

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU  
Sähkötekniikan koulutusohjelma

Matti Rantamaa

SÄHKÖSUUNNITTELU JA TIETOMALLINTAMINEN

Opinnäytetyö  
Huhtikuu 2015



**OPINNÄYTETYÖ**  
**Huhtikuu 2015**  
**Sähkötekniikan koulutusohjelma**

Karjalankatu  
80200 JOENSUU  
(013) 260 6800

**Tekijä**  
Matti Rantamaa

**Nimeke**  
Sähkösuunnittelu ja tietomallintaminen

**Toimeksiantaja**  
Sähköinsinööritoimisto Rajaplan Oy ja Rovaseudun Markkinakiinteistöt Oy

**Tiivistelmä**

Tämän opinnäytetyön aiheena oli tehdä sähkösuunnittelu Ounasrinteen monitoimitaloon tietomallintamalla. Tietomallintaminen tehtiin MagiCAD-ohjelmistolla Yleisten tietomallivaatimuksien 2012 mukaisesti. Ounasrinteen monitoimitalo sisältää peruskoulun opetustilat, kirjastotilat, liikunta- ja juhlasalin, jakelukeittiön, ruokalan, esikoulun, terveydenhoitotilat sekä neuvolan.

Työn tilaaja oli Rovaseudun Markkinakiinteistöt Oy. Opinnäytetyön tuloksena syntyi sähköurakalaskentaa varten loppupiirustukset, asiakirjat, 3D-tietomalli ja massaluettelot. Työ tehtiin sähköinsinööritoimisto Rajaplan Oy:lle.

Tässä opinnäytetyössä käsitellään tietomallintamista sekä MagiCAD-ohjelmistoa ja sen käyttöä. Lisäksi tässä opinnäytetyössä käsitellään edellä mainitun hankkeen sähkösuunnittelun edetessä vastaan tulleita aiheita ja asioita, kuten rakennuksen sähköliittymän mitoittamista, energiankulutuksen mittausta, rakennukseen tulevia eri sähköjärjestelmiä ja eri suunnittelualojen mallien yhteensovittamista.

**Kieli**  
suomi

**Sivuja** 47  
**Liitteet** 3

**Asiasanat**

3D, tietomalli, BIM, IFC, CAD-suunnittelu, sähkösuunnittelu, MagiCAD for Autocad, Dialux



**THESIS**  
**April 2015**  
**Degree Programme in Electrical Engineering**

Karjalankatu 3  
80200 JOENSUU  
FINLAND  
+358 (13) 260 6800

Author  
Matti Rantamaa

Title  
Electrical Engineering and Building Information Modelling

Commissioned by  
Rajaplan Oy and Rovaseudun Markkinakiinteistöt Oy

Abstract

The object of this thesis was to prepare an electricity plan for the Ounasrinne community center by using building information modelling. The building information model was prepared with MagiCAD software in accordance with the General building information model requirements 2012. The Ounasrinne community center includes primary school classrooms, library facilities, a sports and reception hall, a kitchen, a canteen, pre-school facilities, health care facilities and a maternity clinic.

The work was commissioned by Rovaseudun Markkinakiinteistöt Oy. As a result of the thesis, all the final design plans, related documents, the 3D building information model and the bill of materials were prepared for the contract cost estimation. The work was done for Rajaplan Oy.

This thesis focuses on building information modelling and MagiCAD software and how to use the software. In addition, this thesis focuses on the topics and themes that came across during the electrical planning process for the abovementioned project, such as designing the electrical connection of the building, metering of energy consumption, the various electrical systems that the building includes, and the combining of different design models.

Language

Finnish

Pages 47

Appendices 3

Pages of appendices 10

Keywords

3D, Building Information Model, BIM, IFC, CAD-design, Electrical Engineering, MagiCAD for AutoCAD, Dialux

## Sisältö

Käsitteet .....	5
1 Johdanto .....	7
2 Tietomallintaminen .....	7
2.1 Suhtautuminen tietomalleihin Suomessa .....	8
2.2 Tietomallien hyödyntäminen .....	9
2.3 Ohjelmistot ja niiden vaatimukset .....	10
3 MagiCAD .....	10
3.1 Suunnittelu oikeilla tuotteilla .....	11
3.2 3D-symboli .....	13
3.3 Kaapelipakettien käyttö .....	17
3.4 Massaluettelo .....	19
3.5 IFC-tiedoston luonti .....	21
4 Ounasrinteen monitoimitalo .....	23
5 Rakennuksen sähköverkon ja liittymän mitoittaminen .....	24
5.1 Rakennuksen huipputehon arviointi .....	24
5.2 Liittymän ja liittymiskaapelin mitoitus .....	26
5.3 Ryhmäkeskuksen syöttökaapelin määrittäminen .....	28
5.4 Oikosulkuvirrat .....	30
6 Kulutusmittausjärjestelmä .....	33
7 Sähköjärjestelmät .....	34
7.1 Asennusreitit .....	35
7.2 Sähkölämmitys .....	35
7.3 Puhelinjärjestelmät .....	35
7.4 Viestintäjärjestelmät .....	36
7.5 Merkinantojärjestelmät .....	36
7.6 Turvallisuusjärjestelmät .....	37
7.7 Tietoverkkojärjestelmät .....	37
7.8 Automaatiojärjestelmät .....	38
7.9 Valaistusjärjestelmä .....	38
8 Yhdistelmämalli ja yhteensovitus .....	39
9 Sähköpiirustusten numerointi .....	43
10 Projektipankki .....	44
11 Pohdinta .....	45
Lähteet .....	47

### Liitteet

Liite 1	Ounasrinteen monitoimitalon sähköjärjestelmien suunnittelutavoitteet
Liite 2	Senaatin ohje sähköpiirustusten numerointiin
Liite 3	Ounasrinteen monitoimitalon toimiston valaistuslaskenta

## Käsitteet

3D	Three dimensional eli kolmiulotteinen. Mahdollistaa paikan määrittämisen kolmen koordinaatin avulla. Yleisimmin käytetyssä karteesisessa koordinaatistossa akselit ovat suorassa kulmassa toisiinsa nähden (x=vaaka, y=pysty, z=syvyys/korkeus).
ARK	Lyhenne sanasta arkkitehti. Käytetään muun muassa kuvatessa piirustusta tai tietomallia, jonka arkkitehti on suunnitellut.
AutoCAD	AutoDeskin kehittämä ja julkaisema suunnitteluohjelmisto, joka on laajennettavissa erilaisilla sovellusala-kohtaisilla laajennuksilla.
BIM	Building Information Model eli rakennuksen tietomalli on kokonaisuus rakennuksen ja rakennusprosessin koko elinkaaren aikaisista tiedoista digitaalisessa muodossa.
CAD	Computer-aided Design eli tietokoneavusteinen suunnittelu.
Dialux	Valaistuslaskentaohjelma, jolla voidaan tarkastella suunniteltavan tilan valaistusvoimakkuuksia ja valonjakokäyriä eri valaisinvalmistajien tuotteilla.
IFC	Industry Foundation Classes on kansainvälinen ISO/PAS 16739 -standardi tiedon siirtoon tietokonejärjestelmästä toiseen. IFC-kirjainyhdistelmällä tarkoitetaan myös avointa tiedonsiirtomuotoa, ifc-tiedostoa, jolla malleja voidaan siirtää ohjelmistoista toiseen.

LVIS	Lyhenne sanoista lämpö, vesi, ilmanvaihto ja sähkö.
MagiCAD	Program Oyn kehittämä BIM-ohjelmisto sähkö- ja LVI-suunnitteluun, jossa 3D on perusominaisuus. MagiCAD toimii AutoCAD- ja Revit-ohjelmistojen kanssa.
RAK	Lyhenne sanasta rakennesuunnittelija. Käytetään muun muassa kuvatessa piirustusta tai tietomallia, jonka rakennesuunnittelija on suunnitellut.
TATE	Talotekniikka, joka on yhteisnimitys kiinteistön teknisille palveluille, järjestelmille ja laitteille. Keskeisen osan muodostaa LVIS-tekniikka.

## 1 Johdanto

Tietomallintaminen yleistyy väistämättä TATE-suunnittelussa ja tulevaisuudessa korvaa perinteisen CAD-suunnittelun. Norjassa tietomalleja hyödynnetään jo yläpitopuolella ja Englannissa on päätetty, että kaikki julkiset hankkeet mallinetaan vuodesta 2016 lähtien.

Päättötyönäni oli tehdä sähkösuunnittelu Rovaniemelle Ounasrinteen kaupunginosaan rakennettavaan monitoimitaloon. Sähkösuunnittelu tehtiin tietomallintamalla MagiCAD for AutoCAD -ohjelmalla Yleisten tietomallivaatimuksien 2012 mukaisesti. Uudisrakennus sijoittuu tontille, josta nykyinen koulurakennus puretaan. Monitoimitalo sisältää peruskoulun opetustilat, esikoulun, kirjastotilan, liikunta- ja juhlasalin, ruokailutilat, jakelukeittiön, terveydenhoitotilat sekä neuvolan. Rakennuksen bruttopinta-ala on noin 9000 brm<sup>2</sup> ja sen on määrä valmistua marraskuussa 2016. Ounasrinteen monitoimitalon tietomallien käytössä oleellisena osana on laadunvarmistus, jonka tavoitteena on parantaa suunnitelmien laatua sekä eri osapuolten välistä tiedonsiirtoa ja sitä kautta koko suunnittelu-prosessi tehostuu.

Tässä opinnäytetyössä käsitellään tietomallintamista ja Program Oy:n kehittämän MagiCAD-ohjelmiston käyttöä. Lisäksi työssä käydään läpi sähkösuunnittelussa vastaan tulleita asioita, kuten rakennuksen sähkötehon mitoittamista ja rakennukseen tulevia sähköenergian jakelu- ja käyttöjärjestelmiä. Opinnäytetyössä perehdytään myös eri suunnittelualojen osamallien yhteensovitukseen ja massaluetteloiden tuottamiseen suunnittelusta.

## 2 Tietomallintaminen

Rakennuksen tietomalli ei sisällä ainoastaan 2D-piirustussymboleita. Esimerkiksi valaisimen tietomalli sisältää yksityiskohtaisempaa tietoa kuten valmistajan, tuotekoodin, IP-luokan, käyttöjännitteen, tehotiedot, kytkentätavan, fyysisen

koon, todellisen valaisimen kuvan ja sijainnin rakennuksessa. Tietomallintaminen eroaa perinteisestä CAD-suunnittelusta myös siten, että eri järjestelmistä tehtyjä suunnitelmia ei ole hajautettu eri piirustuksiin vaan kaikki on mallissa. Mallista voidaan tulostaa tarvittavat dokumentit. Esimerkiksi yleiskaapelointijärjestelmän piirustus voidaan tulostaa mallista piilottamalla muut järjestelmät pois tasohallinnan avulla, mikä helpottaa ja nopeuttaa piirustuksen tulkintaa. (COBIM-hankkeen osapuolet 2012.)

Tietomallintaminen varmistaa, että tuotetut dokumentit eivät ole ristiriidassa keskenään, koska kaikki järjestelmät ovat samassa mallissa. Poikkeuksen tähän tekevät turvallisuusjärjestelmät, jotka jätetään yleensä mallintamatta. Mikäli turvallisuusjärjestelmät päätetään mallintaa, mallinetaan ne omaan malliin. (COBIM-hankkeen osapuolet 2012.)

Eri suunnittelualojen mallit yhdistetään yhdistelmämalliksi, josta voidaan varmistaa niiden yhteensopivuus. Yhteensopivuuden varmistaminen tehdään visuaalisesti ja törmäystarkastelulla. Törmäystarkastelu rekisteröi mahdolliset konfliktikohdat, kuten ilmastointikanavien törmäykset sähkökaapelihyllyihin tai puuttuvat läpiviennit RAK-mallissa. Koska tietomalleja voidaan tuottaa eri suunnitteluohjelmilla, on talonrakentamiseen kehitetty IFC-formaatti, joka mahdollistaa eri ohjelmien välisen tiedonsiirron. (COBIM-hankkeen osapuolet 2012.)

## **2.1 Suhtautuminen tietomalleihin Suomessa**

BuildingSMART Finlandin talotekniikan toimialaryhmä teki tietomallinnusta koskevan kyselyn syyskuussa 2014. Kyselyyn vastasi vajaat 200 talotekniikkalalla toimivaa henkilöä, joista 75 % oli suunnittelijoita ja 25 % urakoitsijoita ja tilaajia. (Tietomallinnus vaatii onnistuakseen aiempaa parempaa yhteistyötä 2015.)

Vastaajat suhtautuivat hyvin myönteisesti tietomallintamiseen. Vastaajista 70 % koki tietomallinnuksen tuovan hyötyjä aina tai melko usein ja 16 % arvioi tieto-



mallintamisen hankaloittavan työtään aina tai melko usein. (Tietomallinnus vaatii onnistuakseen aiempaa parempaa yhteistyötä 2015.)

Suunnittelijoista 77 % katsoi, että tietomallintamisen edistämiseksi tulisi ensisijaisesti kehittää toimintatapoja, kun taas 23 % piti suunnitteluohjelmistojen kehittämistä tärkeämpänä. Kuitenkin 73 % suunnittelijoista totesi ohjelmistojen toimivan yleensä riittävän hyvin ja 15 % aina. (Tietomallinnus vaatii onnistuakseen aiempaa parempaa yhteistyötä 2015.)

Kyselyssä kysyttiin myös kuinka usein suunnittelutarjouspyynnöissä pyydetään kohdetta tietomallinnettuna. Yksi prosentti vastaajista vastasi aina, 55 % melko usein, 20 % harvoin, 7 % ei koskaan ja 17 % ei osannut sanoa. (Tietomallinnus vaatii onnistuakseen aiempaa parempaa yhteistyötä 2015.)

## **2.2 Tietomallien hyödyntäminen**

Tietomallilla voidaan havainnollistaa eri 3D-katseluohjelmilla tilaajalle eri ratkaisuja ja vertailemalla niiden toimivuutta, laajuutta ja kustannuksia. Tietomallilla tilaaja saa konkreettisemmän käsityksen eri ratkaisuista ja näin päätöksen teko helpottuu. (COBIM-hankkeen osapuolet 2012.)

Tietomallintaminen mahdollistaa laadunvarmistuksen, suunnitteluprosessin tehostamisen ja tiedonsiirron paranemisen eri suunnittelualojen välillä. Suunnittelussa ja rakentamisessa tietomallilla voidaan analysoida suunnitelmien rakennettavuutta. Tietomallille voidaan myös tehdä törmäystarkastelu. Törmäystarkastelun avulla huomataan muun muassa risteävätkö ilmastointikanavat ja kaapelihyllyt sekä ovatko tilavaraukset tekniikalle tarpeeksi suuret. Näin ongelmat voidaan korjata jo suunnitteluvaiheessa. (COBIM-hankkeen osapuolet 2012.)

Urakoitsijat voivat hyödyntää tietomallia usealla eri tavalla. Tietomallilla voidaan havainnollistaa ja ohjata työntekijää, perehdyttää kohteeseen ja rakenteisiin sekä suunnitella ja yhteensovittaa työjärjestys. Tietomallista voidaan tehdä määrälaskenta, joka nopeuttaa ja antaa tarkemman tuloksen, mikäli mallinnus on tehty

oikein ja virheettömästi. Rakentamisen tuottavuus paranee, kun määrälaskennalla tehty valmiisiin raporttipohjiin perustuvat massaluettelot poistavat paljon päällekkäistä työtä. Lisäksi massaluetteloita voidaan myös käyttää alihankintatarjouspyyntöjen aineistona. (COBIM-hankkeen osapuolet 2012.)

Ylläpidossa 3D-katseluohjelmalla voidaan paikallistaa ylläpidon kohteita, esimerkiksi tiloja ja laitteita. Tietomallista voidaan myös tulostaa näkymiä piilossa olevista huolto- ja korjausrakennuskohteista. (COBIM-hankkeen osapuolet 2012.)

### **2.3 Ohjelmistot ja niiden vaatimukset**

Ohjelmistoja tietomallien luontiin ja katseluun on markkinoilla useita. Arkkitehtisuunnitteluun on käytössä AutoCAD-, Revit- ja ArchiCAD-ohjelmisto. Rakennesuunnitteluun on käytössä Tekla- ja Allplan-ohjelmisto. Talotekniikkaan on käytössä MagiCAD- ja CADS-ohjelmisto. Ylläpidon tarpeisiin soveltuu muun muassa ohjelmistot Autodesk Navisworks, Tekla BIMsight ja Solibri ModelChecker.

Julkisissa hankkeissa täytyy käyttää vähintään IFC 2x3 -sertifioituja mallinnusohjelmia. Hankekohtaisesti tässä voi olla erityisvaatimuksia, esimerkiksi IFC version tai muiden erityisominaisuuksien suhteen. (COBIM-hankkeen osapuolet 2012.)

