

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Talotekniikka

Tutkintotyö

Jarno Kuitunen

3D SÄHKÖSUUNNITTELU JA TIETOMALLIT

Työn valvoja
Työn teettäjä
Tampere 2007

tekn. lis. Pirkko Harsia
Insinööritoimisto Tietoleppis Oy, Heikki Leppisaari

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Sähkötekniikan koulutusohjelma

Talotekniikka

Jarno Kuitunen

3D-sähkösuunnittelu ja tietomallit

Tutkintotyö

45 sivua

Työn valvoja

tekn. lis. Pirkko Harsia

Työn teettäjä

Insinööritoimisto Tietoleppis Oy, Valvoja: Heikki Leppisaari

Huhtikuu 2007

Hakusanat

3D-sähkösuunnittelu, tietomalli, MagiCAD, IFC, BIM

TIIVISTELMÄ

Monet suuret suomalaiset rakennuttajat ovat päättäneet vaatia tietomallinnusta tulevissa rakennusprojekteissaan. Tietomallinnus tuo huomattavia hyötyjä ja säästöjä rakennuksien elinkaarikustannuksia ajatellen. Työssä oli tavoitteena laatia tietomallikirjasto sähkösuunnitteluun ja kehittää 3D-piirtämisen työmenetelmiä. Sähkösuunnittelun on kehityttävä pysyäkseen mukana tietomallisuunnittelussa, ja ohjelmistojen käytön kehitys vastaa tehokkaasti tähän haasteeseen.

Tutkintotyössä lähdettiin kehittämään tietomallikirjastoja Insinööritoimisto Tietoleppiksen käyttämän MagiCAD-sähkösuunnitteluohjelmiston projektitiedostoihin. Työskentelymenetelmiä kehitettiin ohjelman käytön aikana saadun työkokemuksen perusteella. Projektitiedostoon rakennettu tietomallikirjasto toimii yleispätevänä projektipohjana uusille aloitettaville projekteille. Työskentelymenetelmiä kehitettäessä löydettiin helppoja tapoja töiden visualisointiin ja ohjeistuksia uuden 3D-piirustustekniikan hallintaan. Kehitystyön perusteella tehdyissä ohjekirjoissa opastetaan työmenetelmien ja visualisointien käyttämiseen kuvien avulla havainnollistamalla.

Suoritettu kehitystyö onnistui hyvin, ja uutta projektipohjaa hyödynnetään aloitettaessa uusia suunnitteluprojekteja. Uudessa projektissa ovat pohjan myötä valmiina tarvittavat perustiedot, kattava tietomallikirjasto ja projektiasetukset. Ohjelman käyttöön löydettiin hyviä apuvälineitä, mutta sitä tulee kehittää jatkuvasti uuden käyttökokemuksen myötä, ja tietomallikirjastoa täydennetään puutteita havaittaessa.

TAMPERE POLYTECHNIK

Electrical Engineering

Building Services Engineering

Kuitunen, Jarno 3D-design and product modelling

Engineering Thesis 45 pages

Thesis Supervisor Licentiate in Technology Pirkko Harsia

Commissioning Company Insinööritoimisto Tietoleppis Oy, Supervisor: Heikki Leppisaari

April 2007

Keywords 3D-electrical engineering, product model, MagiCAD, IFC, BIM

ABSTRACT

In the future, many Finnish builders will demand BIM (Building Information Model) services for their building projects. Product modeling brings great benefits and savings. Best way to rise to the challenge is to develop a good and extensive product model database and do research and develop work methods of a design program.

The aim of this study was to build a product model database for Tietoleppis, Inc. to be used in connection with the MagiCAD Electrical project file. Working methods are easier to develop, when you are using the program and have some working experience. Many good methods for visualisation and 3D-working were found in the project. A few easy quick manuals were made for the new working methods and use of the MagiCAD.

Research and development was successful. Complete project file base for new projects makes it easier to start a new design project. In the project file, there is all necessary settings and information for starting of a project. However, it is necessary to continue developing the use of the program and the product model database.

TAMPEREEN AMMATTIKORKEAKOULU

Sähkötekniikan koulutusohjelma

Talotekniikka

Jarno Kuitunen

3D-sähkösuunnittelu ja tietomallit

Tutkintotyö

45 sivua

Työn valvoja

tekn. lis. Pirkko Harsia

Työn teettäjä

Insinööritoimisto Tietoleppis Oy, Valvoja: Heikki Leppisaari

Huhtikuu 2007

Hakusanat

3D-sähkösuunnittelu, tietomalli, MagiCAD, IFC, BIM

ALKUSANAT

Tutkintotyön idea syntyi opiskelu- ja kehitysohjelmaan liittyvänä, johon Insinööritoimisto Tietoleppis otti osaa. Tietoleppiksen tehtäväksi ohjelmaan liittyvänä tuli tietomallikirjastojen rakentaminen MagiCAD-suunnitteluohjelmistoon ja IFC-tiedonsiirron testaaminen sähkösuunnittelu- ja arkkitehtiohjelmien välillä. Työn aihealue on uutta suunnittelussa, eikä siihen ole vielä muodostunut tiettyjä käytännön sääntöjä siitä, kuinka suunnittelun tulisi edetä. Työssä on ollut apuna Tietoleppiksen henkilökunta, jonka kanssa on käyty kehityskeskusteluita ja mietitty yrityksen tarpeita. Lisäksi keskusteluita on käyty muiden alojen suunnittelijoiden kanssa näkemyksen kasvattamiseksi.

SISÄLTÖ

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

ALKUSANAT

SISÄLTÖ.....	5
LYHENTEET JA MÄÄRITTEET	6
1 JOHDANTO.....	8
1.1 Tavoitteet.....	8
2 TIETOKONEAVUSTEINEN SÄHKÖSUUNNITELU	9
2.1 CAD-piirtämisen historiaa.....	9
2.2 CAD-sähkösuunnittelu nykyään.....	9
2.3 Tulevaisuuden suuntaukset.....	11
3 IFC-STANDARDI, TUOTETIETO- JA TIETOMALLIT	12
3.1 Yleistä malleista	12
3.2 Tietomallipohjaisen suunnittelun vaiheet.....	13
3.3 Tietomallit CAD-piirtämisessä.....	14
3.4 Yleistä IFC:stä /16/.....	15
3.5 IFC-tietomallinnuksen käyttö talotekniikassa	18
4 MÄÄRÄLASKENTALUETTELOT	20
5 MAGICAD-SÄHKÖSUUNNITTELUOHJELMA	22
5.1 Yleistä.....	22
5.2 Projektitiedosto	22
5.3 Projektitiedoston luominen ja hallinta.....	24
5.4 Qmodeller ja 3D-symbolien luominen	25
5.5 Määrä-laskennan käyttö MagiCADissa	26
6 TYÖMENETELMIEN JA TIETOMALLIEN KEHITTÄMINEN.....	28
6.1 Projektipohjan ja tietomallien rakentaminen.....	28
6.1.1 Yleistä.....	28
6.1.2 Tuotetietojen täyttäminen	28
6.2 Työmenetelmien kehittäminen	30
6.2.1 Tiedonsiirto IFC:llä	30
6.2.2 Arkkitehtipohjien käsittely	31
6.2.3 Visualisointi ja suunnitelmien esittäminen.....	33
6.2.4 Käyttöliittymä ja käytön kehittäminen	35
6.3 Ohjekirjat ohjelman käyttöä varten	36
7 LOPPUPÄÄTELMÄT	37
LÄHDELUETTELO	39

LYHENTEET JA MÄÄRITTEET

Tuotemalli / Tietomalli	Määriteltyjen sääntöjen ja rakenteen mukaan jäsenelty tieto, joka sisältää rakenteellista ja rakentamiseen liittyvää tietoa tietokoneen käsittelemässä muodossa (Engl. Product Model). /4, 16/ Käsitteenä tietomallinnus kuvaa talotekniikan tuotteiden mallinnusta parhaiten.
Tuotetietomalli	Tuotetietomalli on rakenteen määrittäminen, spesifikaatio, jonka pohjalta voidaan toteuttaa tuotemallia käsitteleviä ohjelmistoja ja niiden välisiä rajapintoja. Tuotetietomalli kuvaa olioluokat, niiden ominaisuudet ja luokkien väliset relaatiot, sekä tietoja koskevat rajoitusehdot. Engl. Product data model. /17, 16/
BIM	Building Information Model käsittää suunnittelun, tuotannon ja rakennuksen ylläpidon. /17/
Olio	(oliopohjaisuus) Oliopohjaisuudella tarkoitetaan sitä, että tietorakenteen sisältö kuvataan määrittelemällä niiden osien muoto. Sisällön esitystapa ja osien keskinäiset riippuvuudet noudattavat tiettyjä sääntöjä. /4/
IFC	Industry Foundation Classes. Kansainvälinen tiedonsiirtostandardi rakentamisen ja kiinteistönpidon tuotetietojen tiedonsiirtoon ja yhteiskäyttöön. IFC-standardi mahdollistaa tiedonsiirron eri tietokone-sovellusten välillä sisällön muuttumatta. IFC:n osajoukko on hyväksytty ISO:n standardiksi ISO/PAS 16739. /16, 18/
PAS	Publicly Available Specification. ISO:n tai IEC:n julkaisema dokumentti, julkisesti saatavilla oleva spesifikaatio. Asiakirja, joka voi olla esim. standardin välivaihe ja joka ei täytä standardin vaatimuksia. /25/

IAI	International Alliance for Interoperability. Kansainvälinen, yhteensopivuutta tukeva yhteenliittymä. IFC-standardin kehittämisestä vastaava järjestö. /4/
2D	Muodostuu englannin kielen sanoista two dimensional, eli kaksiulotteisuus
3D	Muodostuu englannin kielen sanoista three dimensional, eli kolmiulotteisuus
4D	3D+aika eli aikatiedon sisältyminen 3D malliin. Aikatiedolla voidaan kertoa, milloin rakennusosat asennetaan ja voidaan simuloida rakennusvaiheiden eteneminen ajassa. /29/
CAD	Computer Aided Design. Tietokoneavusteinen suunnittelu.

1 JOHDANTO

Tämä tutkintotyö käsittelee Insinööritoimisto Tietoleppikselle tehtyä tutkimus- ja kehitystyötä tietomalleista ja työmenetelmien kehittämisestä. Työssä on myös tarkoitus perehtyä tutkimuksen pohjatietoihin ja perustella, miksi päädyttiin saatuihin tuloksiin.

Tällä hetkellä sähkösuunnittelussa on meneillään eräänlainen siirtymävaihe, kun rakennuttajat alkavat enenevässä määrin vaatimaan tietomallipohjaista 3D-suunnittelua kaikilta osapuolilta. Tietomallien avulla suunnittelu on kuitenkin vielä hyvinkin tuntematonta ja yhdenmukaiset työskentelytavat puuttuvat. Pilottiprojekteissa on kuitenkin päästy hyviin tuloksiin kehitystyössä, mutta eri pilottiprojektien kesken on ollut nähtävissä kuitenkin hajontaa ja eroavaisuuksia työskentelytavoissa. Tämäkin tutkimus ja kehitysprojekti on itsenäinen, eikä suoraan pyri muodostamaan alan kattavaa yleistä käytäntöä

1.1 Tavoitteet

Tarkoitus on kehittää työskentelymenetelmiä ja MagiCAD sähkösuunnitteluohjelman käyttöä muuttuneiden suunnitteluvaatimusten suuntaan. Aluksi on tarkoitus tutkia ja opetella ohjelman peruskäyttöä, minkä jälkeen kehitystyö on entistä helpompaa ja ylipäättään edes mahdollista. Käyttökokemuksen jälkeen tiedetään entistä paremmin, mitkä osa-alueet ohjelman käytössä tarvitsevat kehittelyä. Tietomallikirjasto on tarkoitus kehittää ja koota aloitettaville uusille projekteille sopivaksi pohjaksi. Uudet suunnitteluprojektit toteutetaan isoimmille rakennuttajille jo 3D:nä, jolloin tämänkaltainen pohjustus on enemmän kuin tarpeen.

Jyväskylässä kesällä 2007 alkavan kauppaopiston ja harjun ammattiopiston peruskorjausten suunnitelmat tulee toteuttaa kolmiulotteisesti. Nämä projektit ovat ensimmäisiä tietomallinnettavia projekteja Jyväskylän seudulla. Myös näihin kyseisiin projektiin liittyvänä on tarkoitus saada työmenetelmiä kehitettyä jo etukäteen.

