

TIETOMALLINTAMINEN JA SÄHKÖVERKON
LASKENTA MAGICADILLA

Arola Risto

Opinnäytetyö
Tekniikka ja liikenne
Sähkötekniikka
Insinööri (AMK)

2018

Tekniikka ja liikenne
Sähkötekniikka
Insinööri (AMK)

Tekijä	Risto Arola	Vuosi	2018
Ohjaaja	DI Jaakko Etto		
Toimeksiantaja	SDH Engineers Oy Juha Konttinen		
Työn nimi	Tietomallintaminen ja sähköverkon laskenta MagiCADilla		
Sivu- ja liitesivumäärä	40 + 2		

Tämän opinnäytetyön aiheena oli perehtyä tietomallipohjaiseen sähkösuunnitteluun rakennushankkeessa ja tietomallintamiseen MagiCAD Electrical -sähkösuunnittelusovelluksella.

Lisäksi perehdyttiin ja opeteltiin käyttämään MagiCAD Electrical -sovelluksessa olevia kiinteistön sähköverkonlaskenta ominaisuuksia. Tavoitteena oli saada aikaiseksi oikeita laskentatuloksia ja laadittua mallinuousjohtokaavio tulevia laskelmia varten. Tuloksia verrattiin SDH Engineers Oy:ssä nykyisin käytössä olevaan NOLA -laskentaohjelman tuloksiin.

Opinnäytetyön tuloksena saatiin lisää tietämystä rakennushankkeen tietomallinnuksesta. Tietomallinnusta käytiin läpi Yleiset tietomallivaatimukset 2012:n vaatimusten pohjalta. Tietomallipohjainen sähkösuunnittelu MagiCADilla onnistuu nyt nopeammin ja keskeisemmät suunnittelussa huomioitavat asiat kirjattiin opinnäytetyöhön.

MagiCADin laskentaominaisuuksia opittiin käyttämään ja sillä saatiin hyvin samansuuntaisia laskematuloksia kuin NOLA-laskentaohjelmalla. Nousujohtokaavion malli saatiin laadittua, ja se toimii pohjana tuleville laskelmille. Laskentaominaisuuksien käyttöä ja tutkimusta jatketaan kuitenkin tulevaisuudessa. Koska MagiCADin laskentatoiminnoissa on joitakin rajoittavia tekijöitä, ei ohjelmaa voi pitää yrityksen ainoana laskentaohjelmalla.

Avainsanat

tietomallinnus, IFC, MagiCAD, sähkösuunnittelu

Technology, Communication and Transport
Electrical Engineering
Bachelor of Engineering

Author	Risto Arola	Year	2018
Supervisor	Jaakko Etto, M.Sc.		
Commissioned by	SDH Engineers Oy Juha Konttinen		
Subject of thesis	BIM Design and Calculation of the Electricity Network in MagiCAD		
Number of pages	40 + 2		

The subject of this thesis was to study BIM, Building Information Model, based on electrical designing in a construction project and BIM designing used by the MagiCAD Electrical planning software.

The subject of this thesis was also to familiarize with the calculation of electricity network properties in MagiCAD Electrical and learn how to use it. The objective was to get the correct calculation results and the Main Rising Diagram for future calculations. The results were compared with the results of the NOLA software calculation currently used by SDH Engineers Oy.

The result of the thesis gave additional knowledge of the design of the BIM based building project. The BIM model was followed by General Information Model Requirements 2012 (COBIM2012) based on standards. Computer-based electrical design with MagiCAD is now faster and the more important things to be considered in planning are recorded in the thesis.

How to use the MagiCAD computational features were learned and it gave very similar result as with the NOLA software. The model of the Main Rising Diagram was drawn up and it serves as a basis for future calculations. However, the use and research of the calculation features will continue in the future. Because MagiCAD's accounting functions have some limiting factors, the program cannot be considered as the only computing program for the company.

Key words

BIM, IFC, MagiCAD, electrical design

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	TIETOMALLI JA TIETOMALLINNUS.....	7
2.1	Rakennuksen tietomalli.....	7
2.2	Yleiset tietomallivaatimukset.....	8
2.3	Tietomallintamisen tavoitteet ja hyödyntäminen	9
2.4	Talotekniikan tietomallintamisen suunnitteluvaiheet	10
2.5	Sähkö- ja telesuunnittelun järjestelmämallit	12
2.6	Tietosisältö.....	13
2.7	Yhdistelmämalli.....	14
2.8	IFC-standardi	14
3	TIETOMALLINTAMINEN MAGICAD-OHJELMALLA	16
3.1	MagiCAD AutoCADille	16
3.2	Kerrosasetukset.....	17
3.3	Keskukset	18
3.4	Asennuskalusteet	19
3.5	Valaisimet	20
3.6	Johtotiet	22
3.7	Törmäystarkastelu	24
3.8	IFC-mallin luominen.....	25
4	MAGICAD:IN LASKENTA- JA TARKASTUSTYÖKALUT	27
4.1	Johdon mitoitus ja suojaus.....	27
4.2	Jännitteenaleneman tarkastelu.....	28
4.3	Kaapelien mitoitus ja suojalaitteiden tarkastus	29
4.4	Oikosulkulaskenta ja selektiivisyyden tarkastaminen.....	30
4.5	Laskentaominaisuuksien kokeileminen.....	34
4.6	Laskentaominaisuuksien käyttökokemukset	35
5	POHDINTA	37
	LÄHTEET.....	39
	LIITTEET	40

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

2D	Kaksiulotteinen
3D	Kolmiulotteinen
4D	3D+aika eli sisällytetään 3D-malliin aikatie- dolla kerrotaan, milloin rakennusosat asennetaan ja voi- daan simuloida rakennusvaiheiden etenemisen ajassa
BIM	Building Information Model. Rakennuksen tietomalli, joka on kokonaisuus rakennuksen koko elinkaaren ai- kaisista tiedoista digitaalisessa muodossa
CAD	Computer Aided Design. Tietokoneavusteinen suunnit- telu
COBIM	Common BIM. Senaatti-kiinteistöjen mallintamisohjeiden laajentamis- ja päivittämishanke
DWG	Autodeskin kehittämä tiedostomuoto AutoCAD -ohjel- mistossa
IFC	Industry Foundation Classes. Tietomalliohjelmistojen yhteinen standardoitu formaatti tietomallin kuvaamiseen
LVIS	Lämpö, vesi, ilmanvaihto ja sähkö
TATE	Talotekniikka, joka on yhteisnimitys kiinteistön teknisille palveluille, järjestelmille ja laitteille
YTV2012	Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Mallinnusohjeet tie- tomallien suunnittelua varten

1 JOHDANTO

Tämä opinnäytetyö tehdään SDH Engineers Oy:lle ja sen tavoitteena on perehtyä tietomallipohjaiseen sähkösuunnitteluun rakennushankkeessa sekä tehdä tietomallinnusta MagiCAD-ohjelmalla. Lisäksi työssä opetellaan käyttämään MagiCADin laskentaominaisuuksia.

Tietomallintamisen osaaminen on yhä tärkeämpää yrityksen menestyksen kannalta, koska tietomallipohjainen suunnittelu lisääntyy tulevaisuudessa. Lisäämällä osaamista MagiCADilla tehtävään tietomallintamiseen tulevat sähkösuunnitteluprojektit, joissa vaaditaan tietomallintamista, voidaan tehdä nopeammin ja varmemmin.

Ensimmäisessä luvussa perehdytään tietomallintamiseen rakennushankkeessa yleisesti ja sen tavoitteisiin ja hyötyihin. Se jälkeen tutustutaan talotekniikan tietomallinnuksen eri vaiheisiin sekä mallinnusvaatimukseen Yleiset tietomallivaatimukset 2012 ohjeiden kautta.

Toisessa luvussa tehdään tietomallinnusta MagiCAD Electrical -sähkösuunnittelu-sovelluksella, esitellään ja kirjataan ylös keskeisimpiä asioita, mitä pitää ottaa huomioon tehtäessä tietomallinnusta sovelluksella. Tavoitteena on nopeuttaa suunnittelutyöhön käytettyä aikaa, kun käytetään tietomallinnusta.

Kolmannessa luvussa opetellaan käyttämään MagiCAD Electrical -sovelluksen kiinteistön sähköverkon laskenta- ja tarkastustyökaluja, jotta niillä saataisiin tehtyä oikeita laskelmia. Tarkoitus on tehdä mallinuousjohtokaavio pohjaksi tulevia laskelmia varten. Tulosten oikeellisuus tarkastetaan tekemällä muutamia vertailevia oikosulku- ja jännitteenalenemalaskelmia yrityksellä nykyisin käytössä olevaan NOLA -laskentaohjelmaan. Yksi tarkoitus on myös käyttää MagiCAD-ohjelman kaikkia ominaisuuksia hyödyksi, koska siitä kuitenkin lisenssimaksuja maksetaan.

2 TIETOMALLI JA TIETOMALLINNUS

2.1 Rakennuksen tietomalli

Rakennuksen tietomalli (engl. Building Information Model, BIM) on rakennuksen ja rakennusprosessin koko elinkaaren aikaisten tietojen kokonaisuus. Tiedoista muodostetaan kolmiulotteinen digitaalinen malli itse rakennuksesta, rakentamiseen käytetyistä tuotteista ja tuotteiden ominaisuuksista. (VTT 2009, 25.)

Rakennushankkeen tietomallipohjainen tiedonhallinta liittyy yhteen suunnittelussa, tuotevalmistuksessa, rakentamisessa ja rakennusten käytössä ja ylläpidossa tarvittavat tiedot. Tietomallintaminen muuttaa rakennuksen suunnittelun perinteisestä viivapiirtämisestä 3D-suunnitteluksi. Suunnittelu tapahtuu tuoterakenteiden ja tuoteosien avulla. Tuoterakenteet sisältävät tietoa esimerkiksi materiaali-, lämmöneristävyys-, lujuus- ja ympäristöominaisuuksista. Jos tietomalliin tuoterakenteisiin kytketään aikataulut, on kyseessä 4D-suunnittelu. (ST 13.28, 2009.)

Tietomallisuunnittelun keskeinen idea on hyödyntää suunnitelmatiedostoon sisältyvää geometriatietoa ja muuta tietosisältöä sähköisesti eri käyttötarkoituksiin sekä suunnittelussa että tuotannossa. Käytännön rakennushankkeissa havaitut tietomallintamisen hyödyt ovat liittyneet suunnittelu-rakentamisprosessissa erityisesti 3D-suunnitelmien havainnollisuuteen, geometriatiedon parempaan hallintaan ja mittavirheiden vähentymiseen, kuvatuotannon helpottumiseen sekä tietomallin hyödynnettävyyteen määrä- ja kustannuslaskennassa, energia-, valaistus- ja palosimuloinneissa sekä markkinointimateriaalien tuottamisessa. Havainnollisuutta on voitu hyödyntää oman suunnittelutyön tukena, mallien yhdistämisen jälkeen eri suunnittelualojen suunnitelmien yhteensopivuustarkasteluissa, työmaalla esim. rakennesuunnitelmien 3D-havainnollistuksina sekä visualisointien jälkeen markkinointikuvina. (VTT 2009, 25.)

Tietomallista saadaan otettua ulos halutut dokumentit halutulla tietosisällöllä. Rakennuksen tietomalli perustuu käsitteensä mukaisesti tietoon ja mallintamiseen. Mallintamisen lopputuloksena on virtuaalinen yhdistelmämalli rakennuksen kaikista järjestelmistä. Tietomallintamisen keskeisiä avainasioita ovat tietosisällön hyödyntäminen ja sen helppo saatavuus mallista. (Laaja 2017, 15,16.)

2.2 Yleiset tietomallivaatimukset

Suomessa tietomallipohjaisen suunnittelun perustaksi on julkaistu sarja Yleiset tietomallivaatimukset 2012, joka syntyi rakennustietosäätöön vuonna 2011 aloittaman COBIM-hankkeen tuotoksena. Rakennushankkeen kaikissa vaiheissa osapuolilla on tarve määritellä entistä täsmällisemmin mitä ja miten mallinnetaan. Yleiset tietomallivaatimukset 2012 -julkaisusarjan lähtökohtana ovat olleet tilaajaorganisaatioiden aikaisemmat ohjeet ja niistä saadut käyttökokemukset sekä ohjeitten kirjoittajien seikkaperäinen kokemus mallipohjaisesta toiminnasta. (YTV2012 osa 4. ; Lankinen 2017.)

Jokaisen tietomallihankkeen osapuolen on tutustuttava oman alansa vaatimusten lisäksi ainakin YTV2012 yleiseen osuuteen (osa 1) sekä laadunvarmistuksen periaatteisiin (osa 6). Projektia tai projektin tiedonhallintaa johtavan henkilön on hallittava tietomallivaatimusten periaatteet kokonaisuutena. (YTV2012 osa 4, 6.)