## **3 MagiCAD**

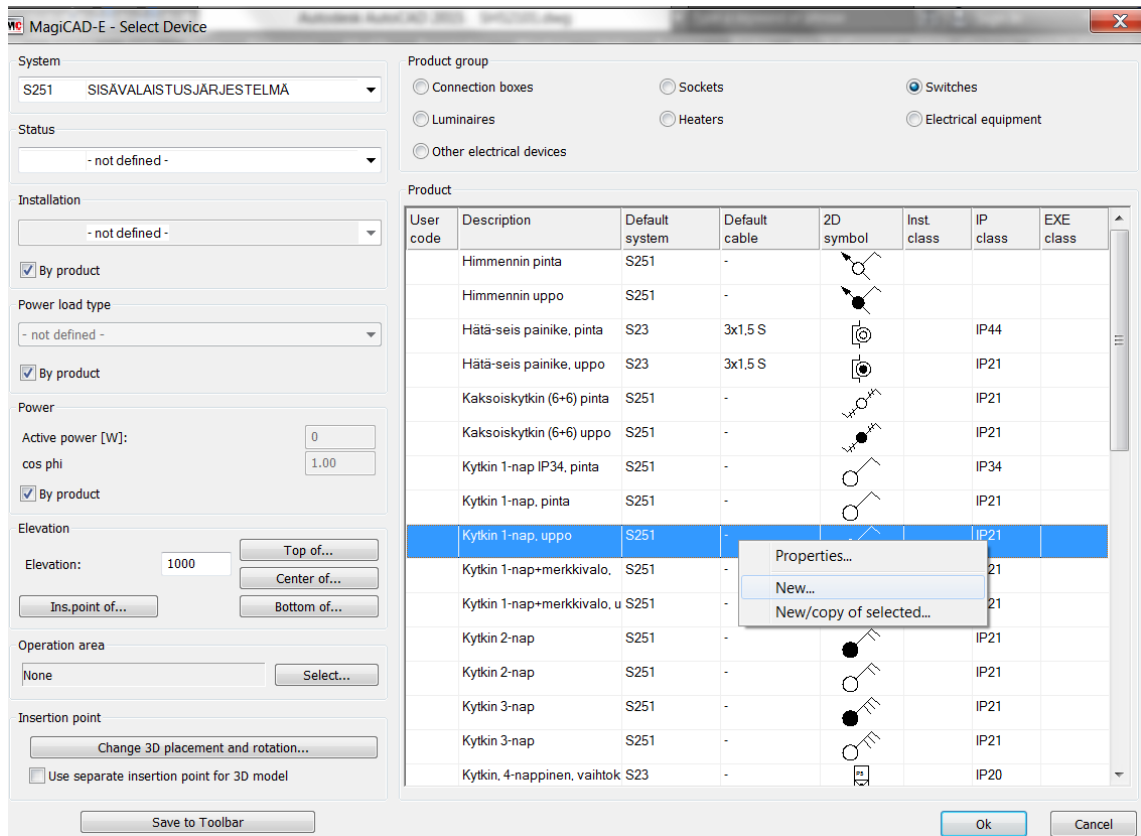
MagiCAD on Program Oy:n kehittämä talotekniikan suunnitteluohjelmisto AutoCAD- ja Revit-teknologioille ja se on markkinajohtaja talotekniikka-alan tietomallinnuksessa Suomessa ja Pohjoismaissa. MagiCAD-suunnitteluohjelmisto sisältää satojatuhansia tuotemalleja sähkösuunnitteluun, mikä mahdollistaa suunnittelun oikeilla tuotteilla, mitoilla ja teknisillä tiedoilla. (MagiCAD 2015.)

MagiCAD ohjelmistolla voidaan tehdä tarkat massaluettelot, jotka voidaan kopioida suoraan Microsoft Excel-ohjelmistoon. Massaluetteloista nähdään tarkat määrät käytetyistä valaisimista, laitteista, johtokanavista ja kaapelihyllyistä. Lisäksi MagiCADilla voidaan laskea käytettyjen kaapeleiden tarkat mitat kaapelipakettien ansiosta. MagiCAD soveltuu julkisten hankkeiden tietomallintamiseen, koska sille myönnettiin IFC 2x3 -sertifikaatti 12.3.2007. (MagiCAD 2015.)

### **3.1 Suunnittelu oikeilla tuotteilla**

Käytännössä 3D-suunnittelu eroaa 2D-suunnittelusta siten, että symboleille määritetään sijainti z-koordinaatistossa eli korkeustieto. Korkeustiedon määrittämisen lisäksi täytyy myös 3D-symbolille määrittää sijainti, varsinkin silloin kun halutaan kuvata monta tuotetietomallia päällekkäin. 3D-grafiikka ei pelkästään tee suunnitelmasta tietomallia. Tietomallintamisessa symbolit eivät ole pelkkiä symboleita vaan tuotteita, koska ne sisältävät paljon enemmän tietoa kuin perinteinen symboli.

MagiCAD sisältää vakiona useita eri tuotteita, mutta varsinkin ensimmäistä projektia tehtäessä joutuu väistämättä tuotteita muokkaamaan tai lisäämään. Tuotteiden muokkaus ja lisäys kuitenkin onnistuu helposti. MagiCADin tuotetietokannasta löytyy satoja tuhansia oikeita tuotteita 3D-mallinnettuna. Jos tuotteesta ei löydy vastaavan näköistä tai kokoista 3D-mallia tietokannasta, voidaan 3D-malli esittää laatikkona tai sylinterinä oikeiden mittojen mukaan. Tuotetta voidaan muokata tuotteen asetuksista, vakiona olevia tuotteita voidaan kopioida uusien tuotteiden pohjaksi tai voidaan tehdä kokonaan uusi tuote ilman pohjatietoja (kuvio 1).



Kuvio 1. MagiCADin tuotetietoikkuna.

Tuotteelle voidaan määrittää muun muassa fyysinen koko, IP-luokka, 3D-malli ja sähkötekniisiä ominaisuuksia, kuten käyttöjännitteen ja ottotehon (kuvio 2). Määritetyt ominaisuudet ovat nähtävillä massaluettelossa ja IFC-mallissa. Valmistajan ja tuotteen koodi jää usein tyhjäksi, koska sähkösuunnittelija ei myy tuotteita. Poikkeuksen tekevät valaisimet, jotka sähkösuunnittelija usein määrittää.

**General**

ID: 22

User code:

Description: Pistor. 2-os maad. pinta

Manufacturer:

Product code:

Running index amount: 1

**Dimensions**

Length [mm]: 98

Width [mm]: 43

Height [mm]: 63

**Power supply**

1~  2~  3~

Voltage [V]: 230

Active power [W]: 0

cos phi: 1.00

**Earthing**

N

PE

PEN

**Tele / data connections**

Has data connection

**Defaults**

System: S241 PISTORASIAT (sähköiintäjäryjes)

Cable: - not defined -

Data system: -

Data cable: - not defined -

Operation area: None

**Drawing Properties**

Layer code {PV}: 71

Default elevation [mm]: 200

Adjust cable to the edge of the symbol

Use general 2D scale factor of the dwg

Allow mirroring upside down (3D model will also be mirrored)

Automatic text

Text Settings...

**2D Symbol**

MAGI120FIN\_01SOS102

Select...

**3D Symbol**

magie\_earthed\_socket\_horiz\_001

None

Product with geometry model

Autocad block

Box

Cylinder

Select product with geometry model...

**3D Direction and placement**

Placement:

Wall  Ceiling  Floor

Default rotation on installation plane [deg]:

90  0  180  270

Default elevation offset: 0

**Classes**

Power load type: - not defined -

Installation code: - not defined -

IP class: IP21 Tippuvisisuojattu 0'

EXE class: - not defined -

Object ID format: - Manual value -

**Product Variables**

Variable	Value
National code:	
Hyperlink:	
P1:	
P2:	
P3:	
P4:	
P5:	
P6:	

**Product Note**

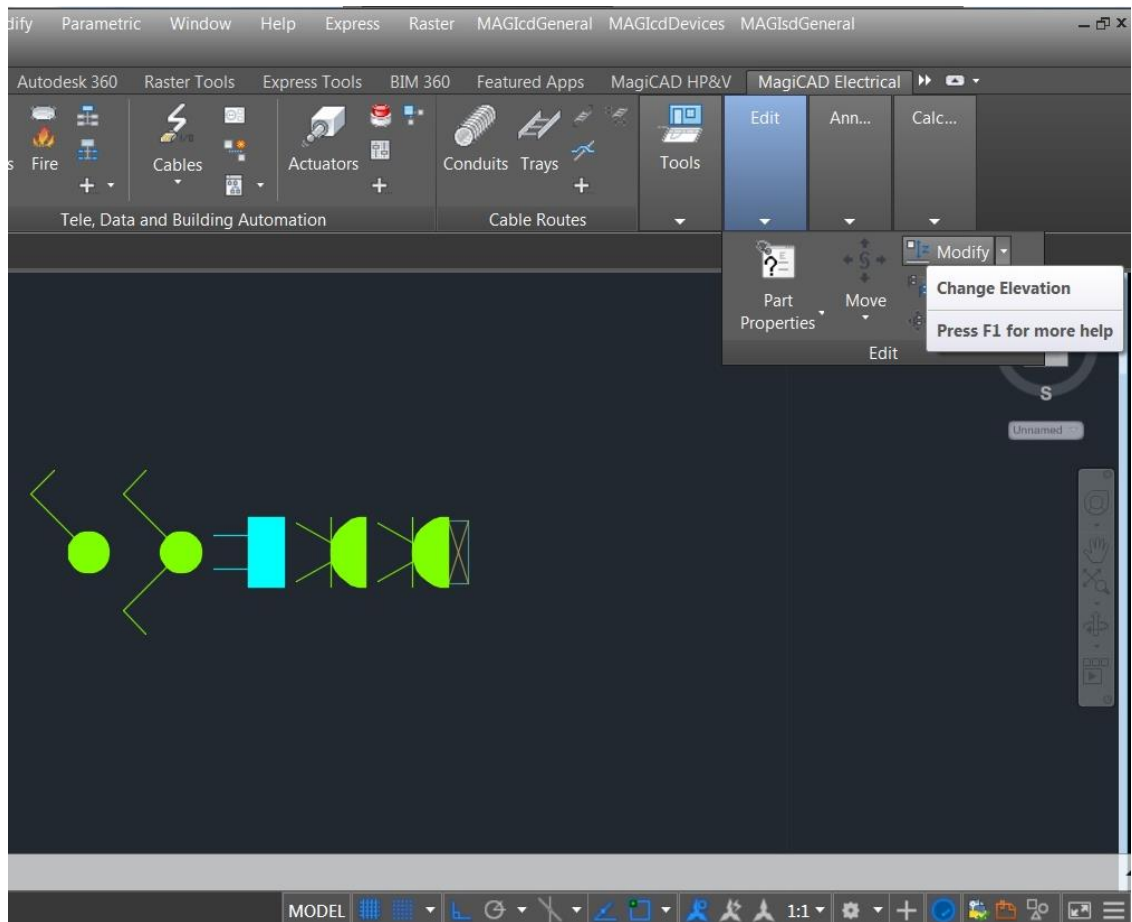
Vaakasuora asennus

Ok Cancel

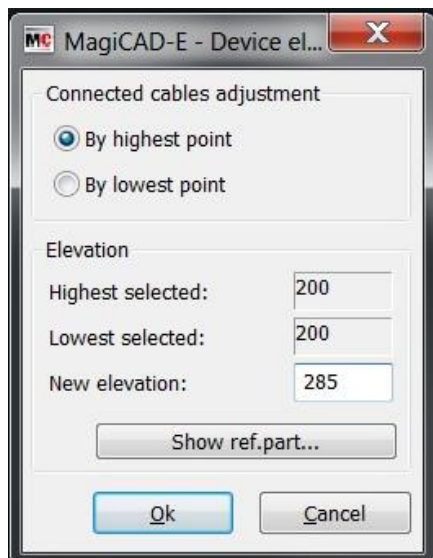
Kuvio 2. Tuotteen määrittys.

## 3.2 3D-symboli

MagiCADilla tuotteen korkeustieto voidaan määrittää jo tuotetta tehdessä (default elevation) tai valittaessa (elevation). Se voidaan myös määrittää jällempäin joko Modify-työkalulla (kuvio 3, kuvio 4) tai Move-komennolla.

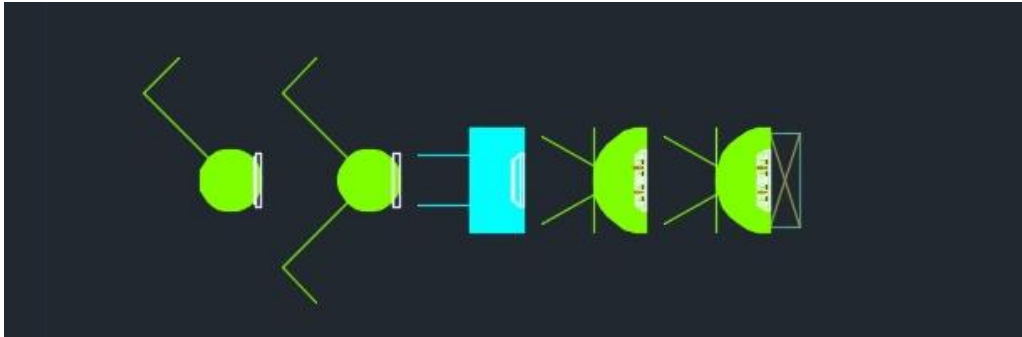


Kuvio 3. Korkeustiedon määrittäminen Modify-työkalulla.



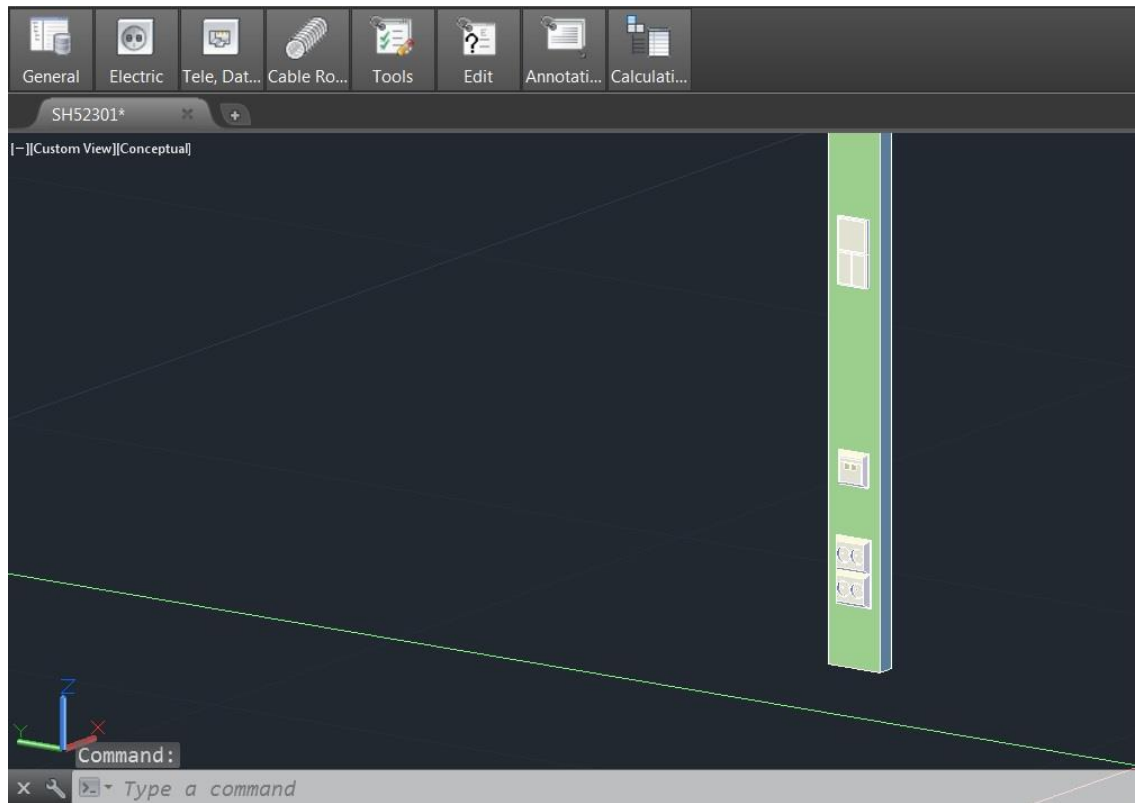
Kuvio 4. Modify-työkalu.

3D-symboli on vakiona sidottu 2D-symbolin kiinnityspisteeseen. 3D-symboleita voidaan liikuttaa Move-työkalulla, joka löytyy MagiCADista Edit-kohdasta. Move-työkalu mahdollistaa pelkän 2D-symbolin liikuttamisen, pelkän 3D-symbolin liikuttamisen ja molempien liikuttamisen yhtä aikaa. Kuviossa 5 näkyy kuinka 3D-symbolit ovat 2D-symbolin kiinnityspisteessä.

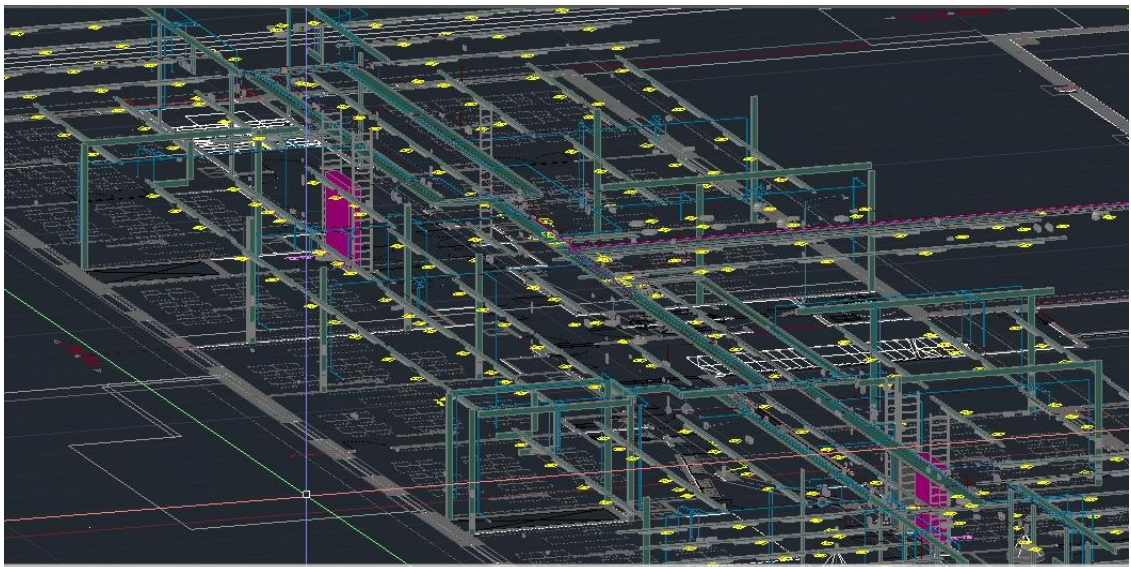


Kuvio 5. 3D- ja 2D-symbolit.

3D-symbolien siirron jälkeen voidaan symbolien sijainti tarkistaa vaihtamalla 3D-näkymään (kuvio 6). MagiCADissa tämä käy helpoiten liikuttamalla hiirtä haluttuun suuntaan yhtä aikaa näppäimistön Shift-painiketta ja hiiren rullaa painamalla. Lisäksi näkymän vasemmasta yläkulmasta voidaan vaihtaa 2D-wireframen tilalle joko Conceptual- tai Realistic-näkymä, jolloin tuotteista saadaan realistisempi kuva.



