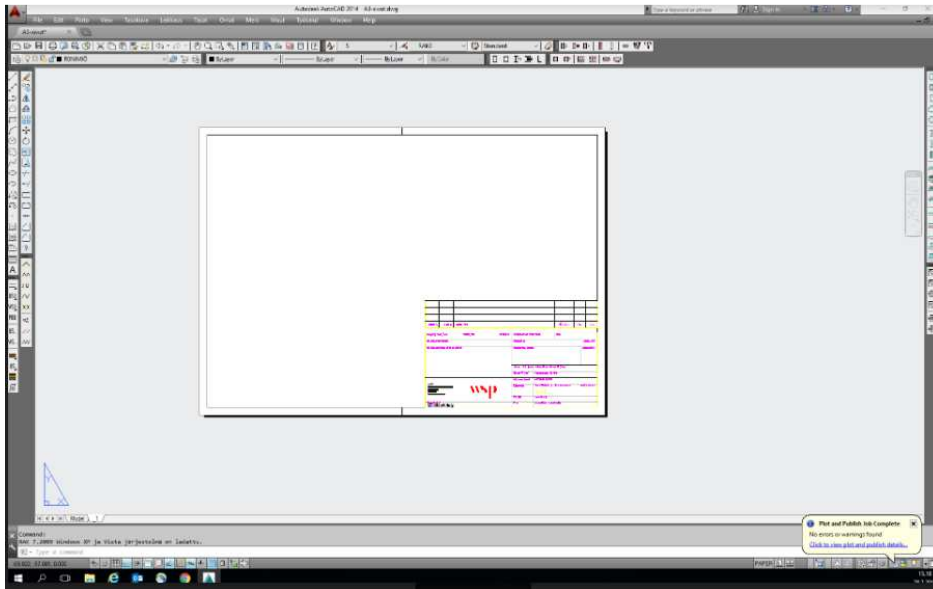


Kuvio 18. Alustavaa kansiorakennetta sähkösuunnitteluun

Suunnittelutiedostojen tallentaminen ja tallentamisformaatit tulee myös huomioida. Suunnitelmat toimitetaan usein tilaajalle ja mahdollisesti muille samassa hankkeessa toimiville osapuolille tietoverkossa toimivien projektipankkien kautta. Projektipankkeihin tiedostot ladataan tavallisesti PDF-tiedostoina, mutta tarpeen mukaan myös muissa muodoissa. WSP:n omiin kansioihin suunnittelutiedostot tallennetaan PDF-formaatin lisäksi myös suunnitteluohjelmistojen alkuperäisinä tiedostomuotoina, kuten dwg- ja dxf-tiedostoina.

### **Piirustusraamit ja nimiöt**

Valmiita CAD-pohjaisia piirustusraameja ja nimiöitä löytyy WSP:n muilta suunnittelualueilta. Piirustusraameja on valmiiksi eri paperikokoja sekä pysty- ja vaakatulostusta varten. Myös nimiöpohjia löytyi valmiina muutamina eri versioina. Joissain nimiöpohjissa on varattu laajemmin tilaa projektin ja suunnittelukohteen tiedoille, kun osassa on taas suppeampi informaatio suunnittelusta. Kuviossa 19 on näkymä AutoCAD-ohjelmasta, johon on avattu A3 kokoinen pohja WSP:n raameilla ja nimiöruudulla.



Kuvio 19. A3-kokoinen raami WSP:n nimiöllä (WSP:n mallipohjia 2019)

Muokkasin WSP:n nimiöruutua ja valmiita raameja sen verran, että vaihdoin kaikkiin nykyisin käytössä olevat WSP:n logot ja vaihdoin suunnitteluala-sarakkeeseen merkinnän SÄH. Se on yleisesti käytössä oleva lyhenne sähkökuivissa. Kuviossa 20 on päivittämani nimiöruutu suurempana.