2 TIETOKONEAVUSTEINEN SÄHKÖSUUNNITELU

2.1 CAD-piirtämisen historiaa

Sähköisien suunnittelun historian katsotaan alkaneen, kun 1960 Ivan Sutherland käytti TX-2-tietokonetta ensimmäiseen CAD-projektiin maailmassa. Yksi merkittävimmistä CAD-ohjelmista, AutoCAD, ilmestyi kuitenkin vasta 1980-luvun alussa ja tietokoneavusteinen suunnittelu lähti aiempaa ripeämmin liikkeelle. Näihin päiviin mennessä ohjelmistot ovat kehittyneet huimasti ja tietokoneiden suorituskyky on kasvanut räjähdysmäisesti samalla, kun tietotekniikan hinnat ovat laskeneet murto-osaan entisestä. Monessa insinööritoimistossa siirryttiin sähköisiin suunnitteluohjelmistoihin jo 1980-luvun loppupuolella, mikä edisti huomattavasti sähkösuunnittelun tuottavuutta. Ohjelmien kehittyessä tiedon jakaminen tuli mahdolliseksi, mikä taas helpotti lisää suunnittelutoita. CAD-kuvien siirtäminen eri järjestelmien välillä oli alkuaikoina ongelmallista ja kehittyikin ennakoitua hitaammin. /7/

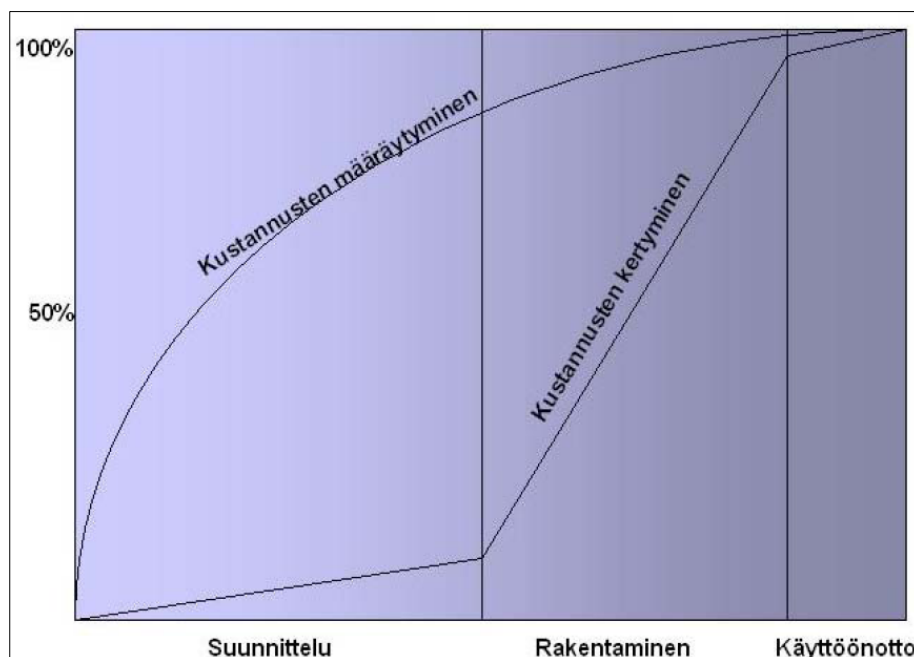
Siirtyminen 2D-CAD piirustuksista 3D-malleihin on vähintään yhtä suuri harppaus kuin siirtyminen piirustuslaudan ääreltä CAD-piirustusten käyttöön. 3D-malli ei itse asiassa ole enää mikään piirros, vaan todellinen malli. Kuvan kolmiulotteisuus ei yksinään tee mallinnuksesta mitenkään ylivoimaista verrattuna perinteisiin esitystapoihin. Kuvien visualisoinnilla parannetaan niiden havainnollisuutta ja suunnitteluvirheiden määrä vähenee, kun voidaan suorittaa törmäystarkasteluja. Suunnittelun kokonaisprosessin läpimenoaika lyhenee, määräluetteloista saadaan tarkempia ja tiedon hallinta ja tietokantapohjaiset ohjelmistot helpottavat käyttöä /7/.

2.2 CAD-sähkösuunnittelu nykyään

Vielä loppuvuodesta 2005 monilla tahoilla oli näkemys, että sähkösuunnittelu ei kaipaakaan 3D:tä vielä pitkään aikaan. Valmistus on modulaarista ja perustuu vielä nykyään pitkälti kaksiulotteisiin piirustuksiin. Tämän arveltiin olevan todellisuutta vielä pitkään, sillä pienimuotoisista kiinteistöjen remonteista ja muutoksista ei tehdä koko rakennuksen 3D-mallinnusta, tällöin ei ole tarvetta myöskään päivittää kaikkia sähkösuunnitelmia 3D-muotoon. /5/

Asiat ovat kuitenkin muuttuneet nopeasti, sillä vuoden 2006 ja 2007 vaihteessa monet rakennusalan tilaajat, kiinteistönomistajat ja rakennusliikkeet, mm. Senaatti-kiinteistöt, HKR, NCC, Skanska, ja YIT, ovat päättäneet siirtyä 3D-aikaan. Senaatti-kiinteistöt tiedotti 18.12.2006 tehneensä merkittävän päätöksen tietomallinnuksen suhteen. Senaatti-kiinteistöjen tiedotteessa /26/ kerrottiin, että he ovat arvioineet tietomallitekniikan riittävän valmiiksi otettavaksi käyttöön tavanomaisessa projektityössä ja päättäneet vaatia IFC-standardin mukaisia malleja projekteissaan 1.10.2007 alkaen.

Sähkösuunnittelun valinta perustuu pitkälti tarjoushintaan, vaikka tarjouskyselyissä ilmoitetaankin laatutekijöiden merkityksen olevan huomattavasti suurempi kuin hinnan. Silti monet rakennuttajat valitsevat suunnittelutarjoukset pelkän hinnan perusteella. Osalta tilaajista puuttuu tietämystä siitä, mitä tarvitsee ja mitä sähkösuunnitelmissa tulisi olla. Tällöin tilaajilla ei ole juuri mahdollisuutta arvioida tarjouksia muuten kuin hinnan perusteella. Kun suunnittelutarjoukset tehdään puutteellisin ja vajavaisin tiedoin, mahdollistuu epätarkkojen ja entistä halvempien suunnitelmien tekeminen. Tilaaja säästää tällä tavalla, mutta pahimmassa tapauksessa huonoilla suunnitelmissa ja valinnoilla aiheutetaan ikäviä yllätyksiä työn aikana. Kustannukset voivat moninkertaistua työvaiheessa, kun huonot valinnat on otettu käyttöön ja ongelmia joudutaan ratkomaan työmaalla (kuva 1).



Kuva 1 Kustannusten kertyminen rakennusprojektin aikana /31/.

Epätarkoista suunnitelmista ei pysty laskemaan tarkkaa urakkatarjousta, jolloin urakoitsija saattaa lisätä hintaan epävarmuuden aiheuttaman lisän. Tämä ei näy suoraan suunnitteluvaiheessa eikä kovin hyvin urakkatarjouksia vertailtaessa, joten tilaaja, joka ei ole perillä asioista, ei huomaa mahdollisia lisäkustannuksia aiheuttavia puutteita suunnitelmissa. Suunnittelu tulisi tilata riittävän tarkkoilla kriteereillä, jolloin huonot ja epätarkat suunnitelmat voidaan karsia pois. Tulevat kustannukset olisi mahdollista ennakoida entistä paremmin, eikä ongelmia esiintyisi rakennusvaiheessa niin paljon. Tämä lisää suunnittelun osuutta rakennusprojektissa, mutta pienentää usein projektin kokonaiskustannuksia huomattavasti.

2.3 Tulevaisuuden suuntaukset

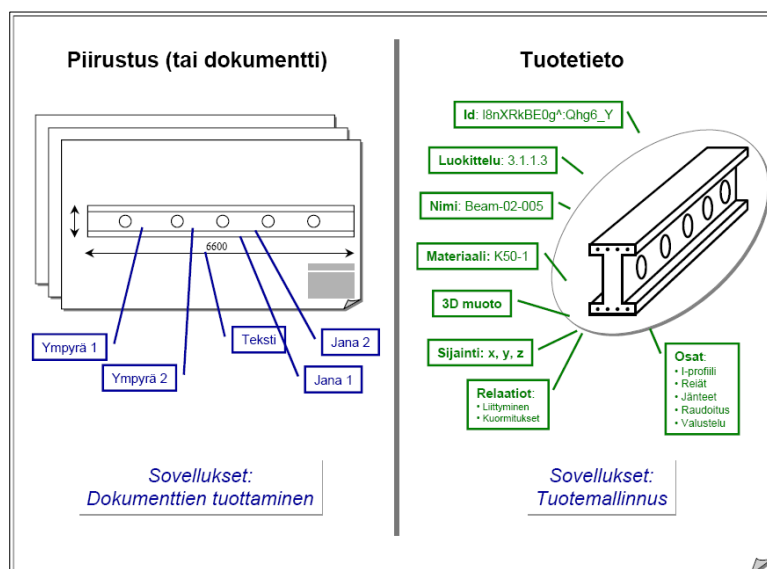
Suunnittelu tulee muuttumaan tietomallinnuksen yleistyessä erilaiseksi. Tulevaisuuden visio olisi, että rakennuksesta tehtäisiin sähköinen, täysin todellisuutta vastaava pienoismalli eli tietomalli, josta voitaisiin tuotantolinjalla koota täysin mallin mukainen rakennus, joka sisältää valmiiksi kaiken LVIS-tekniikan. Tietomallista saisi suoraan riittävät tiedot kaikkien vaiheiden toteuttamiseen automaattisesti. Miestyö olisi vähäistä ja ainakin erilaista, varsinaista rakennustyötä tarvittaisiin entistä vähemmän, kun taas vastaavasti valvonta ja erikoistyöt lisääntyisivät.

3 IFC-STANDARDI, TUOTETIETO- JA TIETOMALLIT

3.1 Yleistä malleista

Tuotetietomalli määrittelee tietomalleja sisältävän kokonaisuuden eli olioluokat. Rakennuksen tietomalli määrittelee muun muassa suunnittelun, tuotannon ja rakennuksen ylläpidon. Sen avulla määritellään, kuinka yksittäisten tietomallien tieto jaotellaan ja esitetään ja miten ne ovat riippuvaisia (relaatiot) toisistaan. Tuotteille kuten seinät, ovet, ikkunat, valaisimet ja IV-kojeet määritellään mm. paloluokat. Jos tilassa oleva paloluokitus ei täsmää, ilmoittaa ohjelmisto virheen ja asia huomataan jo suunnitteluvaiheessa. Toinen esimerkki riippuvuudesta voisi olla esimerkiksi rakennelujuus. Jos palkkia kuormitettaisiin enemmän kuin on sallittu, ohjelmisto huomauttaa siitä.




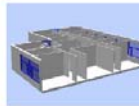
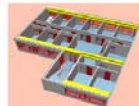
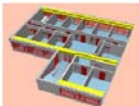
Tietomalli on muutakin kuin pelkkä CAD-kuva tai 3D-malli, se on ennemmin tuotetietojen perusteella piirretty 3D-kuva tuotteesta (kuva 2). Tietomallit sisältävät tietoa suunnitteluvaiheeseen, rakennusvaiheeseen ja käytön ajalle. Tietomallit kuvaavat toisin sanoen tuotteen rakenteen ja sisältävät sen tuottamiseen tarvittavan tiedon. Tietomallinnuksessa tieto käsitellään olioina, jotka kuvaavat tietorakenteelle muodon, kuten esimerkiksi seinä, tietomallipohjaisessa ohjelmistossa. Seinä-olio sisältää tuotteen ominaisuudet, kuten pituus, korkeus, paksuus, materiaalit, massa, äänen-, palon- ja lämmöneristävyys jne. /4,16,17,18/



Kuva 2 Dokumenttieto verrattuna tuotetietoon

3.2 Tietomallipohjaisen suunnittelun vaiheet

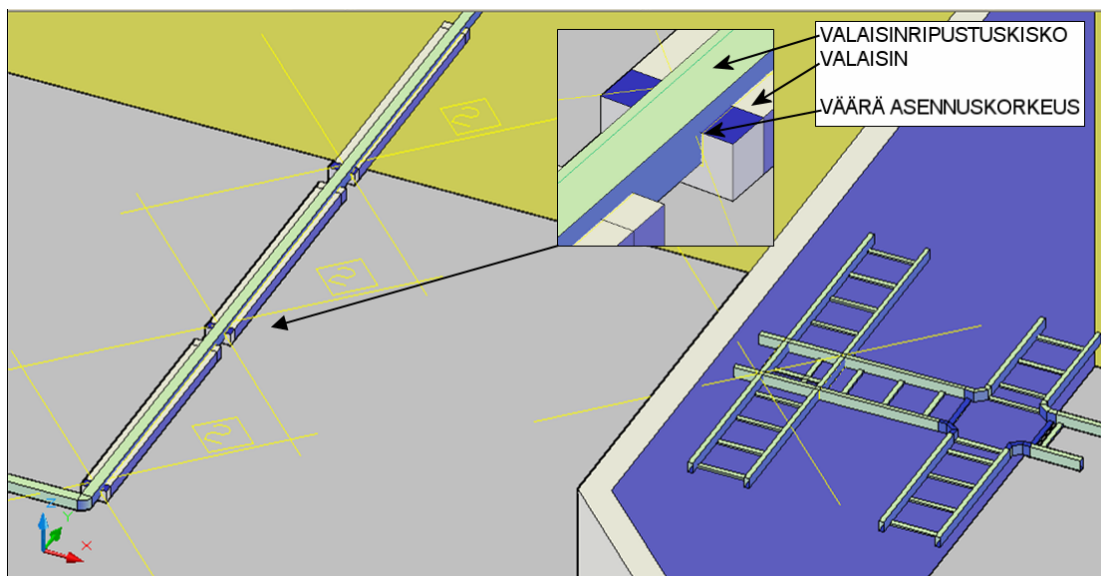
Pilottiprojekteissa testattua ja tämän hetken näkymän mukaan tulevaisuudessa käytettävä suunnitteluprosessi on tietomallinnus. Rakennusteollisuus ry:n PRO IT -kehityshankkeen mukaisessa tietomallipohjaisessa suunnitteluprojektissa tehtäisiin rakennuksen tietomalli, joka tarkentuu suunnittelun edetessä loppua kohti. Aluksi tehdään visuaalinen vaatimusmalli, joka kohdistuu olosuhde-, asiakas- ja viranomaisvaatimusten hallintaan. Sen jälkeen muodostetaan tilamalli, jossa tarkennetaan rakennetta ja täydennetään yksityiskohtia sekä määritellään talotekniikan tilantarpeet ja tilojen käyttö. Alustava rakennusosamalli vastaa nykyisen suunnittelukäytännön mukaisia luonnoksia ja täyttää senhetkisen suunnitteluvaiheen viranomaisvaatimukset, tilaajan määrittelemät vaatimukset ja olosuhteiden asettamat vaatimukset. Rakennusosamalli on rakennuksen 3D-malli, joka sisältää rakenteiden tiedot ilman valmistajaa, ja tuoteosamallin tietosisältö vastaa toteutuvaa rakennusta. Ylläpitomalli vastaa koko rakennuksen tietomallia. Se on rakennuksen ja rakennusprosessin elinkaaren aikaisten kokonaisuus (kuva 3). /21/

Talotekniikan tuotemallinnus	Vaatusmalli Tarveselvitys	Tilamalli Hankesuunnittelu	Alustava rakennusosamalli Luonnossuunnittelu	Rakennusosamalli Toteutussuunnittelu	Tuoteosamalli Rakentaminen	Ylläpidon malli Ylläpito
	 Visuaalisoitit ilman suunnitelmaa. Alustava massoitteilu	 Tilojen tietosisältö syytetty tilamallin tilaobjekteihin	 Rakenteita ei määritelty, lämmönieritys- ym. vaatimukset rakennetyypeissä (US1...)	 Rakenteet, ikkunat, ovet ym. määritelty yleisellä tasolla, ei sidottu toimittajiin	 Rakennusosin lisätty toimittajien tiedot ja esitetty ne todellisten rakenteiden mukaisina	 Malli on täydennetty ylläpidon tiedoilla
Analyysoinnit	Tavoitteiden asettaminen ja vertailu					
	Energia- ja ympäristövaikutusanalyysit					
	Olosuhdeanalyysit					
	Valaistusvisualisoinnit					
	Kustannusanalyysit					
Järjestelmämallinnus	TATE-järjestelmäratkaisujen havainnollistaminen ja visualisointi					
	TATE-järjestelmämallinnus, mitoitus, toiminta yms.					
	Yhdistelmämallit					

Kuva 3 Tietomallisuunnittelun vaiheistus ja talotekniikan tietomallintaminen rakennusprosessissa. /20/

3.3 Tietomallit CAD-piirtämisessä

Tietomallit vähentävät piirustus- ja suunnitteluvirheitä. Kerralla hyvin tehtyä mallia voidaan kopioida sellaisenaan tai hivenen muutettuna. Malli sisältää muutakin tietoa kuin piirustussymbolin. Seinäelementin tietomalli voi sisältää esimerkiksi materiaalitiedot, lämmönjohtavuuden, rakenteellisen lujuuden jne. (kuva 6). Sähkösuunnittelussa voi esimerkiksi valaisimen tietomalli sisältää tehotiedot, mallin ja valmistajan, kokotiedot, asennusohjeet sekä 3D-symbolin, joka vastaa todellisen valaisimen kuvaa. Tietomallin etuna on sen sisältämän tiedon asettamat vaatimukset. Sen avulla voidaan tarkistaa ympäristöriippuvuuksia, eli sopisiko valaisin esimerkiksi sille suunniteltuun paikkaan tilaluokitusten kannalta. Kuivan tilan valaisin voisi esimerkiksi aiheuttaa virheilmoituksen kosteassa tilassa. Tuotteiden väliset suhteet kertovat hyvissä ajoin, onko tuote edes mahdollista asettaa johonkin tiettyyn paikkaan. Kuvassa 4 on esitetty törmäystarkastelu, jossa ilmenee virheelliset sijoittelut. Samanlainen tarkastelu voidaan tehdä myös LVI- ja sähkökuvien välillä, jolloin havaitaan muun muassa IV-kanavan läpäisevä kaapelihylly.