Kuvio 6. MagiCADin 3D-näkymä. Tuotteet ovat päällekkäin asennuskourussa.

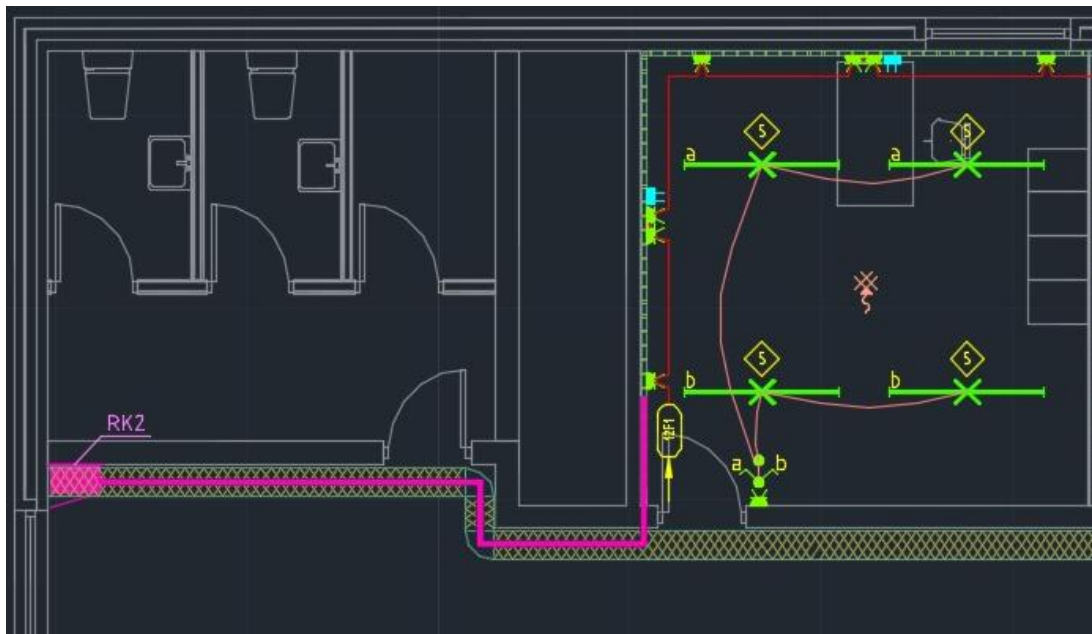


Kuvio 7. MagiCADin 3D-näkymä. 3D-näkymässä voidaan silmämääräisesti tarkastella 3D-symboleiden sijainnit ja eri järjestelmien yhteensopivuus.

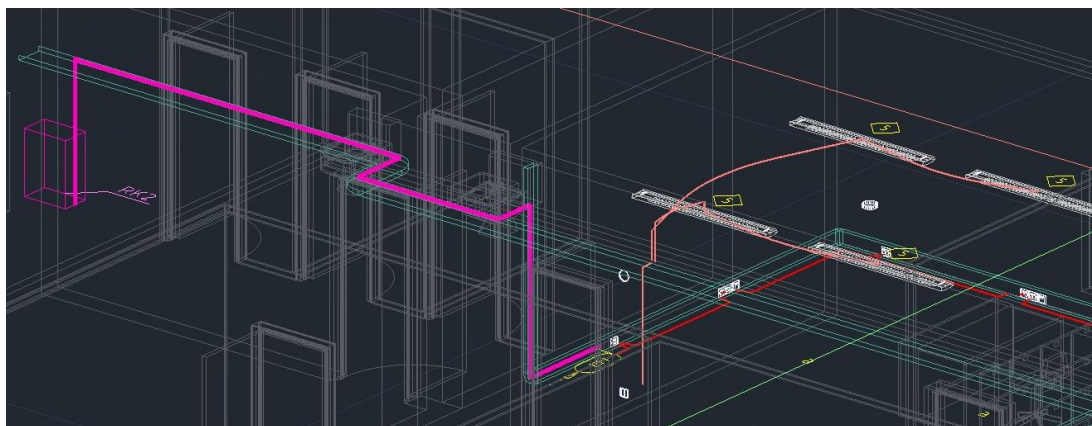


### 3.3 Kaapelipakettien käyttö

MagiCADissa on kaapelipakettiominaisuus, jonka avulla saadaan massaluettelointua tarkasti kaapeleiden pituudet. Kaapelipaketti piirretään ryhmää syöttävältä keskukselta ryhmänumeron viereen (kuvio 8). Kaapelipakettia piirrettäessä on tärkeää muistaa ottaa huomioon korkeudet. Mitä tarkemmin kaapelipaketin piirittää todellista kaapelireittiä pitkin, sitä tarkemmat kaapelipituudet saadaan massaluetteloon (kuvio 9).



Kuvio 8. Kaapelipaketti piirretään ryhmää syöttävältä keskukselta ryhmänumeron lähelle.



Kuvio 9. MagiCADin 3D-näkymä. Kaapelipaketin reitti voidaan tarkistaa 3D-näkymässä.

Ryhmä yhdistetään kaapelipakettiin ryhmäsymbolia tehdessä. Yhdistämisen yhteydessä MagiCAD kysyy suuntaa. Suunta täytyy näyttää ryhmän symbolilta keskukselle päin, jolloin MagiCAD pystyy laskemaan kaapelipituuden ja oikosulkuvirran oikein. Tuplaklikkaamalla ryhmäsymbolin ja ensimmäisen syötettävän laitteen välistä kaapelia saadaan avattua asetukset-ikkuna. Asetukset-ikkunasta voidaan tarkistaa kaapelin tyyppi, pituus, ryhmänumero ja syöttävä keskus. Kuvio 10 nähdään, että esimerkin kaapelin pituus on 12 metriä. MagiCAD laski ryhmätunnuksen ja ensimmäisen laitteen välisen kaapelin pituudeksi 340 millimetriä ja kaapelipaketin pituudeksi 11724 millimetriä siitä kohdasta mihin ryhmätunnus yhdistettiin. Kaapelipaketit ovat vain aputyökalu ja ne piilotetaan tulostettavista dokumenteista.

Property	Value
Part type:	Cables
System type:	Electric
System:	PISTORASIAT (sähköliitännäjärjestelmät)
User code:	3x2,5 S
Product description:	MMJ 3x2,5 S
Manufacturer:	
Product code:	MMJ 3x2,5 S
Start point:	22265, 23220, 825
Endpoint:	22410, 22990, 825
Length:	340 + 11724 = 12064mm
Linetype:	ByProject
Connected to:	RK2
Circuit:	12F1
Switchboard:	RK2

Buttons: Product..., Installation..., Corners..., Change RL...

Object ID:   Override

Cable number:  Next free

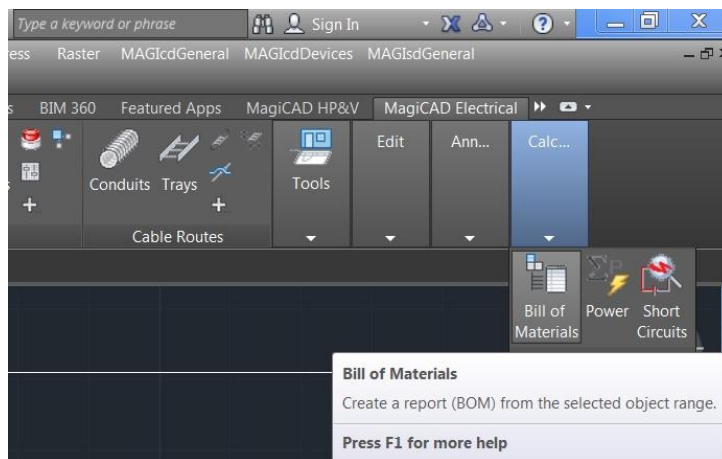
Object Variables: O1:  O2:

Buttons: Ok, Cancel

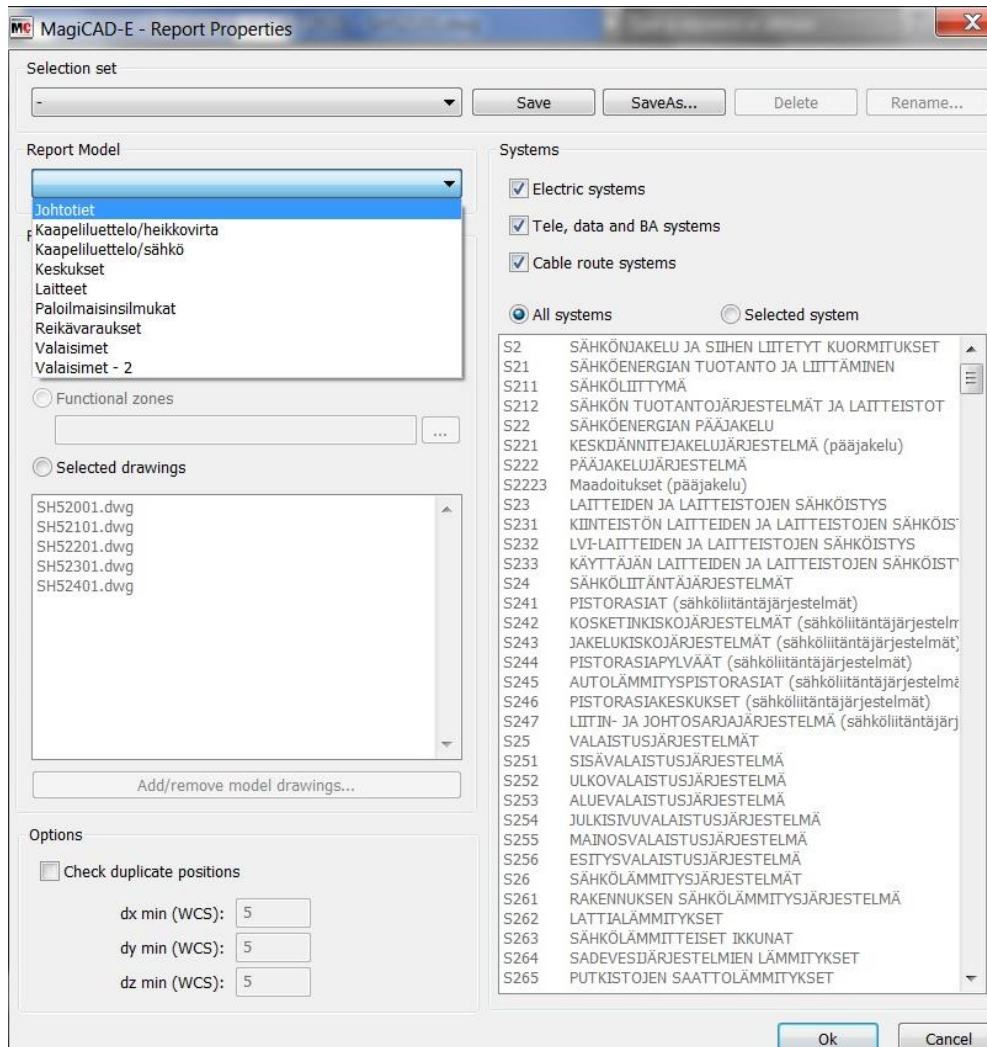
Kuvio 10. Kaapelin asetukset -ikkuna.

### 3.4 Massaluettelo

MagiCADistä löytyy laskentatyökalut joilla voidaan laskea oikosulkuvirrat, keskuksien huipputehot ja massaluettelo urakkalaskentaa varten. Työkalut löytyvät Calculations-välilehden alta (kuvio 11). Massaluettelo tehdään Bill of Materials-työkalulla, jolla määritetään laskettavat järjestelmät ja laskenta-alue. Report model kohdasta valitaan mitä lasketaan, esimerkiksi kaikki laitteet. Selected drawing kohdasta valitaan mistä lasketaan, esimerkiksi voidaan valita kaikki projektissa olevat tiedostot tai vaikka vain ensimmäisen kerroksen laitteet (kuvio 12).



Kuvio 11. Laskentatyökalut löytyvät Calculations-välilehden alta.



Kuvio 12. Massaluettelon teko.

Kun on valittu mitä ja mistä lasketaan, painetaan OK-painiketta. MagiCAD avaa ikkunan, josta löytyvät kaikki piirustuksesta löytyvät laitteet ja niiden lukumäärät (kuvio 13). MagiCADin massaluettelo voidaan kopioida suoraan Excel-ohjelmistoon, jossa sitä voidaan muokata haluamallaan tavalla ja liittää suoraan dokumentteihin urakkalaskentaa varten.

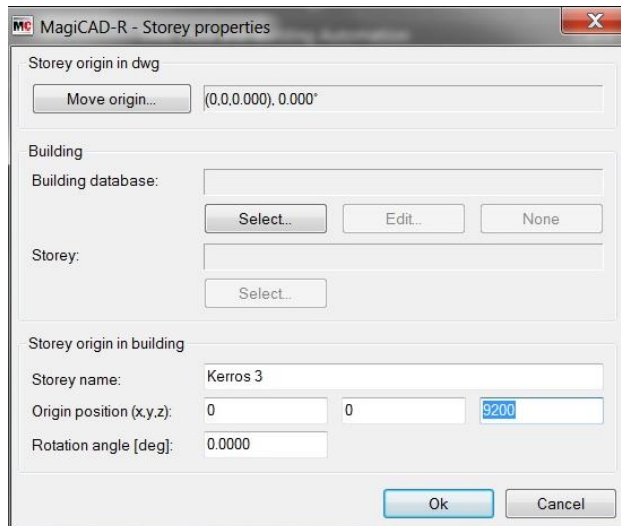
	Yhjä	Selitys	Tuotekoodi
3	Sockets/E	Pistor. 1-os maad. uppo	
278	Sockets/E	Pistor. 2-os maad. uppo	
6	Sockets/E	Pistor. 2-os maad. IP34 pinta	
23	Sockets/E	Pistorasia 416-6 GARO URBSS	URBSS 416-6 16/0,03A
18	Sockets/E	Vaihtorasia pinta+2m kumik.+2-os.PR IP34	
23	Sockets/E	Pistor. 1-os maad. pinta	
15	Sockets/E	Pistor. 2-os maad. pinta	
7	Switches/E	Kytin 1-nap. uppo	
15	Switches/E	Sarjakytkin (5), uppo	
7	Switches/E	Kytin 1-nap+merkkivalo, uppo	
3	Switches/E	Turvakytkin 3~ 400V	
30	Switches/E	Painike, uppo	
6	Switches/E	Läsnäoloanturi, seinä, pinta, kosket.10A	Horisontaali ja vertikaalisuunnattavu
4	Switches/E	Turvakytkin 3-nap	
2	Switches/E	Sarjakytkin (5) IP34, pinta	
4	Switches/E	Kytin 1-nap IP34, pinta	
8	Switches/E	Hätä-seis painike, uppo	
6	Switches/E	Kytin, 4-nappinen, vaihtokosketin	snro 7005524
3	Switches/E	Kytin 1-nap, pinta	
2	Switches/E	Hätä-seis painike, pinta	
5	Switches/E	Pakkopysäytys painike, uppo	
4	Boxes/E	Jakorasia, uppo, katto	
11	Boxes/E	Jakorasia, pinta, seinä	

Kuvio 13. Massaluettelo voidaan kopioida esimerkiksi Excel-ohjelmistoon.

### 3.5 IFC-tiedoston luonti

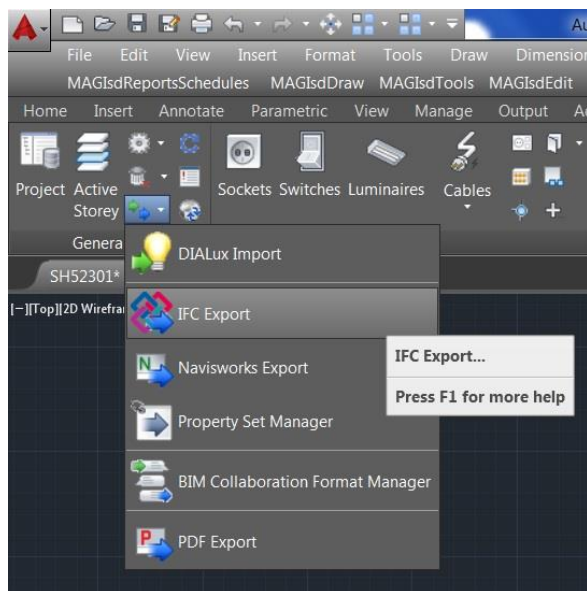
Tietomallintamiseen on käytössä useita eri suunnitteluohjelmistoja ja niiden välinen tiedonsiirto on useimmiten lähes mahdotonta. Tämän takia on kehitetty IFC-formaatti. (BuildingSMART Finland. 2015.)

Jos tietomallinnettavassa rakennuksessa on useita kerroksia, täytyy kerroksien korkeudet asettaa ennen IFC-tiedoston luontia, etteivät osamallissa kerrokset ole päällekkäin. MagiCADilla tämä tapahtuu Storey properties -ikkunasta (kuvio 14). Storey properties löytyy MagiCADin General-välilehdestä. Suunnittelijoiden on hyvä sopia mahdollisimman pian projektin aloittamisesta jonkin kerroksen lattiataso yhteiseksi z-nollatasoksi tai vastaavasti sopia käytettäväksi valtakunnan koordinaatiston korkeusjärjestelmää eli korkeutta merenpinnasta. Näin eri suunnittelualojen osamallit ovat heti vertailukelpoisia ja ne saadaan hyötykäyttöön.

