

Joel Polojärvi & Jari Kuusisto

Talotekniikan tietomallipohjainen määrälaskenta



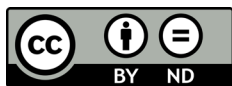
Julkaisusarja

Karelia-ammattikorkeakoulun julkaisu C: Raportteja, 126

Tekijät

Joel Polojärvi, Karelia-ammattikorkeakoulu
Jari Kuusisto, Karelia-ammattikorkeakoulu

© Tekijät ja Karelia-ammattikorkeakoulu



Tämä julkaisu on lisensoitu Creative Commons Nimeä-EiMuutoksia 2.0 Kansainvälinen -lisenssillä.

ISBN 978-952-275-408-0

ISSN 2323-6914

Karelia-ammattikorkeakoulu 2023

Vähähiilinen ja energiatehokas korjausrakentaminen -projekti



**BUSINESS
JOENSUU**



Vipuvoimaa
EU:lta
2014-2020

Sisällys

1 Johdanto	4
1.1 Tietomallivaatimukset.....	4
1.2 Tietomallipohjaisen määrälaskennan merkitys sekä mahdolliset hyödyt.....	6
2 Määrälaskennan vaiheet ja menetelmät	7
2.1 Tietomallin käyttö määrälaskennassa.....	7
2.2 Määräluettelo.....	8
2.3 Määrälaskennan tarkkuuden varmistaminen.....	8
3 Tietomallipohjainen määrälaskenta	10
3.1 Solibri.....	10
3.2 Navisworks.....	17
3.3 MagiCAD for AutoCAD.....	24
3.4 Cadmatic.....	27
4 Vertailutulokset ja analyysi	31
4.1 Määrälaskentaohjelmien vertailu.....	31
4.2 Yhteenveto tuloksista.....	34
5 Pohdinta	35
5.1 Tietomallipohjaisen määrälaskennan todellinen potentiaali talotekniikassa.....	35
6 Lähteet	37

1 Johdanto

Määrälaskenta on oma osansa rakennushanketta. Manuaalinen määrerien laskenta sekä määräluetteloiden luonti vie huomattavasti aikaa. Määrälaskentaa voidaan kuitenkin tehostaa merkittävästi tietomallin avulla ja manuaalinen määrerien laskenta voidaan korvata ohjelmistoavusteisella laskennalla. Määrerien laskenta voidaan toteuttaa esimerkiksi arkkitehti-, rakenne- tai talotekniikan tietomalleista, mikä tuo mukanaan merkittäviä hyötyjä rakennushankkeen eri vaiheissa. Kiteytettynä tietomallipohjaisesta määrälaskennasta hyötyy rakennushankkeen jokainen osapuoli.

Talotekniikan tietomallipohjaisella määrälaskennalla tarkoitetaan menetelmää, jossa rakennusprojektin taloteknisten järjestelmien määrät ja tarvikkeet lasketaan ja arvioidaan hyödyntämällä digitaalista tietomallia. Määrälaskenta voi olla suurimmaksi osaksi automatisoitua, joka nopeuttaa laskentaprosessia huomattavasti verrattuna perinteiseen määrälaskentaan, joka suoritetaan pääosin PDF- tai DWG-tiedostojen pohjalta. Tämä menetelmä tarjoaa lukuisia etuja rakennusalan ammattilaisille, kuten esimerkiksi tarkkuutta ja tehokkuutta.

Tietomallipohjainen määrälaskenta muuttaa perinteistä määrälaskijan työtä merkittävästi vähentämällä manuaalista rutiinityötä. Vaikka laskenta automatisoituu, tulee silti ymmärtää tulosten sekä tietomallin todenmukaisuus. Määrälaskijan ammattitaitoa tarvitaan edelleen lähtötietojen, materiaalien, tietomallin sekä tulosten arvioinnissa. (Rakennustieto Oy, 2012)

Tämän julkaisun tarkoituksena on tutkia talotekniikan määrälaskentaa sekä vertailla tietomallipohjaiseen määrälaskentaan soveltuvia ohjelmia. Vertailtuja ohjelmistoja ovat Solibri, Navisworks, Cadmatic ja MagiCAD for AutoCAD. Ohjelmistojen vertailun lisäksi työn tarkoituksena on jakaa tietoa määrälaskennasta, ohjelmistoista sekä niiden käytöstä. Lisäksi työssä pohditaan tietomallipohjaisen määrälaskennan todellista potentiaalia.

1.1 Tietomallivaatimukset

Tietomallin ja mallinnuksen tavoitteena on rakentamisen ja suunnittelun tukeminen. Mallinnus edistää rakentamisen sekä suunnittelun laatua, tehokkuutta, turvallisuutta sekä tukee kestäväen kehityksen mukaista hanke- ja elinkaari prosessia. Tietomallia

voidaan hyödyntää koko rakennuksen elinkaaren ajan, alkaen suunnitteluvaiheesta ja jatkuen rakennuksen valmistumisen jälkeen käytön ja ylläpidon aikana. Lisäksi tietomalli toimii yhteisenä viitepisteenä eri sidosryhmien välillä, joka helpottaa tiedon jakamista sekä yhteistyötä eri osapuolten kesken. (Rakennustieto Oy, 2012)

Tietomallin avulla voidaan muun muassa:

- Tukea investointipäätöksiä sekä vertailla eri ratkaisujen toimivuutta, laajuutta ja kustannuksia.
- Tukea suunnittelua ja ylläpidontavoiteseurantaa energia-, ympäristö- ja elinkaarianalyysijä vertailemalla.
- Tehostaa suunnitelmien havainnollistamista.
- Tukea ja tehostaa laadunvarmistusta, tiedonsiirtoa sekä suunnitteluprossia.
- Hyödyntää rakennushankkeen tietoja käytön ja ylläpidon aikaisissa toiminnoissa.

Tietomalli toimii tietomallipohjaisen määrälaskennan perustana. Tietomallivaatimukset varmistavat tietomallin laadun sekä tarkkuuden, mikä tekee tietomallipohjaisesta määrälaskennasta mahdollista. Tietomallin tulee olla virheetön, jotta määrälaskennan tuloksista saadaan oikeat. Tietomallin laadusta ja yhdistelmämallin kasaamisesta vastaa tietomallikoordinaattori, joka on joko hankejohton tai pääsuunnittelijan valitsema tahon. Suunnitteluvaiheessa vastuu on kuitenkin suunnittelijalla ja suunnittelijan tulee valvoa oman mallinsa teknistä laatua. (Rakennustieto Oy, 2012)

Yleiset tietomallivaatimukset kattavat uudis- ja korjausrakentamisen sekä lisäksi rakennusten käytön ja ylläpidon. Tietomallivaatimukset määrittävät mallinnukselle sekä tietomallin sisällölle vähimmäisvaatimukset. Vähimmäisvaatimukset on tarkoitettu noudatettavaksi kaikissa rakennushankkeissa, joissa tietomallivaatimuksia halutaan käyttää. Vähimmäisvaatimusten lisäksi voidaan esittää tapauskohtaisesti lisävaatimuksia. Mallinnusvaatimusten sisältö on esitettävä kaikissa suunnittelusopimuksissa sitovasti ja yhdenmukaisesti. Julkisissa hankkeissa mallinnusohjelmien tulee olla vähintään IFC 2x3-sertifioituja. Hankkeessa voidaan esittää erityisvaatimuksia IFC-version suhteen, mutta tästä tulee sopia hankekohtaisesti. Lisäksi suunnittelijoiden on tarjouksissaan mainittava käyttämänsä mallinnusohjelmisto sekä IFC-mallin versio. (Rakennustieto Oy, 2012)

1.2 Tietomallipohjaisen määrälaskennan merkitys sekä mahdolliset hyödyt

Perinteiseen määrälaskentaan verrattuna tietomallipohjaisella määrälaskennalla voidaan parantaa projektin suorituskykyä ja vähentää mahdollisia virheitä. Lisäksi se mahdollistaa suunnitteluvaiheessa eri vaihtoehtojen tarkastelun. Tietomallipohjainen määrälaskenta perustuu suoraan tietomalliin, jolloin määrät ja tarvikkeet pystytään laskea automaattisesti. Tämä vähentää inhimillisiä virheitä ja parantaa laskentojen tarkkuutta. Tietomalleista luotuja määräluetteloja voidaan hyödyntää esimerkiksi urakan tarjousvaiheessa tai kustannusarviota tehdessä. Tietomallista saatavaa määräluetteloja voidaan myös tarkastella ja analysoida esimerkiksi päätöksentekoa varten. Pääpiirteittäin määrälaskennan automatisointi säästää aikaa ja resursseja sekä valmiilla määräluettelopohjilla voidaan poistaa merkittäviä määriä päällekkäistä työtä. (Rakennustieto Oy, 2012)

2 Määrälaskennan vaiheet ja menetelmät

Perinteisesti tietomallipohjainen määrälaskenta koostuu muutamista eri vaiheista. Laskennan ensimmäisenä vaiheena on IFC-mallin tuonti määrälaskentaohjelmistoon. IFC-mallin tuonnin tulee tarkastaa tietomalli mahdollisten virheiden varalta. Tarkastuksen jälkeen tulee tunnistaa ja tarkastaa määrälaskettavat objektit sekä niiden tiedot, jotta määrälaskennan laskentaparametrit saadaan syötettyä oikein. Näiden vaiheiden jälkeen voidaan suorittaa määrälaskenta. Määrälaskennan suorittamisen jälkeen tulee tarkastaa sekä analysoida ohjelmistosta saadut tulokset. Mikäli virheitä ei havaita, voidaan raportoida tulokset. Viimeisenä vaiheena on mahdollisten päivitysten tekeminen, joita IFC-malliin voi tulla projektin edetessä.

2.1 Tietomallin käyttö määrälaskennassa

Tietomallin tulee sisältää kaikki tarvittavat tiedot talotekniikkajärjestelmistä, jotta määrät ja tarvikkeet voidaan laskea. Tietomalli sisältää tarkat geometriset tiedot lähes kokonaisuudessaan talotekniikkajärjestelmistä, kuten putkistojen, ilmanvaihto-, sähkö- ja lämmitysjärjestelmien sijainnit ja mitat. Lisäksi tietomallista saatavia tietoja ovat muun muassa putkien halkaisijat, pituudet, venttiilien tyypit ja komponenttien tiedot. Näiden tietojen sisältö sekä merkintätapa riippuu myös suunnitteluohjelmistosta, jolla suunnitelmat on tehty, ja siitä mitä tietoja niihin on sisällytetty. IFC-malleissa voi olla paljon eroja, mikä vaikuttaa määrälaskennan asetusten määrittämiseen.

Määrälaskentaohjelmistot ja -työkalut hyödyntävät tietomallia suorittaakseen automaattisen tai puoliautomaattisen määrälaskennan. Tietomalli tarjoaa tarkan perustan määrälaskennalle, koska se sisältää kaikki tarvittavat tiedot järjestelmien ominaisuuksista ja mitoituksista. Ohjelmistot voivat lukea tietomallista suoraan tiedot tarvittavien materiaalien ja komponenttien määristä ja ominaisuuksista, ja laskea niiden perusteella esimerkiksi putkien tai kanavien pituudet sekä venttiilien tai komponenttien lukumäärät.

Tietomallin päivittyessä määräluettelon sisältö tulee laskea uudelleen, jotta se vastaisi aina ajantasaista tilannetta. Määräluettelon päivittämisessä voidaan kuitenkin

hyödyntää aiemmin tehtyä määrälaskentapohjaa, mikä nopeuttaa prosessia huomattavasti.