TUNNUS	LUKUM.	MUUTOS	PÄIVÄYS	PIIRT.	HYV.
Kaupunginosa/kyliä	Korttel/tila	Tontti/nro	Viranomaisen merkintä	Rotu	
Rakennustoimipiste			Piinustuso	Juoka. nro	
Rakennuskohteen nimi ja osoite			Piinustuksen sisältö	Mittakaavat	
			Hallinn. kiint. (nro)	Hallinnollinen kiinteistö (nimi)	
			Kiinteistö (nro)	Hankenumero ja nimi	
			Rakennus (nro)	Rakennus (nimi)	
			Työnumero	Suunnitteluala ja piirustusnumero	Muutostunnus
				SÄH	
			Piirtäjä	Suunnittelija	
			Pvm	Vastuullinen suunnittelija	
WSP Hälsökatu 7, 00210 Helsinki Puh. 003708611 www.wsp.fi info@wsp.fi					
Tiedostonimi: 4-2-DE.Traami.dwg					

Kuvio 20. Päivitetty nimiöruutu (WSP:n mallipohjia 2019, muokattu)

### **Malliraporttipohjat**

Raportti- tai asiakirjapohjia tarvitaan lähinnä sähkötyöselostuksia varten. Lisäksi valmiita pohjia tarvitaan esimerkiksi dokumentti-, laite- ja kaapeliluetteloita varten. Sähkötyöselostuspohja kannattaa luoda ottamalla mallia erilaisista sähkötyöselostuksista ja poimia niistä parhaat asiat.

### **Työpisteet**

Koska sähkösuunnittelua tehdään lähes ainoastaan tietokoneilla, sähkösuunnittelijat ovat tietokoneen äärellä suurimman osan työajasta. Tämän takia suunnitteluun käytettävä tietokone täytyy olla riittävän tehokas suunnitteluohjelmien käyttöön. Lisäksi työpisteen tulee olla mahdollisimman hyvä työergonomialtaan. Tällä hetkellä WSP:n toimipaikkojen työpisteet ovat todella hyviä sähköpöytineen ja tuplanäyttöineen.

## **9 Pohdinta**

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää tarvittavat hankinnat ja toimenpiteet, joiden avulla uuden sähkösuunnitteluliiketoiminnan aloittaminen helpottuu. Selvitys kohdistui käytännön asioihin, kuten rekrytoitaviin sähkösuunnittelijoihin, suunnittelussa tarvittaviin materiaaleihin sekä suunnitteluohjelmistoihin.

Sähkösuunnittelijoiden pätevyksiä sekä ammatillisia ja teknisiä vaatimuksia WSP:lle tuleville sähkösuunnittelijoilla selvitettiin lähinnä järjestöjen verkkosivustojen ja HILMAN kautta. Haastatteluissa taas selvisi haastateltavien näkemyksiä ja suosituksia tuleville sähkösuunnittelijoille. Lakisääteisiä pätevyysvaatimuksia sähkösuunnittelijalle ei ole, mutta suunnittelijan on suositeltavaa kuulua vapaaehtoiseen rakennussähkösuunnittelijoiden pätevyysjärjestelmään. HILMAN avulla selvitettiin mitä mahdolliset WSP:n tulevat sähkösuunnittelua tilaavat tahot vaativat sähkösuunnittelulta ja -suunnittelijalta. HILMAsta löytyi hankintailmoituksia ja tarjouspyyntöjä, joissa sähkösuunnittelun vaatimukset oli selkeästi ilmoitettu. Selvityksien mukaan sähkösuunnittelijalla tulee olla vähintään sähköinsinöörin tutkinto. Osalla suunnittelijoista tulisi

olla sähkösuunnittelusta yli 10 vuotta kokemusta, mutta osa voisi olla ”nuorempia suunnittelijoita” vähemmällä suunnittelukokemuksella. Suunnittelukokemuksen myötä sähkösuunnittelijoiden kannattaa hakea pätevyysjärjestelmän pätevyyttä. Taavoitteena olisi, että WSP:n sähkösuunnittelijoista ainakin yhdellä olisi korkeimman vaativuusluokan (poikkeuksellisen vaativa) pätevyys.

Sähkösuunnittelun tukena ja apuna tulee suunnittelijalla olla helposti käytettävissään kaikki tarpeelliset määräykset ja ohjeistukset. Tarvittavia materiaaleja ovat esimerkiksi sähköjärjestelmiä ja -laitteistoja koskevat lait, asetukset ja standardit. Lait ja asetukset ovat saatavilla helposti maksutta Finlexin verkkosivuilta, mutta ST-kortiston dokumentit ja standardit ovat maksullisia ja vaativat näin ollen investointeja ja järjestelyä. Opinnäytetyön aikana hankittiin muutamia lisenssejä sähköiseen Severi-palveluun, josta löytyy ST-kortiston materiaalit. Sähköstandardien hankkiminen WSP:n käyttöön SFS Online -palvelusta on vielä kesken, mutta ne on myös ehdottomasti oltava sähkösuunnittelijoiden ja muidenkin sähköasiantuntijoiden käytettävissä. Kun tulevaisuudessa sähkösuunnittelijat aloittavat WSP:llä, tulee tarkistaa lisenssien ja käyttöoikeuksien määrä sähköisiin Severi-palveluihin ja SFS Online-palveluihin.