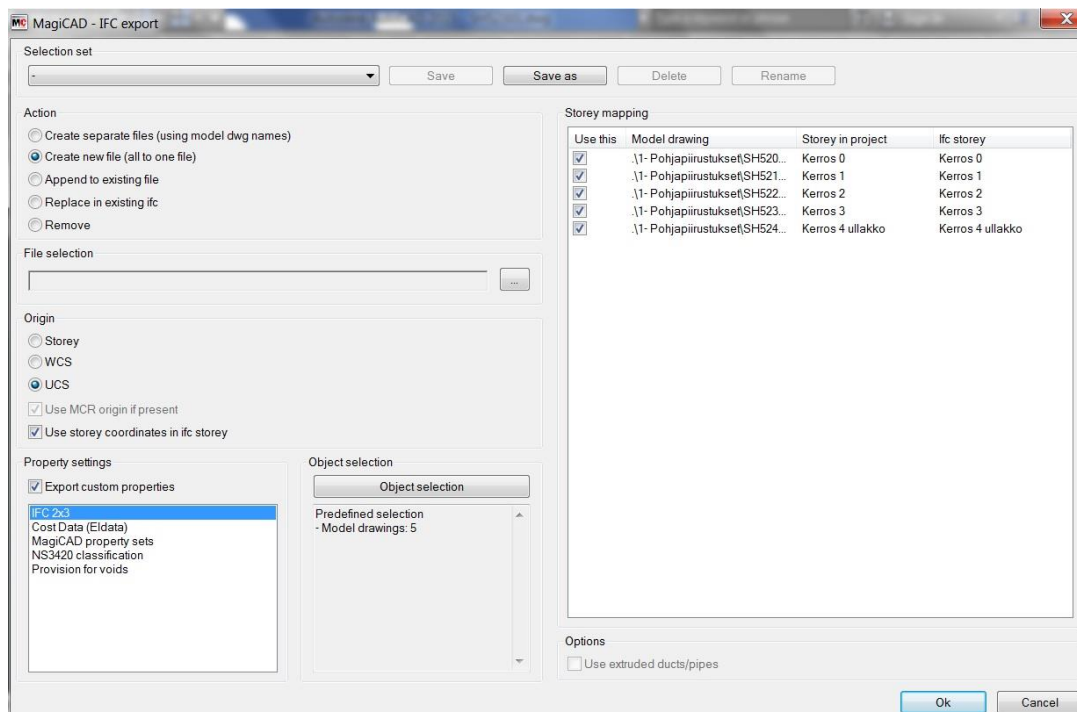


Kuvio 14. Storey properties.

Dwg-tiedostoista voidaan tuottaa IFC-tiedosto, kun kerroskorkeudet on aseteltu. MagiCADilla se onnistuu IFC Export -työkalulla, joka löytyy General-välilehdestä (kuvio 15). IFC Export -ikkunassa (kuvio 16) täytyy valita halutut dwg-tiedostot, joista IFC-tiedosto tuotetaan. Lisäksi täytyy valita haluttu origin ja käytettävä asetus, joka tässä tapauksessa on IFC 2x3. OK-painiketta painettaessa MagiCAD tuottaa dwg-tiedostoista IFC-tiedoston. IFC-tiedoston luonnin jälkeen MagiCAD avaa automaattisesti ikkunan, josta voidaan tarkastaa tapahtuiko tiedoston luonnista virheitä.



Kuvio 15. IFC Export löytyy General-välilehdestä.



Kuvio 16. IFC Export -ikkuna.

Lopuksi eri suunnittelualojen IFC-tiedostoista eli osamalleista tehdään yhdistelmämalli. Yhdistelmämalli voidaan koota esimerkiksi Tekla BIMsight -ohjelmalla.

## 4 Ounasrinteen monitoimitalo

Rovaniemen Ounasrinteen kaupunginosaan rakennetaan uusi monitoimitalo. Uudisrakennus sijoittuu tontille, josta nykyinen rakennus puretaan.

Rakennus liitetään Rovaniemen Verkko Oy:n 10 kV:n verkkoon. Kuluttajamuuntamo on jakeluverkon muuntamon kanssa yhteismuuntamossa, joka sijaitsee kohteen tontin viereisessä puistossa. (Rajaplan Oy 2014.)

Sähkösuunnittelu tehtiin tietomallintamalla MagiCAD for AutoCAD -ohjelmalla ja sen tuli täyttää Yleiset tietomallivaatimukset 2012 -ohjeen muotovaatimukset. Kaikki talo- ja tilaosat, rakenne- ja LVIS-tekniikka mallinnettiin 3D tietomalliksi arkkitehdin laatiman 3D tietomallin pohjalle. Projektissa edellytettiin käytettäviltä suunnitteluohjelmistoilta tietomallin IFC 2x3 -sertifikaattia. (Rajaplan Oy 2014.)

Energiankulutusta hallitaan rakennusautomaatiolla. Valaistus tullaan toteuttamaan LED-valaisimilla, joita ohjataan erillisillä ohjausjärjestelmillä ja läsnäoloilmaisimilla. Pumppuja ja puhaltimia ohjataan taajuusmuuttajilla ja moottoreina käytetään korkean hyötysuhteen moottoreita. (Rajaplan Oy 2014.)

## **5 Rakennuksen sähköverkon ja liittymän mitoittaminen**

Rakennuksen sähköverkon mitoituksessa täytyy aina ottaa huomioon rakennuksen käyttötarkoitus. Samankokoisten kiinteistöjen huipputeho voi vaihdella todella paljon eri käyttötarkoituksen takia. Samankokoinen kiinteistö voi toimia esimerkiksi ravintolana tai vaatekauppana, joiden käyttämät laitteet ja niiden sähkötehot ovat hyvin erilaiset. (Sähkötieto ry 2001.)

### **5.1 Rakennuksen huipputehon arviointi**

Koulurakennuksen huipputeho arvioidaan ensiksi rajaamalla tulevien ryhmäkeskusten vaikutusalueet. Ryhmäkeskusten määrään ja niiden vaikutusalueisiin vaikuttaa rakennuksen koko sekä tilaajan vaatimukset. Ryhmäkeskusten vaikutusalueiden pinta-alat lasketaan, jonka jälkeen arvioidaan arkkitehdin pohjakuvan tilamerkitöjen perusteella mitä kojeita ja laitteita ryhmäkeskukseen kuuluu. LVI-suunnittelijalta saadaan tiedot ilmanvaihtokoneiden sähkötehoista. Ounasrinteen monitoimitaloon tulee hajautettu ilmanvaihtojärjestelmä, joten ryhmäkeskusten huipputehoja arvioidessa tämä tuli ottaa huomioon. Ryhmäkeskuksen alueella olevien hajautettujen ilmanvaihtokoneiden sähkönsyöttö tulee sen alueen ryhmäkeskuksesta.

Valaistus- ja kojekuormien sähkötehot arvioidaan wattia per neliö ( $W/m^2$ ) lukuarvoina. Lukuarvoina käytetään kokemusperäisiä kokonaislukuja. Lukuarvoina voidaan käyttää esimerkiksi 6, 8, 10, 12  $W/m^2$ . Koulurakennuksissa voidaan käyttää kojeiden sähkötehon tarpeena samaa luokkaa kuin valaisimienkin. Täs-



sä kohteessa käytettiin LED-valaisimia, joilla päästään alhaisiin  $W/m^2$  lukemiin. LED-valaisimien takia kojeiden sähkötehona ei voitu käyttää samaa  $W/m^2$  lukuarvoa. (Sähkötieto ry 2001.)

Keittiölaitteiden sähköteho määritellään aina tapauskohtaisesti keittiölaitesuunnitelman perusteella. Jos keittiön päivittäinen annosmäärä on tiedossa, voidaan keittiön mitoittava sähköteho arvioida esimerkiksi 0,2-0,5 kW/annos. Keittiölaitteet ovat hyvin harvoin yhtä aikaa käytössä, joten huipputehon arvioinnissa on käytettävä tasauskertoimia. Keittiön tasauskerroin on yleensä alle 0,5. (Sähkötieto ry 2001.)

Koulurakennuksen teknisen työtilojen eli puu- ja metallitilojen sähköteho arvioidaan myös tapauskohtaisesti laiteluetteloiden perusteella tasauskertoimia käyttäen.

Sähköteho voidaan mitoittaa myös simuloimalla. Tietokantapohjaisessa sähkösuunnittelussa voidaan käyttää valmiita laitekirjastoja. Tällöin suunniteltavan rakennuksen sähkösuunnittelu voidaan tehdä todellisilla tuotteilla ja niiden teknisillä tiedoilla. Simuloinnissa laitteiden käyttöaste tulee ottaa huomioon samanaikaisuus- ja tasauskertoimilla. (Sähkötieto ry 2001.)

### Esimerkki 5000 m<sup>2</sup> koulurakennus

#### Ilmanvaihdon sähkötehon arvioiminen

SFP:ksi on päätetty 3,0 kW/m<sup>3</sup>/s

Esimerkki on kuvitteellinen. Ilmavirtatiedot tulee aina määrittellä tapauskohtaisesti.

Tilanimike	Pinta-ala, m <sup>2</sup>	Ulkoilma-virta, dm <sup>3</sup> /s,m <sup>2</sup> (iv-suunnitelmasta)	Ilmavirta m <sup>3</sup> /s	SFP (kW/m <sup>3</sup> /s)	Teho kW
<b>Koulurakennus</b>					
Luokkahuone	2 100	3,0	6,3	3,0	18,9
Opetuslaboratorio	150	3,0	0,5	3,0	1,4
Kotitalousluokka	200	3,0	0,6	3,0	1,8
Tekn.aineiden luokka	250	3,0	0,8	3,0	2,3
Voimistelusal	900	2,0	1,8	3,0	5,4
Luentosali	300	6,0	1,8	3,0	5,4
Ruokasali	300	5,0	1,5	3,0	4,5
Aula / eteiskäytävä	300	1,0	0,3	3,0	0,9
Varasto	500	1,0	0,5	3,0	1,5
<b>Yhteensä</b>	<b>5 000</b>		<b>14,0</b>		<b>42,0</b>

Kuvio 17. Esimerkki ilmanvaihdon sähkötehon arvioinnista. (ST 13.31, liite 5).

## 5.2 Liittymän ja liittymiskaapelin mitoitus

Suurissa kohteissa (>3\*63 A) sähköverkkoyhtiölle toimitetaan rakennuspaikan osoite, asemapiirustus, liittymän pääsulakekoko, liittymän käyttötarkoitus ja pääkavio liittymän suunnittelua ja toteutusta varten. Asemapiirustuksessa tulee olla merkittynä suunniteltu liittymisjohdon reitti ja pääkeskuksen sijainti. Sähköverkkoyhtiö määrittää edellä olevien tietojen perusteella liittymiskaapelin ja oikosulkuvirran arvon pääkeskuksella. (Elenia Oy 2014.)

Pääsulakkeiden koko määritetään huipputeholaskelman perusteella. Huipputehosta lasketaan huippuvirta kaavalla 1.

$$I_h = \frac{P_h}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} \quad (1)$$

jossa

$I_h$  = huippuvirta

$P_h$  = huipputeho

$U$  = pääjännite

$\cos\varphi$  = tehokerroin

Lasketun huippuvirran perusteella määritetään pääsulakkeiden koko. Esimerkiksi jos laskettu huippuvirta on 450 A, pääsulakkeiksi valitaan seuraava koko eli 3\*500 A, mutta käytännössä näin ei tehdä vaan pääsulakkeiksi valitaan 2\*3\*250 A tai 3\*3\*160 A. Pääsulakkeiden määrän kaksinkertaistamisella päästään pienempiin liittymiskaapelin poikkipinta-aloihin, koska liittymiskaapeleita on silloin kaksi rinnakkain. Suurissa kohteissa liittymiskaapeleiden lisääminen säästää kustannuksissa.

Suositteluvia kaapelityyppejä erikokoisilla pääsulakkeilla kaapelipituuden ollessa alle 100 metriä:

- 3\*25-35 A            AXMK 4\*25S
- 3\*35-63 A            AXMK 4\*50S
- 3\*63-125 A            AXMK 4\*95S
- 3\*125-200 A            AXMK 4\*150S
- 3\*200-250 A            AXMK 4\*240S

(Elenia Oy 2014.)

Ryhmäkeskuksien pääsulakekoot määritetään samalla periaatteella kuin pääkeskuksenkin. Ryhmäkeskuksien huipputehon avulla lasketaan huippuvirta. Pääsulakkeiksi valitaan huippuvirtaa kokoa suurempi sulake. Esimerkiksi ryhmäkeskuksen huipputeho on 16 kW. Huippuvirraksi saadaan 23 A kaavalla 1 laskemalla. Pääsulakekoko on silloin 25 A (3\*25 A).

### 5.3 Ryhmäkeskuksen syöttökaapelin määrittäminen

Ryhmäkeskuksen syöttökaapelia valittaessa määritetään seuraavat kuusi koh-  
taa:

1. keskuksen teho
2. pääsulakkeiden koko
3. johtimen kuormitettavuuden minimiarvo
4. korjauskertoimet
5. kuormitettavuuden minimiarvon parannus korjauskertoimella
6. kaapelin poikkipinta-ala.

Johtimen kuormitettavuuden minimiarvo saadaan SFS-Käsikirjan 600-1 taulu-  
kosta B.52-1 (kuvio 18).

gG tyyppisen sulakkeen nimellisvirta A	Johtimen kuormitettavuuden minimiarvo A
6	8
10	13,5
16	18
20	22
25	28
32	35
35	39
40	44
50	55
63	70
80	88
100	110
125	138
160	177
200	221
250	276
315	348
400	441
500	552
630	695
800	883

Kuvio 18. SFS-Käsikirjan 600-1 taulukko B.52.1.

Syöttökaapelille määritetään asennustavasta, lämpötilasta ja ryhmästä johtuvat korjauskertoimet. Taulukot löytyvät SFS-Käsikirjasta 600-1. Esimerkiksi jos syöttökaapelin asennusreitteinä käytetään tikashyllyä, jossa on syöttökaapelin lisäksi kolme muuta kaapelia ja toinen tikashylly alapuolella on korjauskerroin 0,78 SFS-Käsikirjan 600-1 taulukon A52-20 mukaisesti. Jos huoneen lämpötila on 25 celsiusastetta, on korjauskerroin silloin 1 SFS-Käsikirjan 600-1 taulukon A52-14 mukaisesti.

Kokonaiskorjauskerroin saadaan kertomalla korjauskertoimet keskenään. Esimerkkien mukaisten korjauskertoimien kokonaiskorjauskerroin on  $0,78 \cdot 1 = 0,78$ . Kokonaiskorjauskertoimella parannetaan pääsulakkeen nimellisvirrasta määräytyvän johtimen kuormitettavuuden minimiarvoa. Miniarvo parannetaan jakamalla se kokonaiskorjauskertoimella.

Syöttökaapelin johtimen poikkipinta-ala saadaan SFS-Käsikirjan 600-1 taulukosta 52.1 parannetulla johtimen kuormitettavuuden minimiarvolla (kuvio 19). Jos parannettu johtimen kuormitettavuuden minimiarvo ei ole sama kuin taulukossa, valitaan poikkipinta-ala suuremman minimiarvon mukaan. Esimerkin mukainen syöttökaapeli asennettiin tikashyllylle, joten sen asennustapa on E. Jos parannettu kuormitettavuuden minimiarvo olisi esimerkiksi 89 A, tulisi syöttökaapeliksi joko kuparikaapeli, jonka johtimien poikkipinta-ala on 25 mm<sup>2</sup> tai alumiinikaapeli, jonka johtimien poikkipinta-ala on 35 mm<sup>2</sup>.

Johtimen nimellispoikki- pinta (mm <sup>2</sup> )	SFS 6000:n mukaiset asennustavat			
	A	C	D	E
<b>Kupari</b>				
1,5	14	18,5	26	19
2,5	19	25	35	26
4	24	34	46	36
6	31	43	57	45
10	41	60	77	63
16	55	80	100	85
25	72	102	130	107
35	88	126	160	134
50	105	153	190	162
70	133	195	240	208
95	159	236	285	252
120	182	274	325	292
150	208	317	370	338
185	236	361	420	386
240	278	427	480	456
300	316	492	550	527
<b>Alumiini</b>				
16	43	62	78	65
25	56	77	100	83
35	69	95	125	102
50	83	117	150	124
70	104	148	185	159
95	125	180	220	194
120	143	209	255	225
150	164	240	280	260
185	187	274	330	297
240	219	323	375	350
300	257	372	430	404

Kuvio 19. SFS-Käsikirjan 600-1 taulukko 52.1.

#### 5.4 Oikosulkuvirrat

Oikosulkuvirtojen riittävyksien tarkistaminen aloitetaan laskemalla impedanssi Z pääkeskuksella. Impedanssi  $Z_{PK}$  lasketaan kaavalla 2.

$$Z_{PK} = \frac{c \cdot U}{\sqrt{3} \cdot I_k} \quad (2)$$

jossa

$c$  = kerroin 0,95

$U$  = pääjännite

$I_k$  = oikosulkuvirta pääkeskuksella

Pääkeskuksen impedanssin jälkeen lasketaan pääkeskuksen ja ryhmäkeskuksen välisen kaapelin impedanssi. Kaapelin impedanssi lasketaan kaavalla 3.

$$Z_{kaapeli} = Z_L \cdot l + Z_{PE} \cdot l \quad (3)$$

jossa

$Z_L$  = vaihejohtimien impedanssi

$Z_{PE}$  = maadoitusjohtimen impedanssi

$l$  = kaapelin pituus (km)

Kaapeleiden tekniset tiedot, kuten impedanssi kilometriä kohden ( $\Omega/\text{km}$ ) ovat saatavilla kaapelivalmistajien internet-sivuilta. Myös SFS-Käsikirjasta 600-1 löytyy taulukko tyypillisistä impedanssi kilometriä kohden arvoista eri johtimien poikkipinta-aloista. Kuviossa 20 on esitetty Reka Kaapelit Oy:n valmistamien kuparijohtimien tasavirtaresistanssit eri lämpötiloilla.

mm <sup>2</sup>	$\Omega/\text{km}$				
	20 °C	40 °C	60 °C	70 °C	90 °C
0,5	36,5	39,4	42,2	43,7	46,5
0,75	24,5	26,4	28,4	29,3	31,2
1	18,1	19,5	20,9	21,7	23,1
1,5	12,1	13,1	14	14,5	15,4
2,5	7,41	7,99	8,57	8,87	9,45
4	4,61	4,97	5,33	5,52	5,88
6	3,08	3,32	3,56	3,69	3,93
10	1,83	1,97	2,12	2,19	2,33
16	1,15	1,24	1,33	1,38	1,47
25	0,727	0,784	0,841	0,87	0,927
35	0,524	0,565	0,606	0,627	0,668
50	0,387	0,417	0,448	0,463	0,493
70	0,268	0,289	0,31	0,321	0,342
95	0,193	0,208	0,223	0,231	0,246
120	0,153	0,165	0,177	0,183	0,195
150	0,124	0,134	0,143	0,148	0,158
185	0,0991	0,107	0,115	0,119	0,126
240	0,0754	0,0813	0,0873	0,0902	0,0961
300	0,0601	0,0648	0,0695	0,0719	0,0766
400	0,047	0,0507	0,0544	0,0562	0,0599
500	0,0366	0,0395	0,0424	0,0438	0,0467
630	0,0283	0,0305	0,0327	0,0339	0,0361
800	0,0221	0,0238	0,0256	0,0264	0,0282
1000	0,0176	0,019	0,0204	0,0211	0,0224

Kuvio 20. Kuparijohtimien tasavirtaresistanssit. (Reka Kaapelit Oy 2015).