2.2 Määräluettelo

Määräluettelon luontiin ei ole yhtä oikeaa tapaa. Yleisesti määräluettelossa esitetään samantyyppisten komponenttien yhteenlaskettu kappalemäärä tai pituus. Määräluettelon ryhmitykset vaihtelevat riippuen tekijästä, ja tarkentavia ryhmityksiä on mahdollista lisätä käyttötärpeen mukaan. Esimerkkikuvassa nähdään Solibrin määräluettelo (Kuva 1). Määräluettelon ryhmittelevinä osioina lasketuille osille on käytetty sijaintia, kategorialla, tarkennettuja tietoja, kulman astetta, kokoa, pituutta sekä lukumäärää. Lisäksi määräluettelossa oikealla näkyy minkä värinenä komponentti näkyy 3D-näkymässä. Ryhmittelyillä määräluettelosta saa selkeän sekä helposti luettavan.

Kerros	Kategoria	Tiedot	Kulma	Koko	Pituus	Lukumäärä	Väri
Level 2	Pipe Fittings, Pipes	Copper pipe, MagiCA...		12	15,713 m	26	
Level 2	Pipe Fittings, Pipes	Generic PVC Plug, Se...		75	9,335 m	24	
Level 2	Pipe Fittings, Pipes	Generic PVC Plug, Se...		50	63,410 m	92	
Level 2	Pipes	Copper pipe		22	1,967 m	8	
Level 2	Pipes	Sewer pipe PP		110	24,111 m	50	
Level 2	Pipes	Sewer pipe PP, Steel pi...		40	63,352 m	14	
Level 2	Pipes	Steel pipe Fe-35		10	12,951 m	14	
Level 2	Pipes	Steel pipe Fe-35		15	143,756 m	112	
Level 2	Pipes	Steel pipe Fe-35		20	182,290 m	116	
Level 2	Pipes	Steel pipe Fe-35		25	58,585 m	203	
Level 2	Pipes	Steel pipe Fe-35		32	78,553 m	22	
Level 2	Pipes	Steel pipe Fe-35		80	186,498 m	118	
Roof	Air Terminals, Ducts	Generic circular duct, l...		400	6,725 m	6	
Roof	Air Terminals, Ducts	Generic circular duct, ...		500	44,300 m	17	
Roof	Duct Fittings	Circular,smooth, mini...	90 °	400-400		3	
Roof	Duct Fittings	Circular,smooth, mini...	90 °	500-500		6	
Roof	Duct Insulations, Duct l...	AHU with circular extr...			51,084 m	32	

Kuva 1. Esimerkki määräluettelosta. (Solibri)

2.3 Määrälaskennan tarkkuuden varmistaminen

Virallisesta tietomallin laadunvalvonnasta vastaa tietomallikoordinaattori. Tietomalli on kuitenkin suositeltavaa tarkastaa mahdollisten virheiden, ristiriitojen tai puutteiden varalta. Lisäksi on suositeltavaa tarkistaa, että tiedot, parametrit, komponentit sekä ominaisuudet ovat oikein. Mahdolliset virheet tulee havaita ja korjata ennen määrälaskennan suorittamista, mikäli se on mahdollista.

Laskennan tarkkuuden varmistamisessa voidaan hyödyntää esimerkiksi 3D-näkymää. Visuaalinen 3D-näkymä auttaa havainnollistamaan määräluettelon sisältöä, mikä auttaa hahmottamaan laskettua kokonaisuutta. Lisäksi varmistamisessa voidaan käyttää apuna esimerkiksi LVI2010-nimikkeistöä, jota voidaan hyödyntää esimerkiksi tarkistuslistana.

3 Tietomallipohjainen määrälaskenta

Tässä luvussa tutustutaan määrälaskentaan soveltuvien ohjelmien ominaisuuksiin, käyttöliittymiin sekä perustoimintoihin. Lisäksi syvennytään hieman määrälaskennassa tarvittaviin toimintoihin, joita ovat muun muassa tietomallin tarkastelu, itse määrälaskenta, tulosten tarkastelu sekä raportointi. Tavoitteena työssä on tuottaa määräluettelo tietomallin tai suunnitelmien pohjalta. Tietomallipohjaiseen määrälaskentaan soveltuvia ohjelmia ovat Solibri ja Navisworks. Ohjelmistot mahdollistavat määrälaskennan IFC-mallin pohjalta. Cadmatic ja MagiCAD for AutoCAD tuottavat määräluettelon DWG-kuvien sekä alkuperäisten suunnitelmien pohjalta.

3.1 Solibri

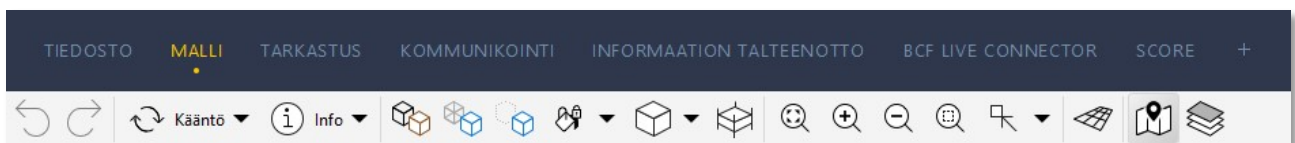
3.1.1 Esittely

Solibri soveltuu tietomallin tarkasteluun ja laadunvarmistukseen sekä mahdollistaa eri toimijoiden välisen yhteistyön ja kommunikoinnin tietomallin välityksellä. Solibrista on saatavilla kolme eri versiota: Anywhere, Site ja Office. Solibrin Anywhere -versio on maksuton, ja se on pääosin suunnattu vain tietomallin katseluun sekä kommentointiin. Anywhere-versio mahdollistaa tietomallin tarkastelun lisäksi myös ilmoitusten ja merkintöjen luonnin sekä mittauksen tekemisen. Versiolla ei pysty tekemään määrälaskentaa.

Solibri Site -versio on ominaisuuksiltaan kattavampi, mikä mahdollistaa muun muassa määrälaskennan sekä informaation talteenoton. Solibri Site -versiosta löytyy samat ominaisuudet kuin Anywhere-versiosta. Lisäksi sillä on mahdollista yhdistää useita tietomalleja, luoda luokitteluja, tehdä määrälaskentaa sekä räätälöidä Solibria. Laajimassa Solibri Office versiossa on mahdollista aiemmin mainittujen ominaisuuksien lisäksi tarkastaa malleja, räätälöidä sääntöjä sekä käyttää Autorun-lisäosaa. Solibri Officesta on saatavilla ilmainen kokeiluversio. Lisäksi Solibri järjestää ilmaisia koulutuswebinaareja. (Solibri Inc, 2023)

3.1.2 Käyttöliittymä ja perustoiminnot

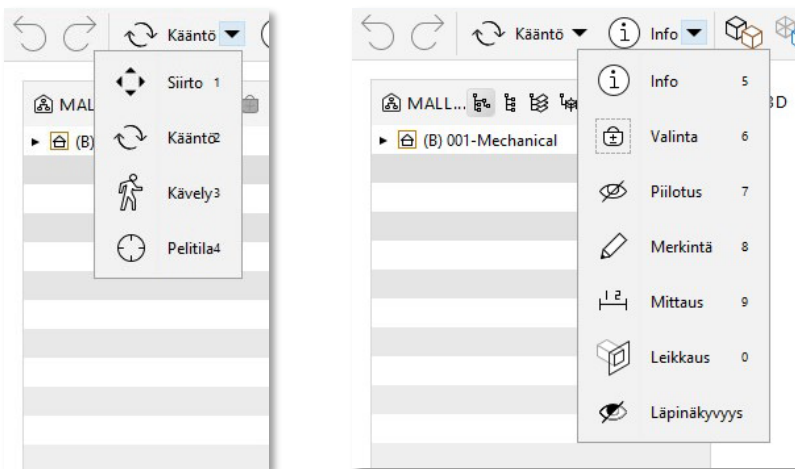
Solibrin käyttöliittymä on pääpiirteittäin yksinkertainen ja helppokäyttöinen. Testattavana versiona toimii Solibri Office. Kuvassa 2 näkyy Solibrin ylävalikko. Ylävalikosta löytyy muun muassa tietomallin tarkasteluun sekä määrälaskentaan tarkoitetut asemoinnit. Lisäksi Solibri mahdollistaa oman asemoinnin luonnin ylävalikosta löytyvällä + painikkeella. Ylävalikon alapuolella olevasta valikosta löytyy mallin sekä sen tietojen tarkasteluun tarvittavat työkalut.



Kuva 2. Solibrin yläpalkki.

3.1.3 Tietomallin tarkastelu

Tietomallin tarkastelu tapahtuu Solibrilla hyvin perinteiseen tapaan. Selkeä ja visuaalinen ulkoasu tekee mallin tarkastelusta helppoa. Mallia voidaan tarkastella muutamien eri tavoin (Kuva 3). Infotyökalulla saa näkymään objektin tarkat tiedot. Infotyökalun alta alavalikosta löytyy valinta-, piilotus-, merkintä-, mittaus-, leikkaus- sekä läpinäkyvyyss-työkalu (Kuva 4). Lisäksi tarkastelussa voidaan hyödyntää mallipuuta, joka löytyy Mallivälilehdellä sivun reunasta. Mallipuusta löytää tietomallin sisällön jaoteltuna eri osaluokkiin ja voi halutessaan piilottaa eri alueita tai järjestelmän osia.



Kuva 3. ja Kuva 4. Solibrin perustoimintoja.

3.1.4 Määrälaskennan suorittaminen

Määrälaskennan suorittaminen tapahtuu Informaation talteenotto -välilehdellä (Kuva 5). Määrälaskennassa aluksi tulee luoda uusi Informaation talteenotto -kuvaus ja tämän jälkeen avautuvasta ikkunasta tulee valita järjestelmät tai osa-alueet, jotka määrälaskentaan halutaan sisällyttää.



Kuva 5. Informaation talteenotto (Solibri).

Ohjelmiston alareunasta Informaation talteenotto -ikkunasta löytyy "Laske kaikki" -painike, joka näyttää valitut objektit määräluettelo -muodossa. Tässä vaiheessa määräluettelo ei erottele esimerkiksi putkikokoja tai pituuksia erilleen, vaan erottelu tapahtuu komponenttityypin sekä objektin tyyppin mukaan.

Mikäli määräluettelon ryhmittelyä halutaan muuttaa, tulee tässä vaiheessa selvittää INFO-osiosta, miten komponentin tiedot ovat merkitty IFC-malliin. Ohjeessa käytetyssä IFC-mallissa putkikokoa tarkoittava ominaisuus on "Size" (Kuva 6). Putkikokoa tarkoittavan ominaisuuden nimi voi myös olla esimerkiksi "connectionsiz" tai jokin muu vastaava.

INFO

Putki.0.71

Identiteetti	Siiainti	Määrä	Profiili	Relaatiot	Luokittelu	Hyperlinkit
Constraints	Dimensions	Identity Data	Insulation	Mechanical	Mechanical - Flow	Other Phasing
Ominaisuus				Arvo		
Inside Diameter				0,017 m		
Length				0,452 m		
MC Size Locked				Epätosi		
Outside Diameter				0,021 m		
Size				15		

Kuva 6. Info-ikkuna (Solibri).

Putki- tai kanavakokojen mukaista ryhmittelyä varten tulee luoda uusi sarake määräluetteloon. Sarake tulee täyttää seuraavan kuvan mukaisesti (Kuva 7). Ominaisuusjoukon nimi -kohdassa voidaan käyttää merkkiä *, joka valitsee kaikki kyseisestä alas vedettävästä valikosta. Nimi-kohdan voi lopuksi muuttaa halutessaan.