Yleiset tietomallivaatimukset 2012 kattavat uudis- ja korjausrakentamiskohteet sekä rakennusten käytön ja ylläpidon. Mallinnusvaatimuksissa esitetään vähimmäisvaatimukset mallinnukselle ja mallien tietosisällölle. Vähimmäisvaatimukset on tarkoitettu noudatettavaksi kaikissa rakennushankkeissa, joissa näitä vaatimuksia halutaan käyttää. Vähimmäisvaatimusten lisäksi voidaan esittää lisävaatimuksia tapauskohtaisesti. Mallinnusvaatimukset ja -sisältö on esitettävä kaikissa suunnittelusopimuksissa sitovasti ja yhdenmukaisesti. (YTV2012 osa 4.)

Suunnittelija on vastuussa oman työnsä vaatimusten- ja sopimuksenmukaisuuden tarkastamisesta. Tietomallit voidaan tarkistaa prosessin aikana myös kolmannen osapuolen toimesta. (YTV2012 osa 4.)

YTV2012 osassa 4 kuvattuja tietomallinnuksen vaatimuksia voidaan vaatia suoritettavaksi, kun ko. toimeksianto on suunnittelijalta tilattu joko TATE-tehtäväluetelon tai erillisen, tehtäväkohtaisesti yksilöityjen suunnittelun tarjouspyyntöasiakirjojen mukaisesti. (YTV2012 osa 4.)

2.3 Tietomallintamisen tavoitteet ja hyödyntäminen

Yleiset tietomallivaatimukset 2012 mukaan rakennusten tietomallinnuksessa tavoitteena on suunnittelun ja rakentamisen laadun, tehokkuuden, turvallisuuden ja kestäväen kehityksen mukainen hanke- ja elinkaari-prosessin tukeminen. Laadittuja tietomalleja hyödynnettäisiin koko kohteena olevan rakennuksen elinkaaren ajan lähtien suunnittelusta aina rakennuksen käyttöön. (YTV2012 osa 1.)

Malleille ja mallien hyödyntämiseksi on asettava hankekohtaiset painopistealueet ja tavoitteet, jotta voidaan taata mallinnuksen onnistuminen. Mallinnuksen tavoitteena on muun muassa sitouttaa osapuolet hankkeen tavoitteisiin mallien avulla, havainnollistaa suunnitteluratkaisuja, auttaa suunnittelua ja niiden yhteensovittamista, varmistaa ja nostaa rakennusprosessin ja lopputuotteen laatua sekä parantaa turvallisuutta rakentamisen aikana ja elinkaarella. Kuviossa 1 on esitettyä tietomallipohjaisen suunnittelun rakenne kiinteistön elinkaarella. (YTV2012 osa 1. ; Laaja 2017, 15.)



Kuvio 1. Tietomallin rakenteen kehitys kiinteistön elinkaaren ajalta (Laaja 2017, 15.)

Käytettäessä sähkösuunnittelussa 3D-mallinnusta suunnitelmien lopputulos on tarkempi, yksityiskohtaisempi ja realistisempi kuin perinteisissä 2D-tasokuvissa. Sähkön eri järjestelmien realistinen mallintaminen mahdollistaa valittujen laitteiden sopivuuden tarkastelun jo suunnitteluvaiheessa, niin fyysisten tilavaatimusten kuin ratkaisun teknisten ominaisuuksien kannalta. 3D-mallinnus mahdollistaa

myös näyttävämmät projektin visualisoinnit asiakkaille ja muille sidosryhmille. (MagiCAD 2017.)

2.4 Talotekniikan tietomallintamisen suunnitteluvaiheet

Rakennushankkeen suunnittelunaikainen talotekninen eli TATE-tietomallinnus jakautuu kahteen pääalueeseen: ehdotus- ja yleissuunnitteluvaiheeseen sekä toteutussuunnitteluvaiheeseen (Laaja 2017, 16).

Ehdotussuunnitteluvaiheessa haetaan sopivinta perusratkaisua alustavasti olevilla vaihtoehtoisilla suunnitelmilla ja käydään läpi erilaisia vaihtoehtoisia ratkaisuja. Arkkitehti suunnittelee ja mallintaa kohteen tiloja, rakennuksen massoittelua ja kohteen ulkoasua riittävällä tarkkuudella päätöksentekoa varten. (Penninkangas 2013, 11.)

Talotekniikan suunnittelijat laativat alustavat järjestelmämallit, joissa kuvataan eri järjestelmien pääreitit, tilaa vievät kanavat ja johtoreitit. Lisäksi talotekniikan tietomallitehtäviä tässä vaiheessa ovat palvelualuekaaviot, mallihuoneet, 2D-leikkaukset ja tilavaraukset. (Penninkangas 2013, 11.)

Kuviossa 2 on esitetty ehdotus- ja yleissuunnitteluvaiheen aikaisia talotekniikka-suunnittelijan tietomallinnustehtäviä.



Kuvio 2. TATE-suunnittelijan tehtävät tietomallinnuksen ehdotus- ja yleissuunnitteluvaiheessa (Laaja 2017, 17.)

Toteutussuunnitteluvaiheessa suunnitelmat tarkennetaan urakkatarjouspyyntöjen edellyttämään tarkkuustasoon ja mallit tarkentuvat yksityiskohtaisilla tyyppitiedoilla. Tietomallien avulla tehtävä visualisointi ja analyysit tukevat kommunikointia ja päätöksentekoa. Toteutussuunnitteluvaiheen lopussa toteutussuunnitelmat hyväksytään sellaisessa laajuudessa, että voidaan siirtyä rakennushankkeen valmisteluvaiheeseen ja urakkatarjouskyselyihin. (Penninkangas 2013, 12.)

Kuviossa 3 on toteutussuunnitteluvaiheenaikaisia TATE-suunnittelijan tietomallinnustehtäviä.



Kuvio 3. TATE-suunnittelijan tehtävät tietomallinnuksen toteutussuunnitteluvaiheessa (Laaja 2017, 18.)

Eri suunnittelualojen malleista muodostuvalla yhdistelmämallilla tehdään toteutussuunnitteluvaiheessa TATE-järjestelmien törmäystarkasteluja, järjestelmien ja rakenteiden törmäystarkasteluja, järjestelmille varattujen tilojen riittävyden tarkasteluja ja reikä- ja varaussuunnittelua. Tarkastetusta mallista voidaan tuottaa määräluetteloita, joita voidaan hyödyntää myös urakkatarjousvaiheessa. (Penninkangas 2013, 13.)

Tietomalliselostuksessa kerrotaan ohjelmistot sekä niiden versiot, joita tietomallin tekemiseen on käytetty. Selostuksessa myös kerrotaan, mitä objekteja on mallin-

nettu ja millä tietosisällöillä sekä geometriatarkkuudella. Lisäksi kerrotaan käytettävät nimikkeistöt ja kuvatasot. Selostusta ylläpidetään mallinnuksen ja rakentamisen aikana. (Penninkangas 2013, 18.)

2.5 Sähkö- ja telesuunnittelun järjestelmämallit

Yleiset tietomallivaatimukset 2012 osa 4 listaa yleiset mallinnusperiaatteet sähkö- ja telejärjestelmille seuraavasti:

- **Sähköjakelujärjestelmät**

Muuntajat, kytkinlaitokset, pääkeskukset, virtakiskot ja näihin verrattavat laitteistot mallinnetaan vähintään laitteistojen oikeita tai tarvittaessa suunnittelijan arvioimia mittoja vastaavilla yksinkertaisilla 3D-objekteilla. (YTV2012 osa 4, 28.)

- **Keskukset**

Jako- ja ryhmäkeskukset, ristikytkentäkaapit ja näihin verrattavat laitteistot mallinnetaan vähintään laitteistojen oikeita tai tarvittaessa suunnittelijan arvioimia mittoja vastaavilla yksinkertaisilla 3D-objekteilla. (YTV2012 osa 4, 29.)

- **Johtotiet**

Kaapelihyllyt, ripustuskiskot, johtokourut ja lattiakanavat mallinnetaan niiden todellista kokoa vastaavien mittojen mukaisilla objekteilla. (YTV2012 osa 4, 29.)

- **Valaisimet**

Valaisimet mallinnetaan ensisijaisesti käyttäen sovellusohjelman tarjoamaa valmistajan objektkirjastoa. Jos haluttua tuotetta ei löydy, käytetään valaisintyyppiä vastaavien mittojen mukaista valaisintyyppiä tai 3D-objektia. (YTV2012 osa 4, 29.)

- **Asennuskalusteet**

Kytkimien, pistorasioiden, ilmaisimien ja muiden vähän tilaa vaativien komponenttien 3D-geometriaa ei vaadita mallinnettavaksi muuta kuin erikseen sovituissa mallihuoneissa sekä esim. alakattoasennuksissa. Asennuskaapeleiden ja -putkituksien 3D-geometriaa ei vaadita mallinnettavaksi edes mallihuoneissa. Asennuskalusteita ei huomioida törmäystarkasteiluissa. (YTV2012 osa 4, 29-30.)

- **Turvajärjestelmät**

Mikäli projektissa päätetään mallintaa turva- ja valvontajärjestelmiä, ne mallinnetaan omaan malliinsa. Myös turva- ja valvontajärjestelmien IFC-tiedostot pidetään muista järjestelmistä erillään. Kaikesta turvajärjestelmiä koskevien tietojen ja tiedostojen suojaamisesta ja julkaisemisesta päättää tilaaja. (YTV2012 osa 4, 30.)

- **Rakennusurakan hankinnat**

Savunpoistoluukkujen ohjauskeskukset, oviohjauskeskukset sekä muut sähköurakaan kuulumattomat laitteistot mallinnetaan yksinkertaisilla 3D-objekteilla suunnittelijan senhetkisen tiedon tai arvion mukaisilla mitoilla. Mikäli nämä laitteet vaaditaan mallinnettavaksi todellisten asennettavien laitteistojen mukaisilla mitoilla ja/tai 3D-objekteilla, siitä täytyy sopia erikseen. (YTV2012 osa 4, 30.)

2.6 Tietosisältö

Tietomalli pitää sisällään muutakin kuin komponenttien 3D-mallin. Kaikille käytettäville komponenteille tulee antaa tietosisältö. Valaisimille, pistorasioille ja kytkimille annetaan niiden tuotetiedot. Keskuksille, pumpuille ja moottoreille annetaan niiden tuotetiedot sekä järjestelmätunnus. Järjestelmätunnusjärjestelmän suunnittelija hyväksyttää tilaajalla. Voi myös olla, että projektissa käytetään rakennuttajan omaa järjestelmätunnusjärjestelmää. Kaapelihyllyjen ja johtokourujen tietosisältö on tuote- ja kokotiedot. (YTV2012 osa 4.)

Liitteenä 1 olevassa taulukossa on lueteltu vähimmäisvaatimukset eri sähköjärjestelmien mallinnuksesta, geometrian tarkkuustasosta ja tietosisällöstä suunnittelun eri vaiheissa.

2.7 Yhdistelmämalli

Eri suunnittelijoiden malleista tehdään yhdistelmämalli, jolla voidaan havainnollistaa suunnitelmia, tarkastella suunnitelmien yhteensopivuutta ja välttää eri järjestelmien risteilyä. Mallinnuksessa on käytettävä sellaista geometrian tarkkuustasoa, että laitteet ovat asennettavissa mallin avulla, sen vuoksi pienet risteämiset sallitaan. (YTV2012 osa 4, 32,33.)

TATE-suunnittelijat tekevät teknisistä järjestelmistä yhteensovitustarkastelut kaikkien TATE-järjestelmämallien kesken. Sen jälkeen niitä tarkastellaan rakenne- ja arkkitehtimalleja vastaan. Virallinen tarkastus tehdään suunnittelijoiden yhteistyönä tai kolmannen osapuolen tekemänä. Oman IFC-tiedoston TATE-suunnittelija toimittaa törmäystarkasteluihin tarkastuksen suorittavalle osapuolille. (YTV2012 osa 4, 36.)

Projektiokohtaisesti voidaan sähkön asennuskalusteiden 3D-mallinnuksesta ja viemisestä yhdistelmämalliin sopia ja tällöin se täytyy olla mainittu suunnittelusopimuksessa. (YTV2012 osa 4, 29.)

2.8 IFC-standardi

Tietomallien tiedonsiirtoa varten on kehitetty erityisesti rakennusten suunnitteluun kansainvälinen IFC-standardi. IFC-tiedostomuoto mahdollistaa rakennuksen 3D-tietomallin jakamisen ja tiedonsiirron eri suunnitteluohjelmistojen, suunnittelualojen ja projektin osapuolten välillä. Suunnitteluohjelmistot saavat IFC-ominaisuuksista sertifikaatin, jonka myöntää kansainvälinen BuildingSMART-organisaatio. Organisaatio johtaa standardointityötä rakennusten tietomallinnuksen saralla. (BuildingSMART 2016.)