Kun pääkeskuksen impedanssi sekä pääkeskuksen ja ryhmäkeskuksen välisen kaapelin impedanssi on laskettu, voidaan laskea ryhmäkeskuksen oikosulkuvirta. Ryhmäkeskuksen oikosulkuvirta lasketaan kaavalla 4.

$$I_k = \frac{c \cdot U}{\sqrt{3} \cdot (Z_{PK} + Z_{kaapeli})} \quad (4)$$

jossa

$I_k$  = oikosulkuvirta ryhmäkeskuksella

$c$  = kerroin 0,95

$U$  = pääjännite

$Z_{PK}$  = pääkeskuksen impedanssi

$Z_{kaapeli}$  = kaapelin impedanssi

Suunnittelua helpottamaan on hyvä myös laskea suurin sallittu johtopituus ryhmäkeskusten syöttökaapeleille sekä valaistus- ja pistorasiaryhmien ryhmäjohtoilta. Suurin sallittu johtopituus lasketaan kaavalla 5.

$$l = \frac{\frac{c \cdot U}{\sqrt{3} \cdot I_k} - Z_v}{2 \cdot z} \quad (5)$$

jossa

$l$  = johtopituus kilometreinä

$c$  = kerroin 0,95

$U$  = pääjännite

$I_k$  = oikosulkuvirta, joka aiheuttaa automaattisen poiskytkennän vaaditussa ajassa

$Z_v$  = impedanssi ennen suojalaitetta

$z$  = suojattavan johtimen impedanssi ( $\Omega/\text{km}$ )



## 6 Kulutusmittausjärjestelmä

Rakennuksen kulutustietojen keruuseen käytetään kulutusmittausjärjestelmää. Kulutusmittausjärjestelmän tiedonsiirto koostuu kulutusmittareista, mittarointiväylästä, mittauskeskittimestä ja tiedonsiirtoverkosta. Tiedonsiirtoverkko liitetään internetiin, jonka välityksellä kulutustiedot siirretään käyttäjän infojärjestelmään. Kulutusmittarit tallentavat hetkelliset kulutustiedot tunnin välein ja tiedonsiirto käyttäjän infojärjestelmään tapahtuu kerran vuorokaudessa. (Rajaplan Oy 2015.)

Kulutusmittarit mittaavat käytetyn energian. Mittausjärjestelmä lukee kulutusmittareista mittarin ID-tunnuksen, mittarilukeman ja lukuhetken tuntitarkkuudella. (Rajaplan Oy 2015.)

Rakennuksen kaukolämpöenergiamittaus toteutetaan energialaitoksen kaukolämpömittauskeskuksessa. Kaukolämpömittauskeskus sijaitsee lämmönjakuhuoneessa. (Rajaplan Oy 2015.)

Kylmän käyttöveden pääsyöttöjohtoon asennetaan ultraäänianturilla varustettu vesimittari. Ultraäänianturilla varustettu vesimittari asennetaan vesilaitoksen vesimittarin jälkeen. Lämmönsiirtimen syöttöjohtoon asennetaan ultraäänianturilla varustettu vesimittari lämpimän käyttöveden kokonaismäärän mittausta varten. Kylmän ja lämpimän käyttöveden vesimittarit varustetaan väyläkortilla, mikä mahdollistaa mittareiden liittämisen mittausväylään. (Rajaplan Oy 2015.)

Virtausmittari on ultraääniperiaatteella toimiva virtausanturi ja elektroninen laskijalaite. Virtausmittari liitetään mittausväylään. (Rajaplan Oy 2015.)

Kiinteistön ja käyttäjän sähköenergiankulutus mitataan erikseen. Kiinteistön valaistus, pistorasiat, sähkölämmitykset, ilmastointi ja jäähdytys mitataan erikseen. Lisäksi käyttäjien valaistus- ja pistorasiaryhmät mitataan erikseen jokaisessa keskuksessa. Pääkeskus sijaitsee teknisissä tiloissa ja ryhmäkeskukset keskuskomeroissa. Pääkeskuksen nimellisvirta on 630 A ja pääkojeet ovat

kompaktikatkaisijoita, jotka on varustettu energianmittausreileillä. Jokaisen sähkökeskuksen, joiden pääsulakekoko on yli 63 A, varustetaan virtamuuntajilla. Virtamuuntajien toisiovirta on 5A. Pienemmät ovat suoria mittauksia. Jokainen sähkömittari liitetään mittarointiväylään. Väyläkaapelina toimii JAMAK  $2*(2+1)*0,5+0,5$  ja väylä ketjutetaan keskusten sisällä. Urakoitsija varmistaa kaapelityypin laitetoimittajalta. Loisteho kompensoidaan automaattisella kompensointiparistolla, jossa on elektroninen 6-portainen säädin. (Rajaplan Oy 2014; 2015.)

Mittauslaitedirektiivin (MID) 2004/22/EY mukaisia kulutusmittareita:

#### Sähkö

- ABB EQ-series mittarit
- Carlo Cavazzi, useat mittarit
- Kamstrup, kaikki mittarit
- Schneider Electric, osa mittareista

#### Lämpö

- Kamstrup, kaikki mittarit
- Landis+Gyr W550

#### Vesi

- Kamstrup, kaikki mittarit
- Landis+Gyr W550

## 7 Sähköjärjestelmät

Rakennuksen sähköjärjestelmä on jaettu osiin useiksi järjestelmiksi loogisesti ja yhdenmukaisesti. Jaottelu tukee rakennuksen suunnittelua, rakentamista, käyttöönottoa ja ylläpitoa.

## **7.1 Asennusreitit**

Johtoteinä käytetään kaapelihyllyjä, kaapelisuoja-putkia, asennuskouruja ja ripustuskiskoja. Kaapelihyllyt on tuuletetussa välipohjassa, nousukuiluissa ja alakattorakenteissa sinkittyjä teräspienahyllyjä. Näkyvillä olevat hyllyt ovat sinkittyjä ja valkeaksi polttomaalattuja teräslevyhylyjä. Osin kaapelihyllyt toimivat yhteyskäyttöhylyinä. Yhteyskäyttöhylyissä vahvavirta- ja heikkovirtakaapelit sijoitetaan mahdollisimman kauas toisistaan. Asennuskouruina käytetään valkeaksi maalattuja alumiinikouruja, joissa on omat osat vahva- ja heikkovirtakaapeleille. Valaisinripustuskiskoja käytetään tiloissa, joissa ei ole alakattoa, kuten luokahuoneissa, teknisissä tiloissa ja varastotiloissa. Valaisinripustuskiskot ovat valkeita sinkittyjä teräslevykiskoja. (Rajaplan Oy 2014.)

## **7.2 Sähkölämmitys**

Piha-alueella on avo-oja ja liikennealueilla kourukaivot, joiden sulanapito hoidetaan sähkösulatuksella. Kattokaivot, jiirit, räystäskourut ja syöksytorvet varustetaan sähkösulatuksilla (Rajaplan Oy 2014.)

Sähkösulatuksen ohjaus toteutetaan ajastimella ja rakennusautomaatiolla. Rakennusautomaatio ohjaa sähkösulatuksia lämpötilan mittauksella ja vuorokausivuodenaika ohjauksella. Rakennusautomaatio estää sähkösulatuksien päälläolon päiväsaikaan (klo 10-14), kun rakennus on normaalikäytössä sekä ulkolämpötilan ollessa nollan yläpuolella. (Rajaplan Oy 2014.)

## **7.3 Puhelinjärjestelmät**

Rakennuksen yleiskaapelointiverkko toimii puhelinsisäverkkona ja GSM-verkko langattomana puhelinverkkona. Ovipuhelimia ei kohteeseen tullut. (Rajaplan Oy 2014.)

## 7.4 Viestintäjärjestelmät

Rakennukseen tulee Viestintäviraston 65/2014 M mukainen antennisisäverkko. Runkokaapelointi toteutetaan siten, että talojakamon ryhmäkeskuskomeroiden välille asennetaan koaksiaalikaapelointi. Ryhmäkeskuskomeroihin asennetaan varaukseksi 8-haaroin. Antennirasioita ei rakennukseen tule. Ainoastaan kumpankin väestönsuojaan asennetaan antennirasia määräyksien mukaisesti. (Rajaplan Oy 2014.)

Äänentoistojärjestelmä toimii äänievakuointijärjestelmänä, joka liitetään paloilmotusjärjestelmään. Opetustilat, käytävät, aulat, neuvotteluhuoneet ja toimistot varustetaan kaiuttimilla. Mikrofonit sijoitetaan rehtorin toimistoon, opettajanhuoneeseen ja pelastuslaitoksen hyökkäystielle. (Rajaplan Oy 2014.)

Luokka- ja neuvotteluhuoneisiin sekä liikunta- ja juhlasaliin tulee AV-suunnitelman mukainen AV-järjestelmä (Rajaplan Oy 2014). Liikunta- ja juhlasalin toimitsijoiden tilaan sijoitetaan ristikytkentäpaneelit äänentoistolle ja valoille. Kaiuttimet sijoitetaan tasaisesti ympäri liikunta- ja juhlasalia. Kattopalkkeihin asennetaan liitántärsiat valoille ja kattopalkkien väleihin asennetaan kolme saksihissiä projektoreita varten. Projisointi voidaan tehdä kolmelle seinälle. Neljännelle seinälle sijoitetaan tulostaulu, joka estää projisoinnin. Lisäksi tulostaulun vastakkaiselle seinä varustetaan AV- ja valorasioin.

## 7.5 Merkinantojärjestelmät

Luokkahuoneet ja käytävät varustetaan osoitinkelloilla. Rakennuksen kolmelle julkisivulle asennetaan digitaalinen kello. Pääsisäänkäynnin läheisyydessä olevassa kellossa on myös lämpötilan näyttö. Osoitin- ja ulkokelloja ohjataan pääkellolla. Kellojen tarkka käyntitarkkuus saadaan pääkelloon liitettävällä GPS-tahdistimella. (Rajaplan Oy 2014.)

Neuvotteluhuoneet sekä terveydenhoidon ja neuvolan toimistot varustetaan varattuvalojärjestelmällä. Toimistojen ovien viereen sijoitetaan urakoitsijan valit-

sema varattuvalo, jota ohjataan toimiston sisäpuolelta merkkilampulla varustetulla kytkimellä. (Rajaplan Oy 2014.)

Inva-WC:t varustetaan kahdella avunpyyntöpainikkeella, valvontakojeella ja hälyttimellä. Toinen avunpyyntöpainikkeista sijoitetaan lattiarajaan oven läheisyyteen ja toinen kattoon wc-istuimen läheisyyteen. Katossa olevassa avunpyyntöpainikkeessa on vetonaru. Avunpyyntöpainiketta painettaessa tai vetonarusta vedettäessä alkaa hälyttimen merkkivalo vilkkua ja summeri soida. Avunpyyntöpainikkeissa sytty merkkivalo, jotta käyttäjä tietää avunpyynnön toimineen. Valvontakoje toimii koko järjestelmän älynä ja kuittauspainikkeena. (Rajaplan Oy 2014.)

## **7.6 Turvallisuusjärjestelmät**

Rakennus varustetaan sähkölukitus-, rikosilmoitus-, videovalvonta-, turvavalistus-, savunpoisto-, ja paloilmoitinjärjestelmällä. Paloilmoitinjärjestelmä on osoitteellinen ja se liitetään hätäkeskukseen. Käytävien palo-ovet pidetään normaali-tilanteessa auki pitomagneetein. (Rajaplan Oy 2014.)

## **7.7 Tietoverkkojärjestelmät**

Rakennukseen asennetaan Viestintäviraston 65/2014 M määräyksiä noudattaen yleiskaapelointiverkko. Jakamot ketjutetaan 6 SML ja 6 GKT valokaapeleilla siten, että valokaapeliverkosta muodostuu silmukka. Kerroskaapeloinnissa käytetään sähköisesti suojattuja, E<sub>A</sub>-siirtotieluokan U/FTP-kaapeleita. Liitäntärasiat ovat 2xRJ45 U/FTP -rasioita. Rakennus varustetaan langattomalla lähiverkolla. Langatonta lähiverkkoa vahvistetaan signaalivahvistimilla. Luokkahuoneiden taulualue varustetaan molemmin puolin RJ45-liitäntärasioilla opettajan työskentelyä varten. Lisäksi luokkahuoneiden ovien yläpuolelle asennetaan yksi RJ45-liitäntärasia langattoman lähiverkon signaalivahvistinta varten. (Rajaplan Oy 2014.)

## 7.8 Automaatiojärjestelmät

Rakennus varustetaan keskitetyllä, vapaasti ohjelmoitavalla rakennusautomaatiojärjestelmällä (Rajaplan Oy 2014). Järjestelmällä ohjataan rakennuksen LVIAS-järjestelmiin liittyviä ohjaus-, säätö-, mittaus-, valvonta- ja hälytystoimia (Rajaplan Oy 2014).

## 7.9 Valaistusjärjestelmä

Ounasrinteen monitoimitalon valaistus toteutetaan kokonaisuudessaan LED-valaisimilla ja sisävalaistusstandardin EN 12464-1 valaistusvaatimuksien mukaisesti. Valaisimien ohjaus toteutetaan läsnäolotunnistimilla ja DALI-valaistuksenohjausjärjestelmällä. (Rajaplan Oy 2014.)

Sisävalaistusstandardi EN 12464-1 määrittää esimerkkituloille seuraavat minimi valaistusvoimakkuudet:

- käytävät	100 lux
- portaikot	100 lux
- lastausalueet	150 lux
- talotekniset tilat	200 lux
- varastotilat	100 lux
- toimistot	500 lux
- odotusaulat	200 lux
- keittiö	500 lux
- pysäköintialueet	75 lux
- luokkahuoneet	300 lux.

Luokkahuoneiden valaistussuunnittelussa tuli huomioida niiden joustavuus ja muokattavuus. Alaluokilla työskennellään usein ryhmissä ja työskentelypisteitä liikutellaan päivittäin. Täten valaistusta ei voinut suunnitella työpisteiden mukaan vaan sisävalaistusstandardin määrittämä luokkien valaistusvoimakkuus (300 lux) tuli löytyä joka puolelta luokkahuonetta. Taulualueille tuli samanmalli-

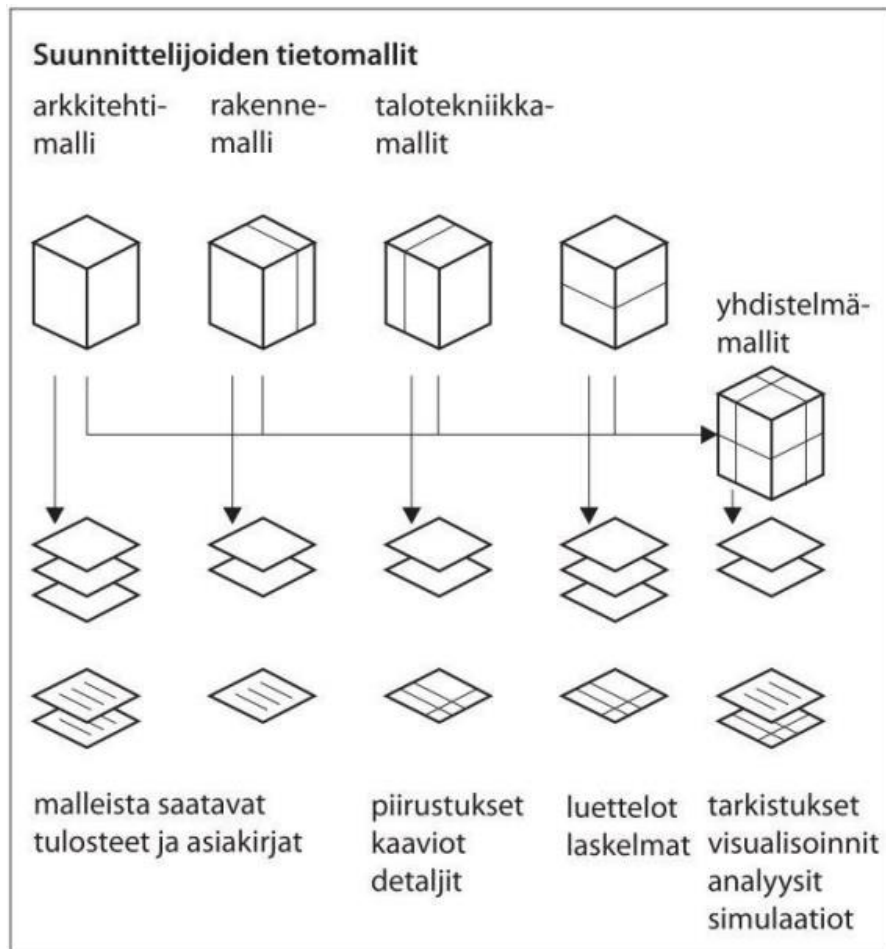
nen valaisin kuin muuallekin luokkahuonetta, mutta tehokkaampi (500 lux), jotta opettajan tai esitelmän pitäjän kasvojen ilmeet ja elekieli korostuvat ja näin viestiin kiinnitetään enemmän huomiota.