Sähkösuunnitteluun käytettävien suunnitteluohjelmistoihin perehdyttiin lähinnä eri ohjelmistovalmistajien verkkosivujen avulla. Nykyisin eri sähkösuunnitteluohjelmistojen on tarjolla monia eikä valmistajien verkkosivusta helposti löydy ohjelmistojen eroavaisuuksia. Suunnitteluohjelmistojen omat verkkosivustot eivät todennäköisesti ole kaikista luotettavin lähde. Verkkosivustojen tarkoitus on kuvailla tuotetta/palvelua ja pyrkiä myymään sitä tuomalla esille ohjelman vahvuuksia. Totuudenmukaiset heikkoudet ja puutteelliset ominaisuudet jätetään verkkosivustoilla todennäköisesti mainitsematta. Parhaiten ohjelmistojen vertailu olisi onnistunut, jos niiden testaaminen olisi voitu toteuttaa käytännössä. Ohjelmistovertailun avuksi olisi myös voinut pyytää yritysedustajia esittelemään omia ohjelmistojaan ja keskustelemaan yritys-kohtaisista tarpeista. Opinnäytetyön aikataulujen ja ohjelmistolisenssien vuoksi ohjelmistojen omakohtainen testaaminen sekä useiden ohjelmistoesittelytilaisuuksien järjestäminen ei ollut mahdollista.

Haastateltavilta tiedusteltiin heidän kokemuksia sähkösuunnitteluohjelmistoista. Myös haastattelujen luotettavuus voisi olla parempi. Haastattelujen totuudellisuutta voi kasvattaa lisäämällä haastateltavien määrää sekä laajentaa haastateltavia esimerkiksi yrityksen ulkopuolelle. Opinnäytetyössä koettiin käytännössä parhaiten toteutettavaksi menetelmäksi haastatella ainoastaan WSP:llä työskenteleviä sähköasiantuntijoita. Haastatteluissa esille tulleiden asioiden luotettavuuteen vaikuttaa luonnollisesti myös se, että esimerkiksi sähkösuunnitteluohjelmistojen käyttäminen ja kokemus ovat osittain myös mielipideasioita. Oma kokemusta rakennussähkösuunnitteluohjelmistoista on ainoastaan CADS Electric:stä, sillä opinnoissa käytettiin CADS:iä ilmeisesti hyvien opiskelijalisenssien ja Kymdata Oy:n opiskelijoille suunnattujen koulutusten vuoksi. WSP:lle on jo aiemmin hankittu MagiCAD-suunnitteluohjelmisto, mutta sähkösuunnittelupalvelun puuttuessa yrityksen tarjonnasta ei MagiCAD:ia todennäköisesti kovin paljon käytetä. Kun tulevaisuudessa sähkösuunnittelijoita rekrytoidaan, kannattaa tiedustella myös heidän kokemuksiaan sähkösuunnitteluohjelmistoista ja mahdollisuuksien mukaan ottaa heidän kommenttinsa huomioon. Sähkösuunnittelutyö saataisiin todennäköisesti paremmin alkuun ja etenemään, jos aikaa ei kuluisi uuden ohjelman käytön opetteluun. Haastatteluissa suositeltiin ainoana ohjelmana Kymdata Oy:n CADS:iä. WSP:llä sähkösuunnitteluun tulevaisuudessa käytettävän ohjelmiston valintaa ja mahdollista vaihtoa tulee vielä harkita.

Tietomallinnustarkastelut ja eri suunnittelualojen tietomallien yhdistäminen eivät ole sähkösuunnittelijoiden päätoimena hoidettavia tehtäviä, ainoastaan erikseen niin sovitessa. Koska tietomallien analysointi on ainakin toistaiseksi melko pienessä roolissa sähkösuunnittelussa, ei WSP:n ohjelmistovalikoimassa olevaa ja ilmeisesti hyvin toimivaa Solibri Model Checker -ohjelmaa kannata vaihtaa.