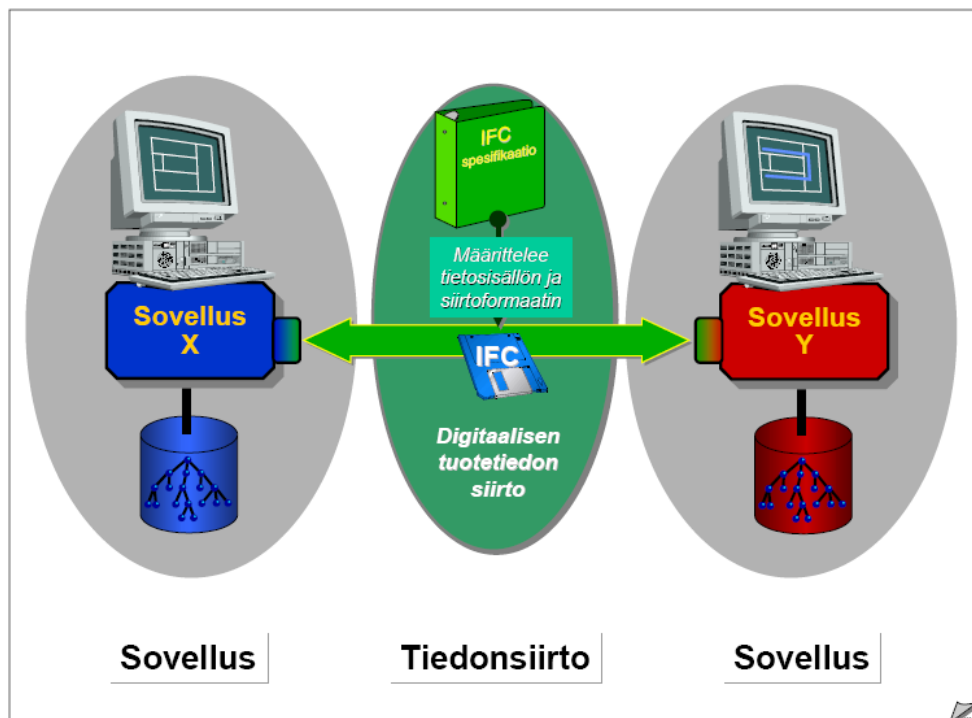
Kuva 4 MagiCAD:llä suoritettu törmäystarkastelu, josta näkyy esimerkki väärästä valaisimen asennuskorkeudesta ja väärin risteävistä kaapelihyllyistä aiheutuneet virheet (keltainen rastit).

3.4 Yleistä IFC:stä /16/

IFC:n takana on kansainvälinen yhteenliittymä IAI (International Alliance for Interoperability), jonka visiona on sovellusten yhteensopivuus ja rakennuksen tuotetietojen elinkaaren aikainen hallinta. IAI kehittää avointa tiedonsiirron sisällön määrittystä, IFC:tä (Industry Foundation Classes), ja tukee tähän perustuvia toteutuksia, sekä edistää määrittelyn käyttöönottoa. IAI aloitti määrittelytyön 1994, ja tällä hetkellä IAI:llä on n. 600 kansainvälistä jäsenyritystä. /16/

IFC on tuotetietojen siirron kansainvälinen standardi ja sen sovellusalue on rakentaminen ja kiinteistön ylläpito. IFC:n tietomäärittelyt on tehty käyttäen ISO STEP-standardin mukaisia menetelmiä [ISO 10303-11, 1994] /2/, ja IFC-tiedonsiirto perustuu ISO STEP -tiedonsiirtoformaattiin [ISO 10303-21, 1994] /3/. IFC:n ydinosa (IFC 2x) on myös julkaistu kansainvälisen standardointijärjestön ISO:n 16739 Publicly Available Specification (PAS) -dokumenttina. IFC:n versioiden kehitys on tapahtunut asteittain laajentuen. Ensimmäinen IFC:n kaupallisten toteutusten perustana käytetty versio oli IFC Release 1.5.1, joka julkaistiin 1998. Sen jälkeen julkistettuja IFC:n versioita ovat IFC 2.0, IFC 2x ja IFC 2x2, /15/ joka on ollut monissa pilottiprojekteissa tiedonsiirtoformaattina. Uusin julkistus on kuitenkin IFC 2x3, joka lisäsi muun muassa sähköalan objektitietojen kattavuutta. IFC on tällä hetkellä kattavuudeltaan laajin rakentamisen ja kiinteistönpidon tiedonsiirron standardi. /16/

IFC määrittelee tuotetiedolle yksittäisistä sovelluksista riippumattoman muodon, jossa tiedot siirretään sovellusten kesken (kuva 5). Periaate on, että tietoa tuottava tai lähettävä sovellus esikäsittelee tiedot sisäisestä muodostaan IFC-muotoon, ja vastaanottava sovellus jälkikäsittelee tiedot IFC-muodosta omaan sisäiseen muotoonsa. Standardoidun tiedonsiirron periaatteena on siten yhteisesti sovittu, sovelluksista riippumaton tietomäärittely ja sitä vastaava tiedonsiirron formaatti, jota vastaan eri osapuolet voivat kehittää yhteensopivia sovelluksia. /16/



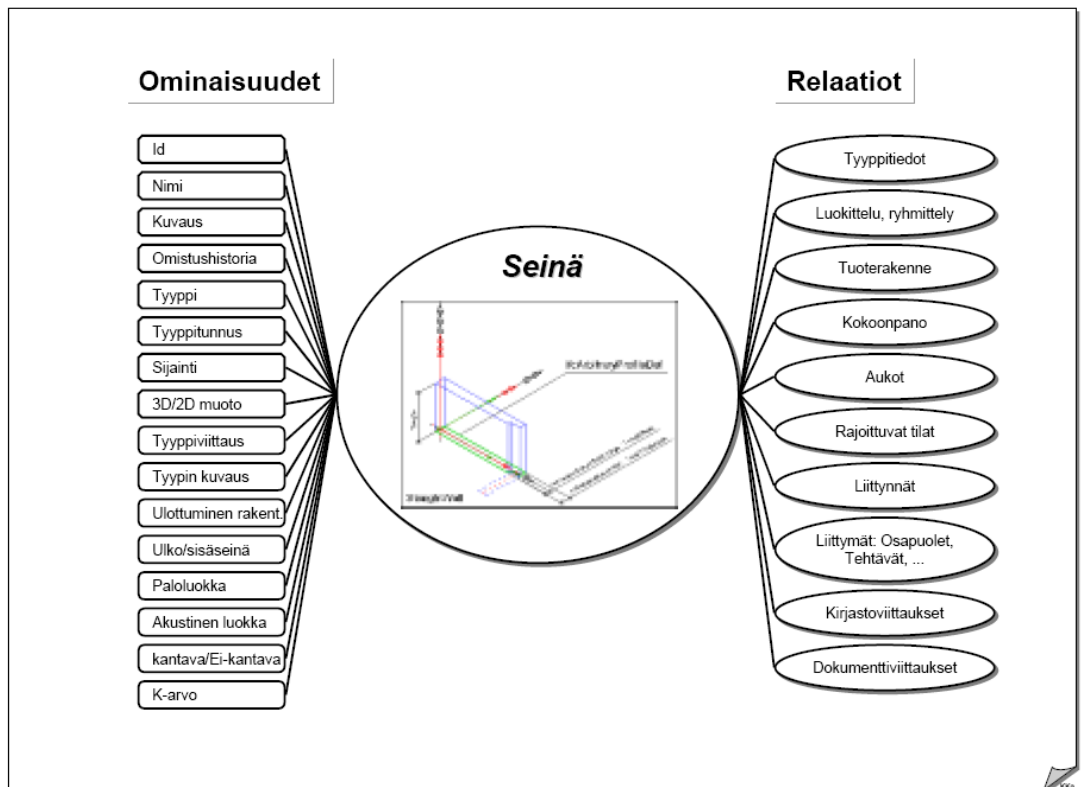
Kuva 5 IFC:n järjestelmästä riippumaton tiedonsiirto /16/.

IFC pyrkii tuomaan omalta osaltaan ratkaisun rakentamisen ja kiinteistönpidon tiedonsiirtoon osapuolien ja niiden tietokonesovellusten välillä. Samalla sillä pyritään varmistamaan ohjelmistojen välinen yhteensopivuus. Vielä tälläkin hetkellä sovellukset ovat usein keskenään yhteen sopimattomia, tai digitaalinen tiedonsiirto onnistuu vain dokumenttiedon tasolla, ei tuotetietona. Sovellusten kesken pystytään siirtämään esim. piirustustietoa DXF-, DWG-, tms. muodossa, mutta tietomallitiedon hyödyntäminen rakentamisen ja kiinteistönpidon tietoverkoissa ei onnistu. /16/

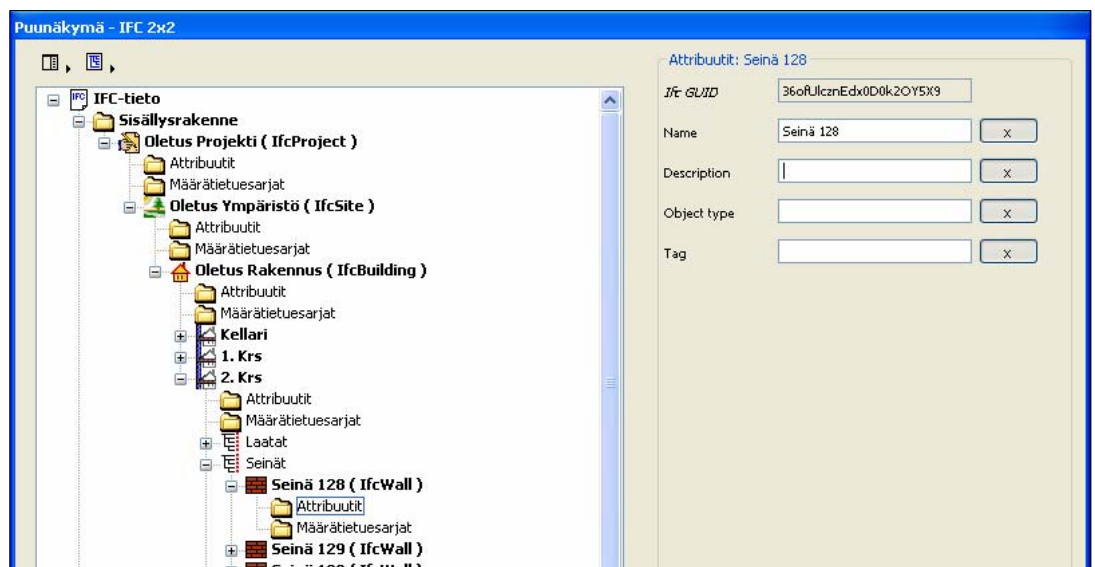
Rakentamisen tiedonsiirrossa on ollut visiona jo pitkään se, että rakennuksen koko elinkaaren ajan rakennusta ja koko rakennusprosessia koskevan tuotetiedon elinkaari olisi kattavasti tietokonesovelluksilla tuettu ja että sovellukset olisivat keskenään yhteensopivia. Tällöin kukin sovellus voisi hyödyntää muiden sovellusten tuottamia tuotetietoja ja sovellukset voisivat tuoda omat tietonsa lisäyksenä rakennuksen tuotetietojen jatkuvasti täydentyvään elinkaaritietokantaan. /16/

IFC:n mukainen tuotetieto on tuotetta, esim. rakennusta ja siihen liittyviä prosesseja, esim. rakentamista koskeva kuvaus olioluokkina. IFC-tiedonsiirtotiedostosta tietokonesovellukset pystyvät tulkitsemaan esim. rakennusosien materiaaleja, 3D-muotoa, luokittelua, niiden osia ja relaatioita eli suhdetta muihin rakennusosiin.

Esimerkki IFC-tuotetietomallin olioluokasta on IfcWall, joka kuvaa seinien ominaisuudet ja relaatiot. Kuvissa 6 ja 7 on esitetty seinän tietomallin sisältämää tietoa. Tuotetieto termiä käytetään erotuksena dokumenttitiedosta, joka on esitys, josta ihmiset pystyvät tulkitsemaan tuotetietoa, mutta tietokonesovellukset eivät. /16/



Kuva 6 Esimerkki seinälle määritellyistä ominaisuuksista ja seinän suhteista ympäristöön IFC -tietomallissa. /6/.