Liikunta- ja juhlasalin valaistussuunnittelun teki haasteelliseksi valaisimien tuottama kiusahäikäisy. Ideaalivalaistus liikuntasaliin saataisiin epäsuoralla valaistuksella. Esimerkiksi lentopalloilijat altistuvat herkästi kiusahäikäisyyelle, koska heidän katse on pääsääntöisesti kohti korkealla lentävää lentopalloa. Tässä kohteessa valaistuksen toteuttaminen epäsuoralla valaistuksella ei ollut mahdollista kattorakenteiden ja katossa sijaitsevien infrapunalämmittimien vuoksi. Ratkaisua haettiin vertailemalla erilaisia valaisimia ja niiden häikäisytietoarkkeja sekä sijoittelulla.

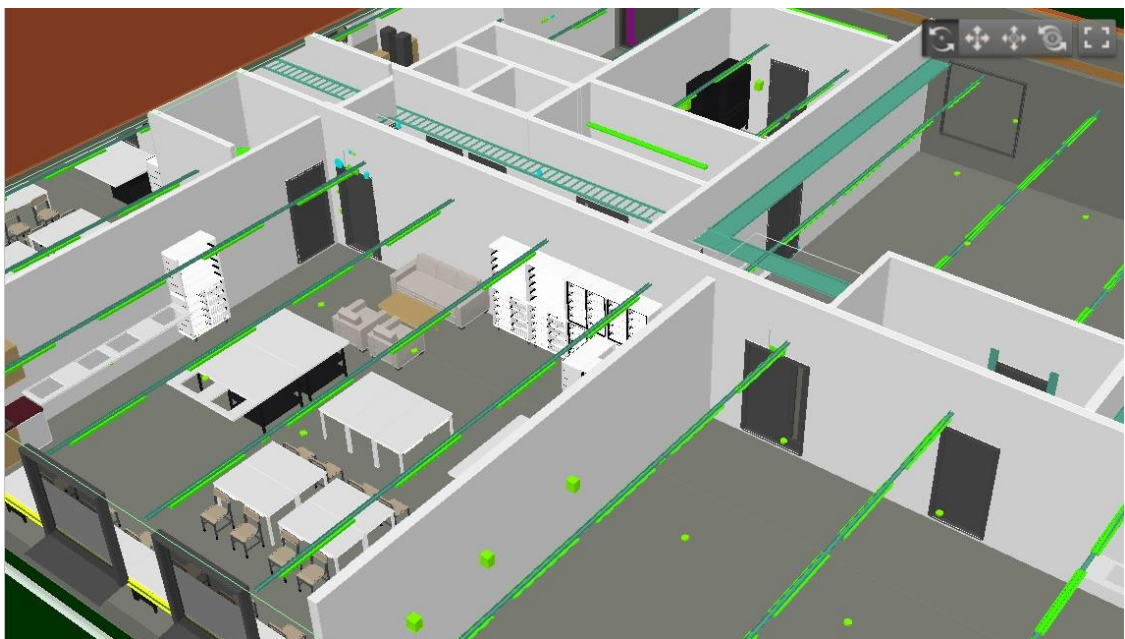
Valaistusta suunnitellessa käytin apuna Dialux-valaistuslaskentaohjelmaa, johon on ladattavissa useiden valaisinvalmistajien tuotteiden valonjakotiedot. Dialux-valaistuslaskentaohjelmalla pystytään laskemaan huoneen valaistusvoimakkuudet ja lisäksi tulostamaan valaisimien häikäisytietoarkit sekä luminanssi- taulut. Dialuxilla on myös helppo esittää eri valaistusvaihtoehtoja tilaajalle luonnossuunnitteluvaiheessa. Perinteisen Dialuxin lisäksi on olemassa Dialux Evo, jolla voidaan laskea kokonaisen rakennuksen valaistusvoimakkuudet. (Dialux 2015.)

## **8 Yhdistelmämalli ja yhteensovitus**

Yhdistelmämalli koostuu eri suunnittelualojen malleista (kuvio 21). Yhdistelmämallia voidaan hyödyntää suunnitelmien havainnollistamiseen (kuvio 22) ja yhteensovittamiseen. Yhdistelmämallien tarkasteluun soveltuvilla ohjelmistoilla voidaan ajaa eri suunnittelualojen mallien välinen törmäystarkastelu. Tällaisia ohjelmistoja ovat muun muassa Solibri Model Checker, Tekla BIMsight ja Autodesk Navisworks. Yhdistelmämallista nähdään konkreettisesti esimerkiksi risteäkö LVIS-tekniikka keskenään. (Rakennustieto Oy. 2010.)



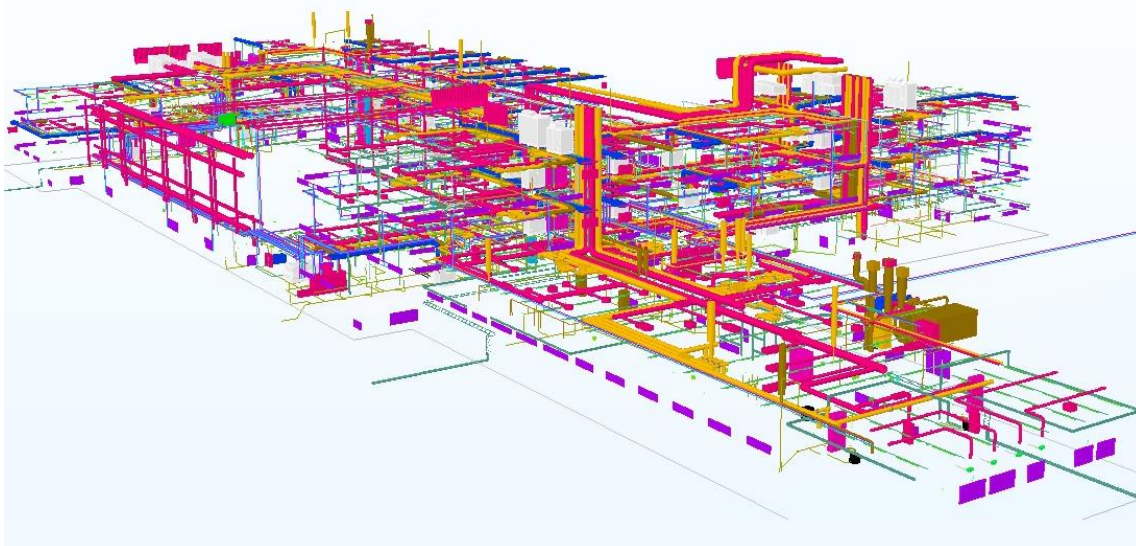
Kuvio 21. Yhdistelmämalli on eri suunnittelualojen mallien yhdistelmä.



Kuvio 22. Ounasrinteen monitoimitalon ARK- ja SÄH-mallit avattuna Tekla BIM-sight-ohjelmalla.



Yhteensovitus alkaa eri suunnittelualojen oman mallinsa tarkastamisesta. Tarkoituksena on varmistaa oman mallinsa ristiriidattomuus. Yhdistelmämallin tarkastus alkaa taas osamallien yhteen kokoamisella. LVIS-mallit on hyvä tarkastaa myös keskenään ilman arkkitehti- ja rakennemallia (kuvio 23), koska mallien tarkasteluun käytettävät ohjelmat rekisteröivät virheeksi myös esimerkiksi kipsilevyväliseiniä ja kaapelihyllyjen kohtisuorat törmäykset, jotka eivät työmaalla ole juuri koskaan ongelma. (COBIM-hankkeen osapuolet 2012.)



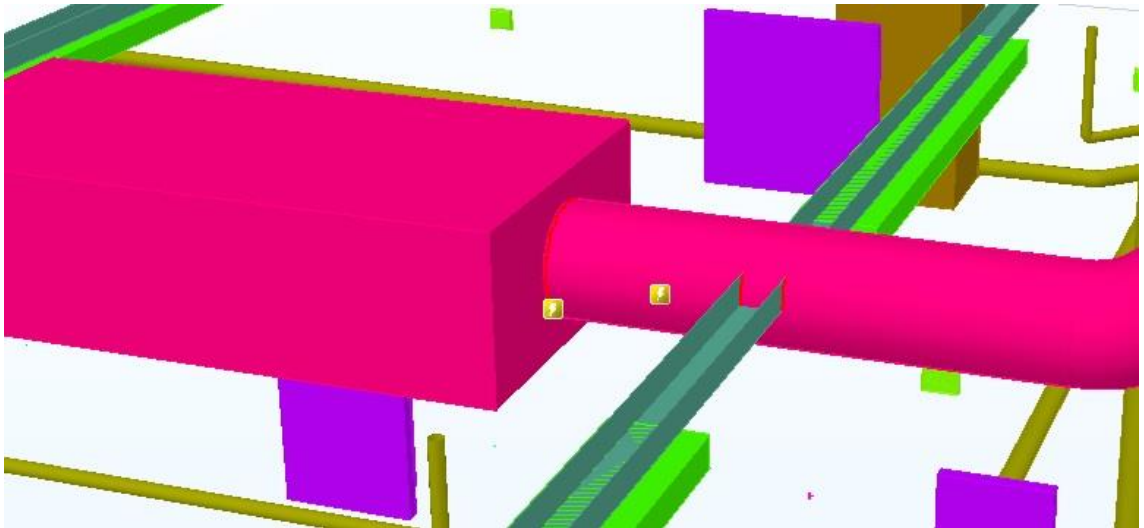
Kuvio 23. Ounasrinteen monitoimitalon LVIS-mallit avattuna Tekla BIMsight-ohjelmistolla.

Yleisistä tietomallivaatimuksista 2012, osasta 6 Laadunvarmistus, löytyy yhdistetyn mallin tarkastuslomake johon on listattu tarkastettaviksi seuraavat asiat:

- sovitut tietomallit ovat käytävissä
- malleista on toisiaan vastaavat versiot
- mallit ovat kohdistettu oikein keskenään
- TATE mahtuu pystykuiluihin ilman törmäyksiä
- TATE mahtuu vaakareiteille ilman törmäyksiä
- TATE-järjestelmillä ei ole keskinäisiä leikkauksia
- alaslasketut katot suhteessa TATE:an ovat kunnossa
- TATE ei törmää pilareiden kanssa
- TATE ei törmää palkkien kanssa

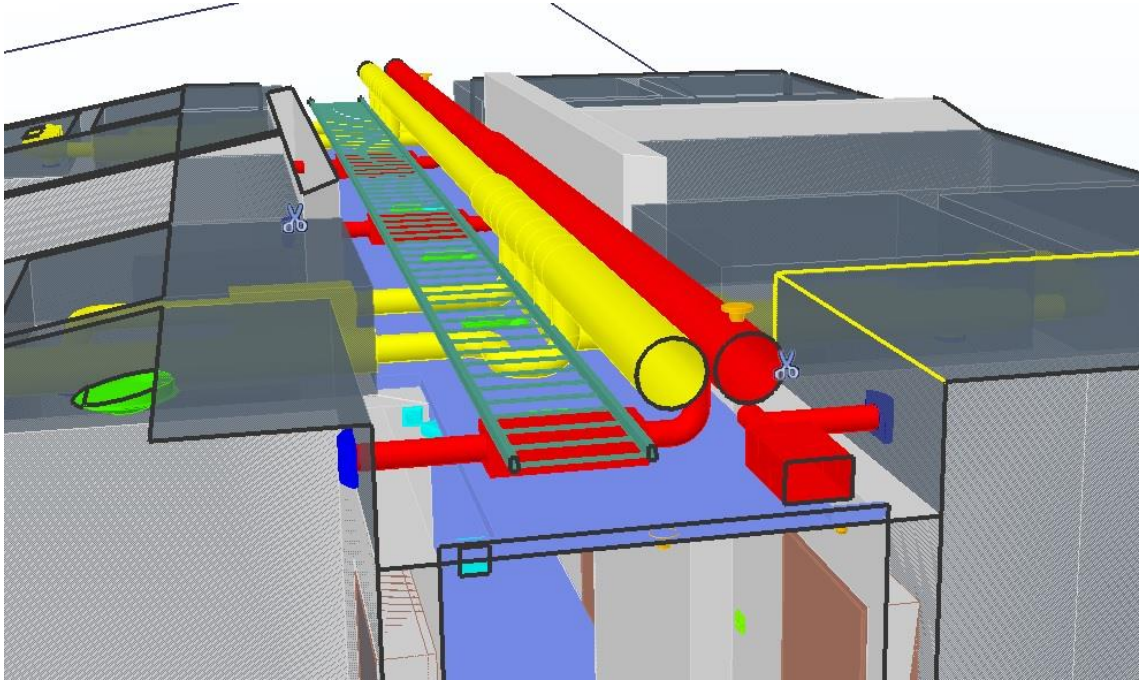
- TATE ei törmää muiden rakenteiden kanssa
- laatoissa on aukot pystykuilujen kohdalla
- rakenne- ja arkkitehtimallin rakenteet vastaavat toisiaan
- rakenne- ja arkkitehtimallin aukot ovat vastaavilla kohdilla.

Yhdistelmämallin tarkastuksesta laaditaan raportti, joka kuvaa korjausta ja tarkennusta vaativat kohdat. Raportti laaditaan siten, että suunnittelijat löytävät ongelmakohdat mahdollisimman helposti. Yhdistelmämallin tarkastuksessa ilmenneiden virheiden määrä riippuu projektin suuruudesta, mutta tyypillisesti virheiden määrä on useita satoja. Tarkastusohjelmissa on mahdollista määrittää toleranssit, jotka pienentävät virheiden määrää. Toleransseista huolimatta syntyy paljon virheitä ja siksi raportoinnissa on syytä keskittyä olennaisiin virheisiin (kuvio 24). Suurissa projekteissa voidaan kuitenkin törmätä ongelmaan missä yhden virheen korjaaminen saattaa tuottaa useita uusia virheitä. Tämän takia yhteensovittaminen vie aikaa kun malleja täytyy korjata useita kertoja, näin eri suunnittelualojen välisen yhteistyön merkitys korostuu. (COBIM-hankkeen osapuolet 2012.)



Kuvio 24. Ripustuskisko ja IV-kanava risteävät.

Tarkastettuna ja korjattuna yhdistelmämalli takaa laadukkaan, yhteensovitetun ja asennuskelpoisen suunnittelun (kuvio 25). Ideaalitilanne on, että urakoitsija pystyy tekemään asennukset suoraan mallin perusteella. (COBIM-hankkeen osapuolet 2012.)



Kuvio 25. Yhdistelmämalli avattuna Tekla BIMsight –ohjelmalla. TATE oikein sijoitettuna alakaton päällä.

## 9 Sähköpiirustusten numerointi

Rakennushankkeen sähkö- ja tietoteknisten järjestelmien dokumenttien nimeämiseen on laadittu nimikkeistö, joka helpottaa eri järjestelmien dokumenttien tunnistamista. Uusin saatavilla oleva nimikkeistö on S2010 ja sitä edeltävä on S2000. S2000-nimikkeistö toimii hyvin rakennusalan TALO90-nimikkeistön kanssa.

Tässä projektissa sähköpiirustukset numeroitiin S2000-sähkönimikkeistön mukaisesti. S2000-sähkönimikkeistön piirustusnumero koostuu kirjaimesta S, joka ilmaisee, että piirustus on sähköjärjestelmäpiirustus, järjestelmätunnuksesta ja

juoksevasta numerosta. Esimerkiksi ensimmäisen kerroksen vahvavirta-asennuksien piirustusnumero on SH52101. (Senaatin ohje sähköpiirustusten numerointiin; liite 2).

S = sähköjärjestelmäpiirustus

H5 = valaistusjärjestelmä

2 = pohjapiirustus

1 = ensimmäinen kerros

01 = ensimmäinen piirustus

## 10 Projektipankki

Projektipankki on ohjelmisto, joka toimii internet-selaimella. Projektipankkia käytetään projektissa mukana olevien jäsenien väliseen tiedonsiirtoon. Tiedon jakaminen on turvallista, koska yhteys palvelimeen on salattu ja projektipankin tarjoaja vastaa tiedon varmistamisesta. Tiedon jakamisen lisäksi projektipankeista löytyy työkalut tulostustilauksiin, työmaapäiväkirjaan ja TR-mittariin. Projektipankit myös tallentavat tietoa käyttäjien toiminnoista, kuten tiedostojen laatamisesta ja jakamisesta. Näitä tietoja voidaan käyttää hyväksi esimerkiksi riitatilanteissa. Suomessa projektipankit tulivat markkinoille 2000-luvun alussa ja näistä tunnetuimpia ovat Haahtela, Buildercom, Liideri, Vertex Systems, So-koPro ja Kronodoc. (Martin 2012; Halonen & Värkki 2015.)

Projektipankki toimii parhaiten kun jokainen jäsen on sitoutunut sen käyttämiseen ja siksi projektipankin käytöstä tulee ilmoittaa jo tarjouspyynnössä. Projektipäällikön tulee vaatia, että suunnittelijat päivittävät dokumentit riittävän usein ja jakelu tehdään projektipankin kautta. Lisäksi ladattavien dokumenttien lisätietoja tulee täyttää riittävästi, jotta muut osapuolet tietävät mistä dokumentista on kyse. Pelkkä tiedostonimi ei kelpaa, koska usein tiedostojen nimeäminen perustuu yrityksiensä omiin käytäntöihin. (Martin 2012; Halonen & Värkki 2015.)

Ounasrinteen monitoimitalon rakennusprojektissa käytettiin Haahtelan projekti-pankkia. Haahtela-yhtiöt on asiantuntijaorganisaatio, joka työllistää noin 140 henkilöä ja se on perustettu vuonna 1975. Haahtela-yhtiöihin kuuluvat konsernin emoyhtiönä toimiva Haahtela Oy, Haahtela rakennuttaminen Oy, Haahtela-kehitys Oy ja Haahtela HR Oy. (Haahtela-yhtiöt 2015.)

## 11 Pohdinta

Tietomallintaminen parantaa suunnittelun laatua merkittävästi. Yhdistelmämallin ja törmäystarkastelun avulla saadaan geometrisesti yhteensovitettu ja asennuskelpoinen suunnitelma. Ongelmakohtat voidaan huomata jo suunnitteluvaiheessa, jotka muuten tulisivat vastaan työmaalla. Työmaalla ongelmakohtien korjaaminen on yleensä huomattavasti vaikeampaa ja etenkin kalliimpaa.

