

Sukhrandeep Gill

3D-mallintaminen sähkösuunnittelussa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkötekniikan

koulutusohjelma

Insinöörityö

01.12.2018

Tekijä Otsikko	Sukhrandeep Gill 3D-mallintaminen sähkösuunnittelussa
Sivumäärä Aika	30 sivua 01.12.2018
Tutkinto	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Sähkötekniikan koulutusohjelma
Ammatillinen pääaine	Sähkövoimatekniikka
Ohjaajat	Lehtori Vesa Sippola
<p>Työn tarkoituksena oli käydä läpi, miten 3D-mallintaminen sähkösuunnittelussa käytännössä toteutetaan. Lisäksi tarkasteltiin mallintamisen peruskäsitteitä ja eri suunnittelualojen välistä yhteistyötä sähkösuunnittelun kannalta.</p> <p>3D-mallintaminen on nykyään sähkösuunnittelussa hyvinkin yleistä. Oman kokemukseni mukaan melkein kaikissa projekteissa mallinnetaan jotain pois lukien hyvin pienet projektit. Mallinnettavat objektit vaihtelevat projekti kohtaisesti, mutta useimmiten ainakin johtotiet ja valaisimet mallinnetaan.</p> <p>Työn lähdemateriaalina käytettiin suurimmaksi osaksi omia kokemuksiani työskennellessäni sähkösuunnittelijana Ramboll Finland Oy:ssä. Lisäksi käytetty verkosta löytyvää alan kirjallisuutta, muita opinnäytetöitä, ohjelmistojen ohjeita ja muita tutkimuksia.</p> <p>Työssä todettiin, että 3D-mallinus on jo varmistanut vankasti oman sijansa yhdeksi keskeiseksi toimenpiteeksi sähkösuunnittelussa ja jatkaa kasvuaan. Mallintamisen laajuus kuitenkin jää aina riippumaan projektista ja asiakkaan halusta mallintaa. Joissakin tapauksissa on hyvä visualisoida mahdollisimman paljon objekteja sähkösuunnittelun kannalta, kun taas toisissa tapauksissa selviää pelkästään johtoteiden ja valaisimien mallintamisella. Vaikka ihan kaikissa projekteissa ei mallinnettaisikaan alkaa 3D-mallintamisen osaaminen olla jo melkein pakollista sähkösuunnittelijan työssä.</p> <p>Työssä läpikäydyistä eri tavoista mallintaa sekä mallinukseen käytettävissä ohjelmissa ei ole yhtä selvää parasta vaihtoehtoa. Jokaisessa on vahvuutensa ja heikkoutensa, mutta minkäkin tavan ja ohjelman soveltuvuus mihinkin tilanteeseen riippuu monista tekijöistä. Tekijöistä kuten mallintavan yrityksen laajuus, projektin laajuus tai henkilökohtainen preferenssi. Työssä on yritetty esittää puolueettomasti joitakin käytettyjä tapoja ja ohjelmistoja, jonka mukaan lukija osaisi mallintaa itselleen sopivimmalla vaihtoehdolla.</p>	
Avainsanat	3D-mallinnus, sähkösuunnittelu, MagiCAD, IFC, Naviswork

Author Title	Sukhrandeep Gill 3D modeling in electrical wiring design
Number of Pages Date	30 pages 1 December 2018
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical Engineering
Professional Major	Electrical Power Engineering
Instructors	Vesa Sippola, Senior Lecturer
<p>The purpose of this study was to examine how 3D modeling is done in practice in electrical wiring design. In addition, basics of modeling were also reviewed and of the co-operation between different design sectors, but only from the perspective of electrical wiring design.</p> <p>Nowadays 3D modeling is very common in electrical wiring design. Almost all projects have some sort of modeling, apart from very small projects. The objects that are modeled differ from project to project, but most often at least cable trays and lights are modeled position wise.</p> <p>As source material for this work, I mostly used my own experience gained while working as an electrical designer at Ramboll Finland Oy. In addition, literature found online, other theses, software guidebooks and other studies were used.</p> <p>The study concludes that 3D modeling has already firmly secured its position as one of the more standard steps taken in most of the electrical wiring design projects and it is not showing any signs of slowing down. However, the extent of modeling will always depend on the project and customer's willingness to model, which depends on matters like the budget for example. In some cases, it is good to visualize objects as much as possible, while in some other cases you can get along by modeling just the cable trays and lights. Even though 3D modeling is not done in every project, it is starting to become a compulsory skill in electrical wiring designer's work.</p> <p>There are no clear winners in the different ways of modeling or in the different programs examined in the thesis. Each has its strengths and weaknesses, but the way taken or the program used is still dependent on many factors, such as the size of the company doing the modeling and the scale of the project, or something as small as a personal preference. This thesis attempts to show impartially some of the methods and programs used so that the readers can choose to do the modeling in a way they find most applicable for themselves.</p>	
Keywords	3D modeling, electrical wiring design, MagiCAD, IFC, Naviswork

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Perustiedot ennen mallintamista	3
3	Mallintamisen toteuttaminen sähkösuunnittelussa	4
3.1	Kerrostiedot	6
3.2	Mallinnettavat objektit	8
3.3	IFC-tiedoston luonti	15
3.4	Reikäpiirustukset	17
4	Mallien tarkastelu ja eri suunnittelualojen välinen yhteistyö	19
5	Kehitysmahdollisuudet ja mallinnus tulevaisuudessa	25
6	Yhteenveto ja johtopäätökset	26
	Lähteet	30

Lyhenteet

2D Kaksiulotteinen.

3D Kolmiulotteinen.

IFC Industry Foundation Classes. Mallintamisessa käytetty tiedostomuoto.

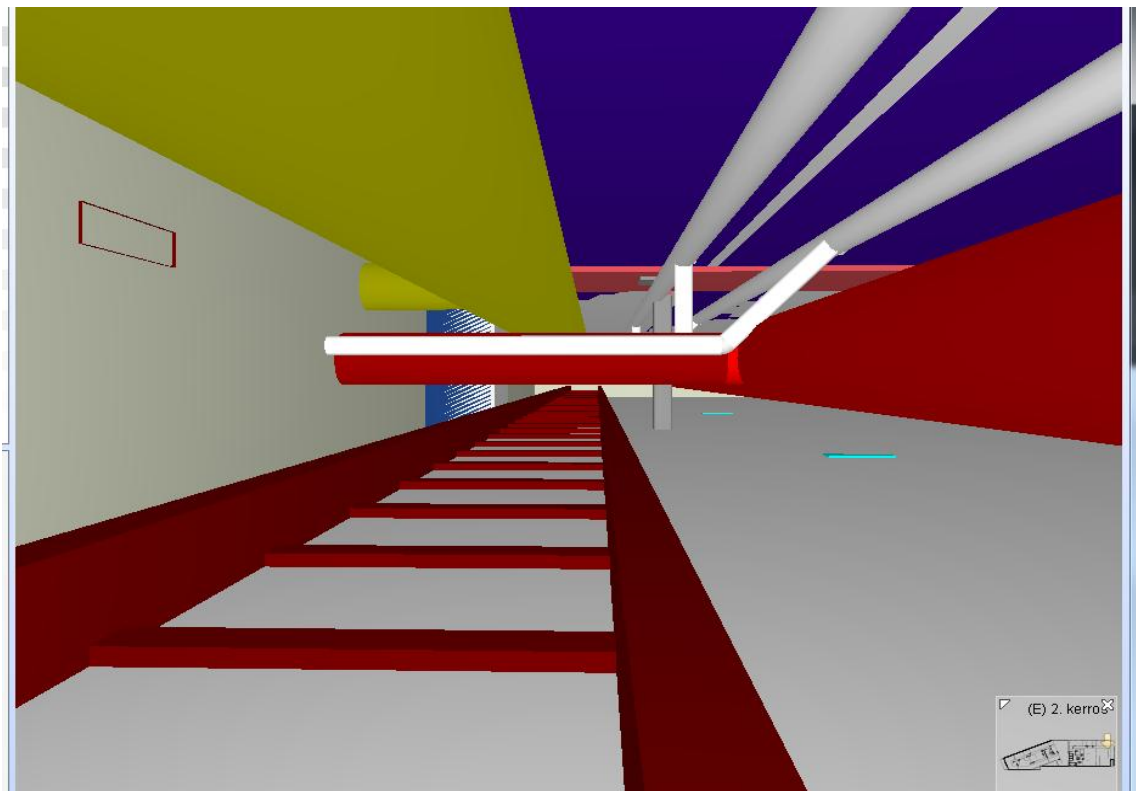
VR Virtual reality. Virtuaalinen todellisuus.

BIM Building information model. Rakennuksen tietomalli.

NBS National building specification. Isossa-Britanniassa toimiva, erilaisia rakennusalan määräyksiä ja spesifikaatioita laativa yhdistys.

1 Johdanto

Työ tehtiin suurimmaksi osaksi teoreettisen katsastelun pohjalta käyttäen omaa kokemusta ja työssäni kokemia käytännön esimerkkejä malleina. Työn pääpainona tulee olemaan mallintamiseen ohjeistus valikoiduilla ohjelmilla. Tavoitteena on antaa lukijalle peruskäsitys siitä, miten mallintaminen sähkösuunnittelussa käytännössä toteutetaan, mutta myös antaa lisää eri perspektiivejä jo asiaa entuudestaan tunnevalle henkilölle. Eri vaihtoehtojen sisällyttäminen työhön perustuu omaan rajalliseen kokemukseeni ja siksi työ ei ole laajuudessaan puolueeton. Työssä esitetyt ohjelmat ja menetelmät ovat sellaisia, joihin olen itse perehtynyt ja joita olen päässyt työelämässäni käyttämään.



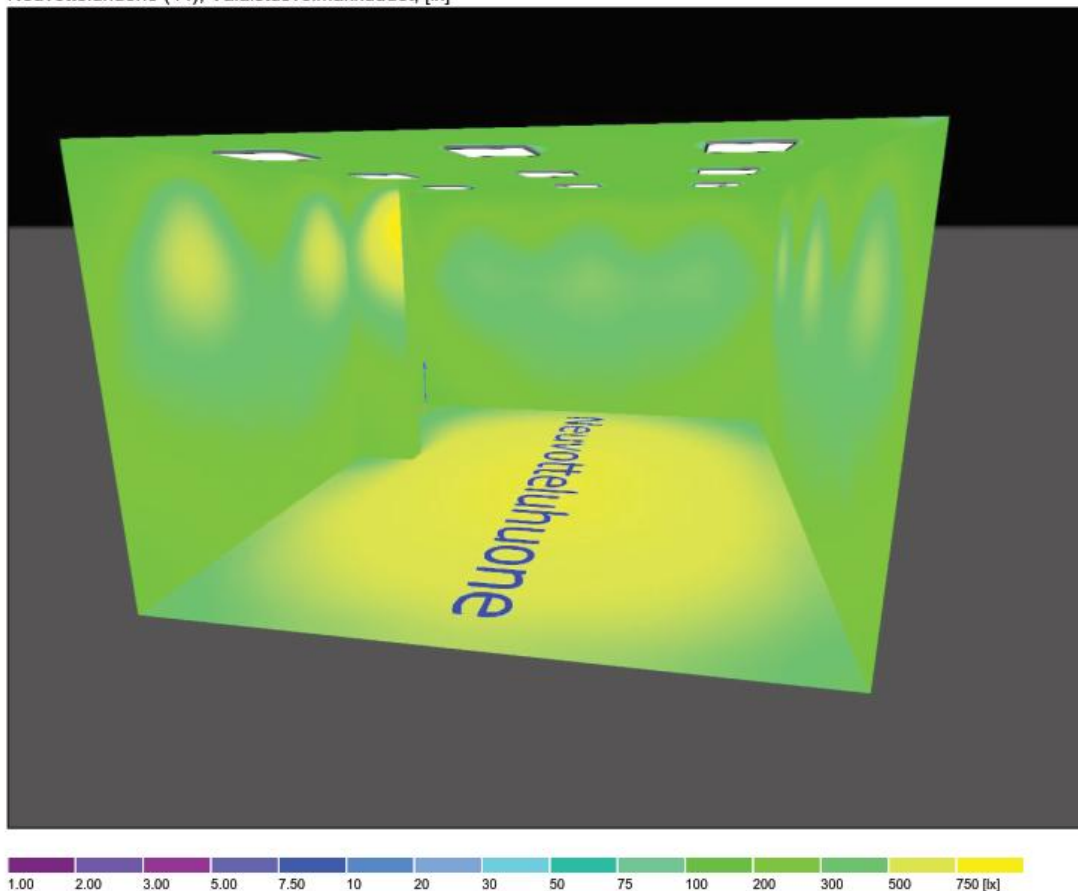
Kuva 1. Kuva erään toimistotalon alakaton yläpuolelle jäävästä tilasta.

Mallintamisessa on periaatteessa kyse sähkösuunnitelmien visualisoinnista 3D:nä, jotta saadaan havainnollistettua todellista tilannetta paremmin kuin perinteisissä 2D-suunnitelmissa. Suunnitteluvaiheessa mallinnuksen suurin hyöty tulee törmäystarkastelussa muiden alojen 3D mallien kesken (kuva 1). Mallinnuksen tuoma havainnollisuus voidaan hyödyntää monella eri tapaa rakennuksen rakennusvaiheesta aina kiinteistöhuoltoon asti. Mallintamisen tarkkuus sähkösuunnittelussa riippuu aina asiakkaasta. Pienissä projekteissa mallinnetaan hyvin vähän, sillä siitä ei katsota olevan hyötyä. Mallinuksella on

kuitenkin hintansa eikä pienissä projekteissa mallintaminen olisi kannattavaakaan. Isoimmista projekteista mallinnetaan vähintäänkin valaisimet, keskukset ja johtotiet lähinnä törmäystarkastelun kannalta. Tarkemmin mallinnettavissa projekteissa voidaan mallintaa teoriassa kaikki pistorasioista kaapelointiin, mutta suuremman kustannuksen takia sitä ei tehdä.

Mallinnusta voidaan kuitenkin katsoa myös esteettisyyden puolelta luomalla suuntaa antava malli rakennuksesta jo ennen rakennuksen valmistumista. Haluttaessa tarkempi mallinnus esimerkiksi kerrostaloasuntoprojekteissa päädytään yleensä mallintamaan pelkästään pari samantyyppistä asuntoa tarkkaan sen sijaan, että mallinnettaisiin jokainen asunto. Asuntoja aletaan jo myymään ennen rakennuksen valmistamista, ja jokusen asunnon tarkka 3D-malli voi auttaa myynnissä visualisoimalla ostajalle etukäteen lopputulosta. Tässä kuitenkin ei pelkän sähkösuunnittelun 3D-mallista ole hyötyä vaan arkkitehdin mallilla on pääpaino, mutta lopputulos kuitenkin täydentyy sisällyttämällä siihen mahdollisimman moni suunnittelualue.