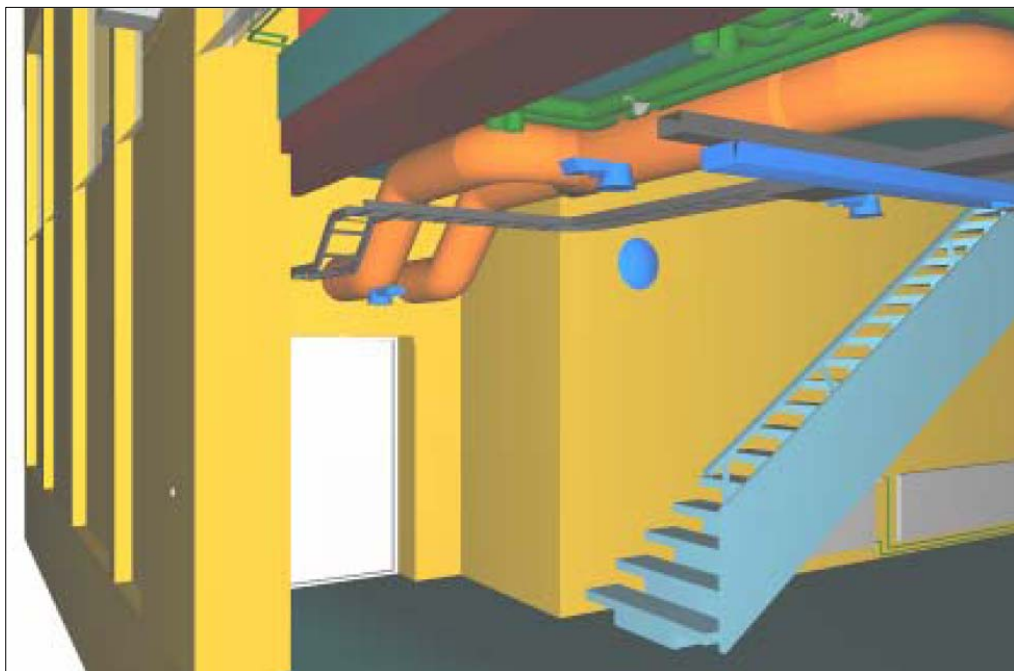


Kuva 7 Puunäkymä erään IFC-tiedoston sisällöstä ja seinälle 128 määriteltävästä attribuutti tiedosta.

3.5 IFC-tietomallinnuksen käyttö talotekniikassa

Kuten aiemmin mainittiin, IFC-tiedonsiirtostandardi kehitettiin aluksi arkkitehtien ja rakennesuunnittelijoiden avuksi, mutta sitä päätettiin lähteä kehittämään myös koko talotekniikkaan soveltuvaksi. Sen avulla siirretään binääristä tietoa eri suunnitteluohjelmien välillä. Esimerkiksi sähkö- ja LVI-piirustusohjelmasta pystyy siirtämään kaapelihyllyt, valaisimet, laitteet ja muun muassa IV-kanavat arkkitehdille, joka tämän jälkeen pystyy yhdistämään tiedot samaan CAD-kuvaan ja vertailemaan helposti ja visuaalisesti kuvien tietoja.

Tällä hetkellä on tehty jo useita pilottiprojekteja joissa on käytetty IFC-tietomallinnusta /27/. Suunnittelijat ovat tehneet tiivistä yhteistyötä suunnitteluprosessin aikana, vaikka käyttävätkin omia ohjelmistoja. Projekteissa käytetyt suunnitteluohjelmistot (muun muassa MagiCAD /23/, Teckla Structures /30/, ArchiCAD /14/) tukevat kaikki IFC-tiedonsiirtoa. Näillä ohjelmistoilla luodut tiedostot koottiin sitten Solibri Model Checker -ohjelmalla /28/ yhdeksi kokonaisuudeksi (kuva 8), jonka avulla kyettiin tekemään virheanalyyssejä ja törmäystarkasteluja. Projekteista on saatu positiivisia tuloksia ja ne ovat jopa ylittäneet odotukset. /27/



Kuva 8 Solibrin ohjelmistolla tehty rakennuksen tietomalli, johon on yhdistetty LVIS -järjestelmät.

Suunnittelun tarkkuus lisääntyy huomattavasti, ja rakennusaikaisia muutoksia tulee entistä vähemmän. Vaikka tietomallinnus on alkutaipaleella, suurimmat rakennuttajat vaativat uusissa projekteissaan tietomallinnusta, joka edistää huomattavasti tiedonsiirron ja ohjelmistojen kehitystä. Yksi alan ongelmista on, että suunnittelijat eivät helposti uskalla tarjota tilaajille uusia toimintatapoja, jos tilaaja ei tätä vaatisi. Sähköalalla, kuten muillakin toimialoilla, alkaa työntekijöiden keski-ikä kohota ja moni onkin jo lähellä eläkeikää. Ikääntyneempien suunnittelijoiden on hankalampaa omaksua uudet tekniikat ja hyödyntää sitä kautta niiden tuomia etuja. Kehityksen takaamiseksi suunnittelijoiden tulisi tarjota aktiivisesti uusia ja entistä parempia ratkaisuja. Suurin haaste on osata kertoa uuden tekniikan puolesta niin, että asiakas huomaisi siitä saatavan hyödyn ja haluaisi sen ostaa. IFC-tietomallinnus tuo huomattavia alaa hyödyntäviä etuja ja ne saavutetaan koko elinkaaren ajalle. Säästöpotentiaali on jopa 5-30 % /11, 27/

Tietomallinnuksessa tulee mukana monia etuja ja se tuo hyötyjä hankkeen jokaiselle osapuolelle /11/. Tietomallisuunnittelussa saa koko suunnittelutiimiltä asiantuntijalausunnot ja -näkemykset jo alkuvaiheessa, eli vaatimusosamallivaiheen aikana. LVIS-suunnittelijoilla ei ole aivan alussa suurta osaa projektissa, mutta sitäkin tärkeämpää on, että heidän vaatimuksensa otetaan huomioon heti alussa.

Urakoitsijat hyötyvät mallin tuomasta määrä- ja kustannuslaskennan avusta. Mallia voi käyttää myös hankintatoimissa ja työnohjauksessa. Suunnitelmien visualisointi auttaa esittämään erikoisjärjestelmien ratkaisuja käyttäjille ja omistajille, jotka eivät välttämättä ole alan ammattilaisia. Tämä nopeuttaa päätöksen tekoa ja turhat viime hetken muutokset vähenevät. Omistajat hyötyvät myös rakennuksen käytön tehokkuudesta ja taloudellisuudesta. Jo alkuvaiheessa saadaan tarkat elinkaarianalyysit ja pystytään simuloimaan muutosten vaikutus kustannuksiin. Tietomallinnus antaa mahdollisuuden erilaisten vaihtoehtojen nopeaan vertailuun mallipohjaisilla analysointityökaluilla (energia-, olosuhde-, valaistus- yms. simulaatio-ohjelmat). Lisäksi saadaan entistä tarkemmat määrälaskentatiedot, jolloin budjetti tarkentuu ja yllätyksiä on entistä vähemmän. Visualisointi 3D:nä avartaa näkemystä tulevasta, ongelmakohdat paljastuvat entistä aiemmin ja helpommin. Jukka Hörkkö Skanska Kodit Oy Projektipäällikkö on myös todennut: ”Korjataan mieluummin hiirellä kuin Hiltillä!” /27/.

4 MÄÄRÄLASKENTALUETTELOT

Nykyiset CAD-ohjelmat kykenevät tuottamaan riittävän hyviä massalueteloita tarjouslaskennan tarpeisiin. Suuria ongelmia ovat kuitenkin vastuukysymykset ja tilaajan tietämättömyys määrälaskentaluetteloiden hyödyistä. Yleisesti määrälaskentaluettelo on mikä tahansa lista, jossa on yksilöity tarvittavia materiaaleja sekä asennettavia laitteita ja tarvikkeita. Useimmiten käytettyjä luettelotyyppisiä ovat valaisinluettelo, moottoriluettelo, lämmitinluettelo ja pisteluettelo, joka sisältää mm. pistorasiat, kytkimet, jakorasiat ja muut vastaavat asennustarvikkeet/1/

Tähän päivään mennessä määrälaskentaluettelot on tehty suurelta osin manuaalisesti käsin laskemalla suunnitelmissa esitetyn pistemäärän mukaisesti. Usein on huomattu, että urakan saa se, joka on laskenut määrät eniten väärin /6/. Tietomallipohjainen suunnittelu kuitenkin tukee määrälaskentaluetteloiden tuottamista. Tietomalli sisältää yleensä suoraan määrälaskentaluetteloissa tarvittavat tiedot. Tämän ansiosta luettelot voidaan tuottaa entistä helpommin. Sähkö ja Teleurakoitsijaliitto STUL ry onkin NSS ry:n tiedotteen /22/ mukaan pyrkinyt muodostamaan määrälaskentaluettelomallin, jonka kehityksessä on mukana usea CAD-ohjelmistoyritys. He ovat myös miettineet ratkaisuja näihin yleisimpiin ongelmiin. Tiedotteessa sanotaan, että vastuukysymyksissä voitaisiin käyttää erilaisia vaihtoehtoisia malleja. Määrälaskentaluettelo olisi urakkalaskentavaiheessa laskenta-asiakirja, jonka perusteella urakka hinnoiteltaisiin. Valittu urakoitsija tarkistaisi massat ja urakkasopimus sidotaan vain suunnitelmiin. Määrälaskentaluettelo voisi olla sitova urakkalaskenta- ja sopimusasiakirja. Mahdolliset poikkeamat määrälaskentaluettelon määristä käsiteltäisiin sopimuksessa määritellyillä yksikköhinnoilla molempiin suuntiin. STUL:n esityksen mukaan luetteloissa esitettäisiin piirrosmerkit, yksikö, määrä, IP-luokka ja sähköinen arvo, jos poikkeava, nimitys/selitys, asennustapa, ja järjestelmä. Määräluettelo olisi sidottuna kiinteästi taso- ja muihin piirustuksiin, eikä siinä otettaisi kantaa hankintarajoihin. STUL:n esityksen mukaan kaapelointeja ei kuitenkaan luetteloitaisi. /6/

Määrälaskentalaskennan käyttö hyödyttäisi tilaajaa ja toisi kustannussäästöjä. Suunnittelijan tekemät määrälaskennat säästäisivät tilaajilta miljoonia euroja vuodessa. ”Toimintatavan lopputuloksena esimerkiksi kymmenen tunnin laskentakus-

tannus jakaantuu siten, että suunnittelija laskuttaa tunnin enemmän, kymmenen urakoitsijaa säästää kukin tunnin ja rakennuttaja hyötyy yhdeksän tunnin kustannukset. Eli kaikki voittavat varmasti.” /22/.

Määrälaskentaluettelot voidaan jaotella erilaisille tarkkuustasoille /1/. Uusimmilla tietomallispohjaisilla sähköpiirustusohjelmilla voidaan kuitenkin tuottaa jo täysin kattavia määrälaskentaluetteloita, jotka voivat sisältää miltei mitä tahansa käyttäjän haluamaa tietoa. Taulukoissa 1, 2 ja 3 on esitetty esimerkit eritasoisista määrälaskentaluetteloista. II tason luettelo on käytännössä I tason luettelo kaapelitiedoilla. III tason luettelo voisi käyttää suoraan jo hankintalistana.

Taulukko 1. Esimerkki tason I pisteluettelosta /7/

Kohde:		Piirustus:		Revisio:	Pvm:
Määrä	IP-luokka	Selitys	Asemustapa	Järjestelmä	Järjestelmän kuvaus
40		Jakorasia	F	H2	Sähkön pääjakelujärjestelmät
4		Pistor. 1-os maad.	F	H401	Pistorasiat
51		Pistor. 2-os maad.	F	H401	Pistorasiat
5	IP44	Pistor. 2-os maad.	S	H401	Pistorasiat
2	IP44	Pistor. 1-os maad.	S	H401	Pistorasiat
4		Kytkin 1-nap	F	H501	Yleisvalaistusjärjestelmä
5		Jakorasia	F	H501	Yleisvalaistusjärjestelmä
5		Kytkin 1-nap	S	H501	Yleisvalaistusjärjestelmä
15		Liiketunnistin 360		H501	Yleisvalaistusjärjestelmä
31		Liiketunnistin 180		H501	Yleisvalaistusjärjestelmä

Taulukko 2. Esimerkki II tason luettelon sisältämästä kaapeliluettelosta /7/

Kohde:		Piirustus:		Revisio:	Pvm:
Kaapeli	Yhteispituus (m)	Lukumäärä	Halkaisija (mm)	Paino (kg/km)	
MMJ 3x1,5S	16,6	9	9,5	120	
MMJ 5x10S	30	6	21	840	
MMJ 3x2,5S	237,4	99	11	170	
MCMK 3x16/16	24,9	2	22	880	
MCMK 3x35/16	7,6	1	23	1150	
AMCMK 4x95/29	15	1	40	2200	

Taulukko 3. Esimerkki tason III pisteluettelosta /7/

Kohde:		Piirustus:		Revisio:	Pvm:		
Määrä	IP-luokka	Selitys	As.tapa	Järjestelmä	Valmistaja:	Malli:	Sähköno
40		Jakorasia	S	H2	Ensto		16 125 09
4		Pistor. 1-os maad.	F	H401	Ensto	Jussi	25 061 31
51		Pistor. 2-os maad.	F	H401	Ensto	Jussi	25 061 22
5	IP44	Pistor. 2-os maad.	S	H401	Ensto	Kosti	24 065 21
2	IP44	Pistor. 1-os maad.	S	H401	Ensto	Kosti	24 06531
4		Kytkin 1-nap	F	H501	Ensto	Jussi	21 060 11
5		Jakorasia	F	H501	Ensto		11 521 08
5		Kytkin 1-nap	S	H501	Ensto	Pinta-Jussi	20 060 16
15		Liiketunnistin 360		H501	Ensto	Vahti-Jussi	35 150 24
31		Liiketunnistin 180		H501	Ensto	Vahti-Jussi	35 150 23

5 MAGICAD-SÄHKÖSUUNNITTELUOHJELMA

5.1 Yleistä

Suomessa toimii useita sähkösuunnitteluohjelmistoja tarjoavia yrityksiä. Yleisimpiä markkinoilla olevia ohjelmia ovat CADi:n CADiE /13/ ja ArkSystemsin SähköARK /12/, sekä tietomallipohjaisuutta tukevat Kymdatan CADS Planner /19/ ja Progmanin MagiCAD /23/. CADS Planner Electric:ssä ja MagiCAD:ssä on tuki IFC-tiedonsiirrolle ja SähköARK:iin se on tulossa. CADiE on sisältänyt jo pitkään symbolien XYZ-paikkatiedon, joka mahdollistaa II-tason määrälaskentojen tekemisen, eli kaapelien määrälaskenta on mahdollista. Uusimpaan versioon on lisätty myös symbolien 3D-piirtämien, mutta ei tietomallinnusta. CADi kertoo /10/ seuraavansa aktiivisesti markkinoita ja kertoo IFC-tuen lisäämisen CADiE ohjelmiin olevan tulevaisuudessa mahdollista. CADS Planner on ainut itsenäinen LVIS-suunnitteluohjelmisto, joka tukee tietomallisuunnittelua.