Suunnitteluympäristön osalta tutkittiin lähinnä rakenne- ja arkkitehtisuunnittelun kansiorakenteita ja WSP:n valmiita piirustusraameja ja nimiöitä. Muiden suunnittelualojen kansiorakenteiden pohjalta tein sähkösuunnittelulle sopivia alustavia kansiorakenteita. Lisäksi päivitin ja muokkasin valmiita WSP:n piirustusraameja ja nimiöitä sähködokumentointiin sopiviksi. Jatkona suunnitteluympäristön kehittämiseksi voisi olla erilaisten malliasiakirjapohjien luonti, esimerkiksi malliraporttipohja sähkötyöselostusta varten.

Opinnäytetyössä selvitettiin sähkösuunnittelun kannalta olennaisia käytännön asioita, joista osa saatiin alulle ja järjestettyä. Kehitettävää opinnäytetyössä tehtyjen selvitysten osalta on moneltakin osin. Esimeriksi olisi ollut järkevää heti alussa lähestyä eri ohjelmistojen valmistajia ja maksullisten materiaalipankkeja (SFS Online-palvelut ja Severi-palvelut) tarjouspyynnöllä ja siten selvittää ohjelmiston ja palveluiden hintoja. Sähkösuunnitteluohjelmien, johon työn aikana tutustuin, hintoja ei ilmoiteta verkkosivuilla. Ymmärrettävästi ohjelmiston hinta riippuu käyttäjämäärästä ja ohjelmistoon mahdollisesti hankittavista lisäosista ja -sovelluksista sekä yritykselle tehdystä tarjouksesta. Severi-palveluun, jossa ST-kortiston dokumentit ovat käytettävissä, löytyi jonkinlainen hinnasto, mutta SFS Online -palvelun hintaan ei toistaiseksi saatu mitään selvyyttä. Opinnäytetyön selvityksiä olisi voinut tehdä laajemmin myös eri sähköjärjestelmien suunnitteluohjelmistoille. Valaistussuunnittelu on olennainen osa sähkösuunnittelua, joten myös valaistussuunnitteluohjelmia olisi voitu käydä läpi. Koska itsellä ei ole sähkösuunnittelukokemusta, on voinut joitain tärkeitä seikkoja jäädä huomioimatta ja selvittämättä.

Opinnäytetyössä on mielestäni käyty kattavasti sähkösuunnitteluun liittyviä olennaisia asioita läpi ja osa hankinnoista on saatu jo etenemään. Monet asiat tarkentuvat ja selviävät todennäköisesti vasta siinä vaiheessa, kun sähkösuunnittelun liiketoiminta todellisuudessa aloitetaan. Kokemuksen myötä hyvät ja käyttötarkoitukseensa parhaimmat toimintatavat varmasti löytyvät.

## Lähteet

- Asiakastieto WSP Finland Oy. N.d. Verkkosivusto. Viitattu 20.1.2019.  
<https://www.asiakastieto.fi/yritykset/fi/wsp-finland-oy/08754165/taloustiedot>
- CADS Talotekninen sähkösuunnittelu. N.d. Verkkosivusto. Viitattu 25.1.2019.  
<http://www.cads.fi/ohjelmistot/cads-electric/talotekninen-sahkosuunnittelu>
- CCS E<sup>3</sup>.series. N.d. Internetsivusto. Viitattu 26.1.2019.  
<https://www.ccsgroup.com/fi/ccs-group/ohjelmistot/zukenin-e3.series>
- Computer Aided Engineering. N.d. Verkkosivusto. Viitattu 4.4.2019.  
<https://www.designtechcadacademy.com/knowledge-base/computer-aided-engineering>
- Edilex lainsäädäntö. N.d. Verkkosivusto. Viitattu 19.1.2019.  
<https://www.edilex.fi/lainsaadanto/asiasanat/S%C3%A4hk%C3%B6turvallisuus>
- EPLAN Electric P8 Voimaa sähkösuunnitteluun ja insinööriyöhön. N.d. Verkkosivusto. Viitattu 25.1.2019. <https://www.eplan.fi/fi/ratkaisut/saehkoesuunnittelu/eplan-electric-p8/>
- Harjula, S. 2013. Sähkösuunnittelun määräykset ja standardit. Opinnäytetyö, AMK. Automaatiotekniikan koulutusohjelma. Viitattu 18.1.2019.  
<https://docplayer.fi/4883054-Sahkosuunnittelun-maaraykset-ja-standardit.html>
- HILMA julkiset hankinnat. N.d. Työ- ja elinkeinoministeriön verkkosivusto. Viitattu 23.2.2019. <https://www.hankintailmoitukset.fi/fi/>
- Hult, C. 2019. Yrityksen tunnuslukuja vuodelta 2018. Sähköpostiviesti 19.3.2019. Vastaanottaja N. Kempainen.
- Jaakkola, A. 2015. Sähkösuunnitteluohjelmiston valinta suunnittelutoimiston käyttöön. Opinnäytetyö, AMK. Sähkötekniikan koulutusohjelma. Viitattu 25.1.2019.  
[http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/94631/Jaakkola\\_Ansi.pdf?sequence=2&isAllowed=y](http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/94631/Jaakkola_Ansi.pdf?sequence=2&isAllowed=y)
- Juupaluoma, T. 2016. E<sup>3</sup>-suunnitteluohjelmiston soveltuvuus sähkösuunnittelutoimiston erilaajuisiin suunnittelutöihin. Opinnäytetyö, AMK. Sähkötekniikan koulutusohjelma. Viitattu 25.1.2019.  
[http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/113728/Juupaluoma\\_Tuomas.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/113728/Juupaluoma_Tuomas.pdf?sequence=1&isAllowed=y)