Suomessa BIM-vaatimusten laadintaa ja tietomallinnusta kehittää BuildingSMART Finland. BuildingSMART Finland on suomalaisten kiinteistö- ja infra-alan omistajien ja palvelujen tuottajien muodostama yhteistyöfoorumi. Mukana

ovat omistajien lisäksi laajasti suunnittelijat, urakoitsijat, ohjelmistotalot, yliopistot ja korkeakoulut ja muut rakennusalan yritykset. Foorumin tarkoituksena on levittää tietoa tietomallintamisesta ja tukea toiminnassa mukana olevia tietomallipohjaisten prosessien käyttöönotossa. (Laaja 2017, 25.; BuildingSMART 2016.)

Uusin tiedonsiirtoon käytettävä formaatti on IFC versio 4, mutta yleisesti käytetään kuitenkin IFC 2x3 versiota. YTV2012 mukaan julkisissa hankkeissa käytettävien ohjelmistojen on oltava vähintään IFC 2x3-sertifikoituja. (YTV2012 osa 1, 6.)

3 TIETOMALLINTAMINEN MAGICAD-OHJELMALLA

3.1 MagiCAD AutoCADille

MagiCAD on suomalaisen ohjelmistoyhtiö Progman Oy:n kehittänyt AutoCAD-ohjelman päällä toimiva suunnitteluohjelmisto talotekniikan suunnittelijoille. MagiCAD on ainoa suomalainen LVIS-suunnitteluohjelmisto, joka on saanut kaikki talotekniikkasuunnittelun osa-alueet kattavan IFC 2x3 CV 2.0 MEP Export -sertifiikaatin. (MagiCAD 2017.)

MagiCADin tarjoamat älykkäät 3D-tuotetietomallit sisältävät tarkat mitat ja kattavan teknisen tuotetiedon. MagiCADin yli miljoonan oikean talotekniikkatuotteen valikoima on maailman suurin LVIS-tuotetietokanta, jonka sisältämät tietomallit mittoineen ja tietoineen ovat laitevalmistajien hyväksymiä. (MagiCAD 2017.)

MagiCAD-ohjelmassa käytetään projektitiedostoa, joka sisältää tiedot käytettävistä tuotteista, kuten valaisimista ja pistorasioista. Tuote sisältää erinäisiä tietoja, kuten valmistaja, teho, 2D-piirrosmerkin ja 3D-mallin. Näiden tietojen perusteella tuote esitetään suunnitelmakuvassa ja IFC-tiedostossa. MagiCAD-ohjelmistolla luodun IFC -mallin tietosisältöä voidaan tarkastella tietomallien katselu- ja analysointiohjelmilla.

Ohjelmassa kaikkien objektien ominaisuuksia pystytään muuttamaan niiden piirustukseen asettelun jälkeen. Suunnitelmaa pystytään tarkentamaan suunnittelun edetessä antamalla objekteille tietosisältöä ja muuttamalla geometriatietoja.

Tässä luvussa käsitellään keskeisempiä asioita, joita pitää ottaa huomioon tehtäessä tietomallipohjaista sähkösuunnittelua ja miten saadaan IFC-tiedosto luotua MagiCAD Electrical-sovelluksella. Electrical-sovellus on tietomallipohjaiseen sähkösuunnitteluun kehitetty ohjelma. Ohjelmasta käytetään versiota 2018, joka on käytössä SDH Engineers Oy:ssä.

3.2 Kerrosasetukset

Tietomallinnusprojektin alussa määritellään kerrostiedot ja origo. Ilman tietoa kerroksien korkeuksista, sijainneista sekä origosta ei IFC-tiedoston luonti ohjelmalla onnistu, eikä myöskään yhdistelmämallin tekeminen onnistu oikein.

Jokaiselle suunnittelukuvalle, eli dwg-tiedostolle, asetellaan omat kerrostiedot. Tällöin ohjelma tietää mihin kerrokseen kyseinen kuva kuuluu, vaikka kerroksen dwg-tiedoston origo onkin nolla (0) korossa. Yleensä yksi kuva, dwg-tiedosto, vastaa yhtä kerrosta rakennuksessa. Tiedot asetetaan Storey properties -toiminnossa. (Kuvio 5.) Storey origin in building- kohdassa kerrokselle annetaan nimi ja paikka rakennuksessa (X, Y ja Z -koordinaatit). Storey origin in dwg-kohdassa määritellään kerroksen paikka kuvassa.

Kerrostiedot voidaan tuoda myös arkkitehdin IFC-tiedostosta MagiCAD:n mukana tulevalla Room-sovelluksella ja sen IFC-import toiminnolla. Sen jälkeen oikea suunnittelukuvassa käytettävä kerrostieto valitaan Select-napilla (Kuvio 5). Kerrostiedot kannattaa tuoda arkkitehdin IFC-tiedostosta, koska tällöin kerroskorkeudet ovat varmasti oikein. Arkkitehdin IFC-mallista voidaan Room-sovelluksen avulla tuoda myös rakennuksen rakenteet, kuten seinät, ikkunat ja ovet dwg-tiedostoon, jolloin sitä voidaan katsoa kolmiulotteisesti AutoCAD ohjelmassa.

Kuvio 5. Kerrostietojen määrittelyt.

3.3 Keskuksset

Keskuksset määritellään Switchboard Properties-toiminnolla (Kuvio 6.). Dimensi-
ons-kohtaan annetaan keskuksen todelliset mitat sekä korkeus lattian tasosta.
Piiirustuksessa keskus näkyy 3D-blokkina (Kuvio 7). IFC-tiedostoon viedään geo-
metriatietojen lisäksi myös mm. tunnus (Code), järjestelmä (System), IP-luokka
(IP class).

MagiCAD-E - Switchboard Properties

General

Code:

Description:

Is dummy (original is in another drawing)

System: Sähkön pääjakelujärjestelmät

Status:

Installation:

IP class:

EXE class:

Running index:

Dimensions

Width [mm]:

Depth [mm]:

Height [mm]:

Elevation:

Object Variables

O1:

O2:

Earthing

N PE PEN

Power inputs

Voltage [V]:

Expansion surplus [%]:

Calculate power values from circuits

Use manually given power values

Power values including surplus

Total active power [kW]:

cos phi:

Total apparent power [kVA]:

Total reactive power [kVAR]:

Max active power [kW]:

Cos phi of max power:

Max apparent power [kVA]:

Max reactive power [kVAR]:

Three phase short circuit

Set 3~ start values

Ik3p_net [A]:

Ip_net [A]:

Ip_net_lim [A]:

Single phase short circuit

Set 1~ start values

Ik1p_net [A]:

Tripping time overdrive [s]:

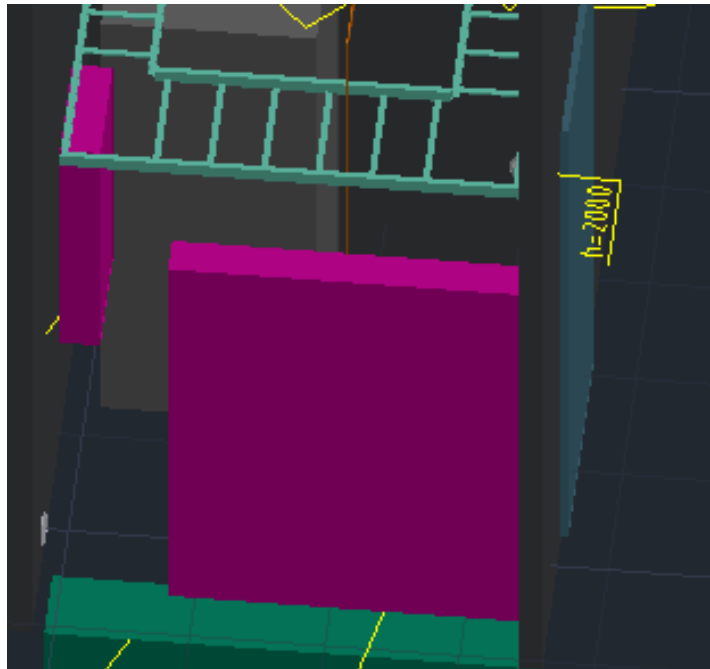
Voltage drop

Voltage drop [V]:

Voltage drop [%]:

Symbol

Kuvio 6. Keskuksen määrittelyt.



Kuvio 7. Keskus 3D-blokkina dwg-kuvassa.

Tietojärjestelmän isot laitteet kuten ristikytkentäkaapit ja valvonta-alakeskukset (VAK) mallinnetaan Main units -valikon kautta. Tuotteelle annetaan mitat Dimension kohtaan ja 3D-symboliksi valitaan laatikko (Box).

3.4 Asennuskalusteet

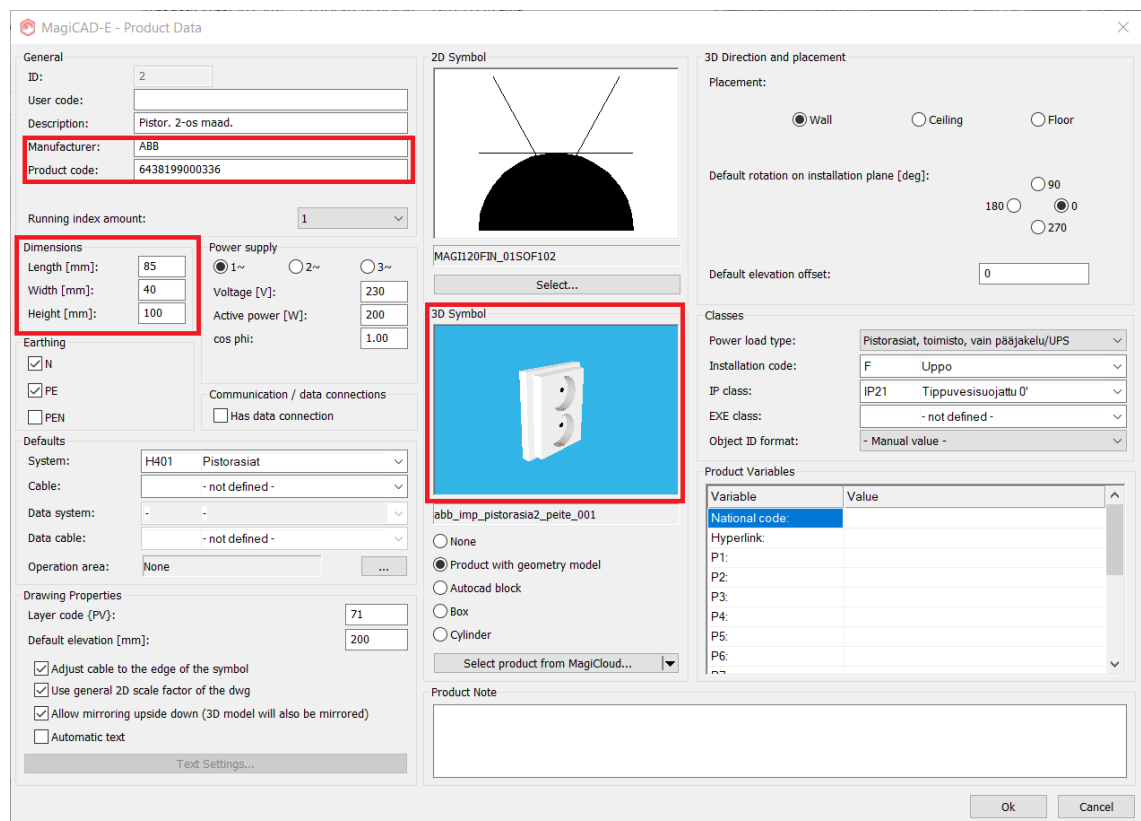
Kuviossa 8 on asennuskalusteiden määrittely ikkuna. Tietomallinnuksen kannalta tärkein on määrittellä 3D-symboli, joka näkyy visuaalisesti IFC-tiedostossa. Tässä voidaan määrittellä IFC-tiedostoon vietäviksi myös mm. valmistaja, tuotekoodi, sähkötekniset ominaisuudet ja IP-luokka. Suunnitteluvaiheessa valmistajan tiedot jätetään usein tyhjäksi, koska valmistajaa ei suunnitteluvaiheessa yleensä tiedetä. Muutenkin suunnittelu voidaan tehdä käyttäen niin sanottuja yleisiä 3D-symboleita, koska niiden koko ja visuaalisuus on siinä vaiheessa riittävä.

Tässä kohdassa tuotteen mitoilla ei ole merkitystä 3D-symbolin kokoon, vaan tuotteen koko tulee valitun 3D-symbolin mukaan.

3D Direction and placement -kohdasta symbolien oletus sijoituspaikaksi voidaan valita seinä, katto tai lattia sekä oletus asennuskulman voi asettaa 0, 90, 180 tai

270 astetta. Näitä asetuksia voi muuttaa myös ennen symbolin sijoittelua Change 3D placement and rotation.. -kohdasta.