Neuvotteluhuone (44), Valaistusvoimakkuudet, [lx]



Kuva 2. Kuvassa esitetty erään projektin neuvotteluhuoneen valaisimet ja niiden tuottama valaistusvoimakkuus visualisoituna kolmiulotteisesti.

Myös valaistuksen tasosta tehdään mallinnuksia visualisointia varten. Valaistussuunnittelija tekee valaistuslaskelmia riittävän valaistustason varmistamiseksi ja laskelmista on mahdollista saada 3D-visualisointi, sillä valaistussuunnitteluohjelmaan mallinnetaan laskelmia varten tilat oikeine mittoineen sekä valaisimet sijainteineen ja korkoineen (kuva 2).

2 Perustiedot ennen mallintamista

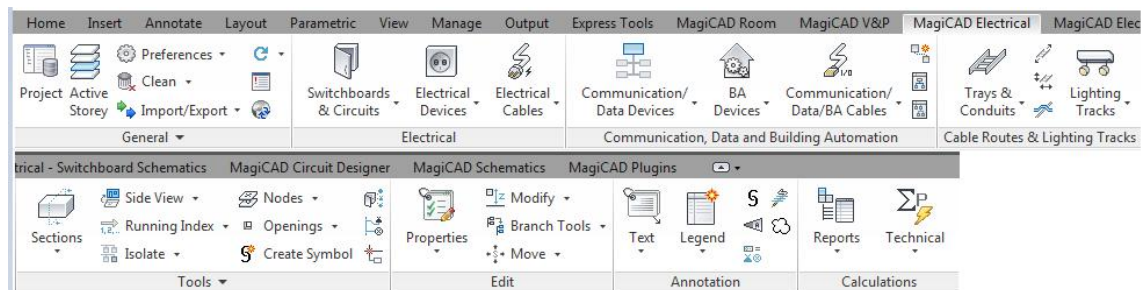
Tässä työssä sähkösuunnitelmien tekoon käytettävistä ohjelmistoista on valikoitu esitettäväksi MagiCAD-ohjelmisto. MagiCAD on kotimaisen suunnitteluohjelmistokehittäjän Progman Oy:n tuote. MagiCAD-ohjelmisto on ollut markkinoilla jo vuosta 1998 asti. Progman Oy julkaisee ohjelmistoistaan vuosittain uuden version sen lisäksi ohjelmistolle tulee pieniä päivityksiä vuoden mittaan. Progman Oy:llä on yli 20 vuoden kokemus suunnitteluohjelmistojen parissa ja se kuuluu kansainväliseen Glodon Group -konserniin, jonka kautta tulee kansainvälistä osaamista suomalaisen suunnitteluohjelmistojen kehitykseen. MagiCAD-tuoteperheestä sähkösuunnittelussa käytetään MagiCad Electrical for AutoCAD -ohjelmistoa. Pohjalla toimii Autodesk-yrityksen suunnitteluohjelmisto AutoCAD. AutoCAD on yksi maailman laajimmin käytetyistä suunnitteluohjelmistoista ja se on dominoinut markkinoita 1990-luvun alusta lähtien. Ohjelmiston dwg-tiedostotyypistä ja DXF-siirtoformaattista tuli suunnittelualalla de facto -standardeja, jotka ovat 2D-suunnittelussa yhä valta-asemassa. (1; 2.) MagiCAD-ohjelmistoa on saatavilla myös muille talotekniikan aloille räätälöityinä versioina ja myös sähkösuunnitteluun on saatavilla lisää versioita, mutta mallintamisessa tarvitsemme vain kyseistä MagiCAD Electrical -ohjelmistoa.

Perusteena MagiCAD-ohjelmiston valikoitumiseksi ja 3D-mallintamisen ohjeistuksen esitys kyseisellä ohjelmistolla on ainoastaan se, että minulla on eniten kokemusta juuri tämän ohjelman käytöstä. Työpaikallani ja koulussa opeteltiin perussähkösuunnittelun tekoa suurimmaksi osaksi MagiCAD-ohjelmistolla. Tässä työssä ei kuitenkaan paneuduta sen syvemmin eri suunnittelu- ja mallintamisohjelmistojen paremmuuteen, vaan keskitytään enemmän 3D-mallintamisen toteuttamiseen.

Kun puhutaan 2D-suunnitelmien mallintamisesta 3D:ksi saattaa aiheita tuntemattomalle tulla ajatus erillisestä työstä, joka tehdään 2D-suunnitelmien jälkeen. Nykyään 3D-mallintaminen on kuitenkin jo sähkösuunnitteluohjelmistoissa integroitu 2D-suunnitteluun,

jolloin saadaan pienellä lisätyöllä tehtyä 2D-suunnitelmista 3D-malli. Tarkoituksena mallintamisessa on kuitenkin saada lopputulokseksi IFC-tiedosto. Tästä tiedostosta käytetään sähkösuunnittelussa synonyymejä, kuten 3D-malli, IFC-malli, IFC-tiedosto, malli ja tietomalli. Sähkösuunnitteluohjelmistoissa on toimintoja joiden avulla saa 2D-suunnitelmista teetettyä IFC-tiedoston.

IFC eli Industry Foundation Classes on kansainvälinen ISO-standardi, mutta tässä työssä ja sähkösuunnittelussa yleensä, kun käytetään kirjainyhdistelmää IFC, sillä tarkoitetaan tiedostomuotoa eikä standardia. IFC-tiedosto on kansainvälisen BuildingSMART-järjestön (entinen IAI) kehittämä avoin ISO-standardoitu XML-pohjainen tiedostomuoto. (3.)



Kuva 3. MagiCAD Electrical -ohjelmiston työkalurivi ja toiminnot.

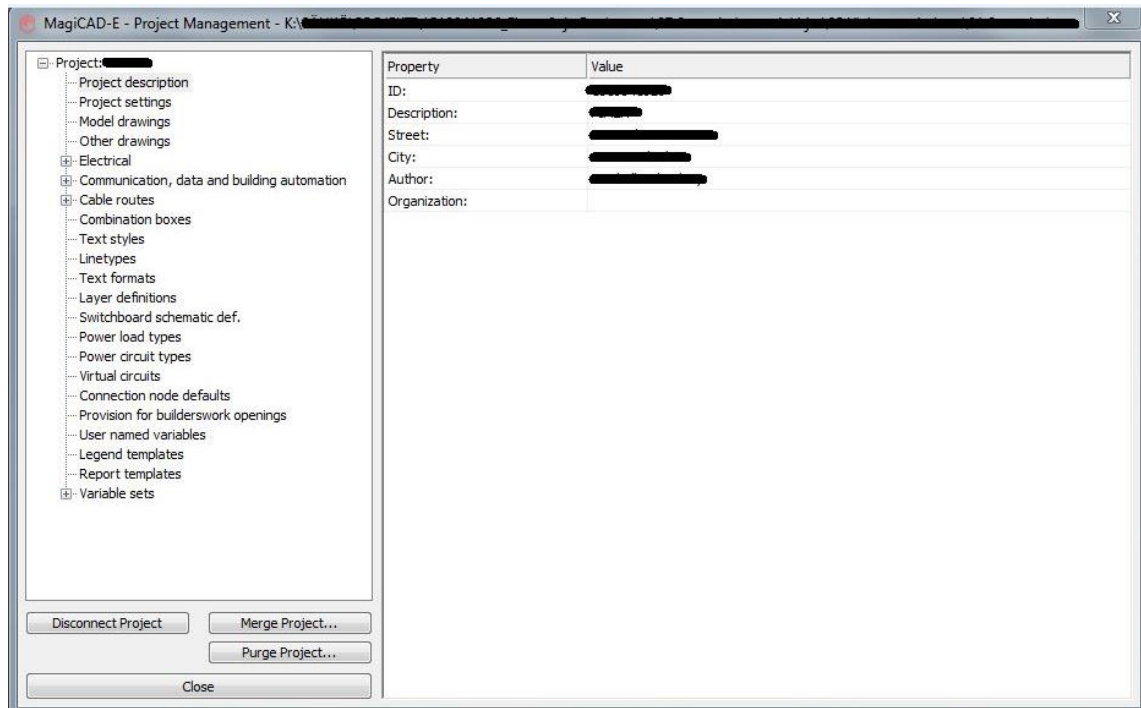
Kuvassa 3 on esitetty MagiCAD Electrical -ohjelmiston työkalurivi ja siitä löytyy suurin osa mallintamisessa käytettävistä toiminnoista. Työssä tullaan jatkossa viittaamaan toimintoihin suoraan, jos ne ovat kyseisen kuvan työkalurivillä näkyvissä.

3 Mallintamisen toteuttaminen sähkösuunnittelussa

Tässä työssä 3D-mallintaminen esitetään niin sanotusti ohjeistusmielessä ja käydään läpi MagiCAD-ohjelmiston keskeiset toiminnot 3D-mallintamista varten. Oletetaan myöskin, että lukija on jo entuudestaan MagiCAD-ohjelmistolla sähkösuunnittelua tekevä henkilö, joka ei kuitenkaan vielä ole 3D-mallintamiseen tutustunut. On kuitenkin pyritty esittämään ohjeistus sen verran helppolukuisesti ja porrastetusti, että alaa tuntemattomalle henkilöillekin olisi ohjeistus selkeä.

MagiCAD-ohjelmiston ytimenä toimii mep-tiedosto. Mep-tiedosto on aina projektikohtainen, ja siinä on kaikki projektin piirtämiseen liittyvä tieto, kaikki objektit, piirrosmerkit ja

tekstityylit. Suunnitelmien tekoa ei pystytä aloittamaan ennen kuin on tehty mep-tiedosto. Yleinen käytäntö on ottaa tyhjä malli mep-tiedosto, jossa on kaikki perustarvikkeet valmiina ja lähteä siitä sitten muokkaamaan projektikohtaiseksi. Toinen käytäntö on ollut kopioida toisen isomman projektin mep-tiedosto, johon on entuudestaan lisätty enemmän tavaraa kuin malli mep-tiedostossa. Mep-tiedostossa näkyvät myös kaikki projektiin liitetyt piirustukset, mikä tulee tarpeelliseksi, kun mallinnetaan monikerroksista rakennusta ja halutaan kaikki sähkösuunnittelun mallinnukset yhteen IFC-tiedostoon.



Kuva 4. Project-ikkuna, josta hallinnoidaan mep-tiedostoa.

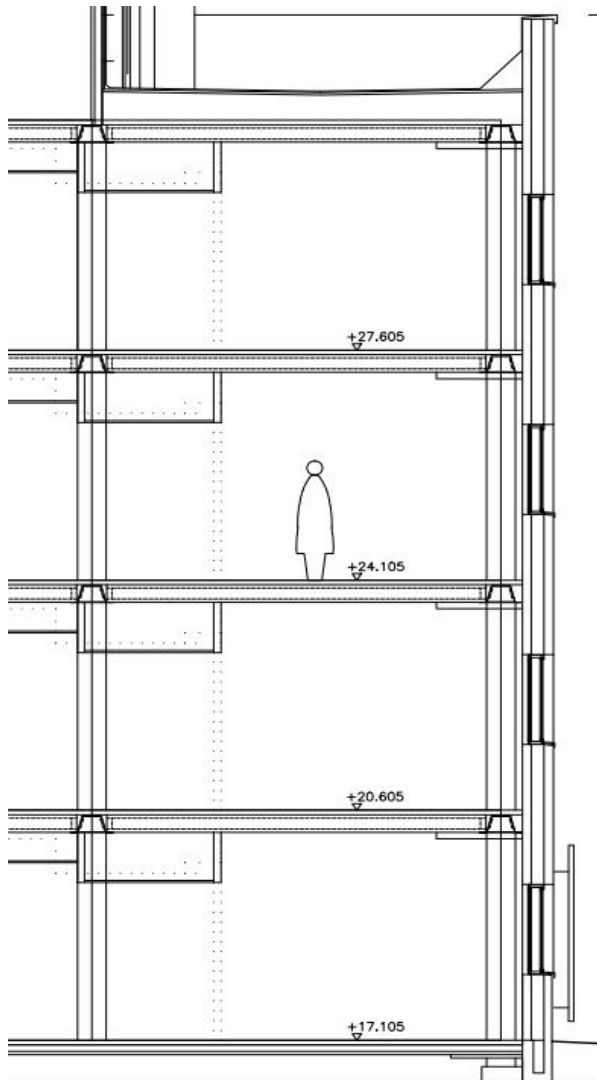
Painamalla MagiCAD-työkalurivin vasemmalla reunalla olevaa project-ikkunaa päästään hallinnoimaan mep-tiedostoa (kuva 4). Ensimmäistä kertaa project-ikkunaa painattaessa aukeaa select project -ikkuna, mutta siinä pitää vain mep-tiedoston sijainti kertoa ohjelmistolle.

Tässä kohtaa ohjeistuksen selventämiseksi sovitaan, että ohjeistuksen aikana tavoitteena on mallintaa kaksi kerroksinen talo ja niissä mallinnetaan jonkin verran keskuksia, valaisimia ja kaapelihyllyjä, jolloin ohjeistuksesta tulee lineaarista ja asteittaista. Luodaan eräänlainen malliprojekti pelkästään ohjeistusta varten. LVI- ja arkkitehtisuunnittelu ei kuulu työkuvaani ja siksi niiden suhteen viitataan esimerkeillä muihin tekemiini projekteihin. Kyseisen mallirakennuksen arkkitehtipohjakuvat ovat Metropolian mallitiedostoista, ja olen muokannut sekä mallintanut niitä itse tähän ohjeistukseen sopiviksi.

Tässä työssä jätetään huomioimatta kaikki sähkösuunnittelun muut osa-alueet, jotka eivät liity tai vaikuta 3D-mallintamiseen. Kaikki tiedostojen muut toimenpiteet ja asetukset tulee kuitenkin tehdä normaalisti kuten myös 2D-suunnittelussa esimerkiksi arkkitehtipohjien tuonti sähkösuunnittelun dwg-tiedostoihin tai tulostusasetukset ja niin edelleen.