S Muokkaa saraketta - *.size

Sarakkeen tyyppi

- Komponenttityyppi
- Komponenttien lukumäärä
- Identiteetti
- Sijainti
- Määrä
- Tilarajojen alat
- Ominaisuusjoukko
- Materiaali
- Profili
- Luokittelu
- Hyperlinkki
- Relaatio
- Väri
- Mukautettu ITO

Sarakkeen asetukset

Nimi

Arvo sarakkeen mukaan

Ominaisuusjoukon nimi

Ominaisuuden nimi

Muotoilu

Järjestys

Ryhmittävä

Funktio

Sarakkeen kuvaus

Komponentin ominaisuusjoukon ominaisuus. Voit nähdä ominaisuusjoukot ominaisuuksineen Info-näkymässä omilla välilehdillä.

Kuva 7. Putki- tai kanavakokojen erottelu (Solibri).

Pituuksien laskentaan tulee tehdä samantyyppinen uusi sarake, mutta ominaisuusjoukon nimeksi tulee laittaa "length" ja muotoiluna tulee olla "pituus". Tässä sarakeessa ryhmittävä -kohta ei saa olla valittuna, jotta ohjelmisto laskee samantyyppisten putkien tai kanavien pituudet yhteen (Kuva 8).

S Muokkaa saraketta - *.length

Sarakkeen tyyppi

- Komponenttityyppi
- Komponenttien lukumäärä
- Identiteetti
- Sijainti
- Määrä
- Tilarajojen alat
- Ominaisuusjoukko
- Materiaali
- Profiili
- Luokittelu
- Hyperlinkki
- Relaatio
- Väri
- Mukautettu ITO

Sarakkeen asetukset

Nimi: *.length

Arvo sarakkeen mukaan: [dropdown]

Ominaisuusjoukon nimi: *

Ominaisuuden nimi: length

Muotoilu: Pituus

Järjestys: A -> Ö

Ryhmittävä:

Funktio: Summa

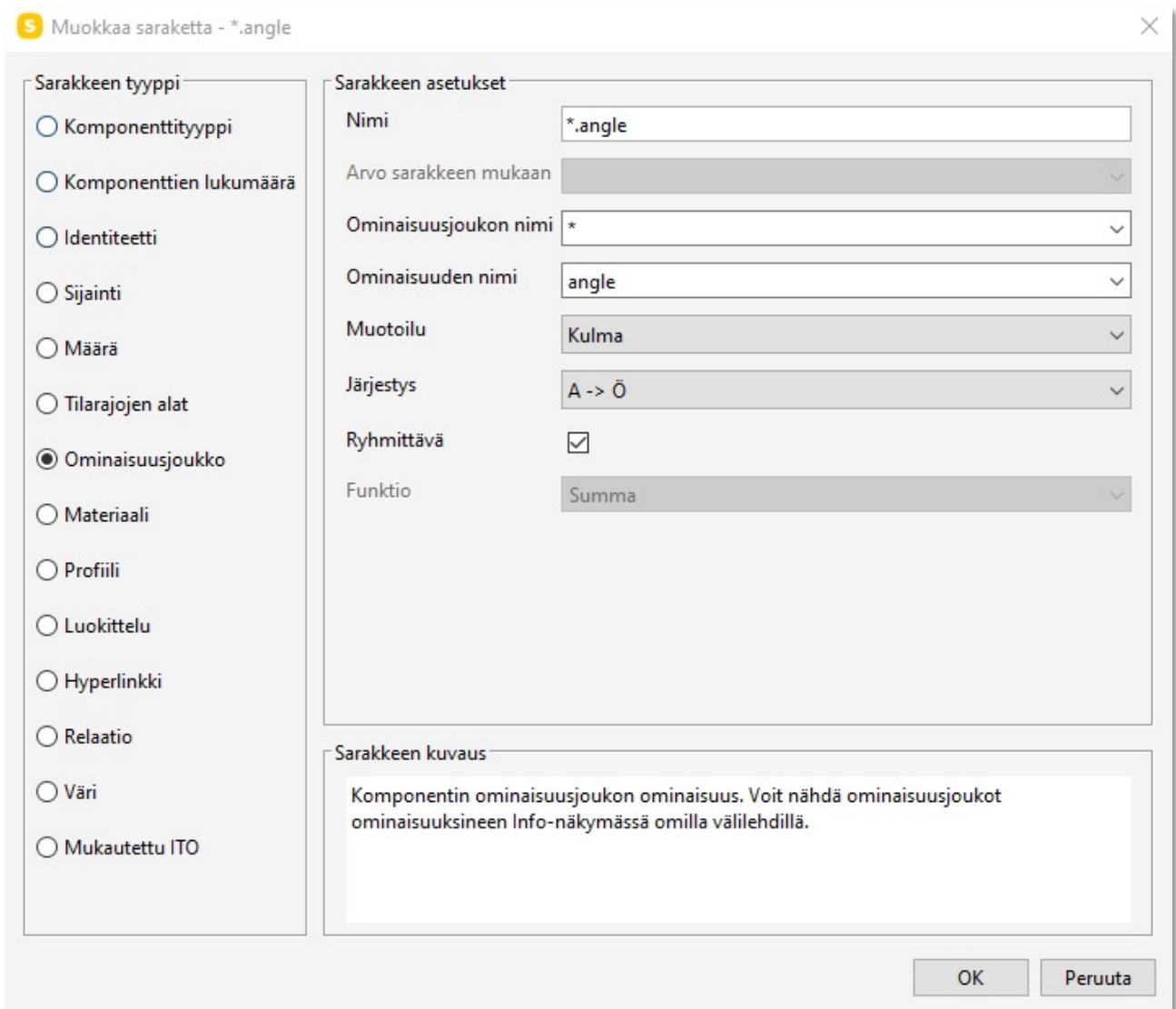
Sarakkeen kuvaus

Komponentin ominaisuusjoukon ominaisuus. Voit nähdä ominaisuusjoukot ominaisuuksineen Info-näkymässä omilla välilehdillä.

OK Peruuta

Kuva 8. Pituuksien laskenta (Solibri).

Tarvittaessa voidaan luoda sarake, joka erottelee komponentit sen kulman asteiden mukaan (Kuva 9). Joissain IFC-malleissa ominaisuuden nimi voi olla esimerkiksi "angle_deg" tai jokin muu vastaava. Tämä tulee tarkistaa, mikäli sarake ei toimi oikein. Tässä tulee huomioida, että ryhmittävä-kohta on valittuna.



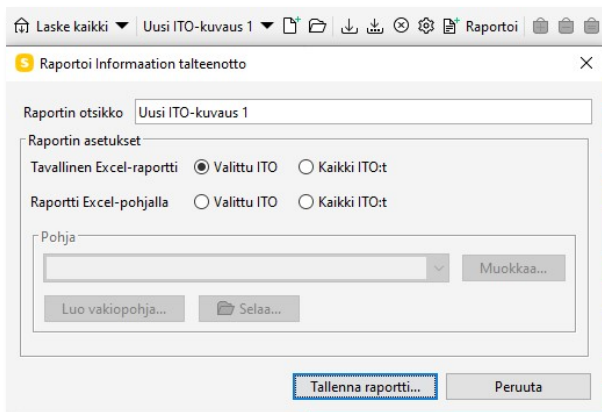
Kuva 9. Ryhmitys komponentin kulman mukaan (Solibri).

Lisäksi määräluetteloä voi ryhmitellä eri tavoin luomalla uusia sarakkeita. Määräluetteloon voi esimerkiksi lisätä sarakkeen, joka jaottelee komponentit tai osat kerroksittain. Ryhmittelyä voi halutessaan lisätä tai poistaa ja ryhmittelevänä komentona voidaan käyttää mitä tahansa komponentin tai objektin arvoa. Muutoksia tehdessä määrälaskenta tulee suorittaa "Laske kaikki" -painikkeella.

3.1.5 Tulosten tarkastelu sekä tietojen kerääminen

Solibrissa määräluetteloa ja tuloksia voidaan tarkastella 3D-näkymässä. Visuaalinen määräluettelon tarkastelu auttaa löytämään mahdollisia virhekohtia sekä auttaa hahmottamaan laskettua kokonaisuutta. Haluamaansa komponenttia tai komponenttiryhmä voi tarkastella 3D-näkymässä valitsemalla määräluettelosta yhden tai useamman kohdan.

Solibrissa tietojen kerääminen onnistuu Informaation talteenotto -ikkunassa sijaitsevalla Raportoi -painikkeella, joka mahdollistaa määräluettelon luonnin esimerkiksi Excel-muodossa (Kuva 10).



Kuva 10. Raportointi (Solibri).

3.2 Navisworks

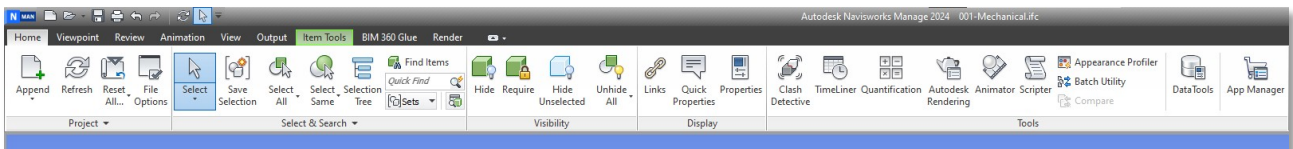
3.2.1 Esittely

Navisworks on tietomallien tarkasteluohjelmisto, joka on tarkoitettu arkkitehdeille, suunnittelijoille sekä rakennusosalalle. Ohjelmistoa voidaan käyttää muun muassa tietomallin koordinointiin, törmäystarkasteluun, mallin tarkasteluun, simulointiin sekä kvantifointiin. Navisworks mahdollistaa myös materiaalmäärien talteenoton sekä 2D-suunnitelmista että 3D-malleista. Ohjelmistosta on saatavilla kaksi eri versiota: Navisworks Simulate ja Navisworks Manage. Navisworks Simulate on versioista hieman suppeampi ja siitä puuttuu muun muassa mallin koordinoinnin sekä törmäystarkastelun mahdollistava

ominaisuus. Muiden ominaisuuksien osalta versiot ovat hyvin samanlaisia. (Autodesk, 2023)

3.2.2 Käyttöliittymä ja perustoiminnot

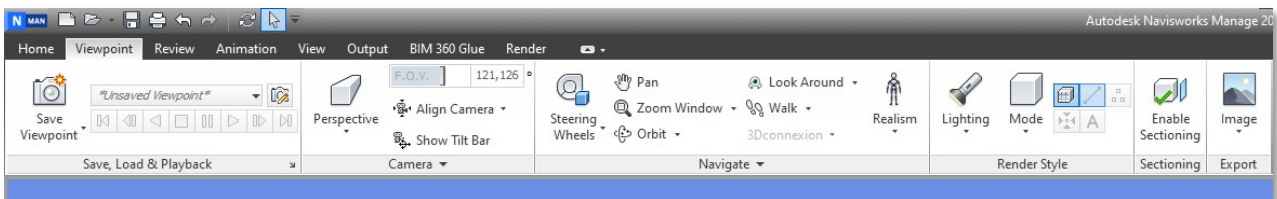
Navisworksin ylävalikossa on toimintoja paljon, mikä on Autodeskin ohjelmistoille hyvin tyypillistä. Home-välilehdellä oleviin toimintoihin on suositeltavaa perehtyä, mikäli ohjelmistolla on tarkoitus tehdä määrälaskentaa. Määrälaskennassa hyödyllisiä toimintoja ovat lähes kaikki Home-välilehden toiminnot. Tools-osiosta ei kuitenkaan tarvitse kuin Quantification-toimintoa. Muita suositeltavia toimintoja yläpalkissa ovat Selection Tree ja Properties -toiminnot.