Kananen, J. 2015. Opinnäytetyön kirjoittajan opas: Näin kirjoitan opinnäytetyön tai pro gradun alusta loppuun. Jyväskylän ammattikorkeakoulu.

Koponen, S. 2015. Sähkösuunnitteluprosessin kehittäminen. Opinnäytetyö, AMK. Sähkötekniikan koulutusohjelma. Viitattu 18.1.2019.  
[https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/91512/Koponen\\_Sami.pdf?sequence=1](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/91512/Koponen_Sami.pdf?sequence=1)

L 1135/2016. Sähköturvallisuuslaki. Annettu 16.12.2016. Viitattu 18.1.2019.  
<https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2016/20161135>

Laaja, J. 2017. Sähkösuunnittelun CAD-tietomallinnusohje sairaalaympäristöön. Opinnäytetyö, AMK. Sähkötekniikan koulutusohjelma. Viitattu 16.2.2019.  
[https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/136589/Jimmie\\_Laaja.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/136589/Jimmie_Laaja.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

MagiCAD. Nopea ja helppo 3D-sähkösuunnittelu MagiCADillä. N.d. Verkkosivusto. Viitattu 16.2.2019. <https://www.magicad.com/fi/tuki/nopea-ja-helppo-3d-sahkosuunnittelu-magicad-autocadilla/>

MagiCAD Electrical. N.d. Verkkosivusto. Viitattu 25.1.2019.  
[https://www.magicad.com/fi/mc\\_software/magicad-electrical/#ominaisuudet-autocadille](https://www.magicad.com/fi/mc_software/magicad-electrical/#ominaisuudet-autocadille)

NSS Sertifiointi. N.d. Verkkosivusto. Viitattu 18.1.2019.  
<http://www.nssoy.fi/sertifointi>

Ohje pätevyysmenettely. Rakennussähkösuunnittelijan pätevyys. N.d. Verkkojulkaisu. Viitattu 1.3.2019. <http://www.xn--shksuunnittelu-5hb40a.fi/data/uploads/pdf/ohje-patevyysmenettely.pdf>

Rakennuksen tietomalli. N.d. Verkkosivusto. Viitattu 9.2.2019. <https://obo.fi/fi-fi/tuki/Rakennuksen-tietomalli-4220.html>

Rakennussähkösuunnittelijan pätevyys. N.d. Verkkosivusto. Viitattu 18.1.2019.  
<http://xn--shksuunnittelu-5hb40a.fi/>

SFS Kauppa Standardit ja julkaisut. N.d. Verkkosivusto. Viitattu 20.1.2019.  
<https://sales.sfs.fi/fi/index/hakutulos.html.stx>

SKOL ry. N.d. Verkkosivusto. Viitattu 16.2.2019.  
<https://skol.teknologiateollisuus.fi/skol-ry>