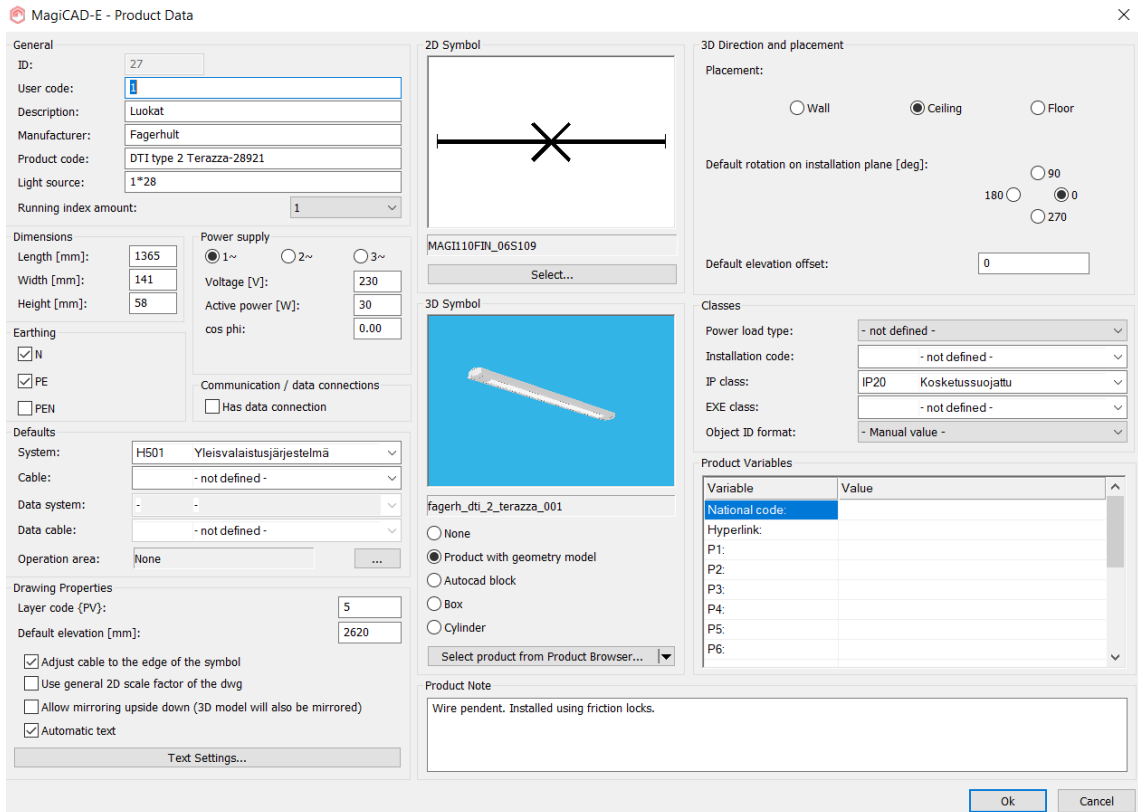
Asennuskalusteiden sijoittelussa piirustukseen on MagiCADissa huomioitava, että niiden 2D- ja 3D-symboli ovat erilliset ja niitä voidaan liikuttaa toisista riippumatta. 3D-symboli on oletuksena sidottu 2D-symbolin kiinnityspisteeseen asennettaessa. Tämä on erityisesti huomioitava piirrettäessä pistorasioita vierekkäin tai esim. kytkimiä seinälle, tällöin täytyy 3D-symbolia muistaa siirtää oikeaan kohtaan Move Device Symbol-toiminnolla.



Kuvio 8. Asennuskalusteiden tuotetietomäärittely

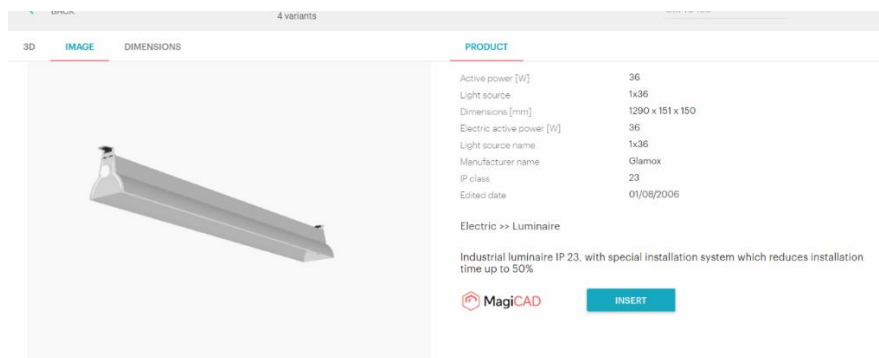
3.5 Valaisimet

Kuviossa 9 on valaisinten määrittelyikkuna. Valaisimet mallinnetaan ensisijaisesti käyttämällä oikeita valaisimen tuotetietoa. Mikäli oikeaa tuotetta ei ole käytetään MagiCADissa vastaavan kokoisia yksinkertaisia 3D-objekteja, tällöin valitaan laatikko (Box) tai sylinteri (Cylinder) ja annetaan mitat.



Kuvio 9. Valaisinten tuotemäärittäykset.

Oikeiden valaisinten tiedot haetaan tuotetietokannasta (Product Browser) tai MagiCloud-pilvestä. Tuotetietokannoissa on valmiiksi mallinnettuja eri valmistajien valaisimia, jotka sisältävät realistiset mitat, tehotiedot, IP-luokan, tuotekuvaksen ja mahdollisesti linkin valmistajan nettisivuille. Kuviossa 10 on Glamox GIR T5 teollisuusvalaisimen tiedot MagiCloud pilvessä.



Kuvio 10. Glamox GIR T5 -teollisuusvalaisimen tiedot MagiCloud pilvessä.

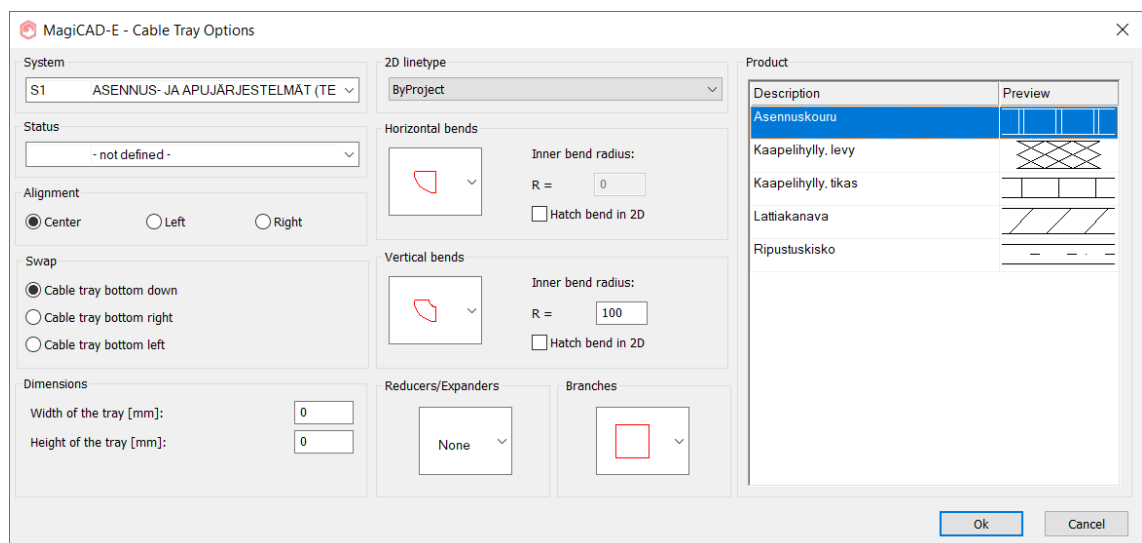
3D-symboli voidaan tuoda myös AutoCAD blokkina, mikäli valmista tuotetta ei löydy tuotetietokannasta. 3D-blokin voi tehdä itse tai hakea valmistajan sivuilta valmiin. Blokki pitää tallentaa dwg-muodossa 3DSymbols -hakemistoon, josta se voidaan ohjelmalla hakea.

MagiCADilla mallinnettaessa on tärkeää, että geometrialtaan oikea tuote sijoitetaan tarkasti sen oikeaan asennuspaikkaan ja asennus korkeuteen. On otettava huomioon, että valaisimien 2D-piirrosmerkki ja 3D-malli vastaavat mitoiltaan toisiaan. On nimittäin mahdollista, että IFC-malliin tulee eri pituusmittainen valaisin kuin 2D-piirustukseen. Tämä voidaan estää valitsemalla mittojen mukaan skaalautuva 2D-piirrosmerkki.

3.6 Johtotiet

Johtotiet piirretään pohjapiirustukseen todellisia mittoja käyttäen, oikealle sijainnille ja asennuskorkeudelle. Myös pystyhylyosuudet on muistettava piirtää. Suunnitteluvaiheessa pyritään kiertämään muiden järjestelmien laitteita, kuten ilmanvaihtokanavia ja palkkeja. MagiCADissa on toiminto, jolla ylitykset tai alitukset voidaan tehdä myös jälkikäteen.

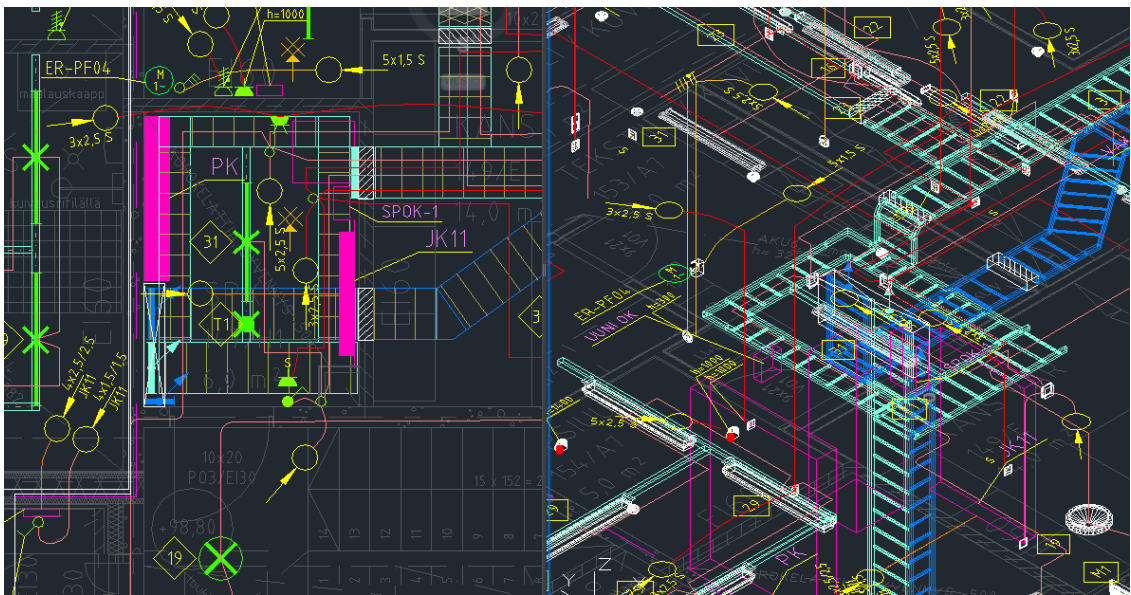
Johtoteiden piirto aloitetaan Cable Trays -toiminnolla (Kuvio 11). Aukeavasta valikosta päästään valitsemaan johtotien tyyppi kaapelihylly, johtokanava, ripustus-kisko tai lattiakanava. Johtotien mittoja voi tarvittaessa muuttaa, mikäli oletuksena oleva mitta ei ole oikea.



Kuvio 11. Johtoteiden määrittelyt.

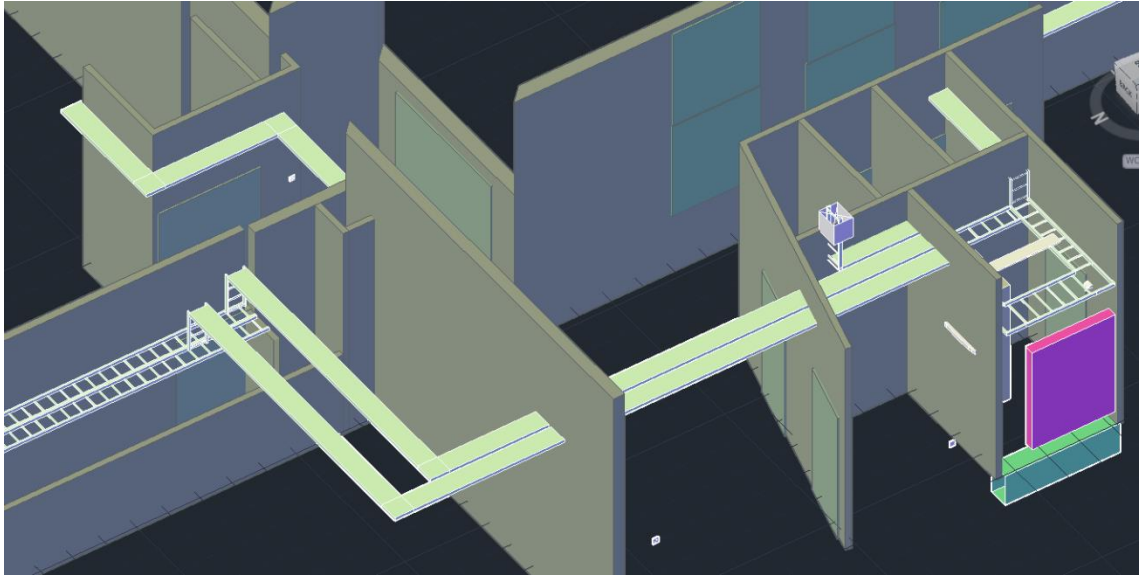
Johtoteiden leveyttä ja korkeusasemaa pystytään muokkaamaan piirtämisen jälkeen. Niitä voidaan myös katkaista, venyttää tai muuttaa kokonaan eri tuotteeksi.