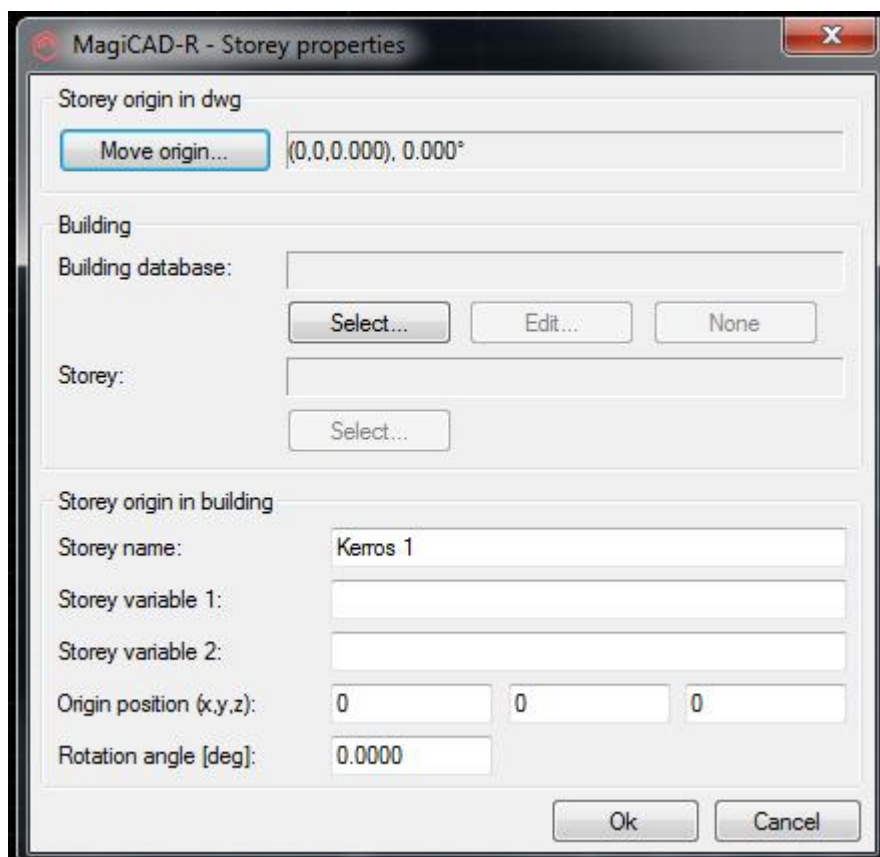
3.1 Kerrostiedot

Seuraava keskeinen toimenpide 3D-mallintamisessa on kerrosten korkeus asetukset. Ilman korkeusasetuksia on mahdotonta mallintaa monikerroksisia rakennuksia. Arkkitehdiltä saadaan korkeustiedot yleensä rakennuksen leikkauskuvana (kuva 5).



Kuva 5. Erään projektin arkkitehdin leikkauskuva rakennuksesta, josta selviää kerroksien korkeudet.

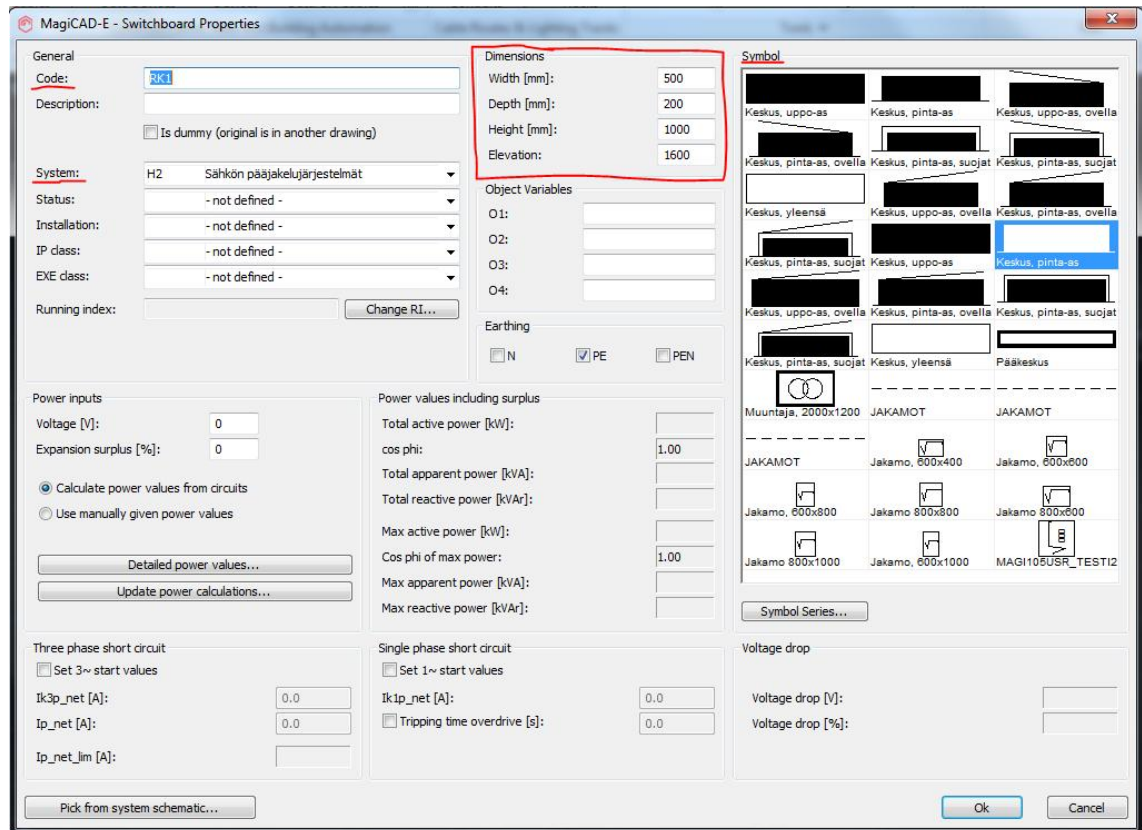
MagiCAD-ohjelmistossa kerroksien korkeus asetukset asetetaan active storey -ikkunasta (kuva 6). Jos kerrokset jätetään määrittämättä, mallintuvat kaikkien kerroksien mallinnettavat komponentit päällekkäin. Active storey -ikkunassa tärkeimmät kohdat ovat storey name ja origin position (x,y,z). Kaikki muut voidaan periaatteessa ja yleensä jättääkin tyhjiksi. Storey name -kohdassa annetaan kerrokselle nimi ja origin position -kohdassa laitetaan arkkitehdin leikkauskuvan mukainen korko z-kohtaan, joka tässä malli projektissa on kerros 1 tasokuvassa 0 mm ja kerros 2 tasokuvassa 2800 mm. Building database -kohtaa käytetään harvemmin, mutta siinä on periaatteessa kyse vain kerrostietojen täytöstä keskitetysti. Sitä varten luodaan mrd-tiedosto, joka on periaatteessa samantapainen kuin mep-tiedosto, mutta kerrosten korkeustiedoille. Itse olen käyttänyt sitä tähän asti vain yhdessä projektissa. Joissain tapauksissa asiakas saattaa projekteihinsa vaatia suunnittelijalta käytettävän mrd-tiedostoa. Muussa tapauksessa näkisin siitä hyödyn vain projekteissa, joissa on paljon kerroksia.



Kuva 6. Active storey-ikkuna, josta hallinnoidaan kerroksien korkeusasetuksia.

3.2 Mallinnettavat objektit

Objektien mallintamisessa aloitetaan keskuksien ja muiden samantyyppisten keskuslaitteiden mallintamisesta, esimerkiksi pääkeskukset, ryhmäkeskukset ja ristikytkentätelineet. Tässä malliprojektissa mallinnetaan asuntoon vain ryhmäkeskus. Oikeissa projekteissa näiden mallintamisen hyöty tulee tilanvarauksien muodossa. Keskuslaitteet ovat yleensä hyvin pieniä, ja siksi on hyvä mitoittaa tila tarkkaan.

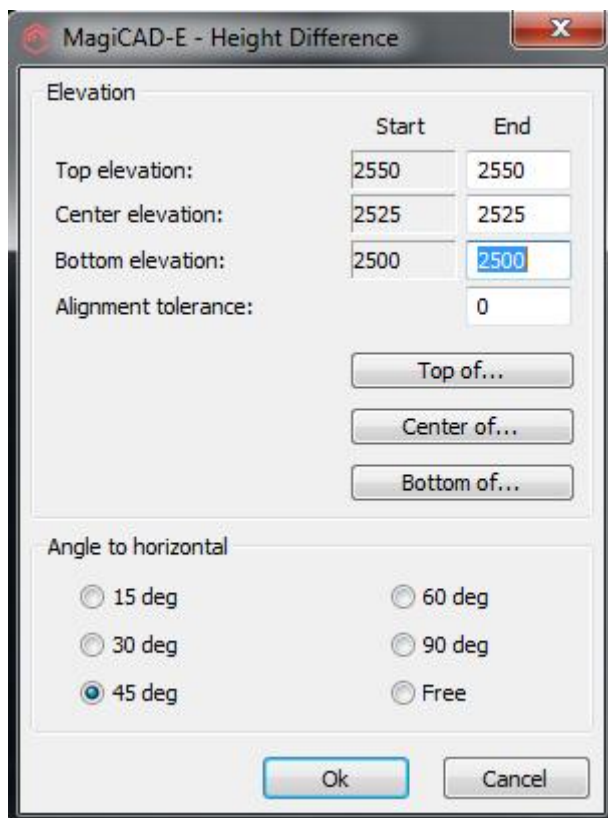


Kuva 7. Kuvassa keskuksen lisäyksen ikkuna.

Kuvan 7 mukaiseen ikkunaan päästään työkalurivin switchboards & circuit -ikkunasta. Keskusta piirtäessä tasokuvaan tärkeinä on antaa keskukselle nimitieto, valita järjestelmä, valita piirrosmerkki ja antaa korko- ja kokotiedot. 3D-mallintamisen kannalta tärkeintä on valita järjestelmä oikein ja antaa oikeat korko- ja kokotiedot. Koska molempien kerroksien korkotiedot on jo asetettu entuudestaan, pitää keskuksen elevation eli korko olla kyseisen tasokuvan kerroksen lattiasta katsottuna ja keskuksen muut mitat halutusti. Järjestelmän oikeellisuus tulee ajankohtaiseksi, kun lopussa tehdään IFC-tiedosto.

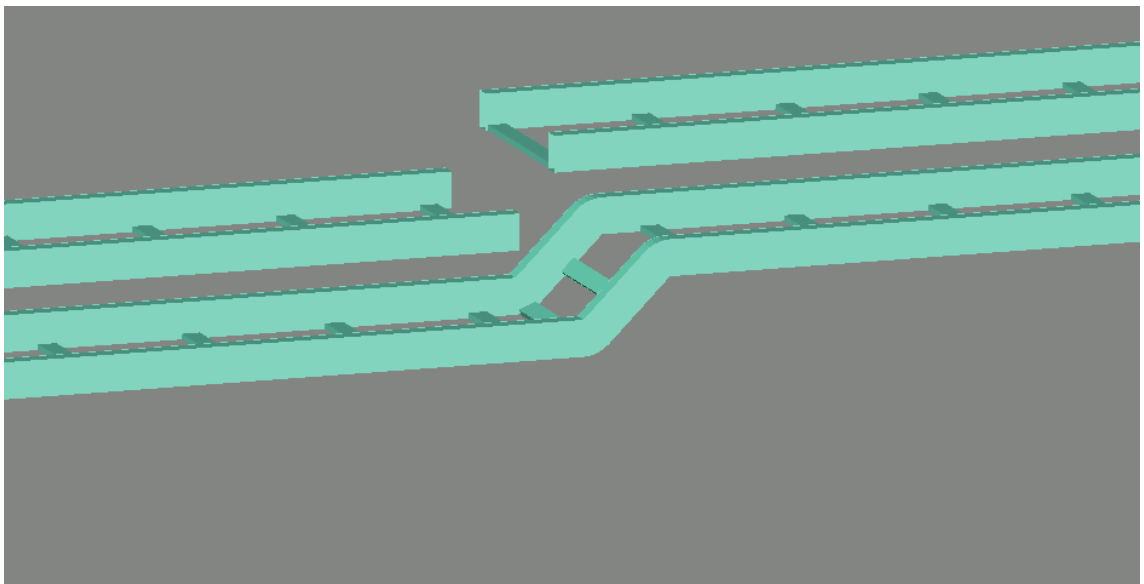
Sähkösuunnittelussa yksi tärkein mallinnettava objekti on kaapelihylly. Yksi suuri syy tähän on törmäystarkastelu esimerkiksi LVI-komponenttien kanssa. Kaapelihyllyjen sekä

muiden kaapelireittien, kuten johtokourujen ja ripustuskiskojen piirtämiseen päästään työkalurivin trays & conduits -ikkunasta. Kaapelihyllyt mallintuvat MagiCAD-ohjelmistossa tehtäessä väkisinkin, vaikka tehtäisiinkin vain 2D-suunnitelmia eikä projektia muuten mallinnettaisi. Syy tähän on se, että kun valitaan työkaluriviltä kaapelihyllyn piirtämisen työkalu, on siinä entuudestaan kaapelihyllyn koko- ja paksuustiedot (mep-tiedostossa), tämän lisäksi ohjelmisto pyytää jotain korkoa ennen kuin voi edes alkaa piirtämään 2D-kuvaan kaapelihyllyjä. 2D-tasokuvissa tulee kuitenkin näkyä kaapelihyllyt ja niiden korko tekstinä, jotta asentaja osaa työmaalla asentaa oikeaan korkoon. Tämän seurauksena 2D-suunnitelmissa kaapelihyllyjä piirrettäessä ne piirretään oikeaan korkoon, jolloin mallinnus tapahtuu jo suorastaan itse ja 2D-suunnitelmiin saa laitettua korkeustekstinkin automaattisella MagiCAD-hyllyn korkeustekstillä. 3D-mallintamisen kannalta kuitenkin hyödyllinen komento on height difference eli Z-komento. Z-komentoon päästään, kun valitaan ensin kaapelihyllyjen piirtotyökalu, valitaan oikea hyllytyyppi ja jatketaan painamalla ok, painetaan hyllyn piirto aktiiviseksi antamalla aloituspiste, annetaan hyllylle korkeus ja tämän jälkeen, kun hyllyn piirtotyökalu on vielä aktiivinen, painetaan hiiren oikeanmaista painiketta ja valitaan Z-komento.



Kuva 8. Kaapelihyllyjen koron muuttava Z-komento.