Kuva 11. Käyttöliittymän ylävalikko. (Navisworks)

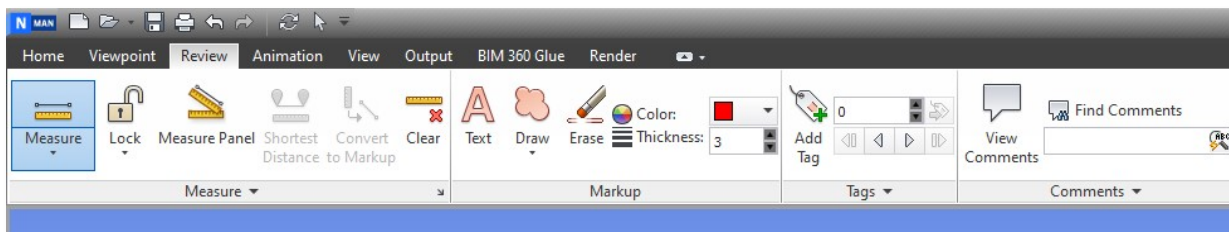
3.2.3 Tietomallin tarkastelu

Mallin tarkastelu tapahtuu Autodeskin ohjelmistoille hyvin tyypilliseen tapaan sivun oikeasta reunasta löytyvän Navigation Bar:in avulla. Lisäksi Viewpoint-välilehdeltä löytyy mallin tarkasteluun tarvittavia lisäominaisuuksia (Kuva 12).



Kuva 12. Viewpoint -välilehti. (Navisworks)

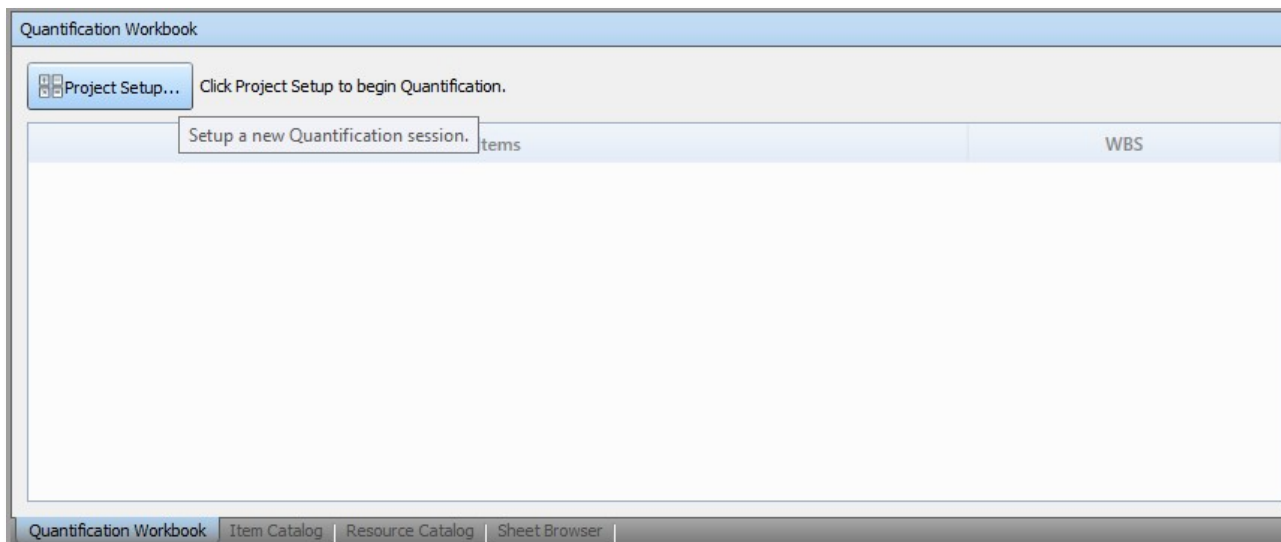
Review-välilehdeltä löytyy muun muassa mittaus-, merkintä- sekä kommentointityökalu (Kuva 13).



Kuva 13. Review -välilehti (Navisworks).

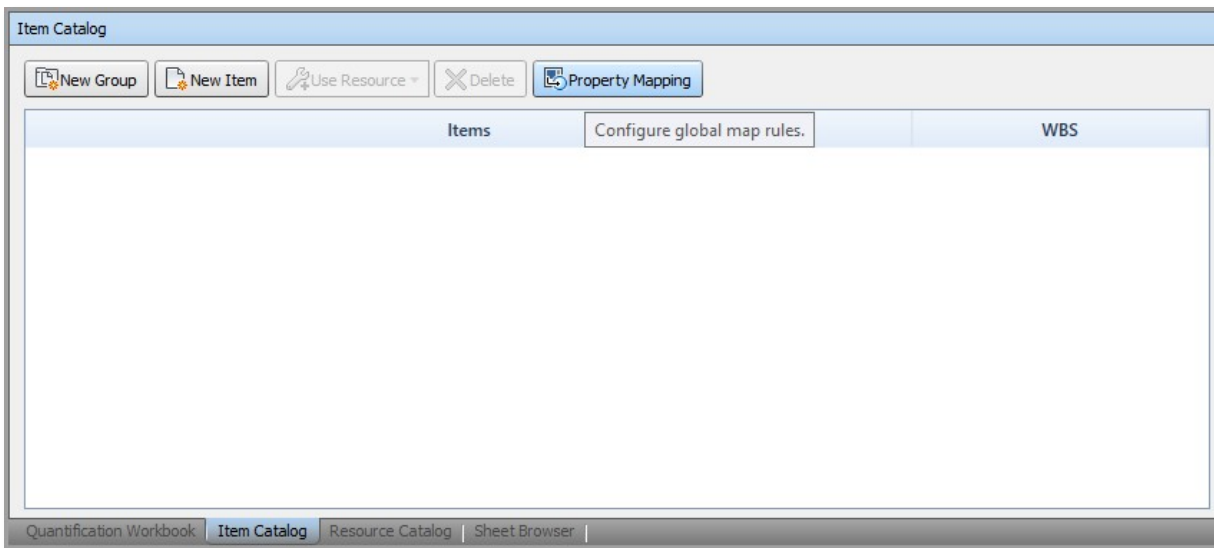
3.2.4 Määrälaskennan suorittaminen

Määrälaskennan aloittaminen tapahtuu valitsemalla ylävalikosta Home-välilehdeltä Quantification-toiminto. Quantification Workbook -ikkunan avautuessa ruudun alareunaan, tulee laskenta aloittaa Project Setup -painikkeella (Kuva 14). Tämän jälkeen tulee valita käytettävä katalogi sekä mittayksiköt. Tässä tapauksessa mittayksiköistä tulee muuttaa perimeter-kohdan mittayksikkö metristä millimetriin (mm).



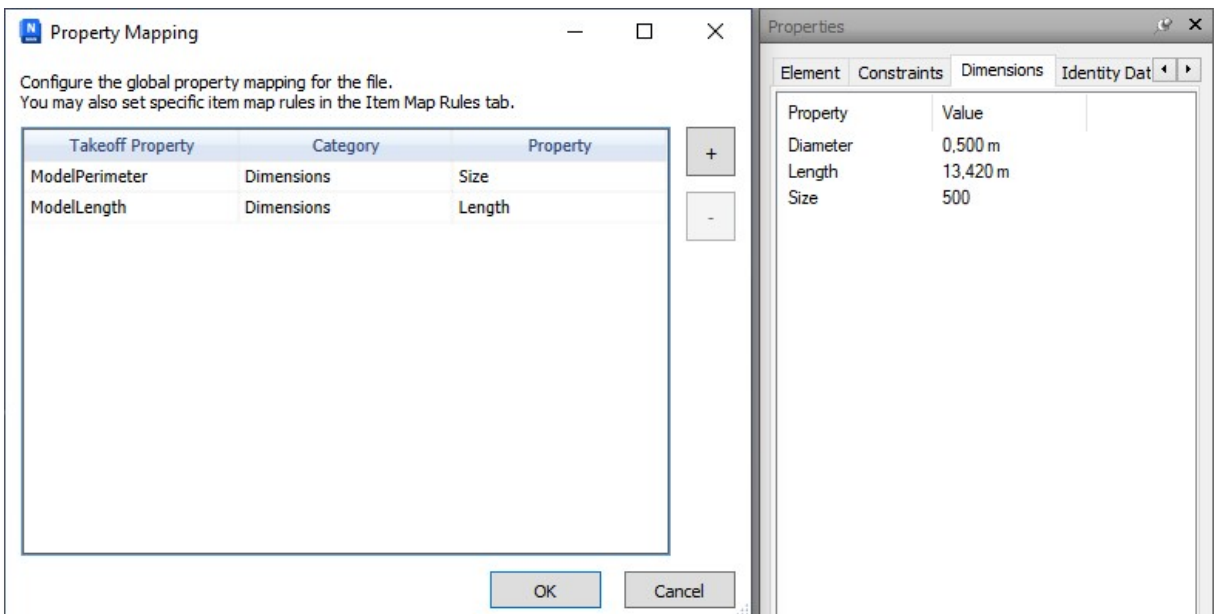
Kuva 14. Määrälaskennan aloitus (Navisworks).

Property Mapping mahdollistaa määrälaskennan sekä määräluettelon yleisten asetusten määrittämisen (Kuva 15). Ennen määrittämisen tekemistä tulee selvittää IFC-mallin pituuden sekä kokotietojen merkitsemistapa. Nämä tiedot löytyvät Properties kohdasta.



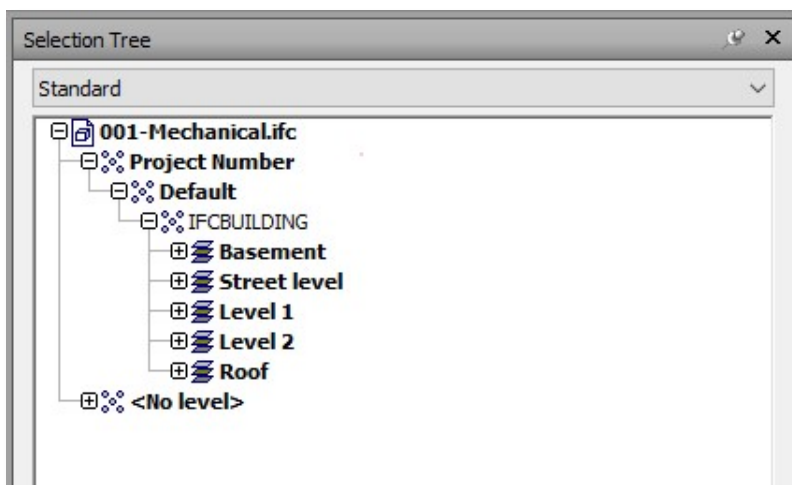
Kuva 15. Property Mapping (Navisworks).

Property Mapping tulee täyttää kuvan 16 osoittamalla tavalla. Riippuen IFC-mallista sekä tietojen merkintätavasta, tulee määritykset tehdä eri tavalla. Jossain IFC-malleissa määrityksen voi joutua tekemään erikseen lähes jokaiselle järjestelmä- sekä komponenttityypille, koska Navisworks ei mahdollista määrityksen tekemistä pelkään esimerkiksi putkikoon perusteella, vaan ensiksi pitää valita kategoria, jonka alta tulee valita haluttu putki- tai kanavakoko.