Suunnittelussa on hyvä käyttää AutoCADin jaettua näyttötilaa (Kuvio 12) ja asettaa toiseen näkymään 2D-näkymä (vasemmalla) ja toiseen 3D. Tämä helpottaa hahmottamaan, miten symbolit piirustuksessa on, kun niitä sijoittelee kolmiulotteisesti. Tämän lisäksi kannattaa laittaa 3D-näkymään Viewport Preferences-toiminnossa 3D-esitytapa kaapelihyllyille ja keskuksille.



Kuvio 12. AutoCADin jaettu näyttötila.

Kuviossa 13 on 3D näkymä MagiCADillä mallinnetuista sähkökomponenteista. Tähän kuvaan on tuotu Room-sovelluksella arkkitehdin IFC-tiedostosta seinät, mutta toiminnossa on vielä puutteita. Se ei pysty tuomaan kuvaan kaarevia objekteja, kuten kuvassa edestä puuttuu kaarevaa seinää.



Kuvio 13. 3D-näkymä MagiCADilla mallinnetuista sähkökomponenteista.

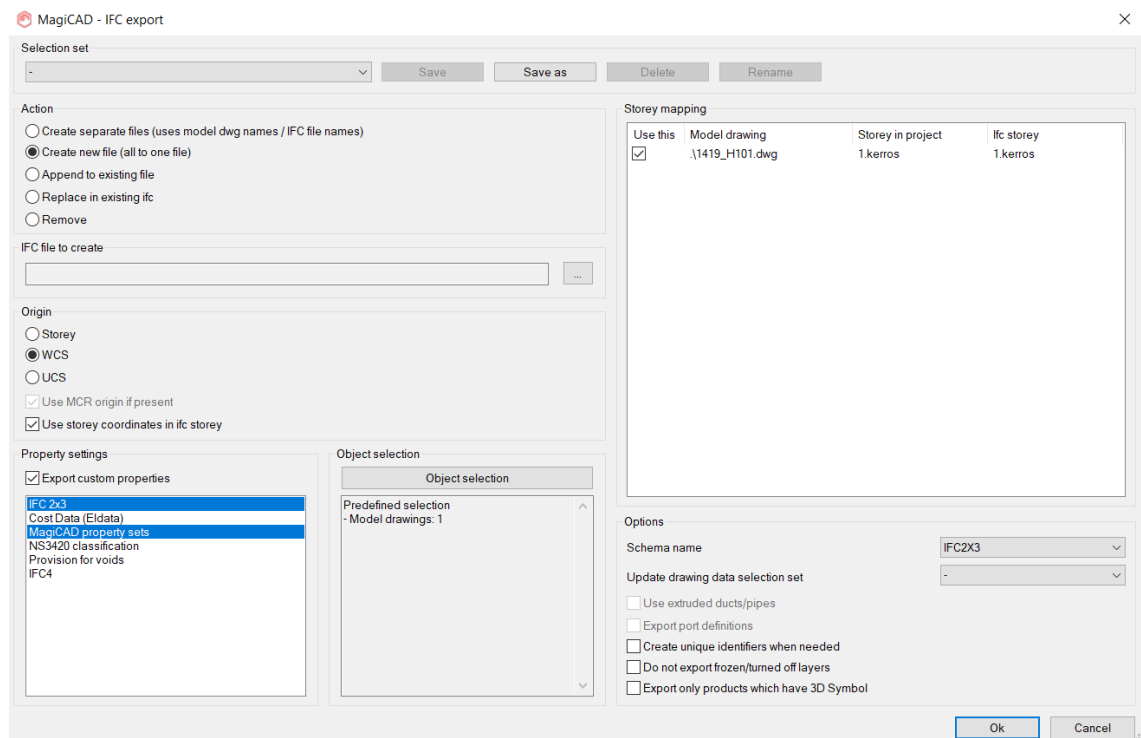
3.7 Törmäystarkastelu

Törmäystarkastelua varten MagiCADissa on Collision Control -toiminto. Törmäystarkastelua tehdään, jotta löydetään mahdolliset risteämät LVI-järjestelmien symbolien ja sähkösymbolien välillä ja ne voidaan korjata ennen IFC-tiedoston luontia.

Sähkösuunnittelun kannalta on tärkeää tarkastaa, ettei kaapelihyllyt törmää LVI-suunnittelijan ilmanvaihtokanavien kanssa. Tarkastuksen ajaksi ilmanvaihto dwg-kuvan voi asettaa referenssikuvaksi sähköpohjan alle ja suorittaa toiminto. Mikäli törmäyksiä on, ne merkitään kuvan rastilla.

3.8 IFC-mallin luominen

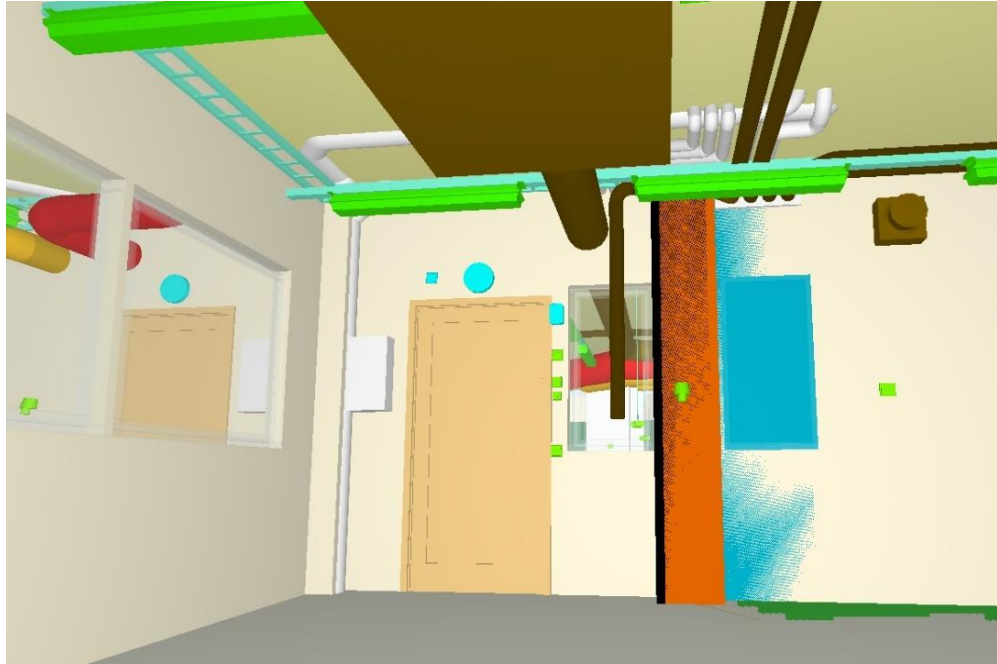
IFC-mallin luonti tapahtuu IFC export -toiminnolla (Kuvio 14). Toiminnossa määritellään, mitkä MagiCAD:n projektiin kuuluvat piirustukset (dwg:t) halutaan viedä malliin sekä halutaanko valituista dwg-tiedostoista tehdä erilliset IFC-mallit, yhdistää olemassa olevaan IFC-tiedostoon tai korvata olemassa oleva IFC-tiedosto.



Kuvio 14. IFC-viennin määrittelyt.

Property set -kohdassa voidaan valita, mitä mukautettuja tietoja halutaan viedä IFC-tiedostoon, kuten IFC2x3 ominaisuudet. Objekti-valintaa (Object selection) käyttämällä voidaan suodattaa pois piirustukset, tuotteet tai järjestelmät, joita ei IFC -tiedostoon haluta tai pidä viedä.

IFC-mallin luonnin jälkeen tiedosto voidaan avata katseluohjelmalla. SDH Engineers Oy:llä on käytössä internetistä ilmaiseksi ladattava Solibri Model Viewer -ohjelma. Ohjelmalla on mahdollista katsella mallia kolmiulotteisesti ja tarkastella, että sähköobjektit oikeassa paikassa ja oikealla korkeudella, jos on tehnyt yhdistelmämallin arkkitehdin IFC-tiedostoon. Kuviossa 15 näkyy malliin vietyjen objektien geometria, objektin tietosisällön saa näkyviin, kun klikkaa sitä hiirellä.



Kuvio 15. IFC-yhdistelmämalli Solibri Model Viewer -ohjelmalla katsottuna.

Kuviossa 16 näkyy Fagerhult Notor -valaisimen tiedot IFC-tiedostossa Solibri Model Viewer -ohjelmalla katsottuna. Välilehdille on tallennettuna MagiCAD ohjelman symbolien tietosisältöä. Näitä tietosisältöjen (Property Set) ominaisuuksia pystyy ohjelmassa myös muuttamaan.

Info					
Valaisin. 1.280					
MagiCAD Pset_Device	Pset_ElectricalDeviceCommon			Pset_LightFixtureTypeCommon	
Identiteetti	Sijainti	Määrä	Relaatiot	Luokittelu	Hyperlinkit
Ominaisuus			Arvo		
Malli			1308_OJMTT_SAH_IFC		
Suunnitteluala			Sähkö		
Nimi					
Tyyppi			Notor Recessed Delta-22867		
Tyyppin nimi			Notor Recessed Delta-22867		
Kuvaus			Luminaires		
Toiminnallinen tyyppi			NOTDEFINED		
Kuvataso			E-H501-5-LUMINAIRES-PISTE-		
Järjestelmä			Yleisvalaistusjärjestelmä 1_501		
Geometria			Kolmioesitys (brep)		
Sovellus			MagiCAD-E 2017.9		
GUID			0odUlzuOj5q9SfFcra9SRj		
BATID					

Kuvio 16. Fagerhult Notor valaisimen tiedot IFC-tiedostossa.

4 MAGICAD:IN LASKENTA- JA TARKASTUSTYÖKALUT

Tässä luvussa käsitellään MagiCAD Electrical:n sisältämiä kiinteistön sähköverkon laskenta- ja tarkastusominaisuuksia. Laskelmien taustalla on SFS 6000 standardin osan 1 vaatimus osoittaa laskelmilla tai muulla tavoin, että sähköasennusten suojausta koskevat perusvaatimukset toteutuvat (SFS 600-1, 2017).

Suunnittelun aikana tehdyt laskelmat liittyvät tavallaan tietomallintamiseen, koska sähköverkko on ensin mallinnettava eli on määriteltävä kaapeleiden tyypit ja pituudet sekä suojalaitteiden ominaisuudet. Tiedot tallentuvat MagiCAD:n älykkäisiin objekteihin ja ovat siten käytettävissä myöhemmässäkin vaiheessa tarvittaessa koko rakennuksen elinkaaren ajan. Kuviossa 17 on 1- ja 3-vaiheoikosulkuvirtojen ja jännitteenalenenman arvot tallentuneena keskuksen tietoihin.

Kuvio 17. Oikosulkuvirrat (Three phase ja Single phase short circuit) sekä jännitteenalenuma (Voltage Drop) keskuksen ominaisuuksissa.

4.1 Johdon mitoitus ja suojaus

Johdon mitoituksen ja suojauksen suunnittelu on keskeisimpiä sähkösuunnitteluun kuuluvia asioita. Sähköasennusten suojauksen toimivuus tulee standardin

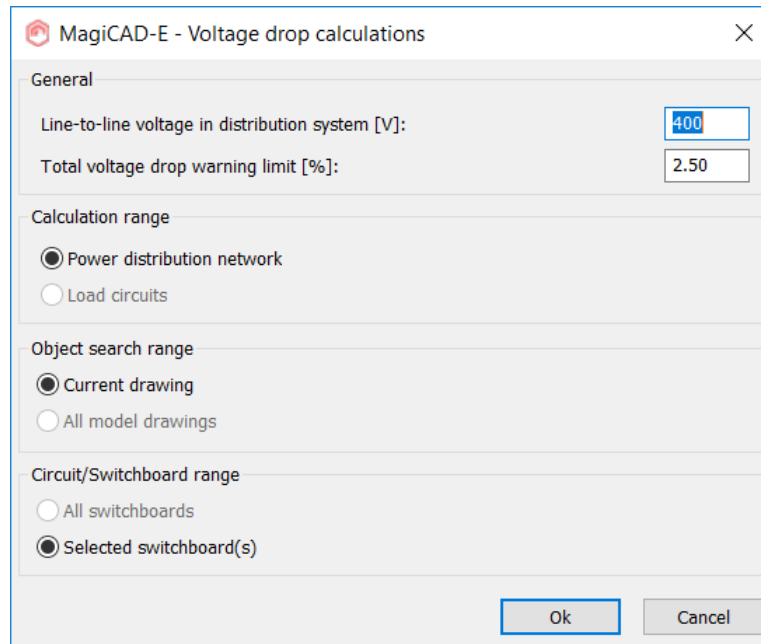
SFS 6000 kohdan 132 mukaisesti suunnitteluvaiheessa laskelmin tai muulla tavoin varmistaa. Yhtenä perusteena tähän on kustannukset, koska väärin mitoitetun suojausjärjestelmän korjaaminen on aina kalliimpaa ja työläämpää kuin näiden toteutumisen varmistaminen jo suunnitteluvaiheessa. (Tiainen 2015, 9.)