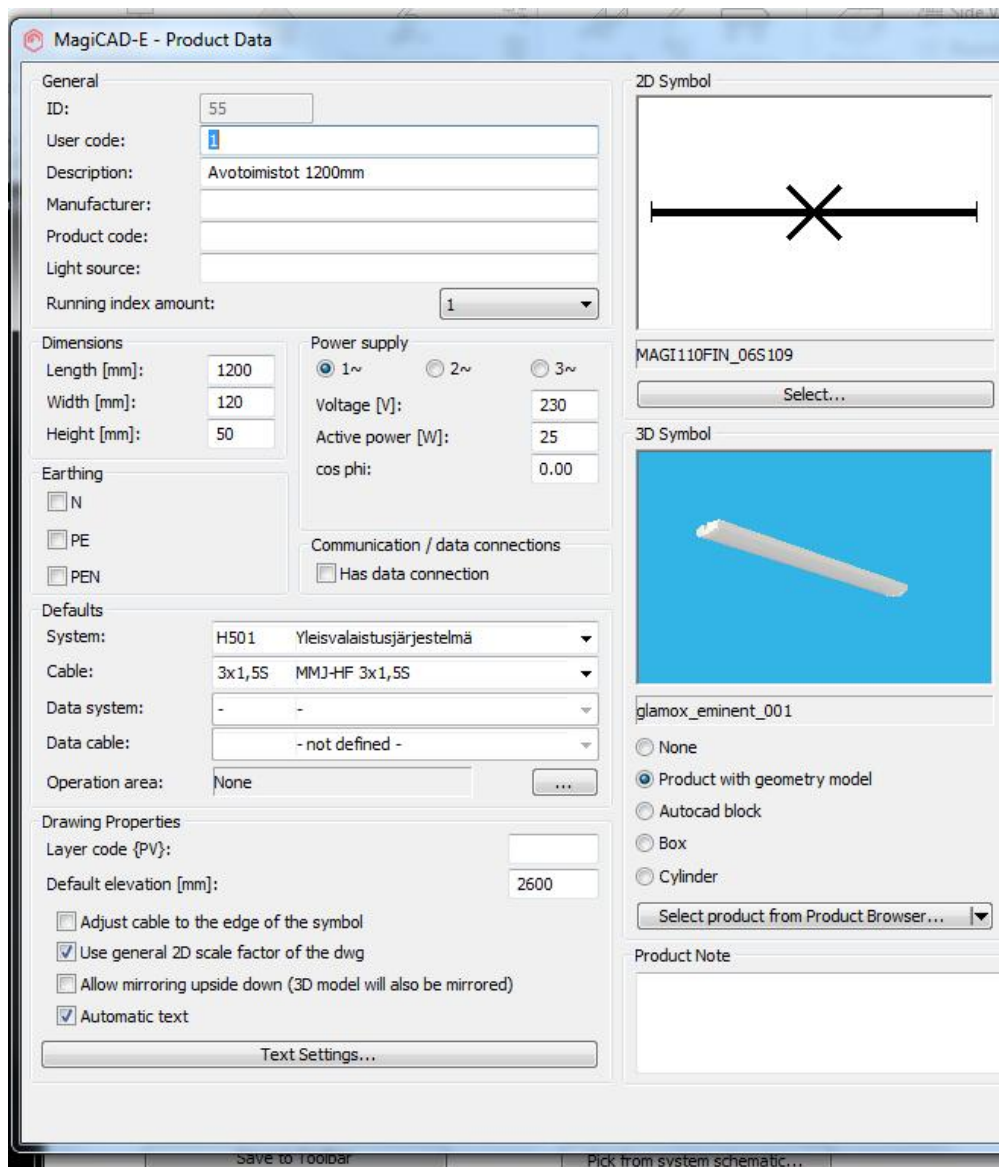
Kuvassa 8 esitetty height difference eli Z-komento muuttaa kaapelihyllyn korkoa suhteessa aloituspisteessä annettuun korkoon. Tämä tulee hyödylliseksi, kun esimerkiksi kaapelihyllyn reitin tiellä on muita objekteja tai hyllyjä, joiden kohdalla tulee tehdä ylitys. Annetaan kaapelihyllylle Z-komennolla uusi korko, jolla jatketaan. MagiCAD-ohjelmisto mallintaa itse valitulla kulmalla hyllyjen välille nousuosan. Todellisuudessa kuitenkin alle 300 mm:n korkomuutoksia ei tehdä erillisellä nousuosalla, vaan hyllyt päätetään haluttuun kohtaan ja samasta kohtaan jatketaan hyllyllä, joka on eri korolla (kuva 9). Suuremmilla korkeuseroilla korkojen muutuskohdat toteutetaan pystysuoralla kaapelihyllyn päätällä hyllyjen korkeuden erotuskohtaan.



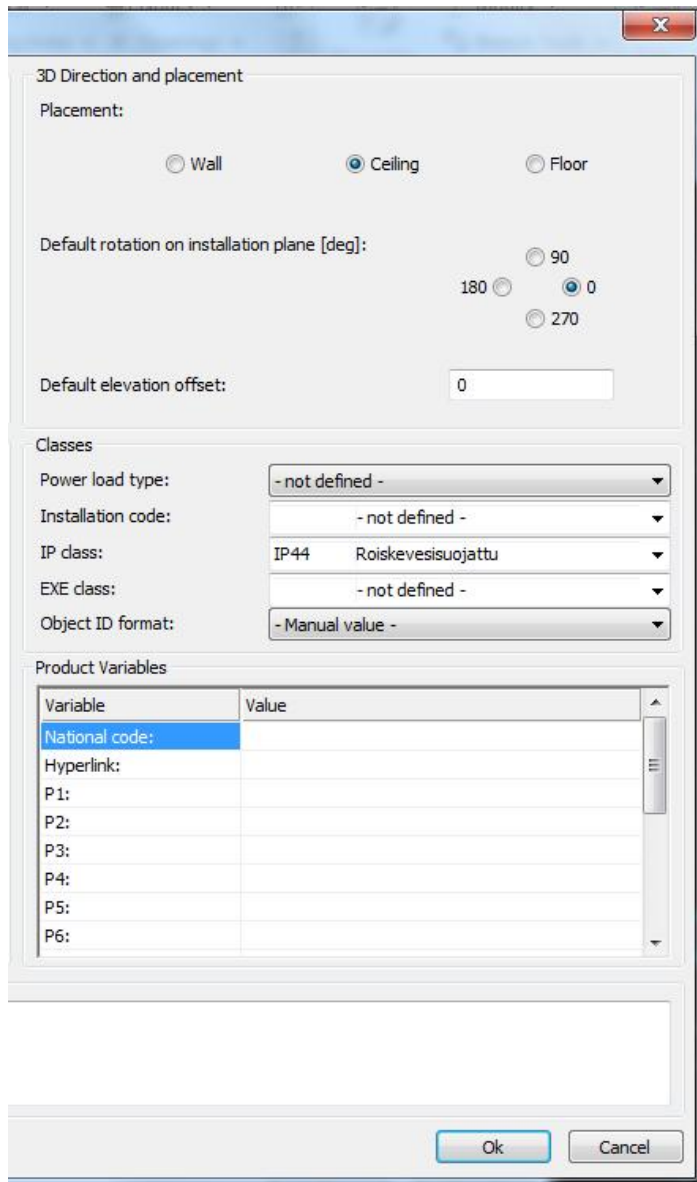
Kuva 9. Kuvassa esitetty Z-komennolla piirretty erikorkuisten kaapelihyllyjen välinen nousuosaa sekä se, miten todellisuudessa tilanne toteutetaan alle 300 mm korkeuseroissa.

Seuraavaksi ohjeistuksessa käydään läpi valaisimien mallinnusta. Tämäkin katsotaan sähkösuunnittelijan eikä niinkään valaistussuunnittelijan näkökulmasta. Sähkötasoihin 3D-mallintamisen kannalta tekee valaistussuunnittelija ensin valaistuslaskelmat, joiden avulla määritetään valaisimien sijainnit ja korkotiedot. Tämän jälkeen sähkösuunnittelija piirtää ja mallintaa valaisimet sijainneilleen sähkötasokuviin. Kuten aikaisemmin on mainittu, valaisimet voidaan mallintaa myös visuaalisuuden näkökulmasta, mutta tässä ohjeistuksessa käydään läpi vain sähkötasokuviin tehtävää mallinnusta. Syitä valaisimien mallintamiseen sähkötasoihin ovat esimerkiksi valaisimien sijaintien havainnollistus ja uppoasennettavien valaisimien tilansovitus. Uppoasennettavat valaisimet vievät tilaa alakattojen yläpuoleltakin, ja joissakin projekteissa alakattojen yläpuolelle ei jää kovin paljon tilaa, koska sinne tulee myös kaikenlaisia LVI-putkia ja kaapelihyllyjä.

MagiCAD-ohjelmistossa valaisimien 3D-mallia on mahdollista muokata suoraan mep-tiedostosta tai sitten työkaluriviltä electrical devices -ikkunasta. Molemmissa tapauksissa on kuitenkin hyvä muistaa, että ei lähde muokkaamaan jo tasoon entuudestaan piirrettyjen valaisimien tietoja tai muistaa ainakin päivittää tasokuvan tietojen muuttamisen jälkeen. MagiCAD-ohjelmistossa on valaisimen 3D-malli mahdollista valita ohjelmiston laajasta kirjastosta. Kyseistä kirjastoa ylläpitää MagiCAD ja sieltä löytyy monen valmistajan valaisimia, jopa tyyppikohtaisesta kaikkine tietoineen. On myös mahdollista valita samantapaisen valaisimen 3D-malli, jos mallinnettavaa valaisinta ei löydy kirjastosta. Useimmiten kuitenkin päädytään ja on helpompikin mallintaa itse valaisimelle 3D-malli.



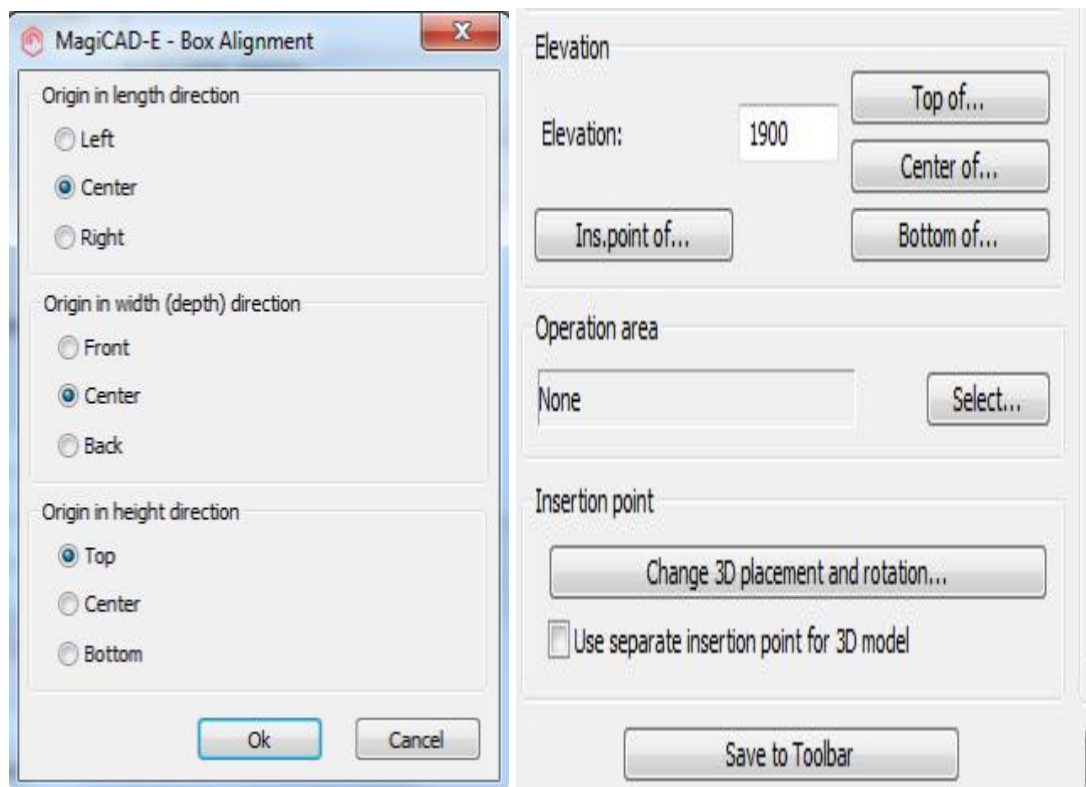
Kuva 10. Valaisimen tietojenmuokkausikkuna osa 1.



Kuva 11. Valaisimen tietojenmuokkausikkuna osa 2.

Valaisimien tietojenmuokkausikkunassa päästään muokkaamaan ja tekemään valaisimelle 3D-malli. Kuvassa 10 näkyy oikealla alakulmassa valaisimen 3D-symbolikohta. Kyseisen kuvan valaisimella on käytössä 3D-malli suoraan MagiCAD-kirjastosta ja siksi vasemmalla näkyvät valaisimen kokotiedot on entuudestaan määritetty. Kun tekee valaisimen 3D-symbolin itse, tulee valita esimerkiksi box-kohta product with geometry model -kohdan sijaan. Tällöin vasemmalla olevat kokotiedot voi määrittää itse. Kun on valittu box-kohta, sen alapuolelle ilmestyy myös alignment-kohta (kuva 12). Siinä määritetään valaisimen 3D-symbolin kohdistuspiste. 3D-symbolin kohdistuspiste laitetaan useimmiten keskelle ja korkeussuunnassa yläpäähän. Tämä komento tulee tarpeelliseksi, kun esimerkiksi halutaan 100 mm paksu uppoasennettava valaisin alakattoon. Tällöin sen

kohdistuspiste laitetaan korkeussuunnassa valaisimen alapäähän ja valaisimen korkeudeksi laitetaan alakaton korkeus lattiasta. Default elevation offset -kohtaan laitetaan korkeus, jos sellainen halutaan antaa valaisimelle. Jos esimerkiksi tuohon kohtaan laittaa 200 mm ja valaisimen laittaa korkoon 2300 mm tulee valaisin korkoon 2500 mm.