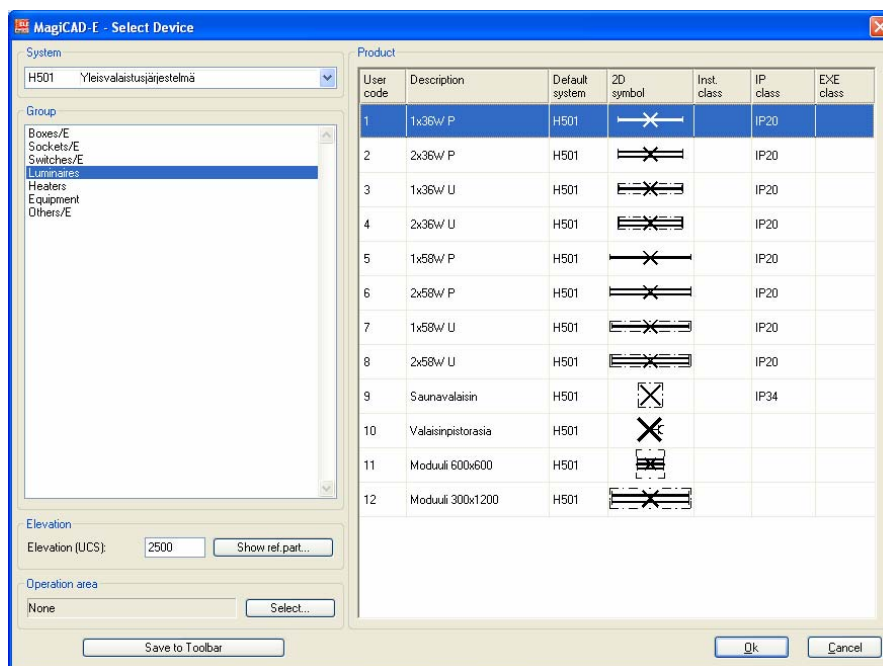
MagiCAD on suomalaisen Progmanin kehittämä LVIS-suunnitteluohjelmisto, joka toimii AutoCAD:n päällä. MagiCAD on pohjoismaiden markkinajohtaja alallaan ja sillä on yli 5 000 myytyä lisenssiä. Progman tarjoaa myös laitevalmistajille Product Modelling -tietomallinnuspalvelun, jolla he voivat mallinnuttaa tuotteensa MagiCAD:lle ja sitä kautta suunnittelijoiden käyttöön. Yli 50 Pohjois-Euroopan merkittävää järjestelmä- ja laitevalmistajaa onkin teettänyt tietomallit tuotteistaan MagiCAD:iin. Tämä on tehokas tapa tuottaa kevyitä 3D-piirrosmerkkejä, jotka kuormittavat tietokonelaitteistoa huomattavasti vähemmän, kuin tavanomaiset DWG-symbolit. Ohjelmisto tukee oliopohjaista IFC-tiedonsiirtoa ja toimii itsekin täysin tietomallipohjaisesti. Käytettävät piirrosmerkkiobjektit voivat sisältää hyvin monipuolista tuotetietoa 2D- ja 3D-symbolien lisäksi. Perussymbolien lisäksi suunnittelija voi täydentää tuotetietoja miltei täysin haluamallaan tavalla.

5.2 Projektitiedosto

MagiCAD:n projekteissa on aina erillinen projektitiedosto (.mep), jossa sijaitsee kaikki projektissa käytettävät asetukset ja tiedot. Projektitiedostolla ylläpidetään, myös tietomalleja, eli objekteja, jotka sisältävät 2D- ja 3D-symbolit, sekä tuotetiedot. Projektitiedostolla määritellään kaikki suunnittelussa käytettävät tasot, värit,

viivatyypit, tietomallien sisältämien tietojen tekstityylit, määrälaskentaluetteloiden asetukset, ja keskuskaavioiden linkitykset (kuva 10). Projektitiedostolla hallitaan helposti projekteja, jotka sisältävät useita piirustuksia. Kuvissa käytettäviä symboleita ja symboleiden tietoja on helppo muokata ja päivittää.

Eri projekteissa käytetään hyvin usein esimerkiksi eri valmistajan valaisimia. Tietomallipohjaisessa suunnittelussa jokaiselle valaisimelle, ja muillekin tuotteille, on oma tietomalli. Piirrosmerkkilista olisi todella pitkä, jos esimerkiksi käytettäviä valaisimia ei luokiteltaisi projektikohtaisesti. Projektitiedostossa määritellyt tuotteet näkyvät myös piirrosmerkkivalikoissa ja on kätevää, kun pystyy poistamaan, sekä ottamaan käyttöön vain tarvitsemansa tuotteet. Kuvassa 9 näkyy eräässä projektissa käytettävät valaisimet piirrosmerkkivalikossaan.



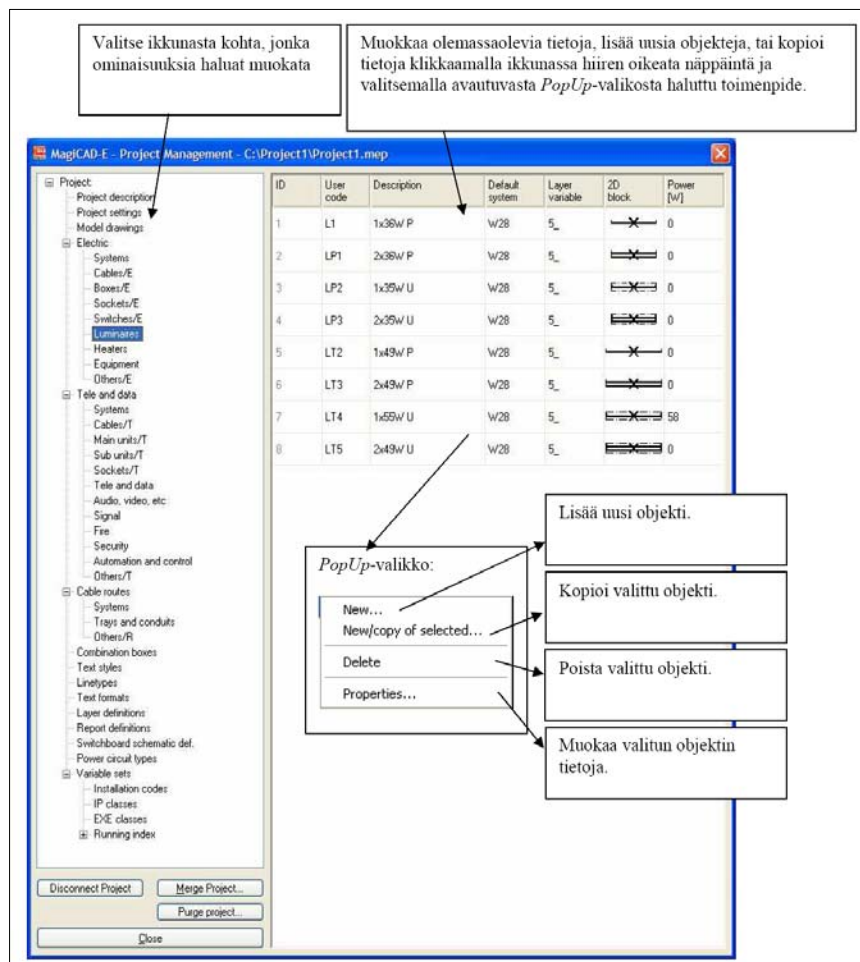
Kuva 9 Projektissa käytetyt valaisimet piirrosmerkkivalikossaan.

MagiCAD:n tuotekirjastoon valitaan käytettävät valaisimet ja muut tuotteet Qmodel -tuotetietokannasta. Qmodel-tietomalli sisältää jo valmiiksi osan varsinaisen tietomallin teknisestä tiedosta ja projektitiedoston tuotekirjastoon voi halutessa vielä tarkentaa tuotetietoja. Järkevästi koottua projektitiedostoa voi käyttää helposti pohjana uusissa projekteissa, tällöin ei tarvitse koota yleisimpiä tietomalleja uudel-

leen. Jos projektissa vaihtuu esimerkiksi käytettävät valaisimet, voidaan vanhat tietomallit päivittää esimerkiksi uusilla tiedoilla ja kuvilla.

5.3 Projektitiedoston luominen ja hallinta

Kun MagiCAD Electrical on käynnistetty, sopivan AutoCAD template (piirustus-pohja) avattu, arkkitehtipohja on liitetty kuvaan ja kuva on tallennettu, voidaan perustaa projektin MagiCAD:iin. Kaikkia projektin ja projektitiedoston tietoja hallitaan projekti hallinnan (Project management) avulla. Projekti hallinnan käyttö on yksinkertaista. Sillä on helppo luoda perusasetukset projektiin, sekä helppoa lähteä kasaamaan tietomalleja. Uuteen projektiin voidaan hakea projektitiedostopohja aiemmasta projektista, jolloin saadaan valmiit tietomallit uuteen projektiin. Kuvassa 10 on esitelty projektihallinnan käyttöä. Projektihallinnan kautta tehdään kaikki muutokset projektitiedostoon. Muutoksia projektiin voi tehdä ihan missä vaiheessa projektia vain. /9/



Kuva 10 Projektihallinnan näkymä ja peruskäyttö /9/.

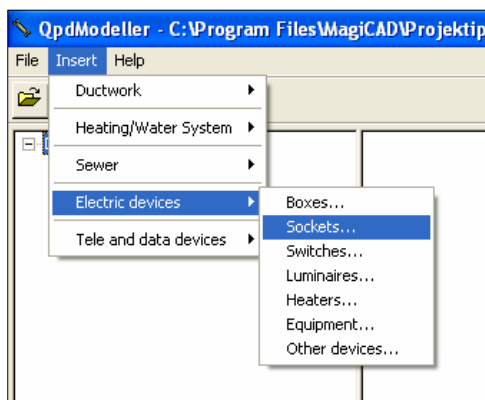
5.4 Qmodeller ja 3D-symbolien luominen

Qmodeller on MagiCAD:n mukana toimitettava tietomallinnuksen apuohjelma, jolla voidaan muokata MagiCAD:n tarjoamia 3D-symbolipohjia. Qmodel-tietomalli sisältää tuotteen 3D-geometrian luomiseen liittyvän datan sekä valmistajan ilmoittaman teknisen datan. MagiCAD:n sisään on rakennettu Qmodel-engine, joka piirtää luonnollisen näköisen ja oikeaa teknistä dataa sisältävän objektin. Tämä auttaa synnyttämään piirustuksen, joka vastaa tekniikaltaan ja mitoiltaan todellisuutta. Perusobjektien lisäksi MagiCAD:iin on saatavana yli 50 talotekniikan laitevalmistajan tuotteet tuotetietokannoissa, jotka ovat vapaasti ladattavissa Progman Oy:n kotisivuilta. Valmistajien teettämät tuotteet ovat usein lukittuja muokkaamisen estämiseksi, mutta MagiCAD:n mukana tulleita perussymboleita voidaan kaikkia muokata Qmodellerilla.

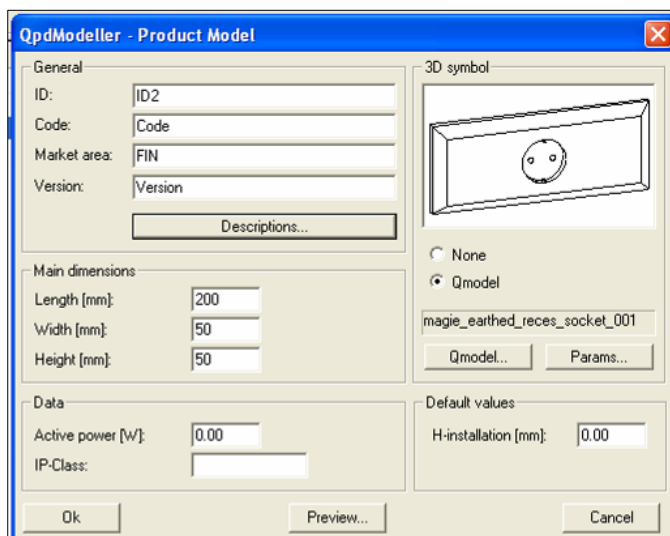
Qmodelin suurin etu on tietomallinnuksen keveys. Qmodelin 3D-symbolit vaativat laitteistolta huomattavasti vähemmän suorituskykyä kuvaa liikuteltaessa näytöllä. Tämä korostuu varsinkin monimutkaisissa symboleissa ja silloin, kun piirustuksessa on näkyvissä sadoittain symboleita samanaikaisesti. Käyttäjä voi luoda oman tuotetietokannan. Tuotetietokantaan voi luoda ja tallentaa objekteja, jotka sisältävät tuotteen tekniset tiedot ja 3D-symbolin. Tätä tuotetietokantaa voi käyttää hyväkseen projektin hallinnan avulla ja liittää luotuja objekteja tietomalliin. MagiCAD:n mukana tuleva 3D-symbolitietokanta on laaja, mutta ei kuitenkaan kaiken kattava. Progman kuitenkin tekee 3D-symboleita asiakkaiden toivomusten mukaan internet-tietokantaansa, josta asiakkaat voivat ottaa niitä käyttöönsä sellaisenaan tai muokata tarvitsemakseen. Mallin muokkaaminen on yksinkertaista ja nopeaa, eikä vaadi välttämättä tarkkoja tuotetietoja. Tarkemmat tuotetiedot voidaan määritellä helposti MagiCAD:n lopulliseen tietomalliin

Qmodelleria käytettäessä luodaan ensiksi .qdb-tietokanta, jonne tietomallit tallennetaan. Uudet objektit luodaan tuomalla projektiin jokin laite, esimerkiksi sähkölaite (kuva 11), ja hakemalla sille kuva (kuva 12), jolle määritellään kokotiedot ja tarvittavat perustiedot, lähinnä tuotelistojen hallintaan. Qmodeller on tarkoitettu myös LVI-tuotteiden mallintamiseen, joten sillä voidaan luoda myös LVI symboleita.