Suojausvaatimusten selvitystä varten täytyy suunnitteluvaiheessa olla käytettävissä tarpeelliset lähtötiedot. Liittymiskohdan pienin maasulkuvirta tulee tietää (vaiheen ja PE- tai PEN-johtimen välinen vika), jotta vikasuojauksen toimivuus voidaan laskelmin osoittaa. Käytännössä tämä tarkoittaa pienempien oikosulkuvirtojen selvittämisen keskuksissa ja suurimpien sallittujen ryhmäjohtojen pituuden määrittämistä. (Tiainen 2015, 11.)

SFS 6000 standardi ei sisällä ehdottomia vaatimuksia jännitteenaleneman tai suojausjärjestelmän selektiivisyyden tarkastamisesta, mutta nämäkin asiat kannattaa tarkastaa jo suunnitteluvaiheessa myöhempien ongelmien välttämiseksi. (Tiainen 2015, 11.)

4.2 Jännitteenaleneman tarkastelu

MagiCADissa on Voltage Drops -toiminto, jolla saadaan sähköverkon (keskusten välinen) jännitteenalenema selvitettyä ja löytää mahdolliset liian suuret jännitteenaleneman arvot, josta MagiCAD antaa varoituksen (Kuvio 18). MagiCADin antamaa liian suuren jännitteenaleneman varoituksen prosenttiraja voidaan asettaa käyttäjän haluamaan arvoon.



Kuvio 18. Jännitteenaleneman tarkastelun asetelut.

Toiminnon käyttäminen edellyttää, että tehotiedot on ensin määritelty keskuksiin. Tehotiedot voidaan antaa manuaalisesti käsin ja suunnittelun aikana tarkistaa, että jännitteenalenemat täyttävät standardin vaatimukset. MagiCAD olettaa laskelmassa, että verkko on symmetrisesti kuormitettu, eikä nollajohdossa kulje virtaa. (Progman Oy 2014.)

4.3 Kaapelien mitoitus ja suojalaitteiden tarkastus

MagiCADissa on toiminto, jolla voidaan hallita virtapiirien ominaisuuksia. Toiminnolla tarkastetaan, että suunniteltujen virtapiirien ylikuormitussuojat ja niiden kaapelit ovat yhteensopivia keskenään, eli tarkistetaan, että valittu kaapeli on kuormitettavuudeltaan soveltuva valitulle ylikuormitussuojalle. Toiminnolla siis tarkastellaan SFS 6000-standardin mukaisesti johdon mitoitus ja kuormitettavuus. Virtapiirit, jotka eivät täytä vaatimuksia näytetään toiminnossa punaisella ja niistä annetaan varoitus.

Toiminto käynnistetään Cable Sizing Circuit Management -painikkeesta ja silloin avautuu kuvion 19 mukainen valikko. Toiminnossa pystyy asettamaan kaapelityypin, kaapelin asennustavan, esimerkiksi uppoasennus, korjauskertoimen,

suojalaitteen tyyppin, koon ja laukaisuajan sekä vaiheiden määrän ja maadoituksen (Kuvio 20).

MagiCAD-E - Select Circuit

Switchboard: All

Circuits

Switchboard	Circuit no	Description 1	Description 2	Description 3	Overload Size	Voltage	Total apparent current	Max apparent current	Cable type	Worst case installation method	Allowed load current for cable	Warnings
						Number of phases	Voltage drop		Longest branch length	Worst case correction factor	Demanded load current capacity	
MK		Syöttö RK26			gG E3/125 63.0 A	400 V 3 [~]	0.00 A 0.00V/0.00%	0.00 A	AXMK 4G70 AN 0.0m	1.00	-	
MK		Syöttö RK26			25/25 25.0 A	400 V 3 [~] (L1,L2,L3,N,PE)	12.03 A 4.97V/2.15%	12.03 A	MCMK 4x6+6 70.0m	E2 0.80	36.00 A 27.59 A	
MK		Syöttö RK26			25/25 25.0 A	400 V 3 [~] (L1,L2,L3,N,PE)	12.03 A 4.97V/2.15%	12.03 A	MCMK 4x6+6 70.0m	E2 0.80	36.00 A 27.59 A	
MK		Syöttö RK26			25/25 25.0 A	400 V 3 [~] (L1,L2,L3,N,PE)	12.03 A 4.97V/2.15%	12.03 A	MCMK 4x6+6 70.0m	E2 0.80	36.00 A 27.59 A	
MK		Syöttö RK26			25/25 25.0 A	400 V 3 [~] (L1,L2,L3,N,PE)	12.03 A 4.97V/2.15%	12.03 A	MCMK 4x6+6 70.0m	E2 0.80	36.00 A 27.59 A	
MK		Syöttö RK26			25/25 25.0 A	400 V 3 [~] (L1,L2,L3,N,PE)	12.03 A 4.97V/2.15%	12.03 A	MCMK 4x6+6 70.0m	E2 0.80	36.00 A 27.59 A	
MK		Syöttö RK26			25/25 25.0 A	400 V 3 [~] (L1,L2,L3,N,PE)	12.03 A 4.97V/2.15%	12.03 A	MCMK 4x6+6 70.0m	E2 0.80	36.00 A 27.59 A	
MK		Syöttö RK26			25/25 25.0 A	400 V 3 [~] (L1,L2,L3,N,PE)	12.03 A 4.97V/2.15%	12.03 A	MCMK 4x6+6 70.0m	E2 0.80	36.00 A 27.59 A	
MK	4	Syöttö RK26			25/25 25.0 A	400 V 3 [~] (L1,L2,L3,N,PE)	12.03 A 4.97V/2.15%	12.03 A	MCMK 4x6+6 70.0m	E2 0.64	36.48 A 27.59 A	
MK	6				25/25 25.0 A	400 V 3 [~]	0.00 A 0.00V/0.00%	0.00 A	MCMK-HF 4x6/6 0.0m	1.00	-	

Voltage drop warning [%]: 7.0

Set properties...

Kuvio 19. Kaapelien mitoitus ja suojalaitteiden tarkastus -toiminto.

MagiCAD-E - Set circuit properties

Cable

Change cable: 4x6+6 MCMK 4x6+6

Worst case conditions

Change installation code: E2

Change correction factor: 0.80

Protective device

Change protective device: gG DII

Size [A]: 25.0

Tripping time [s]: 5.0

Phases and earthing

Change used phases: L1 L2 L3

Change used earthing: N PE PEN

Ok Cancel

Kuvio 20. Virtapiirin aseteluiden asetelut.

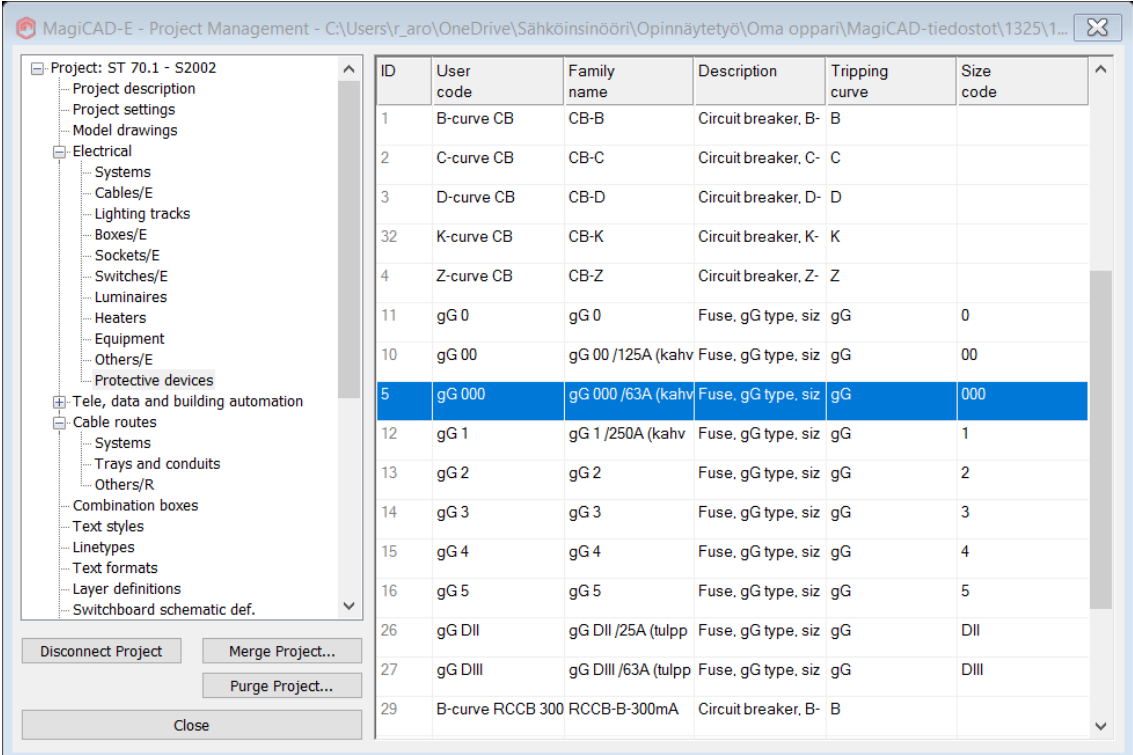
4.4 Oikosulkulaskenta ja selektiivisyyden tarkastaminen

MagiCAD Electrical-sovelluksessa on oikosulkulaskentatoiminto, joka perustuu IEC-60909 standardin Thevenin-menetelmään. Toiminnolla voidaan laskea joko suurimmat kolmivaiheiset oikosulkuvirrat, tehollisarvo ja huippuarvo, jokaisen

keskuksen tasolla tai pienimmät yksivaiheiset oikosulkuvirrat, tehollisarvo, jokaisen keskuksen tasolla ja/tai kuormaryhmien pisimmissä haaroissa. (Progman Oy 2014.)

Lisäksi toiminto tarkastaa kahden suojalaitteen välisen selektiivisyyden ja antaa varoituksen, mikäli selektiivisyys ei toteudu määritellyillä laukaisuajoilla, esimerkiksi 0,4 s ja 5 s.

Laskennan suorittamiseksi täytyy lähtöpisteille kuten pääkeskukselle asettaa lähtöarvoiksi oikosulkuvirtojen arvot. Laskentaa varten käytetyille kaapeleille täytyy olla määritelty resistanssi- ja reaktanssiedot sekä määritellä suojalaitteet ja niiden ominaisuudet MagiCAD-projektitiedostoon (Kuvio 21). MagiCAD asennuksen mukana tulee malli projektitiedosto, jossa nämä on määritelty valmiiksi ja sieltä ne voidaan kopioida omaan projektiin.



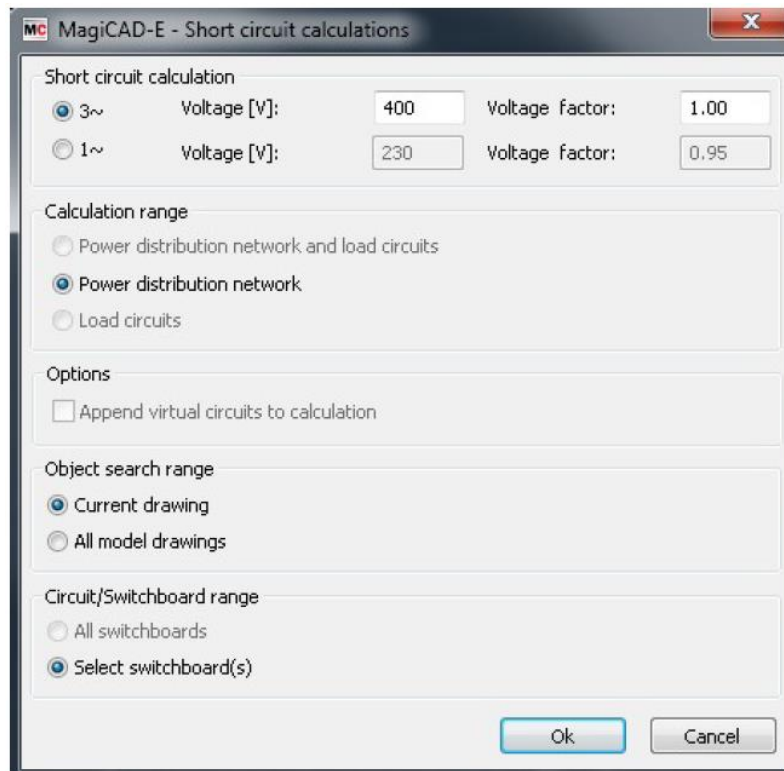
ID	User code	Family name	Description	Tripping curve	Size code
1	B-curve CB	CB-B	Circuit breaker, B-	B	
2	C-curve CB	CB-C	Circuit breaker, C-	C	
3	D-curve CB	CB-D	Circuit breaker, D-	D	
32	K-curve CB	CB-K	Circuit breaker, K-	K	
4	Z-curve CB	CB-Z	Circuit breaker, Z-	Z	
11	gG 0	gG 0	Fuse, gG type, siz	gG	0
10	gG 00	gG 00 /125A (kahv	Fuse, gG type, siz	gG	00
5	gG 000	gG 000 /63A (kahv	Fuse, gG type, siz	gG	000
12	gG 1	gG 1 /250A (kahv	Fuse, gG type, siz	gG	1
13	gG 2	gG 2	Fuse, gG type, siz	gG	2
14	gG 3	gG 3	Fuse, gG type, siz	gG	3
15	gG 4	gG 4	Fuse, gG type, siz	gG	4
16	gG 5	gG 5	Fuse, gG type, siz	gG	5
26	gG DII	gG DII /25A (tulpp	Fuse, gG type, siz	gG	DII
27	gG DIII	gG DIII /63A (tulpp	Fuse, gG type, siz	gG	DIII
29	B-curve RCCB 300	RCCB-B-300mA	Circuit breaker, B-	B	

Kuvio 21. Suojalaitteiden määrittelyt.