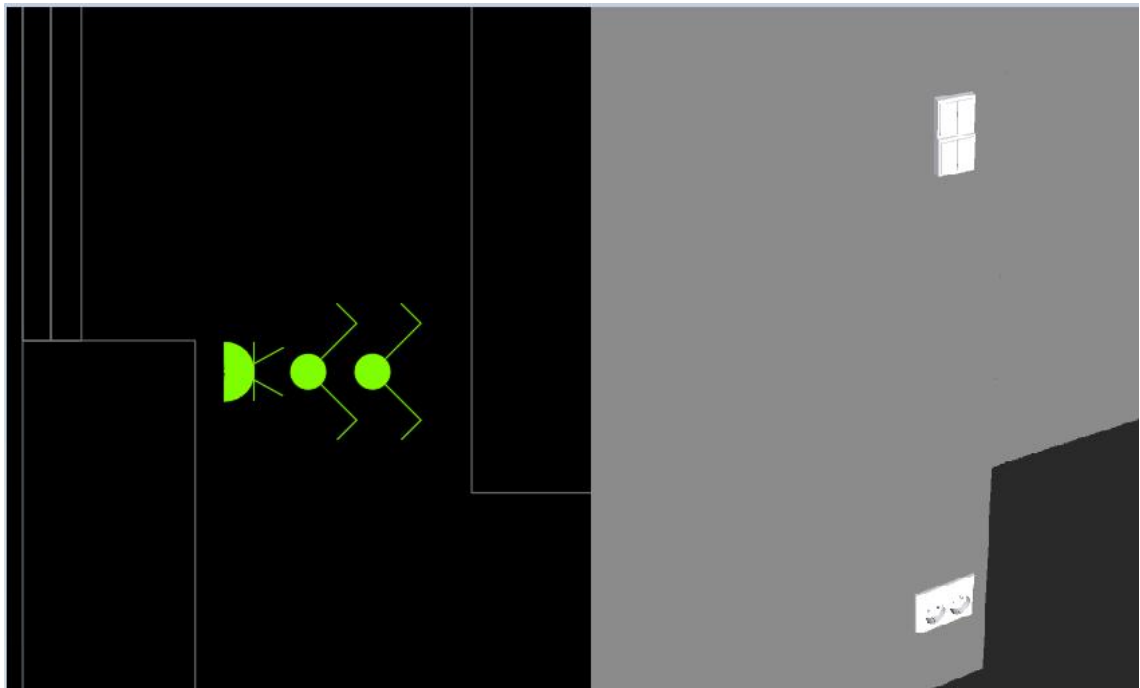


Kuva 12. 3D-symbolin alignment-ikkuna ja osa electrical devices-ikkunasta valaisimet valitsemista varten.

Kuvassa 11 on 3D direction and placement -kohta. Tämän avulla voidaan muokata, mihin suuntaan valaisin osoittaa tai missä suunnassa valaisin asennetaan, joka tulee hyödylliseksi piirtäessä esimerkiksi seinävalaisimia. Kuvassa 12 näkyy myös osa electrical devices -ikkunasta, jossa näkyy vain 3D-mallinnuksen osalta keskeisimmät toiminnot. Tietenkin korko, joka oli jo valaisimien tiedot -ikkunassa, mutta se on eräänlainen oletus ikkuna ja tästä kyseessä olevasta ikkunasta voi muokata aina uutta valaisinta laittaessa muokkaamatta koko valaisimen tietoja. Top/center/bottom of -toimintoja käytetään, kun halutaan sijoittaa valaisin jonkin toisen objektin koron mukaan. Esimerkiksi, jos olisi kaapelihyllyn pohjaan tuleva valaisin niin silloin valittaisiin bottom of -toiminto ja painettaisiin kaapelihyllyä, jolloin elevation-kohtaan korko kaapelihyllyn koron mukaisesti. Tätä käytetään harvemmin, sillä muut objektit, joiden mukaan tulisi laittaa eivät ole sähkötasokuvissa, esimerkiksi alakatto tai jopa kaapelihyllyt, jotka ovat yleensä omassa erillisessä

tiedostossa. Kuvassa 12 näkyy myös yksi hyvin hyödyllinen komento 3D-mallintamisessa eli use separate insertion point for 3D model -kohta. Yleensä kun piirretään 2D-symboli tasokuvaan, tulee 3D-symboli samaan kohtaan, mutta kyseistä kohtaa painamalla saa piirtäessä vaihtoehdon laittaa 3D-symboli eri kohtaan. Tätä käytetään esimerkiksi pistorasioiden ja painikkeiden mallintamisessa. 2D-suunnitelmissa tulee piirrosmerkit hieman irti seinästä, ja tällä toiminnolla saa kyseisen piirrosmerkin 3D-symbolin kuitenkin seinään kiinni.

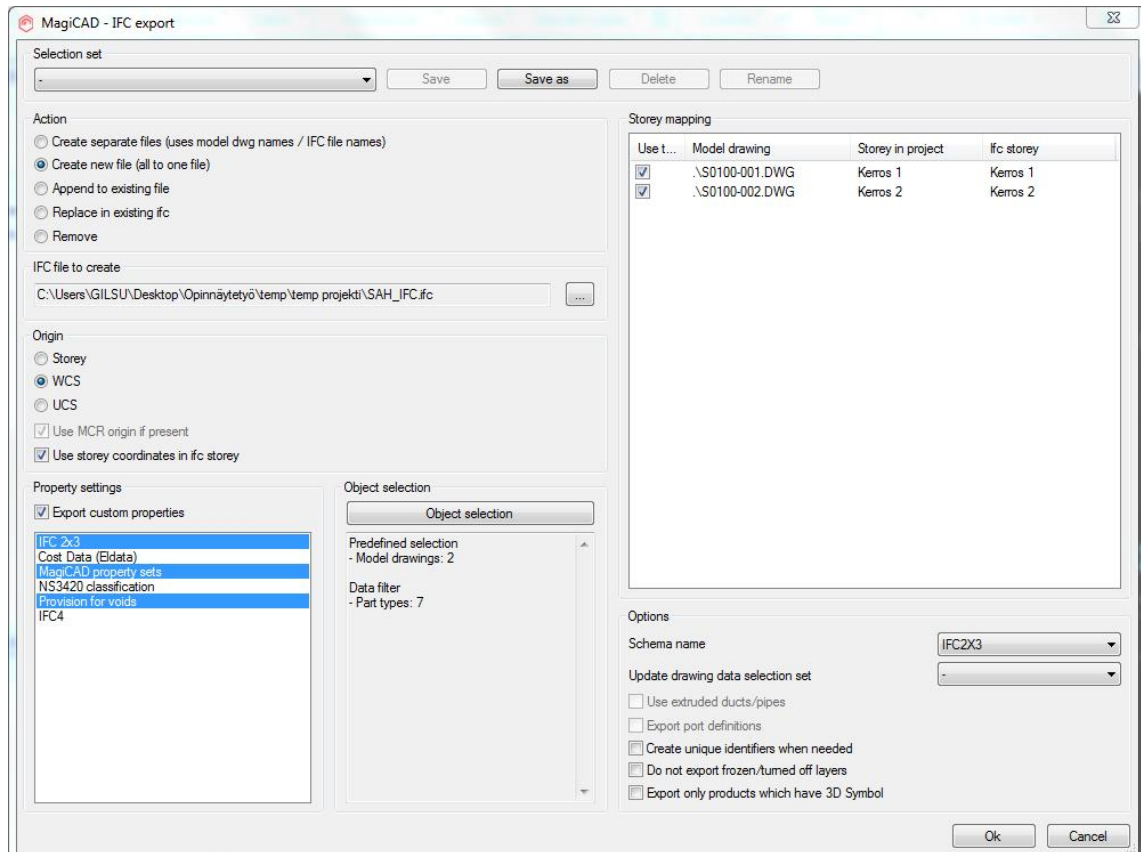
Myös pistorasiat ja painikkeet on mahdollista mallintaa, mutta niitä mallinnetaan hyvin harvoin. Niiden tuoma havainnollisuus on lähestulkoon täysin esteettinen. Yleensä pistorasiat ja painikkeet mallinnetaan vain mallihuoneissa. Nämä niin sanotut mallihuoneet ovat pieni osa koko projektin kokonaisuutta, mutta niillä pyritään esittämään mahdollisimman paljon. Rasioiden mallintamista ei tässä työssä erikseen käydä läpi, sillä se toteutetaan lähestulkoon samalla lailla kuin valaisimet. MagiCAD-ohjelmiston työkaluriviltä electrical devices -ikkunasta valitaan valaisimien sijaan pistorasiat tai painikkeet ja tämän jälkeen mallintamiseen pätee kaikki aikaisemmin valaisimien mallinnuksesta mainitut vaiheet. Pistorasioiden ja painikkeiden mallintamisessa tulee lähestulkoon aina käytettyä aikaisemmin mainittu use separate insertion point for 3D model -kohta, sillä 2D-suunnitelmissa kaikkien kojeiden sijainnit eivät ole täysin realistisia (kuva 13).



Kuva 13. Kuvassa 3D-objektit laitettu erikseen 2D-objekteista, jotta 3D-malli vastaisi todellisuutta.

3.3 IFC-tiedoston luonti

3D-mallintamisen viimeisin ja kenties tärkein osa sähkösuunnittelun osalta on IFC-tiedoston luominen. IFC-tiedoston luominen onnistuu MagiCAD-ohjelmiston IFC Export -toiminnolla (kuva 14), joka löytyy työkaluriviltä Import/Export-valikon alta.



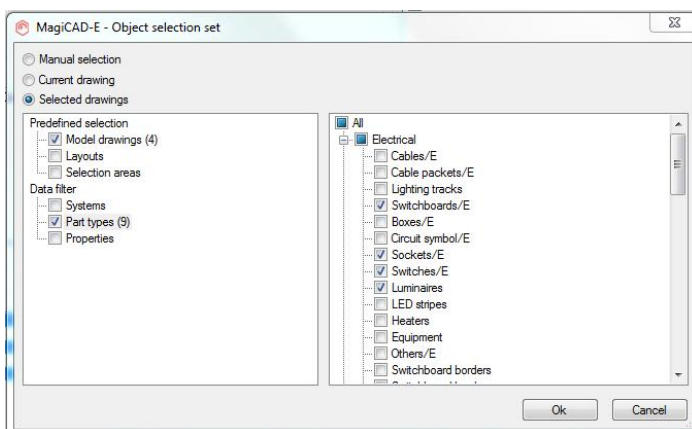
Kuva 14. Kuvassa esitetty IFC-tiedoston luomisen-toiminto oikeine asetuksineen.

Seuraavaksi käydään läpi IFC-Export-toiminnon kaikki keskeiset asetukset, joiden avulla pystyy luomaan IFC-tiedoston. Jo pelkästään kuvan 14 asetusten seuraaminen avittaa hyvin lähelle toivottua lopputulosta. Ensimmäiseksi kannattaa varmistaa, että storey mapping -kohdasta löytyvät ja ovat valittuina kaikki sähkötasokuvat, joiden 3D-objektit halutaan IFC tiedostoon. Tässä kohtaa on myös aikaisemmin mainittujen kerrostietojen oltava oikein, jolloin kerroksien nimitiedot näkyvät myöskin IFC Export -ikkunassa. Tiedostojen tai kerrostietojen puuttuessa tästä ikkunasta on vielä mahdollista käydä lisäämässä sähkötasokuvia mep-tiedostoon tai muuttamassa/korjaamassa kerrostiedot, kuten tässä työssä aikaisemmin on esitetty. On myöskin mahdollista, että tiedosto on jo liitetty mep-tiedostoon, mutta ei kuitenkaan näy mep-tiedostojen hallintaikkunassa model

drawings -valikossa. Tässä tapauksessa pitää mennä kyseiseen model drawings -valikkoon ja lisätä avoinna oleva sähkötasokuva painamalla hiirin oikeanpuolista painiketta ja valitsemalla add current dwg -toiminto. Tämä tulee tehdä yksitellen jokaisen puuttuvan tiedoston kanssa. Action-valikon osalta valitaan kuvan 14 mukaisesti create new file -kohta. Valitsemalla kyseinen kohta saadaan kaikki valitut tasokuvat mallinnettua kerralla samaan IFC-tiedostoon. Muutkin action-valikon kohdat ovat hyödyllisiä, joskin vähemmän käytettyjä.

- create separate files -kohta tekee jokaisesta valitusta sähkötasokuvasta oman IFC-tiedoston kerralla ilman, että joutuisi jokaisen mallintamaan yksikerralla. Tämä tulee hyödylliseksi reikäpiirustuksien teossa, jotka tehdään yleensä erillisinä.
- append to existing file -kohta lisää valitut sähkötasot jo entuudestaan tehtyyn IFC-tiedostoon muokkaamatta tiedostossa olevia mallinnuksia.
- replace in existing ifc -kohta korvaa valittujen sähkötasojen entuudestaan IFC-tiedostossa olevat mallinnukset. Tämä tulee hyödylliseksi, kun on esimerkiksi korjattu moni kerroksisen talon mallinnuksia vain yhdestä kerroksesta, jolloin ei tarvitse kaikkia kerroksia mallintaa uudestaan yhden kerroksen takia.
- remove-kohta poistaa valitut sähkötasot jo entuudestaan tehdystä IFC-tiedostosta.

IFC file to create -kohdassa valitaan sijainti, mihin valmis IFC-tiedosto tallentuu ja millä nimellä. Päivitettäessä entuudestaan tehtyä mallia, pidetään kohta samana ja tallennetaan vanhan IFC-tiedoston päälle uusi samoilla asetuksilla tehty IFC-tiedosto. Origin-valikossa valitaan IFC-tiedoston kohdistuspiste, joka tulee pitää kuvan 14 mukaisesti WCS-kohdassa, sillä yleensä myös sähkötasokuvissa se on WCS. Property settings- ja options-kohtien asetukset pidetään lähestulkoon muuttamattomina kuvan 14 mukaisesti.



Kuva 15. IFC-tiedoston luomisen object selection -ikkuna.