Tietomallinnusohjelmistot ovat nykypäivänä riittävän hyviä, mutta tiukka suunnittelu-aikataulu tuo haasteita suunnitteluprosessiin. Lisäksi eri suunnittelualueiden yhteisissä toimintatavoissa ja yhteistyössä on kehitettävää. TATE-suunnittelijoiden mukaantulo suunnitteluprosessiin venyy liian myöhään, jos toimitaan vanhojen toimintatapojen mukaisesti.

Tietomallintaminen lisää suunnittelijoiden työmäärää huomattavasti. Esimerkiksi kaapeleiden piirtäminen vie huomattavasti enemmän aikaa. Kaapeleita ei sinänsä kuulu mallintaa, mutta jos tarkat kaapelipituudet halutaan massaluetteloida, täytyy kaapelin reitti suunnitella kaapelipaketilla. Mahdollisimman varhaisessa vaiheessa projektia tulisi sopia ja lukita huonekorkeudet sekä alakattojen paikat. Esimerkiksi alakaton poistaminen tilasta tuo lisätyötä sähkösuunnitteluun merkittävästi. Aikaisemmin alakaton yläpuolella oleva tikashylly joudutaan vaihtamaan levyhyllyksi. Lisäksi kaikki alakattoon upotettavat laitteet joudutaan vaihtamaan pintamalliseksi sekä niiden kiinnitystapa ja kaapelointi joudutaan suunnittelemaan uudestaan. Suunnittelijoiden työmäärän kasvaminen luonnollisesti lisää kustannuksia, mutta laadukkaampi suunnittelu pienentää rakentamisen kustannuksia.

Suunnittelu- ja konsultointialan yritysten työnantajajärjestö SKOL ry on tehnyt työmääräarvion. Työmääräarvio perustuu SKOL ry:n jäsenoimistojen tekemään jälkilaskentaan. Työmääräarvion mukaan tietomallintamisen vaikutus työmäärään on 1,4 kertainen perinteiseen CAD-suunnitteluun nähden. Keni Peltonen on vertaillut insinööriyössään perinteisen CAD-suunnittelun ja tietomallintamisen työmääräeroja. Työssään Peltonen loi tasopiirustuksen 15 työtunnissa, kun taas tietomallintamiseen aikaa kului 35 työtuntia. Peltonen huomasi myös, että paperilla perinteinen suunnitelma on myös ulkoasultaan selkeämpi kuin tietomalli. Perinteisen suunnitelman ulkoasun selkeys johtuu siitä, että tietomallissa johdotus piirretään vastaamaan oikeaa tilannetta määrälaskennan vuoksi. Johdotus voidaan esittää selkeämmin, jos määrälaskenta suoritetaan käsin.

Tilaaajan on hyvä miettiä päättäessään projektin tietomallinnuksesta, että onko rakennuksen tietomallista tarpeeksi konkreettista hyötyä kasvaviin suunnittelukustannuksiin nähden. Suurissa projekteissa tietomallintamisen hyödyt kasvavat. Lisäksi tilaaajan on mietittävä miksi kohde tulisi tietomallintaa eli mikä tietomallin käyttötarkoitus on. Käyttötarkoitus voi olla esimerkiksi suunnittelun laadunvarmistus, energiasimuloinnit tai rakennuksen kunnossapito. Käyttötarkoitus vaikuttaa tietomallin informaation sisältöön.

Massaluettelot ovat vielä nykypäivänäkin heikossa käytössä, vaikka massaluetteloiden on voitu tuottaa suunnitelmista jo lähes 20 vuotta. BuildingSMART Finlandin talotekniikan toimialaryhmän syyskuussa tekemän kyselyn mukaan ainoastaan 11 prosenttia suunnittelijoista toimittaa massaluettelot urakkalaskentaan aina tai melko usein. Massaluetteloiden käytön heikkous johtuu siitä, että tilaajat harvemmin hyväksyvät massaluetteloiden käytön. Päällimmäisenä kysymyksenä on, kenen vastuulla massaluetteloiden paikkaansa pitävyys on. Perinteisesti urakoitsija laskee määrät suunnitelmista, jolloin vastuu on urakoitsijalla. Massaluetteloiden käyttäessä vastuu siirtyy suunnittelijalle. Massaluetteloiden käytön yleistymisen on siis enemmän juridikasta kuin tekniikasta kiinni.

## Lähteet

- BuildingSMART Finland. 2015. <http://buildingsmart.fi/>. Haettu 15.12.2015.
- COBIM-hankkeen osapuolet. 2012. Yleiset tietomallivaatimukset 2012. <http://www.buildingsmart.fi/8>. Haettu 5.1.2015.
- Dialux. 2015. <http://www.dial.de/DIAL/en/dialux/about.html>. Haettu 2.1.2015.
- Elenia Oy. 2014. Tietoa sähköverkkoon liittymisestä. <http://www.elenia.fi/sites/www.elenia.fi/files/Yleisohje%20s%C3%A4hk%C3%B6urakoitsijalle.pdf>. Haettu 8.1.2015.
- Haahtela-yhtiöt. 2015. <https://www.haahtela.fi/fi/yhtiotieto>. Haettu 28.3.2015.
- Halonen, T. & Värkki, K. 2015. Projektipankki rakennustyömaalla. Rakennustieto. Haettu 28.3.2015.
- MagiCAD. 2015. <http://www.magicad.com/fi>. Haettu 5.1.2015.
- Martin, Mikko. 2012. Projektipankkien vertailu ja valinta rakennushankkeeseen. Saimaan ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. Haettu 27.3.2015.
- Peltonen, Keni. 2009. Tietomallien käyttö sähkösuunnittelussa. Metropolia ammattikorkeakoulu. Talotekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö. Haettu 31.3.2015.
- Rajaplan Oy. 2014. Ounasrinteen sähkösuunnittelun tavoitteet 13.11.2014. Haettu 15.12.2014.
- Rajaplan Oy. 2015. Ounasrinteen monitoimitalon mittarointiselostus. 13.3.2015. Haettu 15.3.2015.
- Rakennustieto Oy. 2010. RT 10-10992, Tietomallinnettava rakennushanke. Ohjeita rakennuttajalle. Haettu 14.1.2015.
- Reka Kaapeli Oy. 2015. <http://www.reka.fi>. Haettu 14.1.2015.
- Rovaseudun Markkinakiinteistöt Oy. 2014. Tarjouspyyntö SÄH-suunnittelusta liitteineen 27.1.2014.
- Senaatin ohje sähköpiirustusten numerointiin. Haettu 15.12.2014.
- SKOL ry. 2014. Sähkösuunnittelun työmääräarvio 5/2014. Haettu 31.3.2015.
- Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. 2012. SFS-Käsikirja 600-1. Haettu 14.3.2015.
- Sähkötieto ry. 2001. ST 13.31 Rakennuksen sähköverkon ja liittymän mitoittaminen. Haettu 8.1.2015.
- Tietomallinnus vaatii onnistuakseen aiempaa parempaa yhteistyötä. 2015. Sähköala. Vol. 1-2. S. 46-47. Haettu 3.2.2015.

Ounasrinteen monitoimitalon sähkösuunnittelun tavoitteet

**Sähköjärjestelmien suunnittelutavoitteet 13.11.2014**

Kohde: Ounasrinteen monitoimitalo

### **Yleistä**

#### **Ympäristötavoitteet**

Hankkeen tavoitteena ovat elinkaariedullisten ratkaisujen käyttö ja rakennusten energiankulutuksen minimointi. Hankkeen energiatehokkuustavoitteet tilaaja määrittää hankesuunnittelu- vaiheessa ja ne kirjataan hankkeen tavoiteasiakirjaan. Tavoitteenasettelua tarkennetaan ja täsmennetään luonnossuunnittelun edetessä.

#### **CAD-suunnittelu ja tietomalli**

Suunnittelu tehdään tietomallintamalla ja sen tulee täyttää Yleiset tietomallivaatimukset 2012- ohjeen muotovaatimukset (Building Smart Finland <http://buildingsmart.fi/>).

Sähkötekniikka mallinnetaan 3D tietomalliksi arkkitehdin laatiman 3D tietomallin pohjalle. Projektissa edellytetään käytettäviltä ohjelmistoilta tietomallin IFC 2x3 -sertifikaattia.

#### **Piha ja alue**

Sähkö- ja valokaapeliliittymiskaapelit asennetaan kadunlaidasta putkessa rakennuksen ao. tiloihin. Ulkovaistus toteutetaan valaisinpylväillä ja seinän valaisimilla?

Valaisimet ovat LED valaisimia.

Autopaikoitusalue varustetaan pihakeskuksilla. Keskuksissa paikkakohtainen ajastin, max aika 2 h.

Mitoitus 1, 8 kW/autopaikka.

#### **Rakennus**

Rakennus varustetaan sähkö- tele-, tieto- ja turvajärjestelmien tiloilla. Tilojen jäähdytyksen ja ilmastoinnin

tarve selvitetään yhdessä LVI suunnittelijan kanssa.

IV-konehuoneessa ryhmäkeskukset, RAU:n alakeskuksen, taajuusmuuttajat ovat tilassa.

Sähkö-, tele- tieto- ja turvajärjestelmien tilojen välille rakennetaan johtoteiksi kaapelisuojuaputket ja kaapelihylly.

#### **Energian kulutustavoitteet**

Sähköenergian tavoitekulutus on 10 kWh/r-m3 vuodessa.

Kulutus on hallittavissa ohjausjärjestelmillä. Pumppuja ja puhaltimia ohjataan taajuusmuuttajilla.

Moottoreina käytetään korkean hyötysuhteen omaavia moottoreita.

Valaisimina käytetään LED-valaisimia elektronisella ohjattavalla liitäntälaitteella.

Valaistusta ohjataan ohjausjärjestelmillä ja läsnäoloilmaisimilla.

Tiloista sammutetaan valaistus läsnäoloanturilla kun tila on tyhjä enintään kaksi minuuttia.

Käytävien valaistusta ohjataan kahdessa sytymisryhmässä, joista toinen on läsnäoloanturien ohjaama.

Valaistus sammutetaan rakennusautomaatiolla käytön jälkeen.

Valaistuksesta 1/3 ohjataan läsnäoloantureilla ja 2/3 painikkeilla.

#### **Liittymät**

Sähköliittymä on pienjänniteliittymä. Sähkölaitos hankkii ja asentaa liittymisjohdon rakennuttajan kustannuksella.

Teleoperaattori asentaa valokaapeliliittymän.

#### **Johtotiet**

Johtoteinä käytetään kaapelisuojuaputkia, -hyllyjä, asennuskouruja ja ripustuskiskoja.

Kaapelisuojuaputkia käytetään johtojen sisään tuonneissa.

Nousu- ja ryhmäjohtojen johtotienä ovat kaapelihyllyt, asennuskourut ja ripustuskiskot.

Kaapelihyllyt ovat sinkittyjä teräslevy- ja teräspienahyllyjä.

Näkyvillä hyllyt ovat valkeaksi polttoaalattuja. Osin hyllyt ovat yhteiskäyttö hyllyjä.

Asennuskourut ovat valkeaksi maalattuja Al kouruja. Kouruissa on omat osat vahva- ja heikkovirta-asennuksille.



## Ounasrinteen monitoimitalon sähkösuunnittelun tavoitteet

Valaisinripustuskiskoja käytetään teknisissä ja varastotiloissa. Kiskot ovat valkeita sinkittyjä teräslevykiskoja.

### Keskukset

Pääkeskus asennetaan omaan tilaan.

Pääkeskus on  $I_n = 630$  A ja  $U_n = 400$  V.

Pääkojeet ovat kompaktikatkaisijoita energian mittausreileillä varustettuna.

Energianmittaus, käyttäjä sähkö, valaistus ja pistorasiat erikseen.

Kiinteistösähkö, erikseen valaistus, pistorasiat, sähkölämmitykset, ilmastointi ja jäähdytys.

Pää- ja ryhmäkeskukset varustetaan ylijännitesuojauksella.

Ryhmäkeskukset ovat johdonsuoja-automaattikeskuksia.

Johdonsuojien laukaisukäyrä on C.

Nousujohdot ovat TN-S- järjestelmän mukaisia.

Rakennus varustetaan määräysten mukaisella maadoitusjärjestelmällä.

Loisteho kompensoidaan automaattisella kompensointiparistolla.

Säädin on elektroninen 6-portainen.

Polttomootorilla varustettua varavoimakonetta ei rakenneta.

Tietoverkon jakamoihin tilavaraus käyttäjän myöhemmin hankkimaa UPSia varten.

### Valaistus

Yleisvalaistusjärjestelmä, joka toimii yleis-, kulku- ja työskentelyvalaistuksena toteutetaan

LED-valaisimilla. Valaistusvoimakkuutena käytetään valoteknisen seuran suosituksia.

Valaistuksen energiatehokkuus on standardin EN 15193-1 mukaisesti kWh/m<sup>2</sup>/vuosi (LENI).

Valaistuksessa käytetään EN 12464-1 standardin mukaisia valaistusvaatimuksia (lux):

- sisäänkäyntiaulat	200 lux
- käytävät	100 lux
- porrashuoneet	150 lux
- ruokailutilat	200 lux
- luokat	300 lux
- luokan taulualue	500 lux
- luentosalit	500 lux
- piirustusluokat	500 lux
- käsityöluokat	500 lux
- musiikki-, kieli- ja ATK-luokat	300 lux
- kirjasto, kirjahylly	200 lux
- kirjasto, lukutilat	500 lux
- opettajainhuoneet	300 lux
- varastot	100 lux
- urheilusalit	300 lux
- keittiö	500 lux.

Valaistuksen värintoistoindeksi, Ra, on 80.

Työtilojen ja luokkien valaistus toteutetaan läsnäolotunnistuksella. Valaistus sammutetaan viimeistään kun tilassa ei oleskella.

Tilakohtaisena valaistuksen sähkötehokkuuden tavoitearvona työtiloissa pidetään alle 12W/m<sup>2</sup>.

Käytävien, aputilojen yms. valaistus toteutetaan LED-valaisimilla, sekä liike- ja aikaohjauksella, sähkötehokkuuden tavoitearvona työtiloissa pidetään alle 10W/m<sup>2</sup>.

Ulko- ja aluevalaistus toteutetaan LED – valaisimilla ja ohjataan rakennusautomaation valoisuusanturilla ja aikaohjauksella. Yö-aikana valaistusta sammutetaan rakennusautomaatiolla.

Rakennus varustetaan keskitetyllä merkki- ja turvavalaisusjärjestelmällä, jännite 230 V.

Turvavalaisus syttyy kun poistumisteiltä sammuvat valot niiden ollessa päällä.

Turvavalaisuksen suunnittelu suoritetaan noudattaen sisäasiainministeriön ohjeita ja ST korttia 59.10, laadittu 11/21014.

### Sähkölämmitys

Ulkoalueilla ei ole sähkösulatuksia.

Kattokaivot, jiirit, räystäskourut ja syöksytorvet varustetaan sähkösulatuksilla?

## Ounasrinteen monitoimitalon sähkösuunnittelun tavoitteet

Sulatuskaapeli asennetaan 1,5 metrin syvyyteen.

Sulatuksia ohjataan kahdessa piirissä, etelä-länsi ja itä-pohjoinen.

Ohjaus toteutetaan ajastimella sekä rakennusautomaation lämpötilan mittauksella ja vuorokausi-vuodenaika ohjauksella. Estetään sulatusten päällä olo kun lämpötila on nollan yläpuolella ja/tai lämpötila on alle 2 pakkasen. Lisäksi estetään sulatusten päällä olo kesällä ja syksyllä.

Rakennusautomaatio estää sulatusten päällä olon kun rakennus on normaalissa käytössä (klo 10-14), leikataan huipputehoa.

### **Puhelinjärjestelmät**

Yleiskaapelointi verkko toimii puhelinsisäverkkona.

Ovipuhelimia ei ole.

Langattomana puhelinverkkona toimii GSM verkko.

### **Antennijärjestelmät**

Rakennus varustetaan Viestintävirasto 65/2014 M mukaisella antennisisäverkolla.

Yhteisantenniverkon runkokaapelointi toteutetaan siten, että talojakamosta jokaiseen haarottimeen asennetaan koaksiaalikaapelointi. Jokaiseen luokkaan ja aulaan asennetaan yksi antennirasia ja rasiat kaapeloidaan koaksiaalikaapeleilla tähtiverkoksi. Kaapelointi suunnitellaan, mitoitetaan ja rakennetaan siten, että kaapelointi palvelee verkon käyttötarkoitusta ja ennakoitavissa olevia laajennustarpeita. Verkon ylärajataajuus on 790 MHz.

### **Äänentoistojärjestelmät**

Rakennus varustetaan äänentoistojärjestelmällä joka toimii äänievakuointijärjestelmänä.

Äänievakuointijärjestelmä liitetään paloilmoitusjärjestelmä. Luokissa kaiuttimissa säädin ja

pakkosyöttörele. Järjestelmän toiminta varmistetaan UPSilla. Käytävät, aulat ja luokat varustetaan kaiuttimilla. Mikrofonit, rehtorin kansliassa, opettajien tilaan ja pelastuslaitoksen hyökkäystielle.

### **AV-järjestelmät**

Luokkiin ja neuvotteluhuoneisiin AV-suunnitelman AV-järjestelmä.

### **Merkinantojärjestelmät**

Osa toimistoista varustetaan sisäänpyyntöjärjestelmällä.

Neuvotteluhuoneet varustetaan varattuvalojärjestelmällä.

Luokat ja käytävät varustetaan keskuskellolla olevalla aikakellojärjestelmällä.

Ulos asennetaan digitaalinen ulkokello, jossa lämpötilan näyttö.

Kellot arabialaisilla numeroilla.

Kelloissa minuutti ja tunti näyttö.

### **Sähkölukitus ja kulunvalvonta**

[REDACTED]

### **Rikosilmoitusjärjestelmä**

[REDACTED]

### **Paloilmoitinjärjestelmä**

Paloilmoitusjärjestelmä on ositteellinen. Järjestelmä liitetään hätäkeskukseen.