SKOL Suhdannekatsaus. Suunnittelu- ja konsultointialan suhdannekatsaus 1/2019. 24.1.2019. Verkkojulkaisu. [https://skol.teknologiateollisuus.fi/sites/skol/files/file\\_attachments/skol\\_suhdanne\\_2019\\_1.pdf](https://skol.teknologiateollisuus.fi/sites/skol/files/file_attachments/skol_suhdanne_2019_1.pdf)

SKOL Tilastot. SKOL liikevaihtotilasto 2017. N.d. Verkkojulkaisu. Viitattu 10.2.2019.  
<https://skol.teknologiateollisuus.fi/tilastot-0>

Solibri Model Checker. Aloittajan opas. 2016. Verkkojulkaisu. Viitattu 17.2.2019.  
<https://solibri-assets.s3.amazonaws.com/old-site/2016/03/9.6-Aloittajan-opas.pdf>

St Sähkötieto ry. N.d. Verkkosivusto. Viitattu 20.1.2019.  
<http://www.sahkotieto.fi/index.php>

ST 41.03. 2013. Pääsuunnittelijan tehtäväluettelo PS12. Rakennustieto Oy. Viitattu 2.3.2019. <https://severi.sahkoinfo.fi/item/5035?search=paasuunnittelija>

ST 41.10. 2017. Taloteknisen suunnittelun tehtäväluettelo TATE18. Sähköinfo Oy. Viitattu 26.1.2019. <https://severi.sahkoinfo.fi/item/461?search=tate18>

Sähköala.fi. Sähkösuunnittelijoiden pätevyydet uudistuvat. 29.12.2015. Internet-sivusto. Viitattu 18.1.2019. [http://www.sahkoala.fi/ammattilaiset/uutiset/uutisarasto/2015/fi\\_FI/291215\\_sahkosuunnittelijoiden\\_patevyydet/](http://www.sahkoala.fi/ammattilaiset/uutiset/uutisarasto/2015/fi_FI/291215_sahkosuunnittelijoiden_patevyydet/)

Sähköala.fi. Tietomallinnus on haaste ja mahdollisuus. 4.5.2016. Verkkosivusto. Viitattu 16.2.2019. [http://www.sahkoala.fi/ammattilaiset/artikkelit/asennukset/fi\\_FI/BIM/](http://www.sahkoala.fi/ammattilaiset/artikkelit/asennukset/fi_FI/BIM/)

Sähkösuunnittelun käsikirja. 2004. Helsinki: Painokurki Oy.

Talonrakennuksen kustannustieto 2011. Tampere: Tammerprint Oy.

Tekla BIMsight. Verkkosivusto. N.d. Viitattu 17.2.2019.  
<https://www.tekla.com/fi/tuotteet/tekla-bimsight>

Tietomallinnus. N.d. Verkkosivusto. Rakennusinsinööriliitto. Viitattu 8.2.2019.  
<http://ril.easypage.fi/fi/alan-kehittaminen/tietomallinnus.html>

Tilastokeskus. Alueellinen yritystoimintatilasto. Verkkosivusto. N.d. Viitattu 9.2.2019. [http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin\\_\\_yri\\_\\_alyr/?rxid=e965e606-46ed-48a8-b61f-d0f5a64b5989](http://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__yri__alyr/?rxid=e965e606-46ed-48a8-b61f-d0f5a64b5989)

Tukes luettelo S10-2019. Sähkölaitteistojen turvallisuutta ja sähkötyöturvallisuutta koskevat standardit. Tukesin verkkojulkaisu. Viitattu 24.2.2019. <https://tukes.fi/documents/5470659/8178747/Luettelo+S10-2019+S%C3%A4hk%C3%B6laitteistojen+turvallisuutta+ja+s%C3%A4hk%C3%B6ty%C3%B6turvallisuutta+koskevat+standardit/aac8d149-4409-7c08-2e5b-f67c33def1b4/Luettelo+S10-2019+S%C3%A4hk%C3%B6laitteistojen+turvallisuutta+ja+s%C3%A4hk%C3%B6ty%C3%B6turvallisuutta+koskevat+standardit.pdf>

Tukes-ohje 16/2017. Sähkölaitteistot ja tarkastukset. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto. Verkkodokumentti. Viitattu 20.1.2019. <https://tukes.fi/documents/5470659/6372867/Tukes-ohje+-S%C3%A4hk%C3%B6laitteistot+ja+tarkastukset/a7ba0010-6bd4-4d97-a737-978db5d53dea/Tukes-ohje+-S%C3%A4hk%C3%B6laitteistot+ja+tarkastukset.pdf>