Kuvan 15 object selection-ikkuna on IFC-luomisen yksi tärkeimpiä kohtia, sillä siinä valitaan mitä kaikkea valituista sähkötasokuvista mallintuu IFC-tiedostoon. Valikoida voi lähestulkoon mitä vain MagiCAD-objekteja, tekstejä, merkintöjä ja kokonaisia järjestelmiä joiden takana on monia objekteja. Haluttaessa luoda uudelle projektille perusvalikoima kannattaa valita vähintäänkin seuraavat seitsemän kohtaa mallinnettavaksi data filter -kohdan part types -valikoimasta:

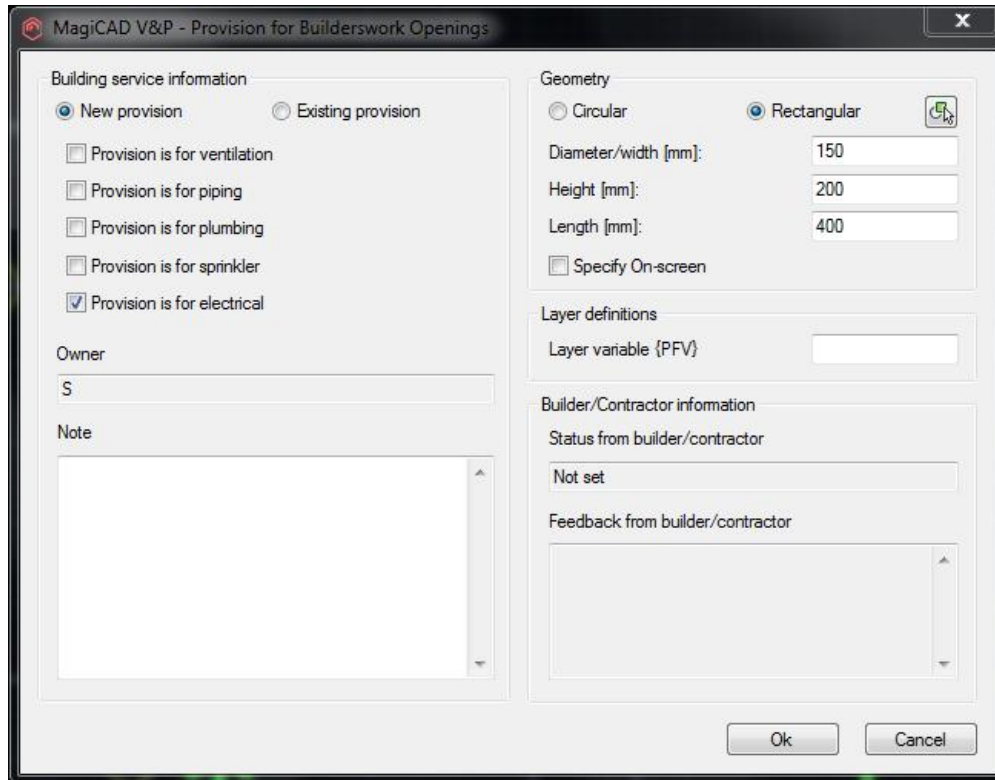
- Switchboards eli keskukset
- Luminaires eli valaisimet
- Projektikohtaisesti ja tarvittaessa myös Lighting tracks ja LED stripes eli valaisinkiskot ja LED-nauhat
- Communication & data main units eli päälaitteet esimerkiksi data järjestelmissä, kuten ristikytkentätelineet
- Cable routes -valikon kaikki kohdat, jolloin saadaan kaikki mahdolliset kaapelireitit, hyllyt ja kourut.
- Provision for builderswork openings eli reikävaraukset.

Ensimmäisen IFC-tiedoston luonnin jälkeen kannattaa selection set -kohdassa tallentaa kyseiset asennukset nimellä. Tällöin ei tarvitse joka kerta uudestaan asettaa kaikkia asetuksia.

3.4 Reikäpiirustukset

Sähkötasokuvien osalta mallintaminen on tässä kohtaa valmis, ja seuraavaksi mennään toiseen mallinnusosa-alueeseen sähkösuunnittelussa eli reikäpiirustuksiin sekä niiden mallintamiseen IFC-tiedostoiksi. Reikäkuvat ovat korkeusasetuksiltaan ja muiltakin osin samanlaisia kuin sähkötasokuvat. Ainoa ero on, että reikäpiirustuksissa esitetään vain reikävaraukset. Kannattavinta olisikin kopioida jokaisen kerroksen sähkötasokuva ja vaihtaa niiden nimet sekä poistaa kopioista kaikki muut piirretyt sähköistykset. Reikävarauksella sähkösuunnittelussa tarkoitetaan rakennuksen rakenteeseen tulevaa läpivientä. Läpivientejä tarvitaan yleensä kaapelireiteille, jotta saadaan kaapeloitua tarvittava tekniikka suunniteltua reittiä pitkin. Tällaisia tilanteita ovat esimerkiksi kerroksien väliset kaapelinousut ja kaapelihyllyjen läpivienti kantavista seinistä. Reikävaraukset voivat olla joka neliskanttisia tyhjiä reikiä tai sylinterin muotoisia putkituksia. MagiCAD-oh-

jelmistossa on reikävaruksille oma piirtotyökalu ja tällä työkalulla reikävarausten piirtäminen onnistuu jokseenkin samantapaisesti kuin esimerkiksi kaapelihyllyjen 3D-mallintaminen. Kyseinen työkalu löytyy työkaluriviltä openings-valikon alta (kuva 16).



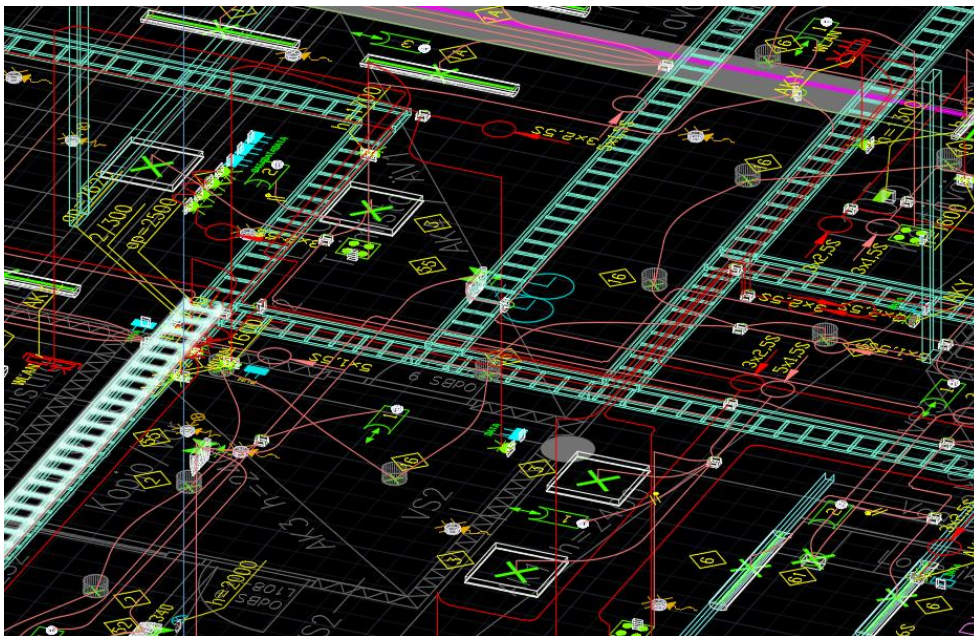
Kuva 16. Reikävaruksien tekemiseen käytetty MagiCAD-toiminto.

Uutta reikävarausta tehtäessä tulee valita kohdat New provision ja provision is for electrical. Nämä tiedot siirtyvät mallintaessa myös IFC-tiedostoon ja helpottavat mallia tarkastettaessa. Yleensä reikävaraus on yksi neliskanttinen reikä tai sylinterin muotoinen putkitus. Sähkösuunnittelija suunnittelee reikävarauksien määrän ja suuruuden tarpeiden mukaan. Kun kuvan 16 mukaiset asetukset ovat kunnossa ja reikävarauksen haluttu muoto sekä koko on valittu, päästään ok-painikkeesta sijoittamaan reikävaraus 2D-tasokuvaan, jolloin ohjelmisto kysyy myös reikävarauksen korkoa. Kaikkien aikaisempien mallinnettavien objektien tapaan reikävarauksien korko asetetaan piirrettävän kerroksen tasokuvan lattiasta katsotusti. 2D-suunnitelmiin kuitenkin ilmoitetaan absoluuttinen korko viitetekstillä. Kun kaikki reikävaraukset on piirretty sähkötasokuvaan, päästään tekemään IFC-tiedosto reikäpiirustuksista. Aikaisemmin määritettiin IFC-tiedoston luomisessa perusasetukset ja valittiin property settings- ja object selection -kohtaan myös provisions for voids eli reikävaraukset. Reikäpiirustuksissa ei ole muita objekteja kuin reikävarauksia ja siksi voidaan IFC-tiedostoa luotaessa käyttää samaa nimellä tallennettua perusasetusta. Tällöin kuitenkin pitäisi vaihtaa joka kerta, mihin kansioon ja millä nimellä IFC-

tiedosto tulisi. Siksi onkin järkevintä tallentaa sama asetussetti samoine asetuksineen, mutta kuitenkin eri nimellä reikävarauksille. Reikävarauksien IFC-tiedostot tehdään myös kerroskohtaisina eli jokaiselle mallinnettavalle kerrokselle oma reikävarauksien IFC-tiedostonsa. Tämä onnistuu valitsemalla Action-valikon create separate file -kohta, jolloin saa kerralla tehtyä jokaisen kerroksen IFC-tiedoston yksittäisinä IFC-tiedostoina. Tässä tapauksessa tulee kuitenkin muistaa, että tällöin IFC-tiedoston nimiä ei voi antaa itse, vaan ohjelmisto antaa IFC-tiedostoille samat nimet kuin on reikäpiirustuksien dwg-tiedostoilla. Tämä kannattaa jo siis ottaa huomioon reikäpiirustuksia tehtäessä ja nimettäessä. Reikävarauksia mallinnettaessa on hyvä myös muistaa mallintaa reikävaraukset hieman seinästä ulostuleviksi, jotta mallia on helpompi tarkastella 3D-muodossa.

4 Mallien tarkastelu ja eri suunnittelualojen välinen yhteistyö

Tässä vaiheessa ohjeistusta kaikki mallinnettava on saatu mallinnettua IFC-tiedostoihin ja seuraavaksi päästään tarkastelemaan sähkön, mutta myös muiden suunnittelualojen IFC-tiedostoja. Mallien tarkastelua varten on omat ohjelmansa, sillä se ei vielä itse sähkösuunnitteluohjelmistoissa onnistu täydellisesti. MagiCAD-ohjelmistossa on jokseenkin mahdollista katsella mallinnettuja objekteja (kuva 17).

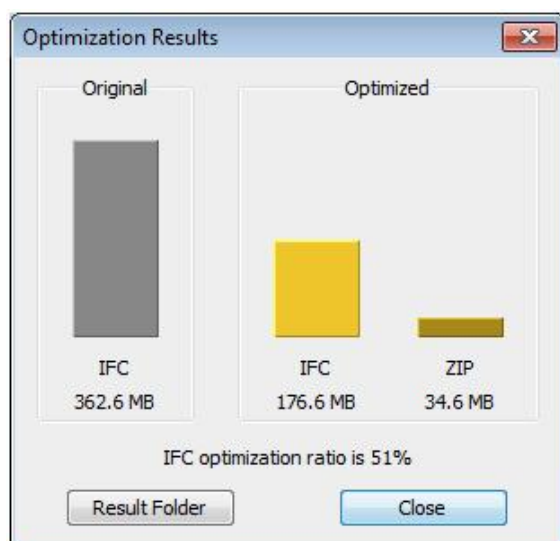


Kuva 17. 3D-näkymä MagiCAD-ohjelmistossa.

MagiCAD-ohjelmistossa voi tarkastella objekteja kolmiulotteisesti painamalla pohjaan shift-painiketta sekä hiiren rullaa. Tämä on kuitenkin hyvin sekavaa, sillä kuvassa tulee

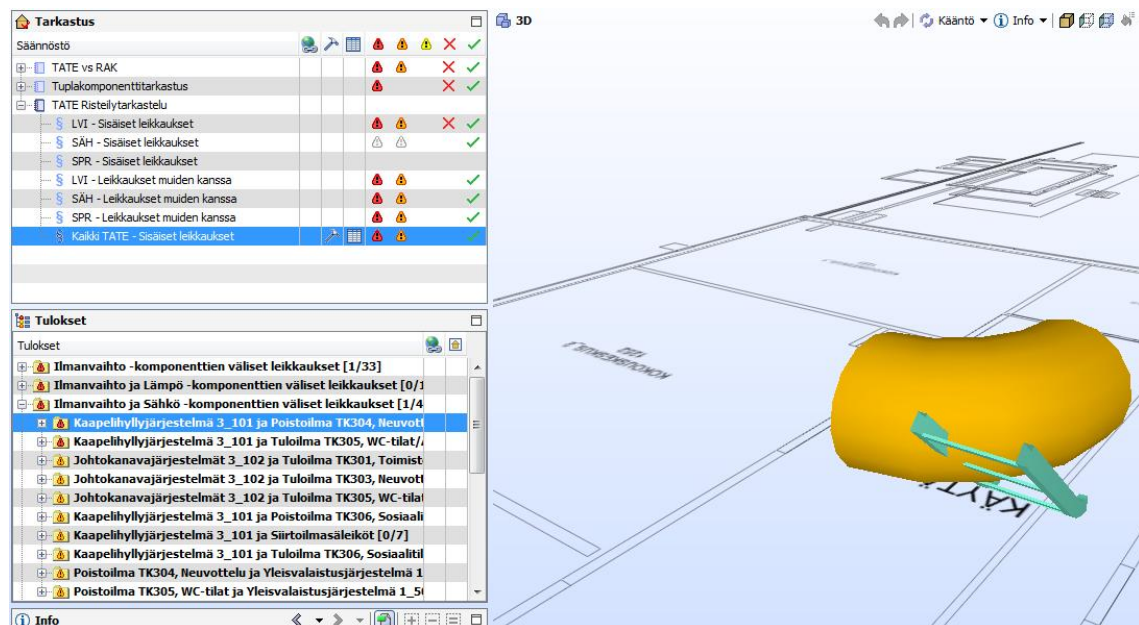
kuitenkin näkymään myös 2D-symbolit sekä kaikki ei- 3D-mallinnettu tekniikka, kuten esimerkiksi kaapelointi. Tämä on myös hyvin raskasta MagiCAD-ohjelmistolle eikä siksi kovin nopeaa toimintaa varsinkaan isommissa projekteissa. Kuten kuvassa 17 näkyy, ei sähkötasokuvaan ole mahdollista tuoda muiden suunnittelualojen 3D-malleja. Esimerkiksi arkkitehdin dwg-pohjakuvat ovat vain 2D-suunnitelmia eikä niitä yleensä ole tehty MagiCAD-ohjelmistolla eikä siksi voida malleja tarkastella pelkästään sillä. Jos esimerkiksi LVI-suunnittelija on tehnyt suunnitelmansa MagiCAD-ohjelmistolla voi niitä tarkastella myös sähkötasokuvissa tuomalla ne xref-muodossa. Tämä kuitenkin alkaa olla niin raskasta ohjelmistolle, että tulee vastaan kaatumisvaara. Siksi eri suunnittelualojen 3D-malleja tarkastellaan omilla ohjelmillaan.