### **Savunpoistojärjestelmä**

Rakennus varustetaan savunpoistojärjestelmällä. Järjestelmän ohjauskytkimet sijoitetaan pelastustielle.

Ounasrinteen monitoimitalon sähkösuunnittelun tavoitteet

#### **Palo-ovien ohjausjärjestelmä**

Käytävien palo-ovet varustetaan auki pitomagneetein.

#### **Yleiskaapelointijärjestelmä**

Rakennukseen asennetaan yleiskaapelointijärjestelmä noudattaen Viestintävirasto 65/2014 M määräyksiä.

Kaapelointi on sähköisesti suojattua rakennetta, siirtotieluokka E<sub>A</sub>, kaapelit ovat U/FTP ja kaapeleiden tulee olla testattuja 500 MHz saakka. Liitäntärasiat ovat 2xRJ45 U/FTP. Opettajien työtilat ja luokissa opettajan työpaikka varustetaan yleiskaapeloinnilla. Eri käyttäjillä on omat jakamot. Jakamoiden väliset kaapeloinnit ovat valokaapeleita.

Rakennus varustetaan langattomalla tietoverkolla, WLAN.

#### **Rakennusautomaatiojärjestelmä**

Rakennus varustetaan keskitetyllä, vapaasti ohjelmoitavalla rakennusautomaatiojärjestelmällä. Järjestelmällä hallitaan rakennuksen LVIAS järjestelmiin liittyviä ohjaus-, säätö-, mittaus- sekä valvonta- ja hälytystoimia.

Rakennusautomaatiojärjestelmällä hallitaan rakennuksen energiankäyttöä siten, että energiankulutus on rakennettavalle rakennukselle optimaalinen. Lisäksi rakennusautomaatiojärjestelmällä pyritään saavuttamaan rakennukselle asetetut sisäilmaston vaatimukset ja asetukset

Senaatin ohje sähköpiirustusten numerointiin



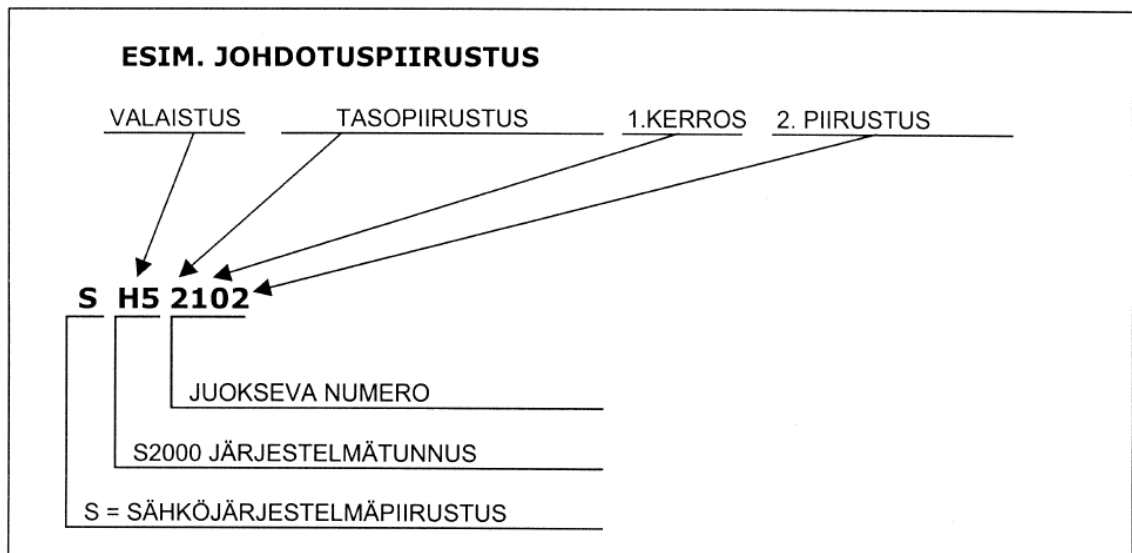
1/3

**SÄHKÖPIIRUSTUSTEN NUMEROINTI****SÄHKÖPIIRUSTUSTEN JUOKSEVAT NUMEROSARJAT**

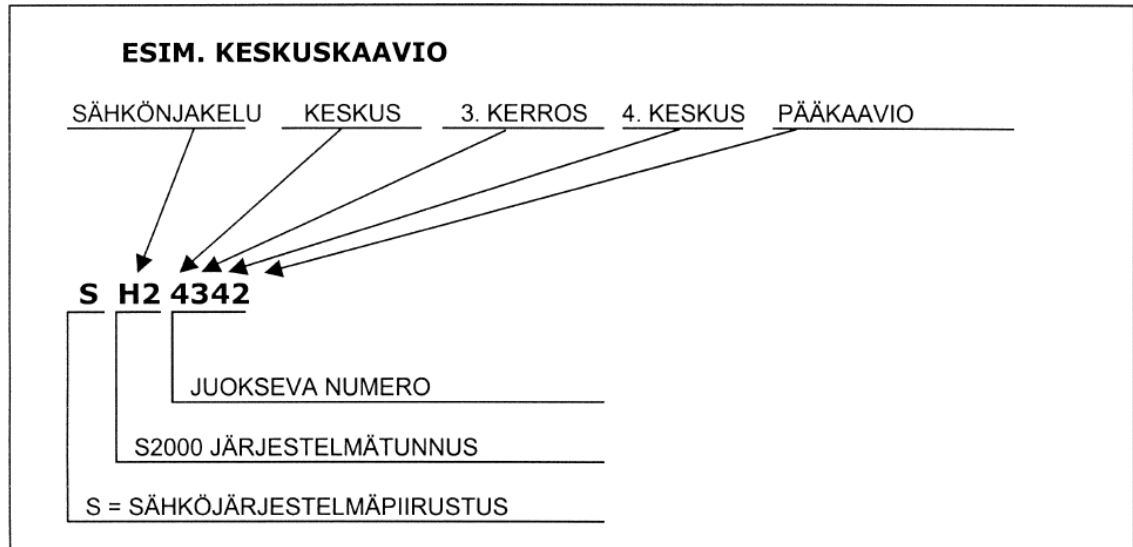
0000	SARJA	YLEISET ASIAKIRJAT
1000	SARJA	ASEMA- JA ALUEPIIRUSTUKSET
2000	SARJA	POHJAPIIRUSTUKSET
3000	SARJA	NOUSUJOHTO- JA MAADOITUSKAAVIOT
4000	SARJA	KESKUSPIIRUSTUKSET
	4XX1	KOKOONPANOPIIRUSTUS
	4XX2	PÄÄKAAVIO
	4XX3	KESKUKSEN PIIRIKAAVIOT
	4XX4	KESKUKSEN LAITELUETTELOT
	4XX5	MUUT KESKUKSEEN LIITTYVÄT DOKUMENTIT
5000	SARJA	LUETTELOT
6000	SARJA	VARALLA (ERIKOISPIIRUSTUKSET)
7000	SARJA	VARALLA (ERIKOISPIIRUSTUKSET)
8000	SARJA	VALAISINLUETTELOT
9000	SARJA	LEIKKAUSPIIRUSTUKSET

**S2000 JÄRJESTELMÄTUNNUKSET**

H0	KOHDEKOHTAISET SUORITUSOHJEET
H1	ASENNUSREITIT
H2	SÄHKÖN PÄÄJAKELUJÄRJESTELMÄT
H3	LAITTEISTOJEN SÄHKÖISTYS
H4	SÄHKÖNLIITÄNTÄJÄRJESTELMÄT
H5	VALAISTUSJÄRJESTELMÄT
H6	SÄHKÖLÄMMITYSJÄRJESTELMÄT
H7	MUUT JÄRJESTELMÄT

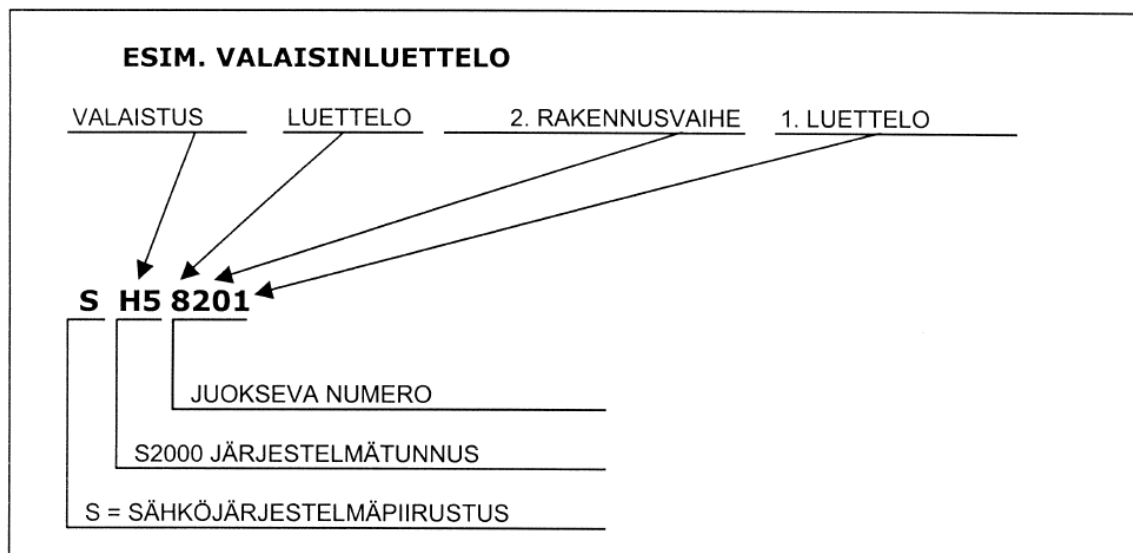


Senaatin ohje sähköpiirustusten numerointiin



YKSISIVUISEN ASIAKIRJAN TIEDOSTOTUNNUS ON SAMA KUIN PIIRUSTUSNUMERO.

MONISIVUISEN ASIAKIRJAN JOKAISESTA SIVUSTA MUODOSTETAAN OMA TIEDOSTO.  
MONISIVUISEN ASIAKIRJAN TIEDOSTONUMERO ON PIIRUSTUSNUMERO  
LISÄTTYÄ SIVUN JÄRJESTYSNUMEROLLA.  
ESIM YLLÄOLEVAN KAAVIO 1. SIVUN TIEDOSTONUMERO ON SH243421.DWG



LUETTELOON KAIKKI SIVUT TALLETAAN SAMAAN TIEDOSTOON

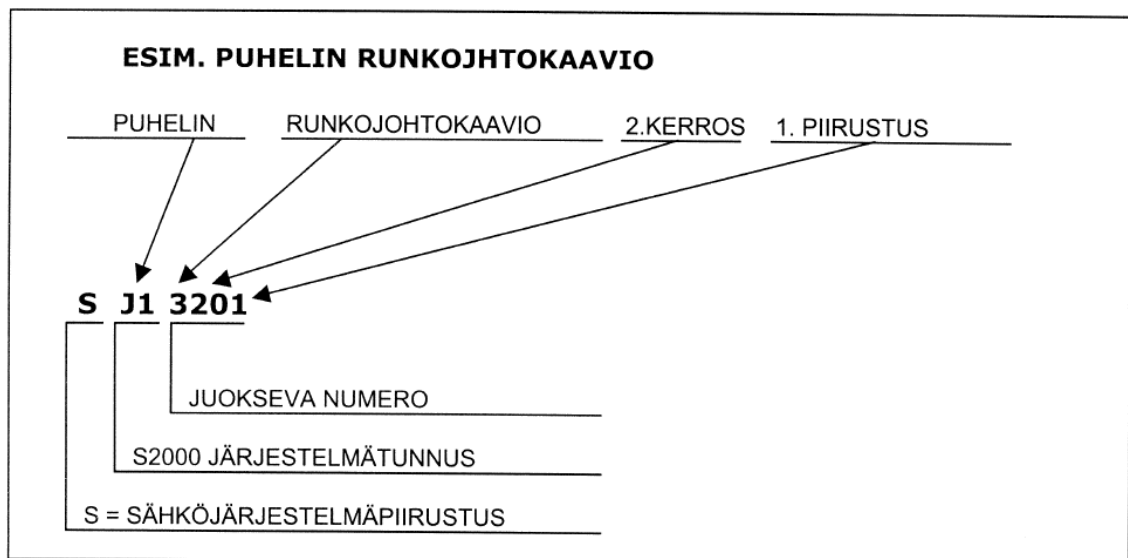
Senaatin ohje sähköpiirustusten numerointiin

**TELEPIIRUSTUSTEN JUOKSEVAT NUMEROSARJAT**

0000 SARJA	YLEISET ASIAKIRJAT
1000 SARJA	ASEMA- JA ALUEPIIRUSTUKSET
2000 SARJA	POHJAPIIRUSTUKSET
3000 SARJA	RUNKOJOHTOKAAVIOT
4000 SARJA	KESKUSLAITEPIIRUSTUKSET
5000 SARJA	KAAPELI- YM. LUETTELOT
6000 SARJA	KYTKENTÄLUETTELOT
7000 SARJA	VARALLA (ERIKOISPIIRUSTUKSET)
8000 SARJA	ERIKOISPIIRUSTUKSET, DETALJIT YM.
9000 SARJA	LEIKKAUSPIIRUSTUKSET

**S2000 JÄRJESTELMÄTUNNUKSET**

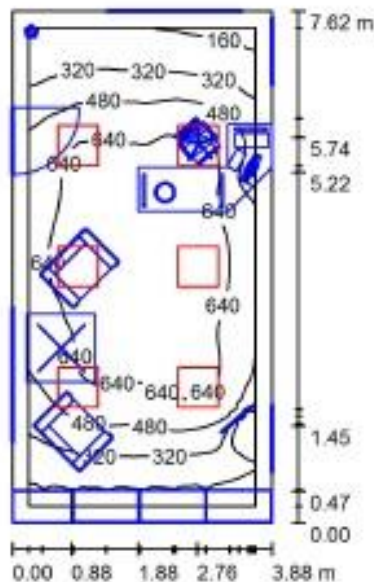
J0	KOHDEKOHTAISET SUORITUSOHJEET
J1	PUHELINJÄRJESTELMÄT
J2	VIESTINTÄJÄRJESTELMÄT
J3	MERKINANTOJÄRJESTELMÄT
J4	TURVALLISUUSJÄRJESTELMÄT
J5	TIETOVERKKOJÄRJESTELMÄT
J6	INTEGROIDUT JÄRJESTELMÄT
J7	AUTOMAATIOJÄRJESTELMÄT



ORMTT

DIALux  
22.04.2015Tekijä  
Puhelin  
Faksi  
Sähköpostiosoite

## Toimisto / Yhteenveto



Tilan korkeus: 2.800 m, Huoltokerroin: 0.67

Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava 1:98

Pinta	$\rho$ [%]	$E_m$ [lx]	$E_{min}$ [lx]	$E_{max}$ [lx]	$E_{min} / E_m$
Käyttötaso	/	511	20	782	0.040
Lattia	20	304	7.39	626	0.024
Katto	70	97	30	2513	0.313
Seinät (4)	50	131	0.35	411	/

## Käyttötaso:

Korkeus: 0.850 m  
 Rasteri: 128 x 128 Pisteet  
 Reuna-alue: 0.250 m

## Luettelo valaisimista

Numero	Kappale	Tunnus (Korjaustekijä)	$\Phi$ (Valaisin) [lm]	$\Phi$ (Lamput) [lm]	P [W]
1	6	Glamox MODUL-R600 LED 4000 840 MP - 1x43W LED MO-R 4000 840 (1.000)	4223	4225	43.0

Yhteensä: 25337 Yhteensä: 25350 258.0

Ominainen verkkoon kytketty kuorma:  $8.72 \text{ W/m}^2 = 1.71 \text{ W/m}^2/100 \text{ lx}$  (Pohjapinta-ala:  $29.60 \text{ m}^2$ )

## Ounasrinteen monitoimitalon toimiston valaistuslaskenta

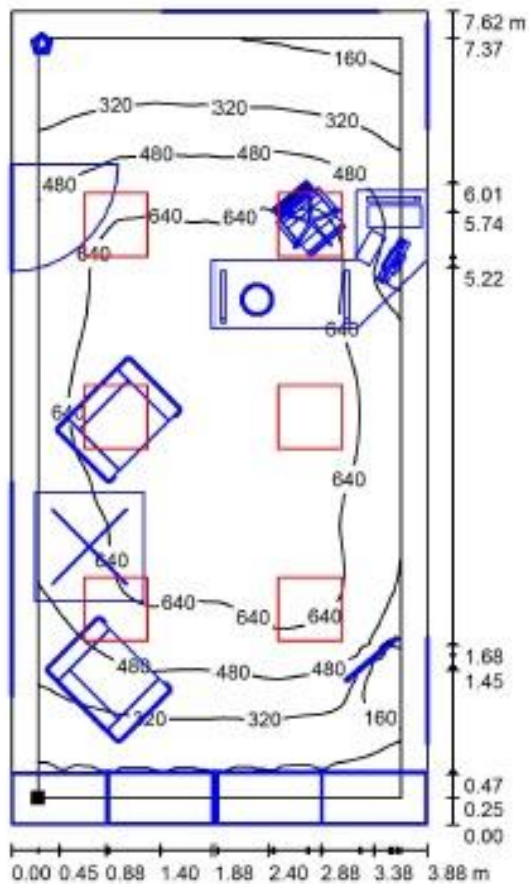
ORMTT

DIALux

22.04.2015

Tekijä  
Puhelin  
Faksi  
Sähköpostiosoite

## Toimisto / Käyttötaso / Isolux-käyrät (E)



Arvot (yksikkö) Lux, Mittakaava 1 : 60

Pinnan sijainti tilassa:  
Käyttötason 0.250 m Reuna-alue  
Merkitty piste:  
(19.168 m, 56.629 m, 0.850 m)



Rasteri: 128 x 128 Pisteet

 $E_m$  [lx]  
511

 $E_{min}$  [lx]  
20

 $E_{max}$  [lx]  
782

 $E_{min} / E_m$   
0.040

 $E_{min} / E_{max}$   
0.026



Tekijä  
Puhelin  
Faksi  
Sähköpostiosoite

**Toimisto / Kolmiulotteinen kuvanmuodostus**