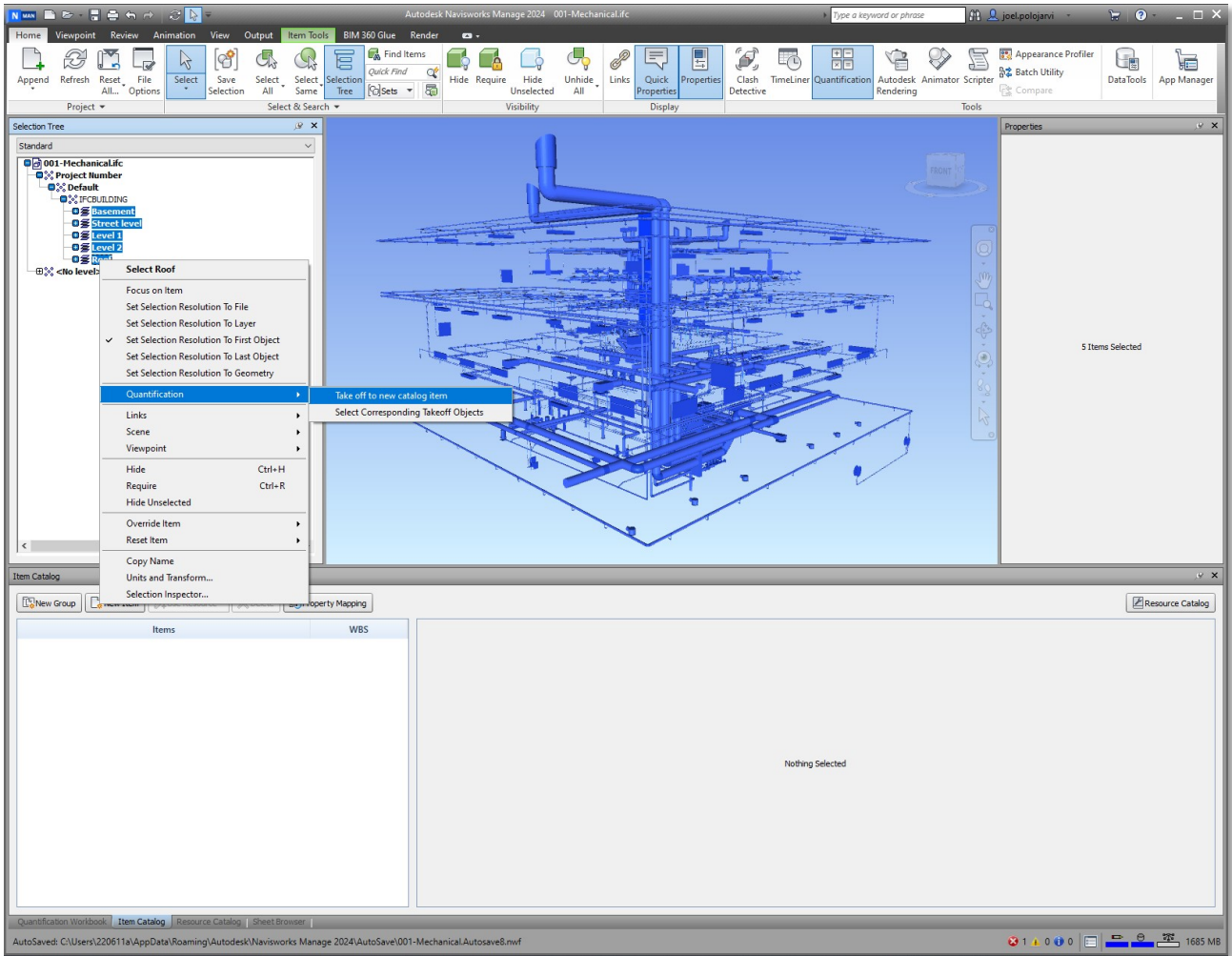


Kuva 16. Property Mapping sekä Properties -ikkunat (Navisworks).

Määrälaskennan suorittamisesta varten tulee valita Selection Tree -ikkunasta halutut IFC-mallin osa-alueet tai komponentit (Kuva 17). Selection Tree -ikkunasta voi valita alas vedettävästä valikosta eri rajausten väliltä. Tässä tapauksessa valitaan kaikkien järjestelmien sisältö, joten käytetään kerroksittaista jaottelua. Tämän jälkeen tulee valita kerrokset ja suorittaa määrälaskenta kuvan 18 osoittamalla tavalla. Mikäli laskennassa on puutteita tai on tarve lisätä laskentaan rajauksia, tulee laskettu määräluettelo poistaa ja tehdä laskenta uudelleen.



Kuva 17. Selection Tree -ikkuna. (Navisworks)



Kuva 18. Määrälaskennan suorittaminen. (Navisworks)

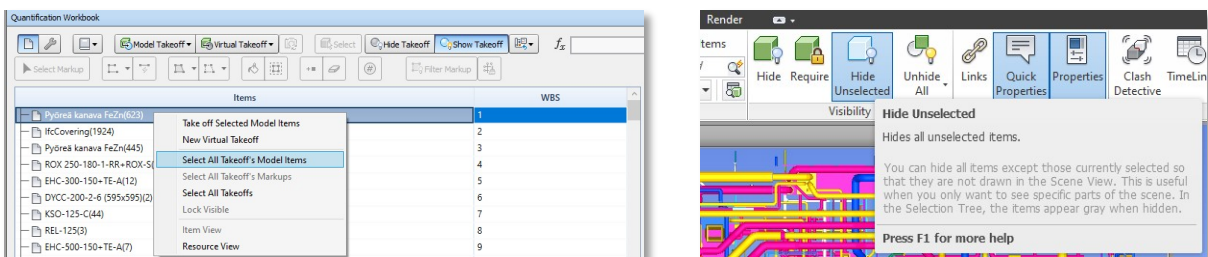
The screenshot shows the Quantification Workbook in Navisworks. The table displays a list of items with their respective WBS/RIS codes and dimensions. The table has columns for Status, WBS/RIS, Name, Description, Comments, Length, Width, Thickness, Height, and Perimeter.

Status	WBS/RIS	Name	Description	Comments	Length	Width	Thickness	Height	Perimeter
	3.5.3	Pipe Types:Cooper pipe			31,527 m	0,000 m	0,000 m	0,000 m	632,000 mm
	3.5.3.1	Pipe Types:Cooper pipe:31			1,401 m				18,000 mm
	3.5.3.2	Pipe Types:Cooper pipe:31			0,783 m				15,000 mm
	3.5.3.3	Pipe Types:Cooper pipe:31			0,120 m				15,000 mm
	3.5.3.4	Pipe Types:Cooper pipe:31			0,782 m				15,000 mm
	3.5.3.5	Pipe Types:Cooper pipe:31			0,123 m				15,000 mm
	3.5.3.6	Pipe Types:Cooper pipe:31			1,449 m				15,000 mm
	3.5.3.7	Pipe Types:Cooper pipe:31			0,782 m				15,000 mm

Kuva 19. Määräluettelo. (Navisworks)

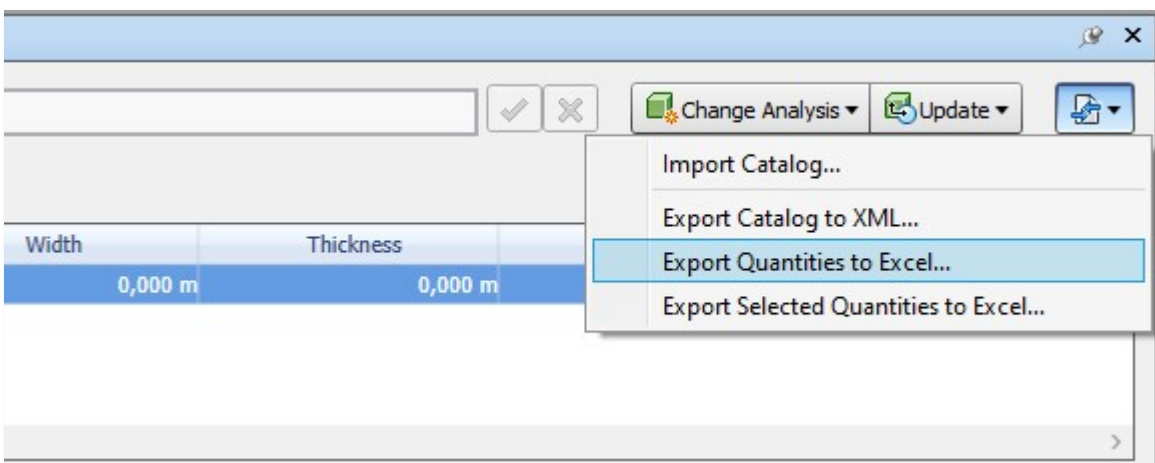
3.2.5 Tulosten tarkastelu sekä tietojen kerääminen

Navisworksissa määräluettelon sisällön tarkastelu 3D-näkymässä tapahtuu muuttamalla painikkeella. Ensiksi tulee valita määräluettelosta tarkasteltava objekti, jonka jälkeen hiiren oikealla painikkeella valitaan "Select All Takeoff's Model Items". Tämän jälkeen tulee valita yläpalkista "Hide Unselected" (Kuva 20). Tämän jälkeen 3D-näkymässä valitut määräluettelon osat näkyvät sinisenä.



Kuva 20. Valitun objektin tarkastelu 3D-näkymässä. (Navisworks)

Tietojen kerääminen onnistuu kuvan 21 osoittamalla tavalla. Määräluettelon voi viedä esimerkiksi Excel-muotoon.



Kuva 21. Määräluettelon vienti. (Navisworks)

3.3 MagiCAD for AutoCAD

3.3.1 Esittely

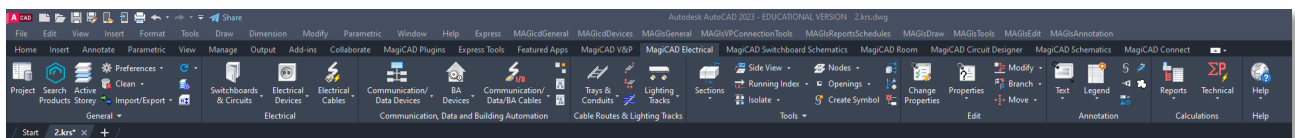
MagiCAD on Revitille ja AutoCADille tehty englanninkielinen maksullinen lisäosa talotekniikan tietomallintamiseen ja CAD-suunnitteluun. MagiCAD kattaa LVI-, sähkö- ja sprinklerijärjestelmät sisältäen lisäksi muun muassa kaaviopiirrokset ja kannakoinnit. Revitin ja AutoCADin versiot ovat sisällöltään hyvin samanlaisia, eroavaisuuksien ollessa lähinnä ohjelmistoalustojen ominaisuuksista johtuvia. MagiCADin painopiste on LVI-suunnittelussa.

Suunnittelu MagiCADilla on tietomallipohjaista ja ohjelmisto vaatii aina tuote- ja geometriatietoja ennen objektin sijoittamista piirrokseen. Kaikilla MagiCADilla piirretyillä objekteilla on tällöin vähintäänkin perustiedot tietomallia varten.