Mallien tarkastelu hoidetaan luomalla yhdistelmämalli. Tämä on yksi tiedosto, johon on yhdistetty arkkitehdin, LVI-suunnittelijan, rakennesuunnittelijan ja sähkösuunnittelijan tekemät IFC-tiedostot. Projekteissa valitaan yleensä tietomallikoordinaattori, joka ylläpitää yhdistelmämallia ja käy myöskin sitä läpi mahdollisten ristiriitaisuuksien ja yhteentörmäyksien kannalta. Tässä työssä mallien katseluohjelmaksi käytetään Autodeskin Naviswork Stimulate -ohjelmistoa. Syyt kyseisen ohjelmiston valintaan ovat lähes tulkoot samat kuin MagiCAD-ohjelmiston valintaan. Tässä varsinkin korostuu oma henkilökohtainen preferenssini, sillä koen ohjelmiston hyvin selkeäksi ja helppokäyttöiseksi. Toinen hyvä ja käytetty vaihtoehto on Solibri Model Checker -ohjelmisto. Sen hyöty tulee esiin varsinkin isommissa projekteissa, sillä verrattuna Naviswork Stimulate -ohjelmistoon Solibri Model Checker avaa raskaampiakin IFC-tiedostoja tai yhdistelmämallia nopeammin ja helpommin.



Kuva 18. Solibri IFC Optimizer tiedoston koon pienennys. (4.)

Solibri tarjoaa myös lisäohjelman Solibri IFC optimizer -ohjelman, jonka avulla voidaan suurien IFC-tiedostojen ja yhdistelmämallien kokoa pienentää menettämättä mallien sisältämää informaatiota. Kuvassa 18 nähdään, kuinka kyseisellä ohjelmalla saadaan IFC-tiedoston koko miltei puoleen alkuperäisestä.



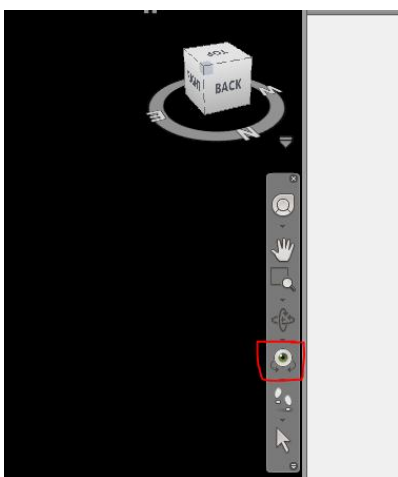
Kuva 19. Solibri Model Checker ohjelmiston tarkastus-ikkuna.

Toinen suuri hyöty Solibri-ohjelmistossa on kaikkien suunnittelualojen välisessä törmäystarkastelussa. Kyseisellä ohjelmistolla saa yhdistelmämallissa tehtyä hyvin laajoja ja yksityiskohtaisia törmäysraportteja. Kuvassa 19 nähdään, miten pienet yksittäisetkin törmäykset raportoidaan. Mallia voi itse katsella ja merkitä törmäyskohdat, mutta myös ohjelman automaattisella törmäystarkastelutyökalulla saadaan suurin osa törmäyksistä raportoitua. Ohjelma osaa myöskin tunnistaa, jos on vahingossa mallinnettu sama objekti kahteen kertaan päällekkäin. Myös Naviswork-ohjelmistosta on saatavilla Manage-versio, jolla voi tehdä törmäysraportteja, mutta se ei tietääkseni ole yhtä kattava.

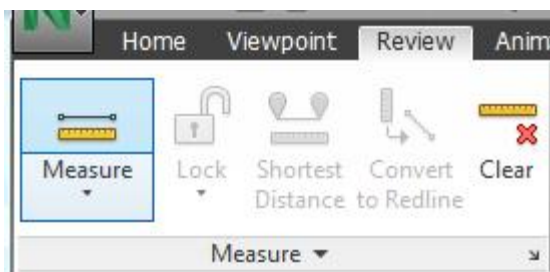
Yleinen yhdistelmämallin ja kaikkien suunnittelualojen välinen törmäystarkastelu ei tule sähkösuunnittelijalle tehtäväksi. Projekteissa nimitetään tähän tehtävään tietomallikoordinaattori, joka voi olla muista suunnittelualoista riippumaton, mutta yleensä tähän valitaan pääsuunnittelija, joka puolestaan on hyvin usein arkkitehti. Tämän seurauksen mielestäni sähkösuunnittelija pärjää pelkällä Naviswork Stimulate -ohjelmistolla. Naviswork Stimulate on kuitenkin mielestäni sen verran helppokäyttöinen, kun verrataan pelkästään kolmiulottuvuudessa liikkumisesta. Naviswork kuroo myös eron kiinni suurien IFC-tiedostojen avaamisessa jo ensimmäisen avauskerran jälkeen. Kun uusi IFC-tiedosto tai

eri suunnittelualojen IFC-tiedostoista koottu yhdistelmämalli avataan ensimmäisen ker-
 ran Naviswork Stimulate -ohjelmistolla, tallentuu se nwc-tiedostomuodossa. Jälkeen
 päin onkin kannattavinta avata juuri kyseisiä nwc-tiedostoja. Huomioitavaa on kuitenkin
 se, että näihin tiedostoihin ei voi tehdä muutoksia, vaan ne ovat pelkästään tarkasteluun.
 Haluttaessa muokata mallia tulee muutokset tehdä sähkötasokuviin ja luoda IFC-tie-
 dosto uudestaan, kuten aikaisemmin on mainittu. Nwc-tiedostot päivittyvät itsestään uu-
 den IFC-tiedoston mukana, jos yhdistelmämalli on kiinni (olettaen, että uuden IFC-tie-
 doston nimi ja sijainti pidettiin samana.) Yhdistelmämallin ollessa avoin voidaan käyttää
 refresh-toimintoa työkaluriviltä tai painamalla näppäimistön nappia F5.

Itse yhdistelmämallin luonti Naviswork Stimulate -ohjelmistossa onnistuu hyvinkin yksin-
 kertaisesti. Home-valikossa painetaan Append-toimintoa ja sitten vain haetaan haluttu
 IFC-tiedosto. Kun kaikki halutut IFC-tiedostot on haettu yksitellen, tallennetaan avoinna
 oleva yhdistelmämalli halutulla nimellä.



Kuva 20. Naviswork Stimulate ohjelmiston navigointi-ikkuna.

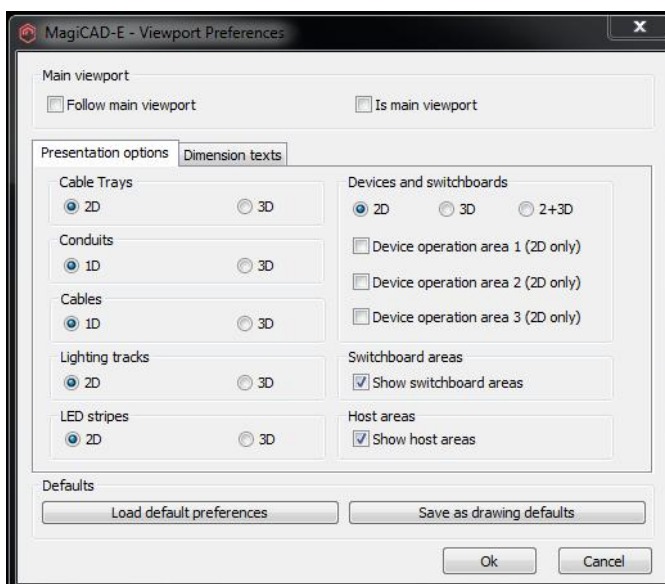


Kuva 21. Naviswork Stimulate ohjelmiston etäisyyden määrittäminen työkalu.

Joidenkin toimintojen ja tapojen avulla saadaan ohjelmiston käytöstä tehtyä helpompaa.
 Oman kokemukseni mukaan näitä ovat esimerkiksi:

- Home-valikosta selection tree -toiminnon avulla nähdään mitä kaikkea on yhdistelmämalliin lisätty ja millä tiedostopolulla.
- Kuvassa 20 on esitetty navigointi-ikkuna ja ympyröity look around -toiminto. Monelle 3D-mallissa navigointi ja liikkuminen on hankalaa. Oma neuvoni olisi mallissa liikkuessa ylös tai alas x- tai y-suunnassa käyttää hiiren rullaa painamalla sitä pohjaan (pan-toiminto) sekä rullaamalla edestakaisin haluttaessa siirtyä mallissa lähemmäs tai kauemmas. Itse suunnan vaihdossa käyttäisin look around -toimintoa.
- Yksi käytetyimpiä toimintoja on kuvassa 21 esitetty measure-työkalu. Tämän avulla voidaan mitata etäisyyksiä esimerkiksi alakattojen korkoja ja objektien välisiä etäisyyksiä. Valitsemalla measure-toiminto tulee lock-toiminto aktiiviseksi, minkä avulla voidaan mittaus lukita tietylle akselille x-, y- tai z-suunnassa.

Naviswork Stimulate -ohjelmistossa myöskin Solibri-ohjelmistosta poiketen mahdollista katsella muitakin kuin pelkästään IFC-tiedostoja. Sähkösuunnittelussa tämän voi hyödyntää, sillä yhdistelmämalliin on mahdollista lisätä aikaisemmin mainitulla Append-toiminnolla suoraan MagiCAD-ohjelmistolla tehty sähkötasokuva dwg-tiedosto. Tätä metodia käytettäessä on kuitenkin muistettava tallentaa sähkötasokuva dwg-tiedosto niin sanotusti 3D-muodossa. Tämä onnistuu MagiCAD-ohjelmistossa vaihtamalla objektien esitysmuotoa työkalurivin preference-valikosta. Kyseisestä valikosta valitaan Electrical Viewport Preferences -toiminto (Kuva 22).



Kuva 22. Electrical Viewport Preferences -toiminto.

Sähkötasokuvien dwg-tiedostoissa yleisesti ottaen ja piirrettäessä on kuvan 22 mukaiset asetukset aina kaksiuotteisina. Haluttaessa käyttää sähkötasokuva dwg-tiedostoa Na-

viswork-ohjelmistossa tulee nämä asetukset vaihtaa 3D-vaihtoehtoiksi ja tallentaa tiedosto, muuten näkyvät dwg-tiedoston kaikki objektit vain 2D-muodossa Naviswork-ohjelmistossakin. Kun mallin tarkastelu on tehty, tulee dwg-tiedostossa muuttaa kyseiset asetukset takaisin 2D-muotoon ja muutos tulee tehdä aina, kun tarkastelee mallia. Mielestäni on samantekevää, käyttääkö tätä metodia vai luoko joka kerta uuden päivitetyn IFC-tiedoston sähkötasokuva dwg-tiedostoista. Kyse on lähinnä henkilökohtaisesta preferenssistä.

Eri suunnittelualojen välinen yhteistyö 3D-mallintamisessa on sähkösuunnittelun kannalta lähinnä törmäystarkastelua, toisaalta myös tilanvaraus ja alakattokorkojen tarkastelua. On kuitenkin olemassa hieman poikkeava yhteistyö rakennesuunnittelijan kanssa. Tässä on kyse reikävarauksien mallintamisesta ja kommentoimisesta sähkö- ja rakennesuunnittelijan välillä. Tämä voi tapahtua, joko sähkösuunnittelijan tekemillä 2D-suunnitelmilla tai sitten IFC-tiedostolla, johon sähkösuunnittelija on mallintanut reikävarauksensa. MagiCAD-ohjelmistossa on tähän hätään erinomainen toiminto, mutta se on harvalla vielä käytössä. Toiminnon käyttö riippuu enemmänkin rakennesuunnittelijasta. Rakennesuunnittelija toimii tässä yhteistyössä vastuuhenkilönä, ja sähkösuunnittelija tekee vain omat tarvittavat reikävarauksensa.

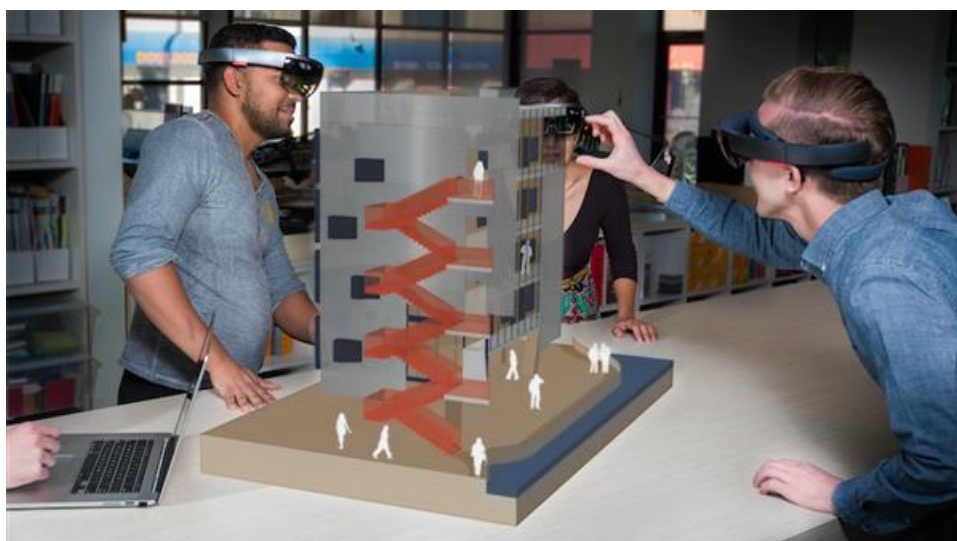
Sähkösuunnittelijan antamilla reikävaraustiedoilla tekee rakennesuunnittelija omiin suunnitelmiinsa rakenteisiin rei'itykset. Joissakin tapauksissa rakennesuunnittelija hylkää sähkösuunnittelijan antaman sijainnin reikävaraukselle, jos se ei ole rakenteellisesti mahdollista toteuttaa. Syynä näihin tilanteisiin voi olla esimerkiksi liian suuret reikävaraukset kantavissa rakenteissa, tai jos läpiviennit ovat liian lähellä toisiaan ja heikentävät täten rakennetta. Näissä tilanteissa rakennesuunnittelija antaa kommenttinsa sähkösuunnittelijan reikävarauksiin joko perinteisesti suunnittelukokouksessa tai sähköpostitse tai sitten esimerkiksi kerroskohtaisella xsr-tiedostolla. Kyseinen tiedostomuoto on muun muassa suunnitteluohjelmiston Tekla Structuresin luoma, ja se sisältää rakennesuunnittelijan kommentit kaikkiin kyseisen kerroksen reikävarauksiin. Nämä tiedostomuotopohjaiset kommentit voidaan lukea MagiCAD-ohjelmiston openings-valikon Import Provision Report -toiminnolla. Tuomalla rakennesuunnittelijan xsr-tiedosto kyseisellä toiminnolla saadaan kommentit näkyviin suoraan reikävarauksen tietoihin, joihin päästään käsiksi tuplaklikkaamalla sähkötasokuvaan piirrettyjä reikävaraussymboleita. Sähkösuunnittelija korjaa annetut kommentit ja lähettää ne takaisin rakennesuunnittelijalle. Tiedostojen edestakaisin lähettelyssä on hyvä muistaa, että ei luo uusia reikävarauksia vaan kunkin reikävarauksen kommentit juuri kyseiseen entuudestaan olevaan objektiin. Näin

toimitaan, jotta ohjelmistot tunnistavat, että kyseessä on sama reikävaraus eikä kokonaan uusi.