Kuvasta 12 ilmenee myös Qmodel -tietomallin sisältämät tiedot ja kuinka pistorasian kokoa on esimerkin vuoksi korostetusti levitetty.



Kuva 11 Laitteen lisäys .qpd-tietokantaan



Kuva 12 Qmodel-tietomallin muokkausvalikko ja pistorasian 3D-symboliksi valittu kuva, jonka leveyttä on korostetusti muutettu.

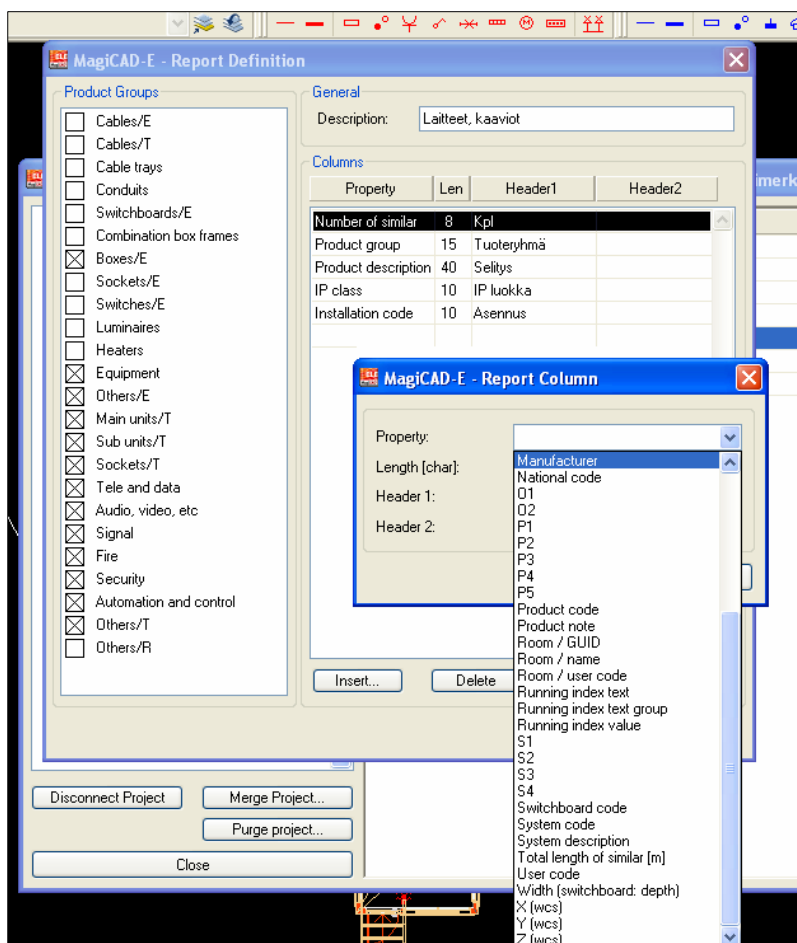
5.5 Määrälaskennan käyttö MagiCADissa

MagiCAD:llä voidaan luoda määrälaskentaluetteloita hyvinkin yksityiskohtaisesti. Projekti hallinnan avulla voidaan määritellä määrälaskentaluettelossa listattavat asiat. Määrälaskentaa varten voidaan tehdä erilaisia raporttityylejä kuten valaisin-

luettelo tai vahvavirtapisteluettelo. Luetteloihin voidaan valita mitä tahansa tuotteiden tiedoista, kuten esimerkiksi valmistajan.

MagiCAD:n määrälaskentaluettelot toiminnolla voidaan valita mikä ennalta määrätty tuotealueet lasketaan, lasketaanko symbolit jostain tietyistä kuvasta, valitaanko laskettavat symbolit erikseen vai lasketaanko vain jollakin tietyllä tasolla olevat symbolit. Määrälaskentatoiminnolla voidaan myös tarkistaa liian lähekkäin olevat symbolit ja tarvittaessa estää niiden laskeminen, jos jokin piirrosmerkki on jostain syystä kopioitunut päällekkäin.

Luetteloista voidaan tehdä etukäteen luettelopohjia, joilla esimääritellään luettelon sisältämät tuoteryhmät (Product Groups) ja tuotteista listattavat tuotetiedot (Report Cols). Kuvassa 13 on esitetty yhden esivalitun luettelotyypin (Laitteet, kaaviot) sisältämät tuoteryhmät ja tuotetiedot, joita määrälaskentalistassa ilmoitetaan.



Kuva 13 Määrälaskentaluettelopohjan sisältämä tieto, sekä uuden tuotetiedon lisääminen tuotetietoihin (Property).

6 TYÖMENETELMIEN JA TIETOMALLIEN KEHITTÄMINEN

6.1 Projektipohjan ja tietomallien rakentaminen

6.1.1 Yleistä

Tarkoituksena oli rakentaa tietomallikirjasto projektitiedostoon, jota käytettäisiin pohjana kaikille aloitettaville uusille projekteille. Ajatuksena oli helpottaa suunnittelijan työtä tarjoamalla valmiit ja riittävän kattavat tuotekirjastot suunnitteluun. Projektien aloittaminen nopeutuu ja tarkentuu, kun yleisimmät tuotteet on kasattu valmiiksi tuotetietokantaan.

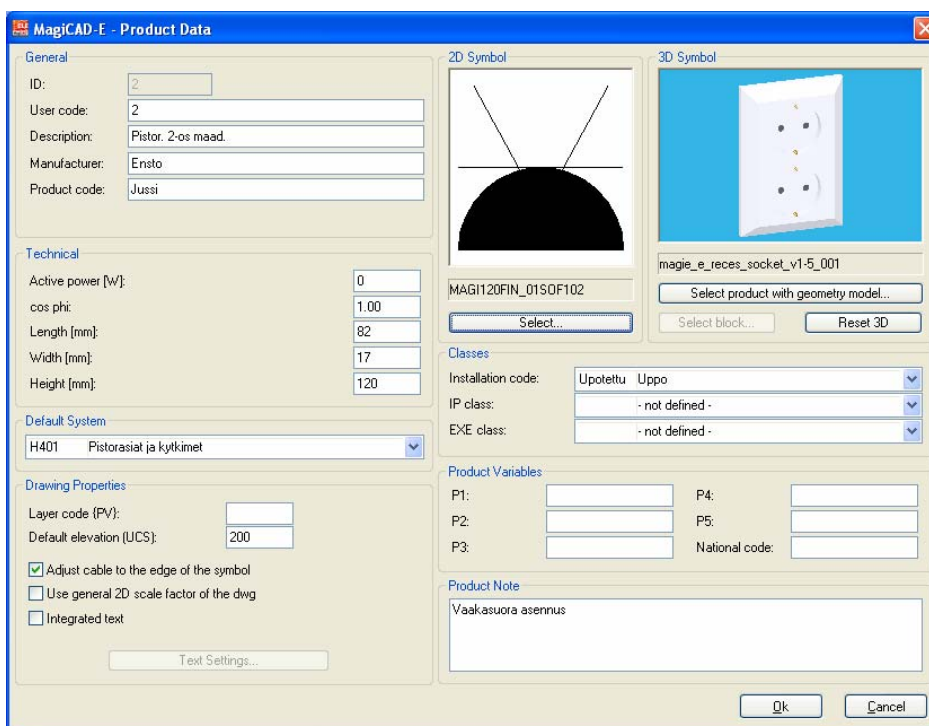
6.1.2 Tuotetietojen täyttäminen

Tuotetietoja täytettäessä kannattaa miettiä, mitä tietoa tietomallissa tulisi olla. Tietomallia voi käyttää sitä useammassa käyttökohteessa, mitä epätarkemmin tuote on määritelty. Samalla kuitenkin tuotteesta saatavat tiedon määrä vähenee ja tarkkuus kärsii. Onko esimerkiksi tarpeellista määritellä keskiölevyllisille ja peitelevyllisille pistorasioille omat symbolit? Pistorasioiden sijoittelu vierekkäin seinälle vaatii lähes poikkeuksetta yhteisen peitelevyn ja keskiölevylliset pistorasiat, kun taas yksittäin sijoiteltu rasia tarvitsee kokonaisen, peitelevyllisen pistorasian. Jos tietomallinnus tehdään hyvin, olisi hyötyjen saavuttamiseksi tärkeää määritellä kaikille käytettäville tuotteille omat tietomallit.

Projektitiedostoon määriteltiin myös käytettävät tasojärjestelmä ja niiden nimet, sekä värit. Pohjana pyrittiin käyttämään s2000-nimikkeistön /8/ mukaista tasomäärittelyä, tosin joiltain osilta yksinkertaistettuna. Tietomallinnus päätettiin tehdä siten, että projektipohjaan tehtäisiin tarkasti yleisimmät ja ns. varmasti käytettävät tuotteet ja hivenen avoimemmin tuotteet, joita on monia lähes samantyyppisiä. Tämä oli kannattavaa, koska tehtyjä objekteja on helppo kopioida ja muokata haluamakseen projektin edetessä kun tuotetieto tarkentuu.

Objekteille pystyy MagiCAD:ssä valitsemaan 2D- ja 3D-piirrosmerkit, sekä määrittelemään tuotetietoja (kuva 14). 3D-symbolina voi käyttää itse tehtyä DWG-symbolia, mutta kuten jo aiemmin mainittiin, ne ovat huomattavasti raskaampia laitteistoille, eivätkä symbolit siirry MagiCAD:stä IFC-tiedonsiirrolla. Tästä johtu-

en tietomalleissa päädyttiin käyttämään vain MagiCAD:n tarjoamia Qmodel-tietomalleja. Qmodellerilla on riittävän kattava symbolikirjasto ja lisäksi Progran voi mallintaa pyynnöstä tarpeellisia symboleita internetkirjastoon. Tärkein asia 3D-symbolissa on kokotieto ja mitat. Niiden avulla voidaan tehdä törmäystarkastelut ja ympäristön suhteet on havaittavissa. Esimerkiksi alakaton sisään tulevien laitteiden kokotieto on tärkeä tietää ja nähdä eri järjestelmien yhdistelmäkuviissa.



Kuva 14 Objektin tuotetietokortti

Valmiin projektin tietomallikirjastossa on jokaiselle valaisinpositiolle omat tietomallit. Projektipohjaa varten ei rakennettu kaiken kattavaa isoa tietomallikirjastoa, vaan valaisimien tietomallipohjiksi valittiin tällä hetkellä projekteissa eniten käytettyjä malleja, sekä tehtiin yleiskäyttöön soveltuvia malleja, joista puuttuu valmistajatiedot. Näitä yleiskäyttöön soveltuvia malleja voi uusissa projekteissa muokata tarkemmiksi tai käyttää sellaisenaan ja määritellä erikseen valaisinluettelossa tarkemmin. Tällä karsitulla tavalla tietomalleja kertyi piirrosmerkkilistaan kuitenkin yli sata.

6.2 Työmenetelmien kehittäminen

3D -suunnittelu on suhteellisen uusi suuntaus sähköalalla ja kaipaa vielä työskentelymenetelmien hiomista suunnittelutyön nopeuttamiseksi. Seuraavaksi on esitelty tutkintotyöhön liittyen tehtyä kehitystyötä ja tuloksia. Työssä tutkittiin AutoCAD:n, MagiCAD:n /23/ ja ArchiCAD:n /14/ käyttöä.

6.2.1 Tiedonsiirto IFC:llä

Eräässä tällä hetkellä käynnissä olevassa projektissa tiedonsiirto suoritetaan suunnittelijoiden välillä DWG- ja IFC-muodossa. LVIS-suunnittelut toteutetaan MagiCAD:llä ja arkkitehtisuunnittelu ArchiCAD:llä. LVIS-suunnittelijat saavat arkkitehdin tekemät suunnitelmat 2D- ja 3D-muotoisina DWG-tiedostoina. LVIS-suunnittelijat lähettävät tekemänsä suunnitelmansa takaisin arkkitehdille IFC-muodossa ja arkkitehti suorittaa kuvien kokoamisen yhdeksi rakennuksen tietomalliksi. Mitään vakiintunutta käytäntöä siirrettävästä tiedosta ei ole, ja ensimmäisissä tietomalleissa oli ongelmia visuaalisuuden kanssa. Kuvaan tuli aivan liikaa tietoa, jota ei varsinaisesti tietomallissa tarvittu. 3D-kuvista tuli sekavia ja hankalammin ymmärrettäviä kun kuvissa näkyivät kaikki putket, kaapelihyllyt, valaisimet, kojeet ja laitteet.

IFC-tiedonsiirto ei tue tasomäärittelyitä, eli kaikki tietomallit joita siirretään, ovat IFC-tiedoston avaavassa CAD-ohjelmassa samalla tasolla. IFC-tietomalli omaa ID-tiedon, jonka avulla kyetään erottelemaan tuotteet toisistaan. MagiCAD muuntaa mallien description -tiedon (kuva 14) IFC:n ID-tiedoksi. ArchiCAD:lla pystyy etsimään ja hallitsemaan IFC-tietomalleja ID-tiedon perusteella. Tämä täytyy ottaa huomioon tietomalleja tehtäessä muilla ohjelmilla. Projekteissa tulisi sopia siirrettävästä tiedosta. IFC-tiedostoa tehtäessä valitaan vain tarpeen kannalta oleelliset tuotteet joita halutaan siirtää ja tietomallit voisi valita käyttötarkoituksen perusteella ja jättää epäolennaiset tuotteet IFC-tiedostosta pois. Kuvassa 15 on ArchiCAD:llä avattu IFC-tiedosto, joka sisältää sähkösuunnitelman pisteet. ArchiCAD avaa tiedoston omaan tiedostomuotoon, joka sitten voidaan liittää talon pohjakuvaan. Arkkitehdille olisi tärkeintä saada sähköpisteiden paikat ja niiden kokotiedot, jolloin kyetään tarkistamaan yhteensopivuus esimerkiksi alakattojen kanssa.



Kuva 15 ArchiCAD:llä avattu IFC-tiedosto (oik.) joka on liitetty talon pohjakuvaan ja visualisoitu valoilla (vas.)