MagiCAD sisältää myös simuloinnin sovelluksia. Room-lisäosalla voidaan luoda yksinkertainen 3D-tilamalli, jota voidaan käyttää muun muassa olosuhde- ja energiankulutuslaskentaan erillisellä Riuska-sovelluksella. Room-malliin voidaan sisällyttää geometrian lisäksi tilatiedot, mukaan lukien vaaditut lämmitystehot ja ilmamäärät. Riuska-sovellus mahdollistaa energiamääräysten mukaiset laskelmat sekä tarjoaa säädösten mukaiset tilatyypit, lämpökuormat ja aikataulut E-luvun laskentaan. Riuskalla voidaan muun muassa simuloida rakennuksen energian kulutusta, lämpötiloja eri vuodenaikoina sekä laatia energiatodistuksia.

3.3.2 Käyttöliittymä ja perustoiminnot

MagiCADin käyttöliittymä on Ribbon-tyylinen valikkorakenne, jossa toiminnot on jaettu kuvakkeisiin teemoittain.

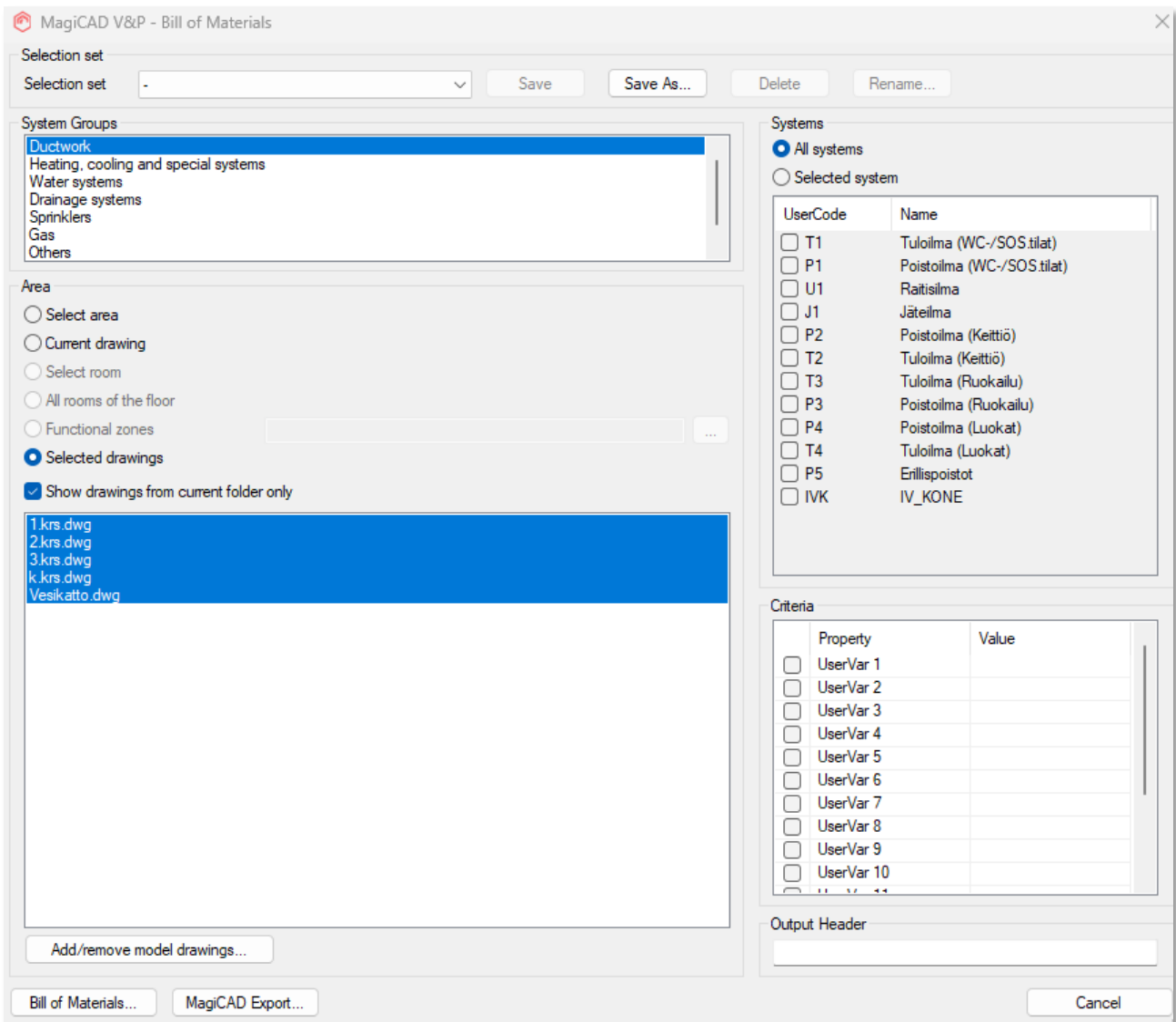


Kuva 22. MagiCAD:in ylävalikko.

Valikoista löytyy AutoCADin toimintojen lisäksi MagiCADin toiminnot samalla tavalla jaoteltuna.

3.3.3 Määrälaskennan suorittaminen

Määrälaskenta tapahtuu Reports-painikkeesta, jonka alta löytyy muun muassa Bill of Materials ja Reports. Bill of Materials -ikkunassa määritetään suunnitteluala, miltä alueelta laskenta suoritetaan, järjestelmä sekä mahdolliset käyttäjän määrittämät laite-tiedot.



Kuva 23. Bill of Materials -määrittelyikkuna. (MagiCAD)

Laskenta tuottaa määräluettelon, jota voi vielä tarkemmin ryhmitellä riippuen aikaisemmista valinnoista.

Class	Size	Series	Product	N	L [m]	Insul. A	s [mm]	Surface area
Duct	125	Pyöreä	BDEK-1-012	3	96.8			34.1 m ²
Duct	160	Pyöreä	BDEK-1-016	5	96.1			48.3 m ²
Duct	200	Pyöreä	BDEK-1-020	7	213.7			134.3 m ²
Duct	250	Pyöreä	BDEK-1-025	11	236.5			185.7 m ²
Duct	315	Pyöreä	BDEK-1-031	7	132.3			130.9 m ²
Duct	400	Pyöreä	BDEK-1-040	5	85.2			107.1 m ²
Duct	500	Pyöreä	BDEK-1-050	6	147.4			231.6 m ²
Duct	630	Pyöreä	BDEK-1-063	8	150.0			296.9 m ²
Duct	800	Pyöreä	BDEK-1-080	1	5.0			12.6 m ²
Duct	1000	Pyöreä	BDEK-1-100	1	3.4			10.5 m ²
Duct	250x200	Suorak.	BAKK-1-025-020-0		1.1			1 m ²
Duct	300x200	Suorak.	BAKK-1-030-020-0		1.1			1.1 m ²
Duct	300x250	Suorak.	BAKK-1-030-025-0		0.8			0.8 m ²

Kuva 24. Määräluettelo näkymä 1. (MagiCAD)

Class	Size	Series	Product	N	L [m]	Insul. A	s [mm]	Surface area
Supply air device	250	T4	DYKH-400-6+ATTD-250-400-1 (12mm)	10				
Supply air device	315	T5	PNA-315-B	3				
Supply air device	100	T6	KTS-100-C	2				
Extract air device	100	P1	KSO-100-C	8				
Extract air device	125	P1	KSO-125-C	25				
Extract air device	160	P1	KSO-160-C	16				
Extract air device	300x200	P2	USR-0-300-200	1				
Extract air device	600x200	P2	USR-0-600-200	3				
Extract air device	800x200	P2	USR-0-800-200	6				
Extract air device	100	P3	KSO-100-C	2				
Extract air device	125	P3	KSO-125-C	1				
Extract air device	160	P3	PELICAN CE HFa 200-600-F+ALSd 160-200	1				
Extract air device	200	P3	PELICAN CE HFa 250-600-F+ALSd 200-250	2				
Extract air device	250	P3	PELICAN CE HFa 315-600-F+ALSd 250-315	9				

Kuva 25. Määräluettelo näkymä 2. (MagiCAD)

3.3.4 Tulosten tarkastelu sekä tietojen kerääminen

Report-toiminto tuottaa samankaltaisen luettelon, mutta raporttiin sisältyviä tuotteita tai komponentteja voidaan rajata tarkemmin esimerkiksi kanavakoon tai minkä tahansa muun piirityssä tuotteessa olevan ominaisuuden perusteella. Report-toiminnolla määräluettelon saa vietyä Excel-muotoon (Kuva 26).

	A	B	C	D	E	F
1	Tyyppi	Järjestelmä	Tuotekoodi	Kytentäkkoko	Pituus (m)	Määrä
14	Duct	Tuloilma (Luokat)	BDEK-1-020	200	21,6	
15	Duct	Tuloilma (Luokat)	BDEK-1-025	250	56,4	3
16	Duct	Tuloilma (Luokat)	BDEK-1-031	315	8,8	
17	Duct	Tuloilma (Luokat)	BDEK-1-040	400	10,5	1
18	Duct	Tuloilma (Luokat)	BDEK-1-050	500	20	
19	Duct	Tuloilma (Luokat)	BDEK-1-063	630	40,1	4
20	Duct	Tuloilma (Ruokailu)	BDEK-1-016	160	15,1	
21	Duct	Tuloilma (Ruokailu)	BDEK-1-020	200	93,7	2
22	Duct	Tuloilma (Ruokailu)	BDEK-1-025	250	51,7	3
23	Duct	Tuloilma (Ruokailu)	BDEK-1-031	315	2,4	
24	Duct	Tuloilma (Ruokailu)	BDEK-1-040	400	7,7	
25	Duct	Tuloilma (Ruokailu)	BDEK-1-050	500	5,4	
26	Duct	Tuloilma (Ruokailu)	BDEK-1-063	630	33,7	1
27	Duct	Tuloilma (WC-/SOS.tilat)	BDEK-1-012	125	5,9	
28	Duct	Tuloilma (WC-/SOS.tilat)	BDEK-1-016	160	6,4	
29	Duct	Tuloilma (WC-/SOS.tilat)	BDEK-1-020	200	17,9	1
30	Duct	Tuloilma (WC-/SOS.tilat)	BDEK-1-025	250	6	
31	Duct	Tuloilma (WC-/SOS.tilat)	BDEK-1-031	315	6,9	1
32	Duct	Tuloilma (WC-/SOS.tilat)	BDEK-1-040	400	1,7	
33	Duct	Tuloilma (Keittiö)	BDEK-1-063	630	12,4	
34	Duct	Jäteilma	Suorakaide kanavat	1500x800	1,3	
35	Duct	Tuloilma (Keittiö)	BAKK-1-030-025-0	300x250	0,8	
36	Duct	Tuloilma (Keittiö)	BAKK-1-060-050-0	600x500	6,2	1
37	Duct	Tuloilma (Keittiö)	Suorakaide kanavat	700x300	1,4	
38	Duct	Tuloilma (Luokat)	BAKK-1-025-020-0	250x200	1,1	
39	Duct	Tuloilma (Luokat)	BAKK-1-050-015-0	500x150	1,7	

Kuva 26. Report-työkalun tuottama Excel-luettelo. (MagiCAD)