5 Kehitysmahdollisuudet ja mallinnus tulevaisuudessa

3D-mallinnus on jo terminä ollut olemassa monta kymmentä vuotta, mutta mallintaminen on kuitenkin vielä lapsenkengissä ja laajentamismahdollisuudet ovat suuria. Eri suunnittelualoilla on eri käsitykset 3D-mallintamisesta eikä omia visioita pystytä yhdistämään muiden alojen kanssa. Suunnittelualojen välisessä yhteistyössä 3D-mallintamisen hyödyt voisivat olla suuret, mutta se sortuu aina oman edun ajattelemiseen kuuntelematta muita, mikä saattaisikin olla hyödyllistä itselleen. Suuremmissa yrityksissä, joissa on monia eri suunnittelualoja niin sanotusti samalla puolella, voidaan tehdä yhteistyötä paremmin.

Sähkösuunnittelun kannalta yksi iso kehityksen kohde olisivat sähkösuunnitteluohjelmistot. Niidenkin kehitys on kuitenkin ollut valtava, ja se jatkuu edelleen. Itse 3D-mallintaminen on jo hyvin pitkälti integroitu sähkösuunnitteluohjelmistoihin, mutta 3D-mallin katselu on liian raskasta näille ohjelmille. Tulevaisuudessa voisi olla mahdollista integroida mallin katseluohjelmistot ja suunnitteluohjelmistot keskenään. Yksi mahdollisuus olisi myös 3D-objektien lisäys suoraan 3D-avaruuteen. Tällöin siirryttäisiin pois millimetripohjaisesta mallintamisesta, mikä kenties helpottaisi ja vähentäisi mallintamiseen vaadittua pientä näpertelyä.



Kuva 23. 3D-mallintamisen VR-mahdollisuudet tulevaisuudessa. (5.)

Tämä voisi olla mahdollista muun muassa VR-tekniikalla, vaikka itse VR-tekniikka on vielä suurimmaksi osaksi alkeellista. Myöskin suunnittelutoimistojen käsitys tekniikan omaksumisesta on vasta aluillaan (kuva 23).

Tulevaisuutta voidaan myös katsoa itse mallintamisen sijaan mallintamisen aseman kannalta suunnittelussa. Mallintamisen akilleenkantapäätä on kiire. Lähtötiedot ovat hyvin usein puutteellisia eikä myöskään projektin loppuvaiheen kaikki muutokset tule mallinnettua juuri kiireen takia. Muutosten teko projektin toteutusvaiheessa on hyvin aikaa vievää, sillä päivitettäviä tietoja on moninkertainen määrä perinteiseen 2D-suunnitteluun verrattuna. Tämänkin osan kannalta mallinnus voitaisiin vielä kehittää toimimaan suunnittelussa, kuin hyvin voideltu kone. Yrity maailmassa ei jäädä odottamaan kehitystä, vaan sen puuttuessa aletaan sitä etsiä muualta. Mallintamisen suhteen tulee kehityksen olla jatkuvaa, jotta muu maailma ei menisi edelle. Tilanne on kuitenkin siinä mielessä positiivinen, että kehittämisvaraa on paljon. Mielestäni työkalut mallintamiseen ja sen hyödyntämiseen alkavat jo olla kunnossa ja enää on kysymys vain kyseisten työkalujen optimoimisesta käyttöön hyödyntäen niiden täyttä potentiaalia.

6 Yhteenveto ja johtopäätökset

Työn tarkoituksena oli käydä läpi, miten 3D-mallintaminen sähkösuunnittelussa käytännössä toteutetaan. Työ ei käytännöllisyysnäkökulmasta tarjoa pohdittavaksi itse 3D-käsitystä, vaan kyse on enemmänkin, miten käsitystä hyödynnetään sähkösuunnittelussa. Työn tarkoituksena on eräänlainen ohjeistus tai yleisnäkemys, miten mallintaa sähkösuunnittelussa, ja siksi lukijaksi on oletettu sähkösuunnittelija, joka ei ole tutustunut mallintamiseen. Perinteinen sähkösuunnittelu ja mallintaminen ovat kuitenkin sen verran riippuvaisia toisistaan nykyisillä suunnitteluohjelmistoilla, että sähkösuunnitelmia ei voisi mallintaa muu kuin sähkösuunnittelija. Tietomalliasiantuntijoista on kuitenkin hyötyä katsottaessa mallintamista yrityksen näkökulmasta parhaan mahdollisen osaamisen takaimiseksi. Työssä todettiin, että 3D-mallinnus on jo varmistanut vankasti oman sijansa yhdeksi keskeiseksi toimenpiteeksi sähkösuunnittelussa ja jatkaa kasvuaan. Vaikka ihan kaikissa projekteissa ei mallinnettaisikaan, alkaa 3D-mallintamisen osaaminen olla jo melkein pakollista sähkösuunnittelijan työssä.

Yksi selvä esimerkki siitä, ettei mallintaminen ole vielä valloittanut mahdollista potentiaalia on se, että kuinka tuntematon käsite tietomallinnus on kaikille eri osapuolille. Varsinkin kiinteistöhuollossa ja rakennuksen käyttäjän kannalta ei nähdä tarpeelliseksi mallintaminen ja varsinkin mallintamisen ylläpitäminen. Ylläpitoa ei nähdä kannattavaksi, sillä siitä aiheutuu kustannuksia esimerkiksi mallien katseluohjelmistojen käyttökulut eivät ole vielä siinä suuruusluokassa, että niitä olisi yleiskäytössä kannattava pitää.

Sähkösuunnittelussa ja työmaalla urakoitsijoiden kannalta tällä hetkellä hyöty mallintamisesta on lähinnä tilanvarausten, kuten keskusten, johtoteiden ja valaisimien sijoittelussa rakennukseen. Kun puhutaan tietomalleista, tarkoitetaan niin sanotusti älykästä 3D-mallia, joka sisältää muutakin dataa kuin sijaintitiedot. Data olisi mahdollista hyödyntää esimerkiksi määrälaskennassa, mutta se on mielestäni vielä tässä vaiheessa kannattamattomampi vaihtoehto. Kaapeleiden sekä yksittäisten komponenttien määrittäminen kolmiulotteiseen malliin vaatii liikaa pientä näpertelyä ja sellaisen datan antamista, jota ei aina ole saatavilla. Tietomallintaminen varsinkin perustuu ajatuksena optimistisuuteen ja ajatellaan, että kaikki fyysiset komponentit saadaan määritettyä hyvin tarkkaan ja vieläpä etukäteen. Tämän lisäksi malleille ei sallita virheitä yhtä paljon kuin perinteisille 2D-suunnitelmille. Nykyisetkin tietomallit sisältävät muutakin dataa, mutta niitä ei nähdä kannattavaksi lähteä hyödyntämään. Kannattavuus ja rahallinen puoli onkin yksi suurimpia esteitä mallintamisen kehitykselle. Sähkösuunnittelussa suunnittelija, asiakas ja urakoitsija ajavat kaikki omaa etuaan eikä muiden hyödystä ole väliä, ellei siitä itse hyödytä. Yksi keino tämän ongelman ylitsepääsemiseksi olisi hallituksen puuttuminen asiaan. Tällä hetkellä ei mallintamisessa ole niin sanotusti selviä pelisääntöjä. Joillakin isommilla asiakkaila on omat vaatimuksensa mallintamisen suhteen heidän projekteja suunniteltaessa, mutta ei muuta. Hallituksellakin on joitakin ohjeistuksia, mutta ei suoraan sanoen vaatimuksia.

Esimerkiksi Isossa-Britanniassa hallitus otti vuonna 2016 käyttöön BIM mandaatti tason 2. Mandaatti vaatii, että kaikissa valtion julkisissa projekteissa tulisi täyttää BIM-tasoa 2, joka määritelty kuvassa 24. Mandaatin pitävyys on kuitenkin kyseenalainen eikä hallitus ole ylläpitänyt tai tarkastellut, että tämä olisi toteutunut. Aiheesta tehtyyn NBS-kyselyyn vastanneista vain 19 prosenttia oli sitä mieltä, että mandaatti olisi ollut käytössä vaaditulla tasolla (6). Hallituksella on kuitenkin halua ja yritystä puuttua asiaan jollain tavalla, joten mielestäni Suomenkin hallituksen kannattaisi ottaa sama linja, kuitenkin puuttumatta liiallisesti, ettei se tyrehdyttäisi kehitystä mitenkään.

- **BIM Level 0:** Level 0 means there's no collaboration between the design team and the other parties. The drawings are produced as 2D CAD and distributed as paper or non-amendable electronic prints to the rest of the project team. Generally, this is no longer practiced in the industry.
- **BIM Level 1:** Level 1 involves limited collaboration between design team parties. Level 1 consists of some 3D CAD use for concept works. However, 2D drafting is still used for statutory approval documentation. This was how the industry was working prior to the BIM Level 2 Mandate.
- **BIM Level 2:** Level 2 is differentiated by collaborative working between parties using 3D CAD models. Each party works from individual models which combine with external data from other parties to create a "federated" BIM model. This is the minimum BIM level mandated by the government for all public contracts.
- **BIM Level 3:** Level 3 is the "Gold Standard" of BIM. This is used internationally for a few large scale project but is generally used for the vast majority of UK construction. BIM Level 3 requires all parties or shareholders to work from the same 3D CAD model which is stored on a cloud server which is then accessible by any party anytime, anywhere. Following the design phase, the model can be accessed and amended by the construction team as an "as-built" model. This model can then be provided to the end user of the building to monitor information relating to the building's performance (energy, maintenance, performance costs, etc.). The model gives an overall information regarding the lifecycle of the building. The user will have detailed information towards the "shelf-life" of the project regarding how to safely and cost-effectively demolish or regenerate the building.

Kuva 24. Ison-Britannian BIM mandaatin eri tason. (6.)

Suunta on kuitenkin oikea, ja tulevaisuudessa mallintaminen tulee vain lisääntymään. Käytännöllisyyden kannalta mallintaminen on sähkösuunnittelussa suhteellisen hyvässä asemassa, mutta laajentamispotentiaalia on huomattavasti. Toivottavasti työstä oli hyötyä henkilöille, jotka haluavat oppia mallintamaan. Omasta näkökulmastani työssä tuli läpikäytyä jo entuudestaan tuttuja asioita, mutta loogisessa järjestyksessä ja tämän takia sain itsellenikin selkeyttä mallintamisen prosessista. Tuli myös kokeiltua entuudestaan tuntemattomia toimintoja, jotka kasvattivat osaamistani aiheen suhteen. Oma kokemukseni on kuitenkin rajallinen, sillä olen vasta aloittanut alalla. Tähän lopuksi ajatukset alalla pidempään olleelta Ramboll Finland Oy:n sähkösuunnittelun projektipäälliköltä Petri Hytöseltä, kuvaamaan mallintamisen nykyistä asemaa sähkösuunnittelussa.

Suunnittelussa 3D-mallintaminen on tullut jokapäiväiseksi tavaksi suunnitella rakennuksia ja niihin mm. talotekniikkaa, rakenteita, sisustusta ja arkkitehtuuria. Suunnittelua tehdään eri tavoin ja ohjelmistoilla tiettyjen standardien ja ohjeiden mukaisilla raameilla.

Yhteistä näillä kuitenkin on perimmäinen tarkoitus suunnitella esimerkiksi talotekniikka rakennuksen ja kaavassakin määritettyihin fyysisiin rajoitteisiin ja sitä kautta asettamiin tiloihin. Usein talotekniikalle varataan kovin vähän tai ainakin hyvin rajoitetusti tilaa jolloin 3D mallintaminen auttaa eri suunnittelualojen suunnittelijoita hahmottamaan tekniikan vaatiman tilan. Risteilytarkastelulla ja yhteensovituksella eri suunnittelualojen kesken saadaan parhaimmillaan työmaata ja kiinteistön omistajaa palveleva yhdistelmä malli.

Lisäämällä 3D malliin "älyä" eli määrittelemällä komponenteille tuotetietoutta saadaan aikaiseksi tietomalli. Tietomallista hyvin ylläpidettynä on kiinteistön omistajalle ja kiinteistöä hallinnoivalla apua koko kiinteistön eliniän ajan. Tietomallia voi käyttää myös investointimallina.

Suunnittelu mallintamalla ja varsinkin tähdättäessä virheettömään malliin jossa ei ole törmäilyä nostaa suunnitteluun kuluva aikaa ja sitä kautta suunnittelukustannuksia, mutta mahdollisesti vähentää työnaikaisia kustannuksia sekä nopeuttaa rakentamisaikaa koska ratkaisut on mietitty jo suunnittelupöydällä. Työmaalla mallin voi valjastaa VR tekniikalla näyttämään jo ennen perustusten kaivamista miltä rakennus tulee ympäristössä näyttämään. Rakennuksen runkovaiheessa VR tekniikkaa hyödyntämällä voi alkaa jo hahmottelemaan taloteknisiä asennuksia ja suunnittelemaan hyvissä ajoin mahdollisimman realistista asennussuunnittelua.
(7.)

Lähteet

- 1 MagiCAD. 2018. Verkkoaineisto. Progman Oy. <<https://www.magicad.com/fi/progman-oy>> Luettu 18.07.2018
- 2 AutoCAD. 2018. Verkkoaineisto. Wikipedia. <<https://fi.wikipedia.org/wiki/AutoCAD>> Luettu 18.07.2018
- 3 ArchiCAD käsikirja 16 IFC. Verkkoaineisto. 2018. MAD. <https://www.mad.fi/tiedostot/pdf/kasikirja16/YS.IFC_web.pdf> Luettu 18.07.2018
- 4 Tuotetiedot. Verkkoaineisto. 2018. Solibri. <<https://www.solibri.com/solibri-ifc-optimizer>> Luettu 31.10.2018
- 5 Kuvat. Verkkoaineisto. 2018. 3ders. <<https://www.3ders.org/articles>> Luettu 11.11.2018
- 6 Bim mandate. Verkkoaineisto. 2018. Aproplan. <<https://www.aproplan.com/blog/efficiency/uk-government-follows-bim-level-2-mandate>> Luettu 11.11.2018
- 7 Hytönen, Petri. 2018. Sähkösuunnittelu projektipäällikkö, Ramboll Finland Oy, Espoo, Haastattelu 16.11.2018