Työllistymisen näkymät eri ammateissa. 2019. Ammattibarometri. Viitattu 4.4.2019. <https://www.ammattibarometri.fi/kartta2.asp?vuosi=19i&ammattikoodi=2151&kieli=fi#>

Uutela, J. 2018. Keskijännitetöiden kehittäminen urakointiyrityksessä. Diplomityö. Automaation ja sähkötekniikan maisteriohjelma. Viitattu 19.1.2019. [https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/33724/master\\_Uutela\\_Jaakko\\_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/33724/master_Uutela_Jaakko_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Vertex ED. N.d. Verkkosivusto. Viitattu 26.1.2019. <https://www.vertex.fi/web/fi/sahko-ja-automaatiosuunnittelu>

Vesa, J. 2019. Standardointijärjestelmä. SESKO ry. Verkkojulkaisu. Viitattu 20.1.2019. [https://www.sesko.fi/files/1052/Standardointijarjestelma\\_2019.pdf](https://www.sesko.fi/files/1052/Standardointijarjestelma_2019.pdf)

WSP Keitä olemme. 2019. WSP Finland Oy:n verkkosivusto. Viitattu 17.1.2019. <https://www.wsp.com/fi-FI/keita-olemme/>

YTV2012 osa 1. Yleiset tietomallivaatimukset. 2012. Verkkojulkaisu. Viitattu 8.2.2019. [https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012\\_osa\\_1\\_yleinen\\_osuus.pdf](https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_1_yleinen_osuus.pdf)

YTV2012 osa 4. Yleiset tietomallivaatimukset. 2012. Verkkojulkaisu. Viitattu 9.2.2019. [https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012\\_osa\\_4\\_tate.pdf](https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_4_tate.pdf)

## Liitteet

### Liite 1. Sähkösuunnittelijan kelpoisuusvaatimukset

SÄHKÖSUUNNITTELIJAN KELPOISUUSVAATIMUKSET			
Vähäinen suunnittelutehtävä	Tavanomainen suunnittelutehtävä	Vaativa suunnittelutehtävä	Poikkeuksellisen vaativa suunnittelutehtävä
<p>Suorittanut sähköalan ammattitutkinnon ja on lisäksi osallistunut vähintään <b>kolmen</b> vuoden ajan sähkösuunnittelutehtäviin, jotka ovat pääosin vaativuusluokan <i>vähäinen suunnittelutehtävä</i> mukaisia.</p>	<p>Suorittanut soveltuvan sähköalan tutkinnon ja on lisäksi osallistunut vähintään <b>kolmen</b> vuoden ajan sähkösuunnittelutehtäviin, jotka ovat pääosin vaativuusluokan tavanomainen sähkösuunnittelutehtävä mukaisia.</p> <p>Kokemuksesta vähintään 2/3 osaa on hankittu tutkinnon suorittamisen jälkeen.</p> <p>Soveltuvaksi tutkinnoksi katsotaan sähkösuunnitteluun perehdyttävä tekniikan alan korkeakoulututkinto (ins.(AMK), tekniikan kandidaatti, DI) tai sähkövoimatekniikan tekniikan tai insinöörin tutkinto. Soveltuvan korkeakoulututkinnon tai sitä täydentävien opintojen tulee sisältää sähkösuunnitteluun, sähköjärjestelmiin ja sähköturvallisuuteen perehdyttäviä opintoja yhteensä vähintään 30 op.</p>	<p>Suorittanut soveltuvan sähköalan tutkinnon ja on lisäksi vähintään <b>kuuden</b> vuoden sähkösuunnittelukokemus, josta vähintään <b>neljän</b> vuoden kokemus vähintään tavanomaisista sähkösuunnittelutehtävistä (vastuullisena tai avustavana sähkösuunnittelijana) ja vähintään <b>kahden</b> vuoden kokemus avustamista vaativissa sähkösuunnittelutehtävissä.</p> <p>Kokemuksesta vähintään 2/3 osa on hankittu tutkinnon suorittamisen jälkeen.</p> <p>Soveltuvaksi tutkinnoksi katsotaan sähkösuunnitteluun perehdyttävä tekniikan alan korkeakoulututkinto (ins.(AMK), tekniikan kandidaatti, DI) tai sähkövoimatekniikan tekniikan tai insinöörin tutkinto. Soveltuvan korkeakoulututkinnon tai sitä täydentävien opintojen tulee sisältää sähkösuunnitteluun, sähköjärjestelmiin ja sähköturvallisuuteen perehdyttäviä opintoja yhteensä vähintään 40 op.</p>	<p>Suorittanut soveltuvan sähköalan tutkinnon ja on lisäksi vähintään <b>kymmenen</b> vuoden sähkösuunnittelukokemus, josta vähintään <b>kuuden</b> vuoden kokemus vaativista sähkösuunnittelutehtävistä tai avustamisesta poikkeuksellisen vaativissa sähkösuunnittelutehtävissä, sisältäen vähintään <b>neljä</b> vuotta vastuullisena suunnittelijana toimimista vaativissa tehtävissä.</p> <p>Soveltuvaksi tutkinnoksi katsotaan sähkösuunnitteluun perehdyttävä tekniikan alan korkeakoulututkinto (ins.(AMK), DI) tai sähkövoimatekniikan insinöörin tutkinto. Soveltuvan korkeakoulututkinnon tai täydentävien opintojen tulee sisältää sähkösuunnitteluun, sähköjärjestelmiin ja sähköturvallisuuteen perehdyttäviä opintoja yhteensä vähintään 45 op.</p>