3.4 Cadmatic

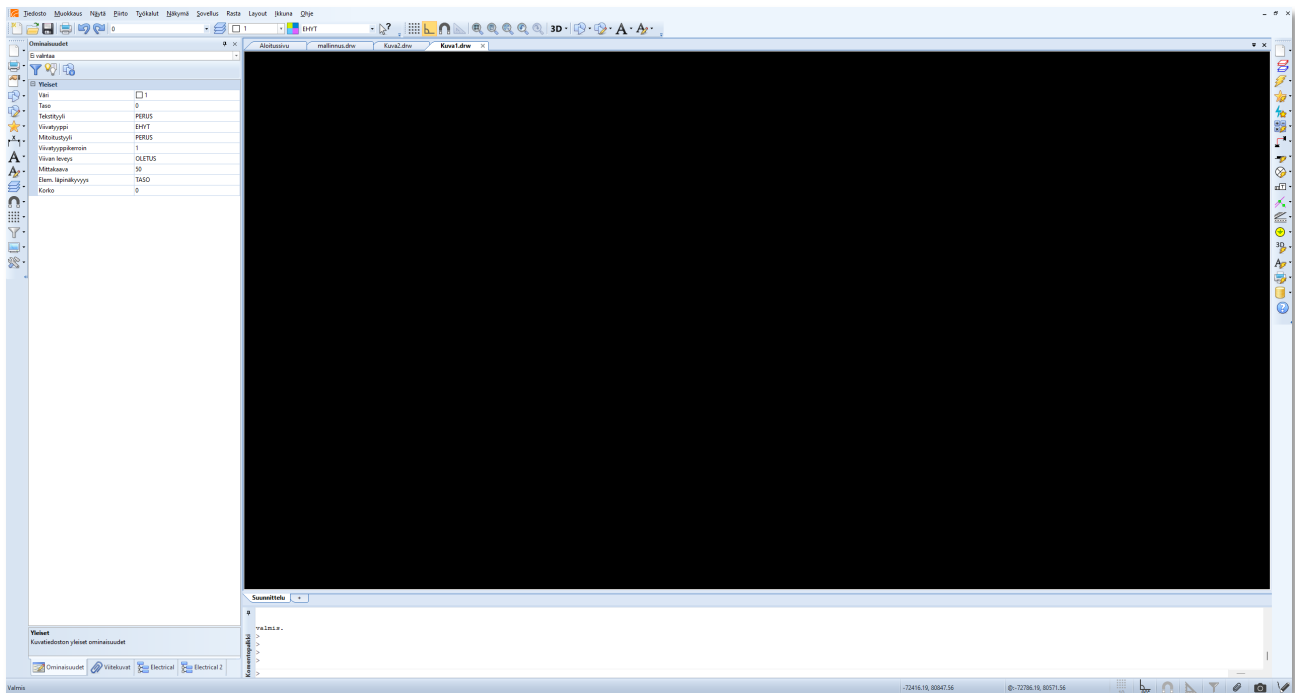
3.4.1 Esittely

Cadmatic on suomenkielinen maksullinen itsenäinen talotekniikan suunnitteluohjelmisto. Ohjelmistolla on perusohjelma Draw ja lisäsovellukset on jaettu suunnittelualoitain: Building, HVAC, Electrical ja GeoXY. Cadmaticin painopiste on sähkösuunnittelussa.

Lisäsovelluksien lisäksi Cadmaticia on räätälöity eri toimialoille ohjelmistoratkaisuin: Marine, Process & Industry sekä Construction. Toimialojen ohjelmistoratkaisut sisältävät toimialakohtaisia erityispiirteitä ohjelmistossa. Cadmaticin ollessa muista ohjelmistoista riippumaton, on ohjelmistoon mahdollista saada yrityskohtaisia ohjelmistoratkaisuja.

3.4.2 Käyttöliittymä ja perustoiminnot

Cadmaticin käyttöliittymä on perinteinen. Yläpalkista löytyy perustoimintoja ja painikkeet ja liukuvalikot sijaitsevat sovellusikkunan reunoilla, joista useista avautuu lisävalikoita.

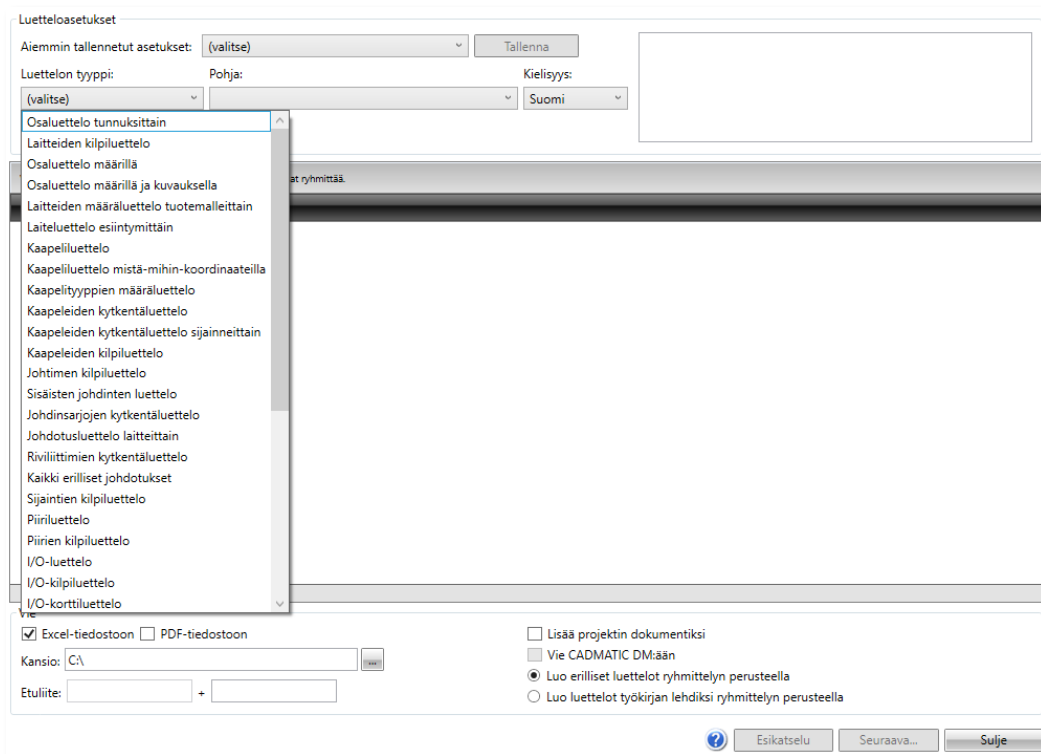


Kuva 27. Cadmatic:in sovellusikkuna.

Yläreunassa ja vasemmalla on Cadmatic Draw:n perustoiminnot ja oikeassa reunassa valikot muuttuvat riippuen käytettävästä sovelluksesta (Electrical, HVAC ym.).

3.4.3 Määrälaskennan suorittaminen

Määrälaskenta tapahtuu luomalla luettelo DB-luettelot -painikkeesta. Luettelot käyttävät hyödyksi tietokantaa, joka muodostuu kaikista Cadmatic-projektiin liittyvistä kuvista ja tiedostoista ja niiden sisällöistä. Luetteloiden sisältöjä voi määrittää hyvinkin yksityiskohtaisesti.



Kuva 28. Tietokannan luettelovalikko. (Cadmatic)

Cadmaticissa on valmiita luettelopohjia. Myös omia luettelopohjia voi luoda, jolloin määräluetteloon voidaan sisällyttää juuri ne tiedot mitä tarvitaan. Ohjelmisto vie määräluettelon suoraan Excel-muotoon.

Cadmaticin symboleihin voidaan liittää tuotetietoja. Esimerkkikuvassa (Kuva 29) on kaksiosaisen pistorasian symbolin tuotetietoihin lisätty kojerasia, peitelevy ja nysiä, jotka Cadmatic sisällyttää määräluetteloon. Tarvittaessa Cadmaticin määräluettelosta voidaan luoda erittäin kattava, sisältäen jokaisen projektiin liittyvän pienenkin osan mukaan lukien kappalehinnat.

	A	B	C	D	E	F	G
1	Laiteluettelo tuotteittain						
2							
3							
4							
5							
6	Nimike	Nimi	Tekniset tiedot	Valmistaja	Tyyppi	A-hinta	Määrä
7	C90085871	C90-R600x600 LED 3600 DALI 840		Glamox	C90-R	0,00	1
8	4259089	TPS262 2x28W/830 HFS C6 SMT	Runko lakattua terästä.	Philips	EFix suspended mount	0,00	1
9							3
0	LS5020NKIU	Pistorasia	Kaksiosainen schuko-	Ensto Finland Oy	LS5020NKIUWWFI	0,00	3
1	1152389	Kojerasia		ABB Oy Wiring	AU17.2	0,00	1
2	1152754	Nysä		ABB Oy Wiring	AN16	0,00	3
3	LS982WW8	Peitelevy	Peitelevy	Ensto Finland Oy	LS982WW85FI	0,00	1
4							

Kuva 29. Näkymä luettelosta "Osaluettelo määrillä". (Cadmatic)

4 Vertailutulokset ja analyysi

4.1 Määrälaskentaohjelmien vertailu

Vertailtavina ohjelmina toimivat Solibri, Navisworks, Cadmatic ja MagiCAD. Ohjelmistot edustavat hieman eri osa-alueita ja niiden painopisteet vaihtelevat hieman. Varsinaisesti tietomallipohjaiseen määrälaskentaan soveltuvia ohjelmia näistä ovat ainoastaan Solibri ja Navisworks. Cadmatic ja MagiCAD sisältävät ominaisuuden, jolla suunnitelmien sisällöstä voi luoda määräluettelon, mutta tämä ominaisuus vaatii alkuperäiset suunnitelmat toimiakseen.

4.1.1 Solibri

Solibrin käyttöliittymä on nopea ja toimiva. Määrälaskentaan Solibri soveltuu erinomaisesti talotekniikan osalta, mikäli laskettavana aineistona on IFC-malli. Määrälaskenta rajoittuu kuitenkin vain IFC-malleihin, koska Solibri ei tue määrälaskentaa 2D-kuvista.

Hyvät puolet:

- Helppokäyttöisyys/käytettävyys
- Visuaalisuus
- Toimivuus

Huonot puolet:

- Toimintoja rajallisesti
- Ei mahdollisuutta 2D-pohjaiseen laskentaan

Solibri osaa automaattisesti erotella samanlaiset osat ja laskea ne yhteen sekä ilmoittaa yhteenlasketut määrät ja pituudet. Tällä tavalla määräluettelosta tulee lyhyt sekä helposti luettava. Rajauksia voi tarvittaessa lisätä itse määräluetteloon.

Kokonaisuutena sekä käyttökokemukseltaan Solibri on erinomainen. Solibri soveltuu hyvin uusille käyttäjille yksinkertaisuutensa vuoksi, mutta kokeneelle käyttäjälle rajallisista toiminnoista voi olla haittaa.

4.1.2 Navisworks

Navisworksissa on toimintoja paljon, joten ohjelmistoon tutustuminen vaatii aikaa. Navisworksissa on määrälaskennan lisäksi paljon muita ominaisuuksia kuten esimerkiksi törmäystarkastelu sekä päällekkäisyysongelmien tunnistus, joista voisi olla hyötyä määrälaskennan tarkkuuden sekä virheiden tarkistamisessa.

Hyvät puolet:

- Laajasti ominaisuuksia
- 2D-pohjainen määrälaskenta
- Törmäystarkastelu sekä päällekkäisyysongelmien tunnistaminen

Huonot puolet:

- Monimutkaisuus
- Käytettävyys määrälaskennassa
- Määrälaskennan painopiste rakentamisessa
- Määräluettelon muotoilu hankalaa

Ohjelmiston opettelu vaatii aikaa, koska käyttöliittymä on suhteellisen monimutkainen ja toimintoja on paljon. Navisworksilla joutuu tekemään jonkin verran lisätyötä Excelissä, jotta määrät sekä pituudet saa laskettua järkevästi osakohtaisesti yhteen. Ohjelmistosta tulostetussa määräluettelossa jokainen osa on erikseen, mikä tekee luettelosta pitkän sekä vaikeasti luettavan. Määräluetteloa pitää rajata manuaalisesti Excelissä, mikä lisää manuaalista työtä ja sen myötä virheiden mahdollisuutta. Navisworksin määrälaskentatoiminto soveltuu paremmin rakenteiden määrän laskentaan.