Kolmivaihelaskennassa tarkistetaan, ylitetäänkö suojalaitteelle aseteltua oikosulkukestävyyttä syöttävän keskuksen tasolla, ja yksivaihelaskennassa tarkistetaan, ylittääkö suojalaitteen vaatima katkaisuvirta (ryhmälle/suojalaitteelle valitussa toiminta-ajassa) ryhmän päässä lasketun minimoioikosulkuvirran. Jos nämä ehdot

eivät täyty, niistä annetaan varoitus laskentaraportin varoituskentässä. (Progman Oy 2014.)

Toiminto aloitetaan Short circuit calculations-toiminnolla (Kuvio 22), jossa valitaan ensin, halutaanko suorittaa kolmi- vai yksivaiheinen laskenta. Myös jännitekerroimen (Voltage factor) arvo voidaan määrittää, mutta kuvassa olevia arvoja käytetään 230V ja 400V verkoissa.



Kuvio 22. Oikosulkulaskennan asettelut.

3-vaihe oikosulkulaskenta huomioi sulakkeiden virtapiikkejä rajoittavan toiminnan vikavirtatilanteissa. Tämä mahdollistaa jakelujärjestelmän tarkemman mitoittamisen todellisen sulakkeiden läpi päästämän maksimivirran perusteella. (Progman Oy 2014.)

Kolmivaiheinen raportti (Kuvio 23) sisältää tiedot kaapelityypistä, kaapelin pituudesta, resistanssi/reaktanssi -suhteesta, oikosulkuvirran huippuarvosta, suojalaitteen oikosulkuvirtaa rajoittavasta arvosta, oikosulkuvirran tehollisarvosta sekä tiedot valitun suojalaitteen tyypistä ja sen virran kestosta. Varoitus annetaan, mikäli huippuarvo ylittää suojalaitteen virrankeston. (MagiCAD 2018.)

MagiCAD - Report

Edit

	Desc	Code/No	Cable	L [m]	R/X	Ip [kA]	Ip lim [kA]	Ik3p [kA]	Protection	Endurance [kA]	Warnings
	Switchboard	PK/MK				3,23208983	5,339*	3,701*			
	Circuit	4							25/25	120	
	Cable		MCMK 4x6+6	70							
	Switchboard	RK26				10,4588722	1,246	1,075	0,864		
	Circuit								25/25	120	
	Cable		MCMK 4x6+6	70							
	Switchboard	RK24				10,4588722	1,246	1,075	0,864		
	Circuit								25/25	120	
	Cable		MCMK 4x6+6	70							
	Switchboard	RK23				10,4588722	1,246	1,075	0,864		
	Circuit								25/25	120	
	Cable		MCMK 4x6+6	70							
	Switchboard	RK22				10,4588722	1,246	1,075	0,864		
	Circuit								25/25	120	
	Cable		MCMK 4x6+6	70							
	Switchboard	RK21				10,4588722	1,246	1,075	0,864		
	Circuit	6							25/25	120	
	Cable		MCMK-HF 4x6/6								
	Switchboard	RK16				3,23208983	5,339	2,331	3,701		

Update to drawing(s) Close

Kuvio 23. Kolmivaiheinen raportti.

Yksivaiheinen raportti (Kuvio 24) näyttää kaapelityypin, kaapelin pituuden, oikosulkuvirran tehollisarvon, suojalaitteen katkaisuaian (Trip time), suojalaitteen pienimmän toimintavirran arvon (Trip current) sekä kaapelin maksimipituuden nykyisellä käyttäjän määrittelemällä kaapelityypin ja suojalaitteen yhdistelmällä. (MagiCAD 2018.)

MagiCAD - Report

Edit

	Desc	Code/No	Cable	L [m]	Ik1p [kA]	Protection	Trip tim [s]	Trip curr [kA]	Lmax [m]	Warnings
	Switchboard	PK/MK			1,779*					
	Circuit	4			0,345	25/25	5,0	0,110		
	Cable		MCMK 4x6+6	70	0,345				256	
	Switchboard	RK26			0,345					
	Circuit				0,345	25/25	5,0	0,110		
	Cable		MCMK 4x6+6	70	0,345				256	
	Switchboard	RK24			0,345					
	Circuit				0,345	25/25	5,0	0,110		
	Cable		MCMK 4x6+6	70	0,345				256	
	Switchboard	RK23			0,345					
	Circuit				0,345	25/25	5,0	0,110		
	Cable		MCMK 4x6+6	70	0,345				256	
	Switchboard	RK22			0,345					
	Circuit				0,345	25/25	5,0	0,110		
	Cable		MCMK 4x6+6	70	0,345				256	
	Switchboard	RK21			0,345					

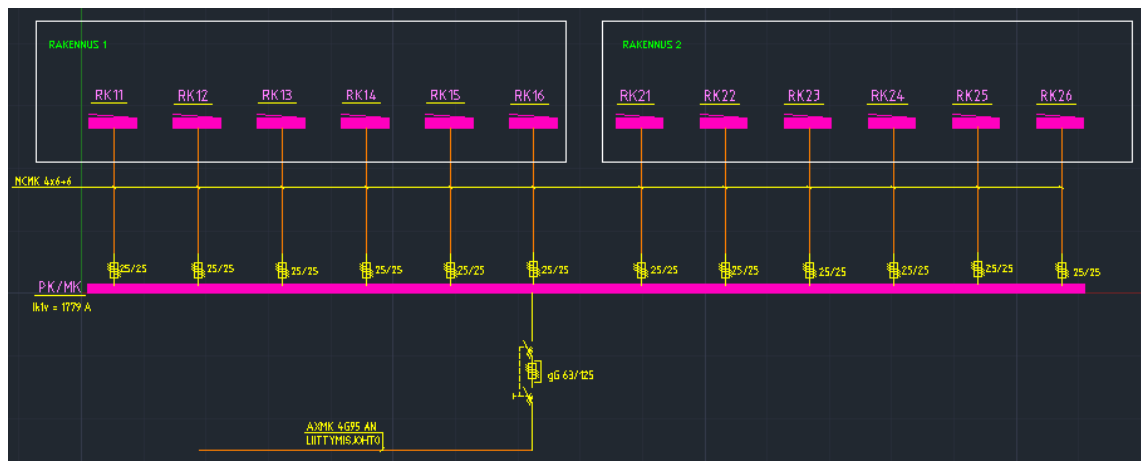
Update to drawing(s) Close

Kuvio 24. Yksivaiheinen raportti.

4.5 Laskentaominaisuuksien kokeileminen

Oikosulkulaskeminen aloitetaan tekemällä ensin nousujohtokaavio, johon lisätään suunnitteluprojektin keskuksat ja määritetään lähdöt oikeilla kaapeleilla ja suojalaitteilla sekä annetaan kaapeleille pituudet. Kaapeleiden pituudet saadaan esim. asemakuvasta tai piirtämällä kaapeli sen oikeaa reittiä pitkin pohjakuvaan, huomioiden pystynousut. Kuviossa 25 on rivitalon nousujohtokaavio, johon nämä määrittelyt on tehty. Tätä mallinuousujohtokaaviota voidaan sitten tulevaisuudessa käyttää pohjana uusille suunnittelukohteille.

Pääkeskuksen tietoihin lisätään verkkoyhtiöltä saadut 1- ja 3-vaiheiset oikosulkuvirran arvot. MagiCAD laskee tämän jälkeen oikosulkuvirrat muille keskuksille, kun toiminnon ajaa ja lisää arvot kyseisen keskuksen tietoihin. Toiminto myös varoittaa, jos lähdön oikosulkuvirta ei riitä sulakkeen toimimiseen määritellyssä ajassa. Projektitiedostoon voi lisätä ns. virtuaalikuormapiirejä, esimerkiksi C16 A johdonsuoja-automaatti, 20 metriä MMJ 3x2,5 S kaapelia ja 0,4 sekunnin laukaisuaika, ja näin tarkistaa kerralla, että kaikissa keskuksissa tällaisen lähdön suojaus toimii standardissa vaadittujen ehtojen mukaisesti.



Kuvio 25. MagiCADilla tehty rivitalo kiinteistön nousujohtokaavio.

Jännitteenalenema laskelmia varten täytyy keskusten tietoihin määrittellä manuaalisesti keskuksen arvioitu teho kilowatteina (kW) ja tehokertoimen (cosφ) arvo. Tämän jälkeen, kun laskentatoiminto ajetaan MagiCAD näyttää raportin ja tallentaa keskuksen tietoihin jännitteenaleneman voltteina (V) ja prosentteina (%).

MagiCADilla tehtyjä oikosulku- ja jännitteenalenemalaskelmia sekä virtapiirien kaapeleiden maksimipituuksia verrattiin toimistollamme nykyisin käytössä olevan NOLA laskentaohjelman tuloksiin muutamissa oikeissa suunnittelukohteissa tekemällä samat laskelmat molemmilla ohjelmilla. Vertailua tehtiin ainoastaan 1-vaiheoikosulkuvirroille. Molemmilla ohjelmilla saatiin hyvin yhteneväisiä tuloksia, tosin MagiCADin tulokset kautta linjan olivat hieman pienempiä kuin NOLA:ssa, myös kaapeleiden maksimipituudet virtapiireissä. Tästä ei kuitenkaan ole haittaa, koska ero on turvallisempaan suuntaan. Voitiin siis todeta, että MagiCADilla saatavat tulokset ovat tältä osin luotettavia.

4.6 Laskentaominaisuuksien käyttökokemukset

Oikosulkulaskentaominaisuudet osoittautuivat toimiviksi yksinkertaisten kiinteistöjen sähköverkkojen laskennassa. MagiCADin laskennoissa on rajoitteita, se ei ota huomioon moottoreita tai varavoimalaitteita, jos tällaisia on laskettavassa verkossa paljon, on käytettävä muuta ohjelmaa. Puute on myös se, ettei rinnakkaisia syöttökaapeleita voi kytkeä keskukseen. Tällaisissa tapauksissa voi laskennan ajaksi käyttää yhtä paksumpaa kaapelia, esim. 2xAXMK 4x150 S kaapelin tilalle AXMK 4x300 S kaapeli.

Oikosulkulaskentaominaisuuden käyttö edellyttää, että sähköverkko mallinnetaan ja piirretään oikein ja että MagiCADin projektitiedostossa suojalaitteiden ja kaapeleiden ominaisuudet ovat varmasti oikein aseteltu. Tulevaisuudessa vanhoja, kerran oikein tehtyjä nousujohtokaavioita voi käyttää uusien suunnittelukohteiden pohjana ja näin nopeuttaa laskentaa ja suunnittelua.

Kaapelimitoitus ja virtapiirien hallinta -toiminnon käyttö onnistui myös opinnäytetyön aikana ja opin ymmärtämään sen toimintalogiikkaa. Toiminnolla on kohtalaisen näppärää tarkistaa, toimiiko suunniteltu korjauskertoimella korjattu kaapeli-suojalaiteyhdistelmä aiotulla asennustavalla virtapiirissä. Ensin määritetään suojalaite, kaapeli ja korjauskerroin lähtöön. Tämän jälkeen ohjelma näyttää vaaditun kuormitusvirran, jonka kaapelin on kestävä (Demanded load current capacity) ja kaapelin sallitun kuormitettavuuden (Allowed load current for cable). Toiminto antaa varoituksen, mikäli suojalaitteen suojaus ehdot eivät täyty lähdössä.

Asennustapakoodit on jokaisen kaapelin kohdalla valmistaja määritellyt MagiCADin malliprojektitiedostoon ja ne on otettu SFS 6000 standardista (SFS 600-1, 2017).