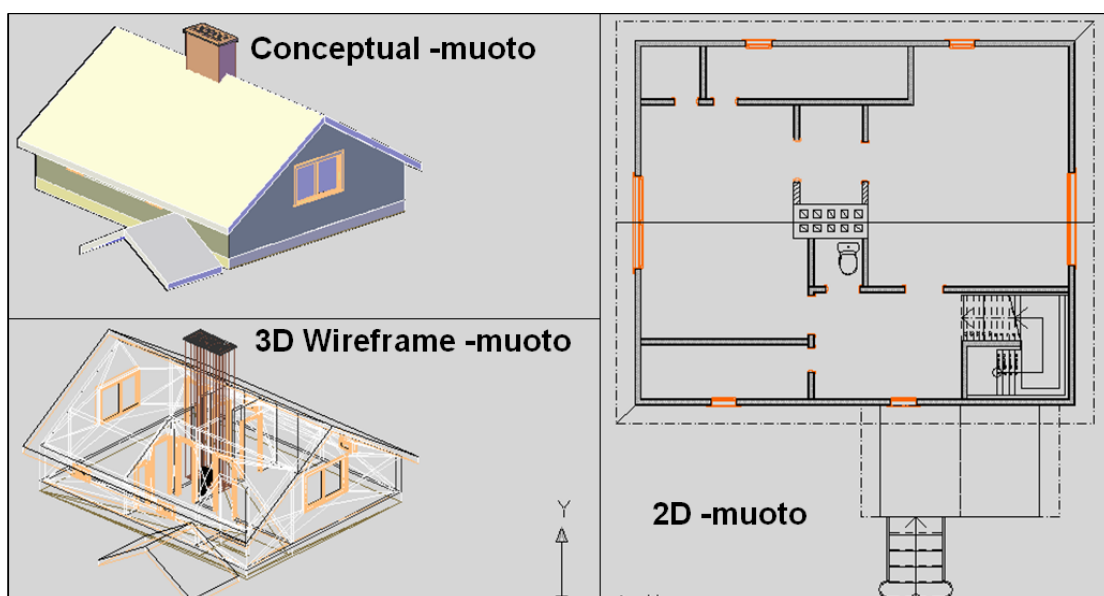
6.2.2 Arkkitehtipohjien käsittely

Sähkösuunnittelijoiden ohjelmat kykenevät tekemään IFC-tiedostoja, mutta eivät vielä nykyään avaa niitä. IFC-tiedoston esikatseluun on saatavilla ilmaisia esikatseluohjelmia kuten Solibri Model Viewer /28/. Ohjelmistojen puutteet estävät tietomallien siirtämisen IFC-muodossa LVIS-suunnitteluohjelmistoihin ja rakennuksen pohjakuvat siirretäänkin tietomallinnuksessa vielä DWG-muodossa. Vielä ei ole myöskään vakiintunut käytäntöjä siitä, mitä arkkitehti siirtää 3D-kuvissa LVIS-suunnittelijoille.

Suunnittelija ei pysty hyödyntämään arkkitehtikuvia, jos arkkitehti lähettää koko rakennuksen tietomallin yhtenä pakettina siten, että talon kaikki kerrokset näkyvät kuvassa. Eri kerrokset eivät välttämättä ole omilla tasoillaan, joten niitä ei pysty erikseen sammuttamaan AutoCAD:llä, eikä sen päällä toimivalla MagiCAD:llä. Muokkaaminen onnistuu ainoastaan tuhoamalla eri kerrokset, joka on aikaa vievää, riskialtista ja pitäisi toistaa joka kerta, kun arkkitehdiltä tulisi uudet pohjakuvat. Arkkitehtiohjelmilla, kuten ArchiCAD, pystyy nämä muokkaukset tekemään nopeasti, kunhan arkkitehti vain tietää mitä elementtejä LVIS-suunnittelija kuviin tarvitsee.

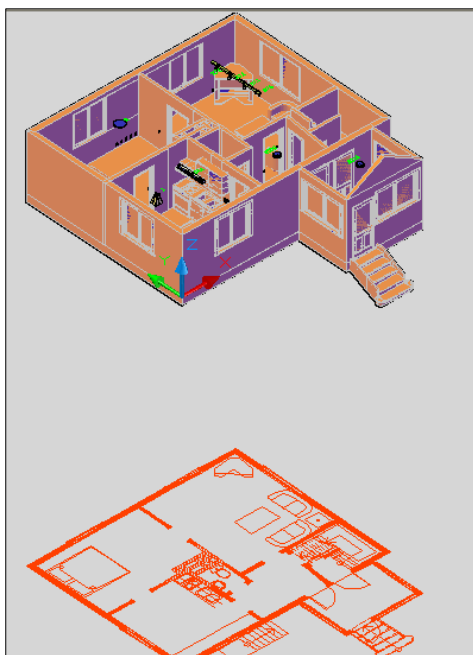
Käytön aikana havaittiin, että 3D-pohjakuvassa tulisi olla lattia, eli ala-/välipohja, seinät, ovet ja ikkunat. Katot, alakatot ja mahdollisesti myös kalusteet olisi hyvä olla 3D-kuvissa, mutta vain jos arkkitehti saa asetettua ne omille tasoilleen. Tällöin ne voidaan sammuttaa suunnittelun ajaksi ja ottaa käyttöön kun tarkastellaan kuvaa visuaalisesti. 2D-kuva ja 3D-kuva eroavat toisistaan rakenteellisesti. 2D-kuvassa näkyy elementin rakenne, eli muun muassa pintakerros, eriste, materiaalit ja ilma- raot, kun taas 3D-kuvasta ilmenee pelkästään ulkomuoto. Kuvassa 16 on vertailtu AutoCAD:n eri ulottuvuuksien eroja ja kuvasta ilmenee 3D-kuvan ulkomuodot ja kuinka katto peittää rakennuksen, jolloin huoneiden sisään ei näe ja visualisointi on hankalampaa. Pohjakuva, josta kuva 16 on kaapattu, on kuitenkin tehty siten, että katto on omalla tasollaan ja se on mahdollista sammuttaa ja tuoda esiin myöhemmin tarvittaessa. Arkkitehtikuvat tulisikin toteuttaa LVIS-suunnittelun kannalta tällä tavalla.

Tarkasteltaessa rakennuksen keskimmäisiä kerroksia, välipohjat ovat yleensä oletusarvoisesti samalla tasolla. Kerroksen lattiana ja kattona toimiva välipohja sammuu ja syttyy tällöin samaan aikaan, eikä pelkkää lattiaa esimerkiksi saa esiin. Arkkitehdin täytyisi ottaa tämä huomioon tehdessään kuvia LVIS-suunnittelijoille ja sijoittaa välipohjat siten, että myös ne olisivat yksitellen sammuteltavissa.



Kuva 16 Talon ylimmästä kerroksesta tehty 3D- ja 2D-DWG, josta voi vertailla 3D-esitysten eroja, sekä 2D-pohjakuvaa näihin.

Uusissa rakennusten tietomallinnuksissa talot ovat oikeilla koroillaan meren pinnasta, joka asettaa omat haasteensa suunnittelulle. Talotekniikan suunnittelijan tulee piirtää tällöin myös omat symbolinsa oikeille koroille merenpintaan nähden. Ylhäältä päin katsottuna merkit on helppo asettaa oikeille paikoilleen, mutta 3D-näkymässä 100 m alempana olevat piirrosmerkit eivät vastaa tavoitetta. MagiCAD ei tarjoa vielä suoraa ratkaisua korkeusasemien hallintaan sähkösovelluksessa, vaikkakin kyseinen ominaisuus on tulossa seuraavaan versioon. AutoCAD:llä pystyy muuttamaan koordinaatistoa UCS komennolla. Komennon avulla voidaan muuttaa nollakorkeus esimerkiksi arkkitehtikuvan lattiapintaa vastaamaan, jolloin 3,5 metrin korkeudelle tuleva valaisin piirtyy lattiapintaan nähden oikein (kuva 17).



Kuva 17 Talon todellinen korko 0 m korkeudella sijaitsevaan 2D-kuvaan nähden, sekä 3D-kuvan korkeudelle siirretty origo (XYZ).

6.2.3 Visualisointi ja suunnitelmien esittäminen

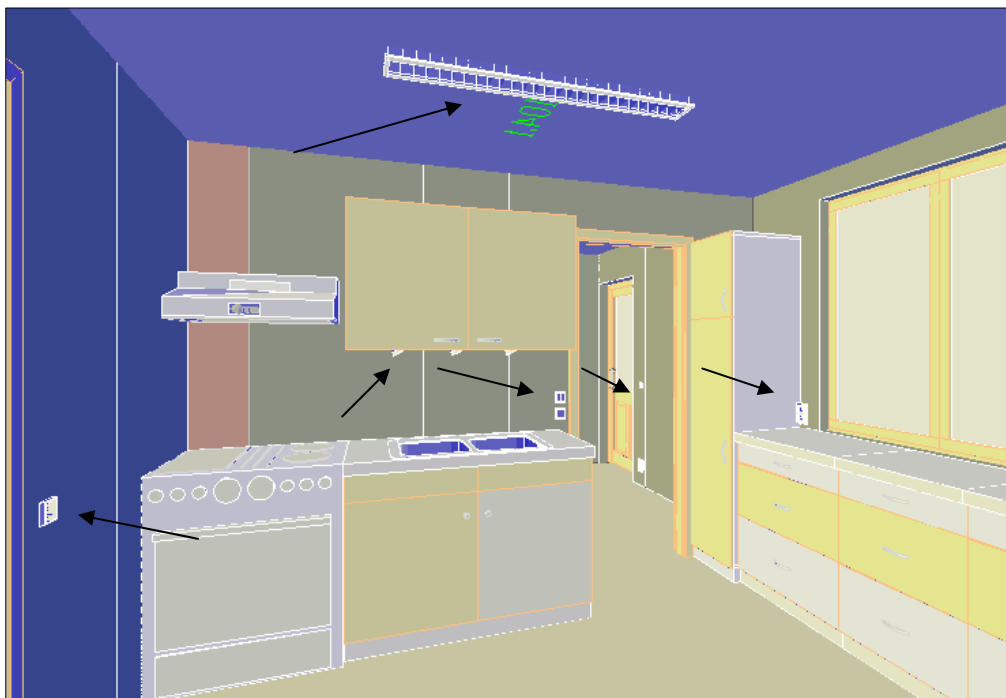
Tietomallinnus tuo kuviin visuaalisuutta ja helpottaa suunnitelmien esittämistä. Suunnittelukokouksissa on mukana eri alojen ammattilaisia ja erilaisen taustan omaavia henkilöitä. Omien ideoiden ja toteutusten esittäminen on havainnollista ja huomattavasti informatiivisempaa, kun ideat esitetään visuaalisesti. AutoCAD sisältää esittämistä tukevia toimintoja, kuten esimerkiksi kameran ja animaatiovideon

luomisen. Näistä on suurta apua, kun esittää suunnitelmiaan muun muassa tilaajalle tai käyttäjälle. Tarkoituksena oli tutkia yritykselle tarpeelliset visualisoinnit, tehdä yksinkertainen pikaopas niiden käyttöön ja opastaa yrityksen työntekijät näiden käyttöön.

Sähkösuunnittelija voi tehdä todella havainnollistavia esimerkkikuvia asiakkaille, mutta visuaalisesti AutoCAD:llä ei saa helposti tehtyä yhtä näyttäviä kuvia, kuin arkkitehtiohjelmilla. Arkkitehti voi luoda todella näyttäviä mallikuvia joissa näkyy myös sähkösuunnittelijan siirtämät IFC-tietomallit. Kuvien 18 ja 19 esitetyn keittiön visualisoinneista saa kuitenkin molemmista hyvän kuvan siitä, mitä on suunniteltu.



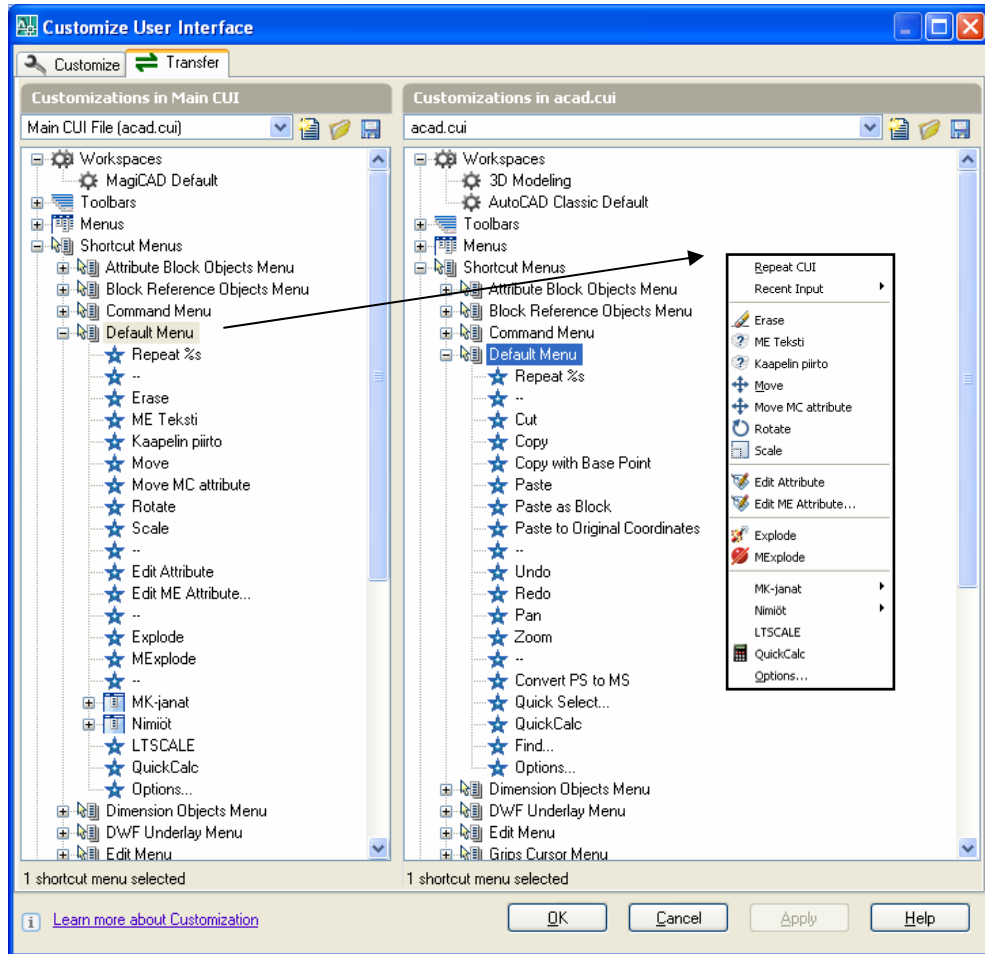
Kuva 18 Asiakkaalle ArchiCADillä tehty keittiön mallikuva, jossa sähköpisteet tuotu IFC -tiedostosta (nuolilla korostettu).