Navisworksista löytyy paljon ominaisuuksia, mutta niistä ei varsinaisesti määrälaskennassa hyödy. Navisworksin käyttöön löytyy kattavasti ohjeita.

4.1.3 Cadmatic

Cadmatic on pääasiallisesti suunnitteluohjelma, mutta sillä voidaan tehdä myös määrälaskentaa. Määrälaskennan tiedot perustuvat Cadmaticin automaattisesti luomaan projektitietokantaan, johon suunniteltaessa lisätään tuotetietoa ja muuta projektiin liittyvää aineistoa. Määrälaskenta rajoittuu täten suunnittelijoiden syöttämään tietoon ja vaatii itse projektitiedoston.

Hyvät puolet:

- Laaja tuotetietokanta kattaa lähes kaikki sähköalan tuotteet
- Tarkkuus, riippuen suunnittelijasta
- Monipuolisuus ja joustavuus

Huonot puolet:

- Vaatii suunnittelijalta paljon työtä, riippuen halutusta tarkkuudesta
- Hyvin paljon manuaalista tuotetietojen liittämistä suunnitteluobjekteihin
- Tuotteiden 3D-malleja vähän

Cadmatic on erittäin kattava suunnitteluohjelma, joka vaatii käyttäjältään paljon osaamista. Tuotetietoja on aina yksinkertaisesta putkinysästä lähtien, mutta 3D-objekteja kuitenkin vain vähän. Periaatteessa suunnittelukuviin voidaan liittää kaikki projektissa tarvittavat sähkökomponentit. Cadmaticissa pystyy hakemaan tuotetietoja objekteille muun muassa Sähkönumerot.fi-kirjastoista, josta löytyy kaikki sähköalan tuotteet, joille on annettu sähkönumero. Määräluettelo voidaan tehdä kaikista suunnitelmissa olevista komponenteista käyttäjän haluamassa muodossa Excel-taulukkona. Luetteloita voi myös itse muokata tarvittaessa, jolloin saadaan suurin hyöty määräluettelosta.

4.1.4 MagiCAD for AutoCAD

MagiCAD on pääasiallisesti suunnitteluohjelma, jossa on myös määrälaskentatoiminto. Suunniteltaessa sijoitetaan suunnitelmiin valmiita 3D-objekteja tuotetietoineen, joihin MagiCADin määräluettelo perustuu.

Hyvät puolet:

- Valmiit tuotteet 3D-objekteineen ja tuotetietoineen
- Helppokäyttöinen tietomallinnuksen näkökulmasta
- Kattavat tuotekirjastot

Huonot puolet:

- Tuotteiden lisääminen ohjelmaan voi olla hankalaa
- Tuotetietojen muokkaaminen hankalaa
- Tuotekirjaston rajallisuus voi helposti rajoittaa tietomallintamisen tarkkuutta

MagiCAD on tietomallintamisen näkökulmasta nopea ja helppo käyttää. Valmiit tuote-kirjastot kattavat yleisimmät tuotteet. Tuotteet sisältävät 3D-mallin ja tuotetiedot, jolloin niitä ei tarvitse erikseen objekteille määritellä. Tuotteita on kuitenkin erittäin hankala lisätä kirjastoon itse, mikäli tuotetta ei kirjastosta löydy. Tämä rajoittaa jonkin verran tietomallintamisen tarkkuutta ja hankaloittaa määräluetteloiden tuottamista.

4.2 Yhteenveto tuloksista

Vertailun tulokset osoittivat, että Solibri soveltuu tietomallipohjaiseen talotekniikan määrälaskentaan parhaiten. Solibrissa on etuna erityisesti se, että laskettavaa kokonaisuutta, määräluetteloa sekä määrälaskennan rajauksia voi muokata missä tahansa laskennan vaiheessa. Navisworksin osalta tarkkuuden varmistaminen sekä määräluettelon sisällön tarkastelu 3D-näkymässä on tehty hieman vaikeammaksi kuin Solibrissa. Navisworks puolestaan vaatii laskennan suorittamisen uudelleen, mikäli määräluetteloa tai ryhmittelyä halutaan muuttaa. Kokonaisuudessaan Navisworks oli käytettävyydeltään hieman monimutkainen laajuutensa vuoksi. Sen ominaisuuksista kuten törmäystarkastelusta sekä päällekkäisyysongelmien havaitsemisesta voisi kuitenkin olla paljonkin hyötyä määrälaskennassa ja sen tarkkuuden varmentamisessa.

MagiCAD ja Cadmatic edustavat omaa osa-alueitaan ja määrälaskenta vaatii toimiakseen alkuperäiset suunnitelmat sekä niihin kuuluvat tiedostot. Laskenta tapahtuu DWG-kuvien pohjalta. Ohjelmistot edustavat hieman eri osa-alueita ja ominaisuudet vaihtelevat jossain määrin. Painopiste ohjelmien välillä vaihtelee hieman.

Määrälaskentaan tarkoitettuja ohjelmia on saatavilla useita ja niiden opetteluun kuluisi valtavasti aikaa. Tietomallipohjaiseen määrälaskentaan tarkoitettuja ohjelmia on rajallisesti, mutta silti opeteltavaa olisi merkittäväsi, jos jokaisen ohjelmiston käytön opettelisi. Tästä syystä tässä työssä on keskitytty vain muutamaaan eri ohjelmistoon. Tietomallipohjaiseen määrälaskentaan soveltuvia ohjelmistoja ovat myös esimerkiksi Simplibim ja Tocoman BIM3.

5 Pohdinta

Luottamus tietomallipohjaiseen määrälaskentaan on edelleen heikolla tasolla, erityisesti pienempien toimijoiden ja urakointiyritysten keskuudessa. Pelätään tietomallin virheellisyttä eikä luoteta määrälaskennan toimivuuteen. Tästä syystä määrälaskenta pääosin tapahtuu manuaalisesti PDF- tai DWG-kuvien pohjalta. Taloteknisten järjestelmien osalta tietomallia pystytään pitämään hieman luotettavampana, koska päällekkäisyysongelmat sekä putkistojen tai kanaviston virheet voidaan havaita jo suunnitelmia tehdessä. Suunnitteluohjelmistot tunnistavat virheet jo suunnitteluvaiheessa, joten niiden ei pitäisi kulkeutua tietomallivaiheeseen asti.

5.1 Tietomallipohjaisen määrälaskennan todellinen potentiaali talotekniikassa

Tietomallin käyttö määrälaskennassa tuo useita etuja, kuten tarkan, luotettavan ja tehokkaan laskennan. Tietomallipohjainen määrälaskenta perustuu tietomalleihin. Tämä mahdollistaa tarkemman ja luotettavamman määrälaskennan sekä myös paremman resurssien ja kustannusten hallinnan, kun tarvittavien materiaalien ja komponenttien määrät tiedetään tarkasti. Lisäksi tietomalli sekä siihen perustuva määrälaskenta auttaa muutosten hallinnassa ja mahdollistaa paremman yhteistyön sekä kommunikation eri sidosryhmien välillä.

Määrälaskennan tarkkuus ja luotettavuus perustuvat tietomallin laatuun. Jos tietomalli on virheellinen tai puutteellinen, se voi johtaa virheellisiin tuloksiin. Tietomallipohjainen määrälaskenta edellyttää tarkkoja ja lähes täydellisiä tietoja talotekniikan järjestelmistä ja komponenteista. Jos tarvittavat tiedot puuttuvat tai tiedoissa on epätarkkuutta, se vaikeuttaa määrälaskennan suorittamista. Talotekniikan järjestelmät ovat monimutkaisia kokonaisuuksia ja suunnitelmat voivat tulla usealta eri suunnittelijalta, mikä voi aiheuttaa suunnitelmissa epäyhdenmukaisuutta. Tietojen merkintätapa voi myös vaihdella eri suunnitteluohjelmien välillä. Vaikka tietomallinnukselle on olemassa tietomallivaatimukset, silti tietomallin vähimmäisvaatimukset täyttävä tarkkuustaso ei sisällä kaikkea talotekniikkaa. Perinteisesti tietomalliin ei mallinneta kaikkia järjestelmän osia, kuten esimerkiksi kannakkeita, liitososia, sähköjohtoja tai jossain tapauksissa eristeitä. Jopa kaikkein tarkimmissakin tietomalleissa on puutteita.

Vaikka tietomallipohjainen määrälaskenta automatisoi merkittävästi prosessia, silti määrälaskenta vaatii ammatillista osaamista. Määrälaskijan tulee ymmärtää perustietoja talotekniikan järjestelmistä. Lisäksi määrälaskenta vaatii tietämystä ohjelmistojen käytöstä sekä määrälaskennan periaatteista. Määrälaskennassa joudutaan tekemään paljon manuaalista työtä kuten tietojen syöttämistä tai määrien laskentaa, ja laskennassa voi tästä syystä esiintyä inhimillisiä virheitä, kuten esimerkiksi virheellisten tietojen syöttämistä. Huolellinen tarkistusmenettely ja tiedon oikeellisuuden varmistaminen ovat tärkeitä virheiden välttämiseksi.

Määrälaskentaa voidaan hyödyntää myös talotekniikan hiilijalanjäljen laskennassa. Talotekniikan hiilijalanjäljen laskenta on tällä hetkellä arvioihin sekä keskiarvoihin perustuvaa, joten tarkkuudessa olisi parantamisen varaa. Vaikka määrälaskenta toimisi tukena hiilijalanjälkilaskennassa, joudutaan silti tekemään paljon työtä tuotteiden massatietojen etsinnässä. Suunnitteluvaiheessa tuotteilla voisi olla muiden perustietojen lisäksi massatiedot ja tätä myötä ne olisivat myös nähtävillä tietomallissa. Tämä mahdollistaisi talotekniikan osalta tarkan sekä lähestulkoon täysin automatisoidun hiilijalanjälkilaskennan.

Tietomallipohjainen määrälaskenta on vielä suhteellisen uusi käytäntö, ja standardit ja ohjeistukset voivat olla vielä kehitysvaiheessa. Tämä voi aiheuttaa haasteita yhtenäisten menetelmien ja käytäntöjen määrittämisessä. Rakentaminen ja tietomallinnus kehittyvät jatkuvasti ja saatavilla on erilaisia keinoja tehostaa rakennushankkeiden suorituskykyä. Tehostamisen varaa löytyy aina ja siksi on tärkeää tutkia ja opetella uusia toimintamalleja sekä osata hyödyntää niitä. Merkittävänä sekä potentiaalisena tekijänä voidaan pitää lähiaikoina paljon esiintynyttä tekoälyä, jonka muun muassa Rakennustieto on ottamassa osaksi palveluaan. Tulevaisuudessa jää nähtäväksi tuleeko myös tekoäly olemaan osana määrälaskentaa vai tuleeko siitä lähitulevaisuuden määrälaskija.

6 Lähteet

Autodesk. (2023). Navisworks.

Rakennustieto Oy. (2012). Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Osa 1. Yleinen osuus.

Rakennustieto Oy. (2012). Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Osa 7. Määrälaskenta.

Solibri Inc. (2023). Tietomallien laatu hallintaan Solibrilla. Helsinki: Solibri.