## Liite 2. Sähköjärjestelmien suunnittelutehtävän vaativuus

SÄHKÖJÄRJESTELMIEN SUUNNITTELUKÄYTÄVÄN VAATIVUUS			
Vähäinen	Tavanomainen	Vaativa	Poikkeuksellisen vaativa
<p>Suunnittelutehtävä kohteessa on vaatavuudeltaan vähäinen, yksinkertainen ylläpitokorjaus tai normaalien teknisten järjestelmien korjaaminen.</p>	<p>Suunnittelutehtävä on kohteessa, jonka sähkötekniinen järjestelmä on lähtökohdiltaan tavanomainen ja sen suunnittelu ja mitoitus voidaan tehdä tavanomaisia suunnitteluratkaisuja ja yleisiä mitoitusperusteita käyttäen.</p> <p>Suunnittelutehtävä on esimerkiksi korjaus- tai muutostyö kohteeseen, jossa sähkötekniinen järjestelmä uusitaan tavanomaisella tekniikalla, ja jonka sähkösuunnittelutehtävän vaativuus on alun perin ollut luokassa tavanomainen sähkösuunnittelutehtävä.</p>	<p>Suunnittelutehtävä on kohteessa, jossa sähkötekniisen järjestelmän suunnittelu ja mitoitus edellyttää vaativien teknisten ratkaisuiden hallintaa ja soveltamista.</p> <p>Suunnittelutehtävä kohdistuu esimerkiksi rakennukseen tai sen osaan, jossa on sähkötekniisesti vaativia tiloja ja jonka sähköjakelu on vaativa.</p> <p>Suunnittelutehtävä on esimerkiksi korjaus- tai muutostyö kohteeseen, jonka sähkösuunnittelutehtävän vaativuusluokka on alun perin ollut vaativa sähkösuunnittelutehtävä tai joka on historiallisesti tai rakennustaiteellisesti arvokas.</p>	<p>Suunnittelutehtävä on kohteessa, jossa sähkötekniisen järjestelmän suunnittelu ja mitoitus edellyttää erittäin vaativien teknisten ratkaisuiden hallintaa ja soveltamista sekä projektin kokonaishallintaa.</p> <p>Suunnittelutehtävä kohdistuu esimerkiksi rakennukseen tai sen osaan, jossa on sähkötekniisesti poikkeuksellisen vaativia tiloja (esimerkiksi sairaalat leikkaussaleineen, teatterirakennukset, merkittävät julkiset rakennukset) tai kohde on merkittävän laaja ja tekniikaltaan monipuolinen.</p> <p>Suunnittelutehtävä on esimerkiksi poikkeuksellisen vaativa korjaus- tai muutostyö ja se sisältää sähköjärjestelmien ja rakennuksen arkkitehtuurin yhteensovittamista. Kohteen sähkösuunnittelutehtävän vaativuusluokka on alun perin ollut poikkeuksellisen vaativa sähkösuunnittelutehtävä tai kohde on historiallisesti tai rakennustaiteellisesti arvokas.</p>