Kuva 19 Asiakkaalle AutoCAD:llä tehty, sähköpisteet sisältävä (nuolilla korostettu) keittiön mallikuva.

6.2.4 Käyttöliittymä ja käytön kehittäminen

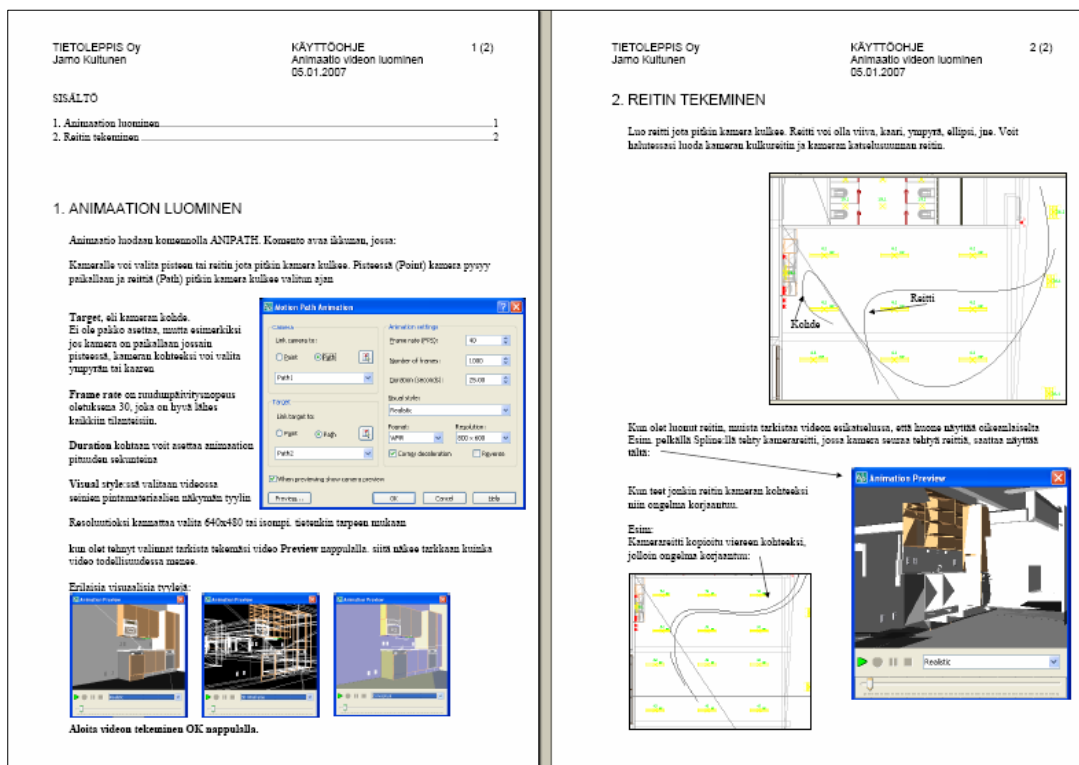
MagiCAD:n käyttöä lähdettiin kehittämään käyttöliittymän ja valikoiden hiomisella miellyttäväksi. Tarkoituksena oli muokata hiiren pikavalikot yleisimmin käytetyille toiminnoille nopeakäyttöiseksi. Yrityksessä on huomattu käyttöliittymän optimoimisen nopeuttavan suunnittelua ja useasti toistettavia toimintoja. Vaikka useimmille toiminnoille onkin pikanapit ohjelman reunoilla, täytyy hiirtä useasti liikuttaa näytön halki toiselle reunalle, kun taas hiiren pikavalikossa toiminto on aivan vieressä. Tämä parantaa lisäksi myös käytön ergonomiaa ranteen liikkuaessa vähemmän. AutoCAD:ssä valikoiden sisältöä ja sijaintia ohjelmassa määritellään profiilitiedostolla ja menutiedostolla. Profiilitiedosto sisältää valikoiden sijaintitiedon ja määrittelee mitkä menutiedostot otetaan profiililla käyttöön. Menutiedosto määrittelee valikoiden sisällön ja järjestyksen. Kuvassa 20 on esitetty esimerkki hiiren pikavalikosta. Ohjelmaan muokattiin käyttäjille sopivat profiilit sekä kasattiin yhteinen menutiedosto kaikille koneille. Menutiedostot saatiin muokattua helpokäyttöiseksi ja tulevaisuutta ajatellen muutosten tekemiseksi tehtiin myös pikapopas.



Kuva 20 Menutiedostojen (.cui) eroja ja näkymä hiirivalikosta

6.3 Ohjekirjat ohjelman käyttöä varten

Työmenetelmiä varten tehtiin ohjekirjasia, joissa opastettiin lyhyesti työmenetelmien käyttöön. Ohjekirjassa käydään läpi kohta kohdalta kuvien kanssa kuinka työ tehdään. Ohjekirjat on kohdistettu työntekijöille, jotka tarvitsevat harvoin kyseisiä toimintoja ja tarvitsevat helposti käytettäviä ohjeita muistin virkistämiseksi. Ohjekirjasia tehtiin Qmodelerin ja tulostuspohjien käyttöön, origon muuttamiseen, sekä lisäksi tehtiin visualisointia varten ohjekirjat animaation luomiseksi, kuvankaappauksen tekemiseksi, sekä sähkökeskusten naamakuvien visualisointiin. (kuva 19)



Kuva 21 Esimerkki ohjekirjajasen sisällöstä

7 LOPPUPÄÄTELMÄT

Tutkintotyössä tehtiin tietomallikirjastoja Insinööritoimisto Tietoleppiksen käyttämään MagiCAD-sähkösuunnitteluohjelmiston projektitiedostoihin. Ennen tietomallikirjaston kokoamista perehdyttiin ohjelman käyttöön ja selvitettiin mitä asioita ohjelman käytössä tulisi kehittää ja mitä tietomalleja projektitiedostoon tarvittiin. Käyttökokemus antoi hyvän kuvan kuinka ohjelman 3D ominaisuuksien ja visualisointien käyttöä tulisi kehittää ja mitä käytössä tarvitaan. Ohjelman käyttöön tehtiin pikaohjeita, joiden avulla toimintoja on helppo käyttää.

Tutkintotyön osaksi suunnitellun suunnitteluprojektin aikataulu siirtyi yli puolella vuodella, jolloin tutkintotyöhön ei harmillisesti saatu sisällytettyä tarkempaa suunnitteluesimerkkiä. Meneillään oleva suunnitteluprojekti on sen verran alkuvaiheessa, että siitä ei saa riittävästi materiaalia ja käyttökokemuksia esimerkin tekemiseen. Projekti antoi kuitenkin hyvää tietoa mitä tietomallisuunnittelussa kaivataan ja kehitystyö jatkuu tämän tutkintotyön tekemisen jälkeenkin.

Tietomallisuunnittelu tuo isoja etuja mukanaan. Suunnittelun tarkkuus kasvaa ja suunnittelijoiden työt lisääntyvät. Suunnitelmien tekeminen tietomallintamalla ei kuitenkaan lisää kohtuuttomasti työn vaativuutta, ennemminkin keskittyminen täytyy vain kohdentaa uusiin asioihin, jonka myötä myös työtavat muuttuvat erilaisiksi. Tietomallinnuksen on todettu tuovan myös huomattavia säästöjä. /27/ Suunnittelun ollessa tarkempaa, ei suuria kustannuksia aiheuttavia yllätyksiä juuri synny työmailla. Lisäksi isojen työmaiden dokumentoinneissa on säästetty, kun muutospäivityksiä ei tulosteta niin usein.

Tutkimuksen aikana huomattiin, että merkittävä ongelmakohta suunnittelussa on kuitenkin se, että osa tilaajista näkee asian liian lyhytkatseisesti, eivätkä halua panostaa tietomallinnukseen. Toinen ongelma on tarjonnan puute. Rakennuttajilta on tullut viestiä, että he haluaisivat ostaa tietomallinnusta, mutta he eivät saa sitä. On toisinaan syntynyt tilanteita, jossa on kysyntää, mutta ei tarjontaa ja tilanteita joissa on tarjontaa mutta ei kysyntää. /24/

Tulevaisuutta ajatellen sähkösuunnittelun tulisi yleisellä tasolla kehittää itseään, jotta se kykenisi vastaamaan kysyntään ja lisäksi myös kauppaamaan tuotemallinnusta asiakkaille, jotka epäilevät sen hyötyjä.

LÄHDELUETTELO

Painetut lähteet

- 1 Haikka Matti, Massalueteloiden tuottaminen CAD-ohjelmista, Espoo 2006.
- 2 ISO 10303-11:1994. Industrial automation systems and integration – Product data representation and exchange – Part 11: Implementation methods: Clear text encoding of the exchange structure. International Organization for Standardization ISO, Geneva.
- 3 ISO 10303-21:1994. Industrial automation systems and integration – Product data representation and exchange – Part 21: Description methods: The EXPRESS language reference manual. International Organization for Standardization ISO, Geneva.
- 4 Koivu Tapio, Kiinteistö- ja rakennusalan tuotemallien ja yhteensopivuuden tulevaisuus. Espoo 2002. VTT tiedote 2161.
- 5 Leino Raili, Yleiscadin aika on ohi, Tekniikka&Talous 17.11.2005.
- 6 Lindström Ralf, Määräluetteloiden tuottaminen CAD-piirustuksista, Sähköala 10/2006.
- 7 Rintala Petri, Tehdasalueen 3D mallinnus ja sen käyttömahdollisuudet, Tampere 2003.
- 8 ST-ohjeisto 2, Sähkötieto ry 2004
- 9 Progman Oy, Opiskelumateriaali MagiCAD Electrical 2006.11, 8.1.2007

Sähköiset lähteet

- 10 Ahola Jari, CADi Oy. Sähköpostikeskustelu 28.3.2007
- 11 Alatalo Kari, Tilaajana Senaatti-kiinteistöt vaatii jo suunnitelmatic-
dostoja IFC-muodossa. Miksi? , [viitattu 13.3.2007] Saatavissa:
http://www.rts.fi/Rakennusfoorumi_06092005_Alatalo.pdf
- 12 ArkSystems Oy , WWW-sivu, [viitattu 12.4.2007] Saatavissa:
<http://www.arksystems.fi/>
- 13 CADi Oy, WWW-sivu, [viitattu 12.4.2007] Saatavissa:
<http://www.cadi.fi/>
- 14 Graphisoft, WWW-sivu, [viitattu 12.4.2007] Saatavissa:
<http://www.graphisoft.com/products/ArchiCAD/ac10/>
- 15 IFC2x Edition 3, [viitattu 13.3.2007.] Saatavissa:
http://www.iai-international.org/Model/R2x3_final/index.htm
- 16 Karstila Kari ja Serén Kalle, Selvitys IFC-spesifikaation tilanteesta
[viitattu 13.3.2007] Saatavissa:
http://virtual.vtt.fi/proit/julkiset_tulokset/proit_ifc_spesifikaatiot_selvitys.pdf
- 17 Kiviniemi Arto, Infra-alan tuotetietomalliselvitys (Infra PDM). [vii-
tattu 13.3.2007] Saatavissa:
<http://www.asuntotieto.com/INFRA2010/Aineisto/11-10-06/Kiviniemi.pdf>
- 18 Kiviniemi Arto, Tuotemallien hyödyntäminen kannattavasti liiketoi-
minnassa. [viitattu 13.3.2007] Saatavissa:
http://www.rts.fi/20050906_RTS_Arto_Kiviniemi.pdf

- 19 Kymdata Oy, WWW-sivu, [viitattu 12.4.2007] Saatavissa:
<http://www.cads.fi/>
- 20 Laine Tuomas, Olof Granlund Oy, Tietomallintamisen ABC.
22.11.2006
- 21 Niemioja Seppo, PRO IT – Tuotemallitieto rakennusprosessissa.
[viitattu 27.3.2007] Saatavissa:
http://virtual.vtt.fi/proit/seminaari040119/proit_040119_niemioja.pdf
- 22 NSS oy:n tiedote, [viitattu 3.1.2007] Saatavissa:
<http://www.nsoy.fi/fi/tiedotteet/8> ,
- 23 Progman Oy, WWW-sivu, [viitattu 12.4.2007] Saatavissa:
<http://www.progman.fi>
- 24 Puranen Pekka, Progman Oy. Sähköpostikeskustelu 13.4.2007
- 25 SFS:n kotisivu, lyhenteitä ja selityksiä.
[viitattu 18.3.2007] Saatavissa:
http://www.sfs.fi/standardisointi/miten_syntyvat/mita_julkaisuja/
- 26 Senaattikiinteistöjen tiedote, [viitattu 5.1.2007] Saatavissa:
<http://www.senaatti.fi/document.asp?siteID=1&docID=516>
- 27 Solibri, Mallitietojen integrointi 29.12.2006, [viitattu 13.3.2007] Saatavissa:
http://www.dipoli.tkk.fi/rakentaminen/learn_work/mallien_integrointi_2.pdf
- 28 Solibri Inc, WWW-sivu, [viitattu 12.4.2007] Saatavissa:
<http://www.solibri.fi/>

- 29 Sulankivi Kristiina, Kokemuksia 4D:n ja tuotemallin hyödyntämisestä pilottihankkeissa, [viitattu 18.3.2007] Saatavissa:
http://virtual.vtt.fi/proit/julkiset_tulokset/proit_pilottiraportti.pdf
- 30 Tekla Oyj, WWW-sivu, [viitattu 12.4.2007] Saatavissa:
http://www.tekla.com/user_nf/default.asp?r=0&site=2
- 31 Valjus Juha, Tuotemallinnus rakennesuunnittelussa.
[viitattu 13.3.2007] Saatavissa:
<http://www.tkk.fi/Yksikot/Talo/opetus/rars/rars2005/luennot/2005TuotemallinnusYleensa.pdf>