Laskentaominaisuuksien käyttö edellyttää MagiCADin ja myös AutoCADin käytön hyvää osaamista ja perehtymistä, ennen kuin niitä voi alkaa hyödyntää. Sen jälkeen, kun niihin on paneutunut, niiden käyttö on helppoa, ja niillä saadaan oikeita arvoja suunnitteluun nopeastikin. Oikosulkuvirtojen ja jännitteenalennemien arvot tallentuvat keskuksen älykkääseen objektiin ja niitä voi hyödyntää rakennuksen elinkaaren aikana.

MagiCADin projektitiedostossa kaapeleiden ja suojalaitteiden määrittelyt täytyy olla oikein, vanhoihin projekteihin arvot voidaan hakea malliprojektista. Uusi suunnitteluprojekti taas voidaan aloittaa ottamalla malliprojektitiedosto pohjaksi uudelle.

Yksi kehittämisidea MagiCADin suuntaan on laskentatoimintojen tuottamien raporttien luettavuuden ja selkeyden parantaminen. Oikosulkuraportista ei äkkisel-tään löydä sitä tietoa mitä etsii, varsinkin jos virtapiirejä on monia.

5 POHDINTA

Tietomallinnus on tulevaisuudessa yhä tärkeämmässä osassa rakennushankkeita, niin korjaus- kuin uudisrakentamisessa. Rakennuttajat ovat alkaneet nähdä tietomallinnuksen hyödyt niin suunnitteluin kuin itse rakentamisen aikana. Suunnittelutarjouspyynnöissä vaatimus suunnitella tietomallintamalla onkin lisääntynyt isoimmissa rakennushankkeissa.

Tämän vuoksi suunnittelijoilla on oltava tietoa mallintamisesta, sekä osaamista kuinka oman suunnittelualan tietomallipohjaista suunnittelua tehdään. Ilman tietomalliosaamista ja asianmukaisia suunnitteluohjelmistoja ei suunnittelutoimisto voi edes tarjota suunnittelukohteita, missä vaaditaan tietomallinnusta.

Opinnäytetyössä tutustuttiin ensin rakennuksen tietomallinnukseen ”yleiset tietomallivaatimukset 2012” pohjalta. Työssä tutustuttiin yleisesti rakennuksen suunnitteluprosessiin, kun se tehdään tietomallintamalla. Sen jälkeen työssä tehtiin tietomallinnusta ja luotiin IFC-tiedosto MagiCAD Electrical -ohjelmalla ja kirjattiin ylös keskeisempiä asioita mitä pitää ottaa suunnittelussa huomioon. Kirjallinen osa ja raportointi auttoivat syventämään aihetta. Tulevat mallinnusprojektit voidaan näin tehdä tulevaisuudessa nopeammin ja varmemmin.

Ymmärrys rakennusprojektin kulusta, kun käytetään tietomallinnusta, lisääntyi, sekä se mitä sähkökomponentteja mallinnetaan. Itse MagiCAD -ohjelmalla mallintaminen on suhteellisen helppoa, koska ohjelma on kehitetty BIM- ja 3D-suunnitteluun. Ohjelman perusominaisuuksien käyttö on kuitenkin oltava hyvin hallussa. 3D-suunnittelua ja törmäystarkastelua kannattaa ainakin johtoteiden osalta tehdä, vaikka mallinnusta ei muuten vaadittaisikaan. 3D-suunnittelu voi myös auttaa suunnittelijaa hahmottamaan tilaa ja siihen tulevia asennuksia.

Opinnäytetyössä tutustuttiin ja koekäytettiin myös MagiCADin kiinteistön sähköverkon laskentaominaisuuksia. Tarkoituksen oli myös tehdä malli nousujohtokaa-vion pohja tulevia laskelmia varten. Tässä tavoitteessa onnistuttiin, ominaisuuksia opittiin käyttämään ja saatiin samanlaisia laskentatuloksia, kuin nykyisin käytössä olevalla NOLA-laskentaohjelmalla. MagiCADin laskentaominaisuuksia voidaan hyvin alkaa käyttämään tulevaisuudessa toimistomme suunnittelukohteissa, joissa ei ole paljoa oikosulkumoottoreita. Laskentaominaisuuksien käyttö

tosin vaatii nykyistä tarkempaa MagiCADin komponenttien määrittelyjä. Yksi tapa nopeuttaa suunnittelua on tehdä nämä määrittelyt nousujohtokaaviossa tarkasti vain kauimmaiselle keskukselle asti, ja laskea toteutuuko nopean poiskytkennän ehdot sen keskuksen alueella.

MagiCADilla ei pysty laskemaan varavoima- ja UPS-verkkoja, niihin pitää käyttää NOLA-laskentaohjelmaa. Tällaisia laskelmia varten toimistollamme on otettu myös testikäyttöön internetistä ilmaiseksi ladattava Ecodial-ohjelma.

LÄHTEET

BuildingSMART 2016. Ensimmäinen suomalainen talotekniikkaohjelmisto saanut kaikki talotekniikkasuunnittelun osa alueet kattavan ifc 2x3 cv 2.0-sertifikaatin. Viitattu 26.5.2018. <https://buildingsmart.fi/ensimmainen-suomalainen-talotekniikkaohjelmisto-saanut-kaikki-talotekniikkasuunnittelun-osa-alueet-kattavan-ifc-2x3-cv-2-0-sertifikaatin/>.

Laaja, J. 2017. Sähkösuunnittelun CAD-tietomallinnusohje sairaalaympäristöön. Vaasan ammattikorkeakoulu. Sähkötekniikka. Opinnäytetyö.

Lankinen J. 2017. Tietomallityöskentelyn kehittäminen talotekniikka-alalla. Viitattu 26.5.2018. <https://buildingsmart.fi/tietomallityoskentelyn-kehittaminen-talotekniikka-alalla/>.

MagiCAD 2017. 5 syytä käyttää 3D-mallinnusta sähkösuunnittelussa. Viitattu 26.5.2018. <https://www.magicad.com/fi/blog/2017/03/5-syyta-kayttaa-3d-mallinnusta-sahkosuunnittelussa/>.

MagiCAD 2018. Oikosulkulaskenta MagiCAD for AutoCADilla. Viitattu 26.5.2018. <https://www.magicad.com/fi/tuki/oikosulkulaskenta/>.

Progman Oy 2014. Opiskelumateriaali, jatkokurssi MagiCAD Electrical 2014.4.

Penninkangas H. 2013. Talotekniikan tietomallinnuksen käyttö rakennushankkeissa. Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu. Sähkövoimatekniikka. Opinnäytetyö.

SFS 600-1. 2017. Sähköasennukset. Osa 1: SFS 6000 Pienjänniteasennukset. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS.

ST 13.28. 2009. Yleisohjeita sähkö- ja tietoteknisten järjestelmien dokumentoinnista. Espoo: Sähköinfo Oy.

Tiainen E. 2015. Pienjännitesähkölaitteiston mitoitus. Espoo: Sähköinfo Oy.

Yleiset tietomallivaatimukset 2012, osa 1. Yleinen osuus. Rakennustieto Oy, Helsinki.

Yleiset tietomallivaatimukset 2012, osa 4. Talotekniikan suunnittelu. Rakennustieto Oy, Helsinki.

VTT 2009. Tietomalli ja työmaan turvallisuus. Viitattu 26.5.2018. https://www.vtt.fi/files/projects/turvabim/turvabim_loppuraportti_090312.pdf.

LIITTEET

- Liite 1. Taloteknisen tietomallin mallinnettavat komponentit, tietosisältö ja geometrian tarkkuustaso suunnitteluvaiheittain.

Komponentti / tehtävä	Yleissuunnittelu				Toteutussuunnittelu			
	2D	BIM	Geometrian tarkkuustaso	Tietosisältö	2D	BIM	Geometrian tarkkuustaso	Tietosisältö pääverkostojen ja -järjestelmien osalta
Sähkötekniikka								
Muuntajat	x	x			x	x		Tunnus, esim. T1
Kojeistot	x	x			x	x		Tunnus, esim. SJK1
Pääkeskukset	x	x			x	x		Tunnus, esim. PK1
Virtakiskot					x	x		Koko
Kompensointiparitot	x	x			x	x		Tunnus, esim. Q1
Akustot	x	x			x	x		Tunnus, esim. AK
Jakokeskukset	x	x	Pääjohdon osalta		x	x		Tunnus, esim. JK1
Ritkikytkentälineet	x	x			x	x		Tunnus, esim. RKT1
Telejärjestelmien keskuslaitteet	x	x			x	x		Tunnus, esim. KJ
Turvajärjestelmien keskuslaitteet	x	x			x	x		Tunnus, esim. PK
Kaapelehtylyt ja ripustuskiskot	x	x	Pääreitien osalta		x	x		Koko, tyyppi (tikas-/levyhyily). 2D-piirustuksissa absoluuttinen korkeusmittaavissa (alareuna)
Johtokourut	x	x	Pääreitien osalta		x	x		Koko
Lattiakanavat ja -rasiat	x	x	Pääreitien osalta		x	x		Koko
Pystynousut			lta. Tekstin kohta 4, tilavaraukset		x	x		Koko
Kannetukset ja ripustukset							Esitetään 2D-leikkauksissa	LVI-suunnittelija koordinoi TATE-leikkaukset
Väläisimet	x		Mallihuoneissa BIM		x	x		Posiitio
Poistumisväläisimet					x	x		Posiitio
Vara- ja turvaväläisimet					x	x		Posiitio
Kytkimet			Mallihuoneissa BIM		x		Mallihuoneissa BIM	Laitetyyppi, esim. 6-kytkin
Pistorasiat			Mallihuoneissa BIM		x		Mallihuoneissa BIM	Laitetyyppi, esim. Maadoitettu pistorasia 2-os.
Liike- ja lämpöolotunnistimet			Mallihuoneissa BIM		x		Mallihuoneissa BIM	Tunnus, esim. PIR
Turvakytkimet			Mallihuoneissa BIM		x		Mallihuoneissa BIM	Laitetyyppi, esim. Turvakytkin
Jako- ja kytkentärasiat					x			
Käyttöimet			Mallihuoneissa BIM		x	x		Laitetyyppi
Kamerat			Mallihuoneissa BIM		x		Mallihuoneissa BIM	Laitetyyppi
Paloilmaisimet			Mallihuoneissa BIM		x		Mallihuoneissa BIM	Laitetyyppi, osoite
Palopainikkeet			Mallihuoneissa BIM		x		Mallihuoneissa BIM	Laitetyyppi, osoite
Merkintakojeeet			Mallihuoneissa BIM		x		Mallihuoneissa BIM	Laitetyyppi
Muut telejärjestelmien anturit ja käyttölaitteet			Mallihuoneissa BIM		x		Mallihuoneissa BIM	Laitetyyppi
Muut turvajärjestelmien anturit ja käyttölaitteet			Mallihuoneissa BIM		x		Mallihuoneissa BIM	Laitetyyppi
Telepistorasiat			Mallihuoneissa BIM		x		Mallihuoneissa BIM	Laitetyyppi, tunnus/osoitte
Nousujohdot			Pääjohdon osalta, kaaviotesitys				Esitetään minimissään kaaviossa	
Telerunkojohdot			Pääreitit, kaaviotesitys				Esitetään minimissään kaaviossa	
Sähköpisteiden kaapeointi					x			

Komponentti / tehtävä	Yleissuunnittelu				Toteutussuunnittelu			
	2D	BIM	Geometrian tarkkuustaso	Tietosisältö	2D	BIM	Geometrian tarkkuustaso	Tietosisältö pääverkostojen ja järjestelmien osalta
Telepisteiden kaapelointi					x		Tähtimäiset verkot kaaviossa	
Turvajärjestelmien kaapelointi					x		Tähtimäiset verkot kaaviossa	
Käyttäjän aktiivilaitteet							Ei suunnittelun piirissä, huomioidaan liitännöissä	
Sähköurakan ulkopuoliset laitteet, kuten esim. oviohjauskeskukset					x	x		Laitetyyppi
Rakennusautomaatio								
RAU-keskukset	x	x			x	x		Tunnus, esim. VAK1
Anturit tiloissa näkyvillä					x		Mallihuoneissa BIM	Tunnus, esim. TEL
Anturit TATE-verkostoissa, ei näkyvillä					x			Tunnus, esim. TEL
Säätölaitte- ja muut kotelot					x		Mallihuoneissa BIM	Tunnus, esim. TCL
Toimilaitteet					x			Tunnus, esim. FGL

Taulukon "2D" merkitsee seuraavaa:

- kaavioissa esitetään periaatteet halutuille toiminnallisuuksille
- tasokuvissa esitetään komponentin sijoitus
- symbolitasoinen esitys on hyväksytty

Taulukon "BIM" merkitsee seuraavaa:

- käytetään ensisijaisesti sovellusohjelmakirjaston 3D-komponentteja, IFC-yhteensopivina
- IFC-mallien tietosisältö minimisään taulukon mukainen