

Lauri Kanto

TALOTEKNIIKAN TIETOMALLINNUS KERROSTALOSSA

TALOTEKNIIKAN TIETOMALLINNUS KERROSTALOSSA

Lauri Kanto
Opinnäytetyö
Syksy 2017
Talotekniikan koulutusohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Talotekniikan tutkinto-ohjelma

Tekijä(t): Lauri Kanto

Opinnäytetyön nimi: Talotekniikan tietomallinnus kerrostalossa

Työn ohjaaja: Rauno Holopainen

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Syksy 2017

Sivumäärä: 27 + 11 liitettä

Työn tarkoituksena oli tutustua tietomallinnukseen ja sen toimivuuteen kerrostalossa. Työn tilaajana oli Oulun ammattikorkeakoulu ja kohteena Raahessa sijaitseva nelikerroksinen kerrostalo, jonka kaksi ylintä kerrosta oli suunniteltu asuinhuoneistoiksi ja joiden LVI-suunnitelmista tehtiin tietomalli.

Työn aluksi tutustuttiin talotekniikan tiedonmallinnukseen sekä työn kohteena olevaan rakennukseen. Tutustumisen jälkeen valmiiden LVI-suunnitelmien pohjalta tehtiin tietomallinnus rakennukseen suunnitelluista LVI-järjestelmistä. Tietomallintamisen aikana pohdittiin tietomallinnuksen hyötyjä ja haittoja.

Tietomallinnus ei ole vielä yleisessä käytössä. Pääosin tietomallinnusta käytetään isoissa rakennuskohteissa ja julkisella puolella. Tietomallinnus vie enemmän aikaa ja on kalliimpaa verrattuna normaaliin suunnitteluun, mikä hidastaa suunnittelutyön siirtymistä tietomallinnukseen. Suunnittelutöiden tilaajat edellyttävät yhä enemmän 3D-tietomallinnusta, joka on omalta osaltaan aiheuttanut ohjelmistojen nopean kehityksen. Talotekniikan tietomallinnus onkin selkeästi kasvussa ja ohjelmien kehittyessä tietomallinnusten luonti on nopeampaa ja halvempaa.

Asiasanat: MagiCad, talotekniikka, tietomalli, IFC-malli

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ.....	3
SISÄLLYS.....	4
1 JOHDANTO.....	6
2 RAKENNUKSEN TIETOMALLI.....	7
2.1 Tietomallinnuksen päätavoitteet.....	8
2.2 Tietomallin ja perinteisen kaksikulotteisen mallin erot.....	8
3 TIETOMALLINNUKSEN KÄYTTÖ PROJEKTIN ERI VAIHEISSA.....	10
3.1 Rakennushankkeen käynnistys.....	10
3.2 Ehdotussuunnittelu.....	10
3.3 Yleissuunnittelu.....	11
3.4 Toteutussuunnittelu.....	11
3.5 Hankintoja palveleva suunnittelu.....	12
3.6 Toteutus.....	12
3.7 Vastaanotto.....	12
4 TALOTEKNIIKAN TIETOMALLI.....	13
4.1 Talotekniikan suunnitteluvaiheet.....	13
4.1.1 Ehdotus- ja yleissuunnittelu.....	13
4.1.2 Toteutussuunnittelu.....	14
4.2 Tietomalliselostus.....	14
4.3 Mallinnuksessa käytettävät ohjelmistot.....	14
4.3.1 MagiCad.....	15
4.4 Mallien tarkasteluun käytetyt ohjelmistot.....	15
4.4.1 Solibri Model Checker.....	16
4.4.2 Navisworks.....	16
5 KOHTEEN MALLINTAMINEN.....	18
5.1 Työn kohde.....	18
5.2 Työssä käytetty ohjelmisto.....	19
5.3 Työn kulku.....	19
5.3.1 Lämmitys.....	19
5.3.2 Ilmanvaihto.....	20
5.3.3 Käyttövesi ja viemäri.....	21

6	JOHTOPÄÄTÖKSET TIETOMALLINNUKSESTA	23
7	YHTEENVETO	25
	LÄHTEET	27
	LIITTEET	28

1 JOHDANTO

Tietomalli on virtuaalinen 3D-malli rakennuksesta. Tietomallissa yhdistetään arkkitehti-, rakenne- ja LVISA-järjestelmien suunnitelmat yhdeksi kokonaiseksi tietomalliksi, jota tarkasteltaessa on helppo havainnollistaa rakennusta. Tietomallin formaattina on yleensä käytetty IFC-muotoa. Tässä työssä keskitytään pääosin LVI-suunnitelman tietomallintamiseen. (1.)

Tämän opinnäytetyön aiheena oli tehdä talotekniikan tietomallinnus kerrostaloon ja tutkia, kuinka talotekniikan tiedonmallinnus toimii rakennustuotannossa. Työn tilaajana oli Oulun ammattikorkeakoulu ja koulun lehtori Kimmo Illikainen.

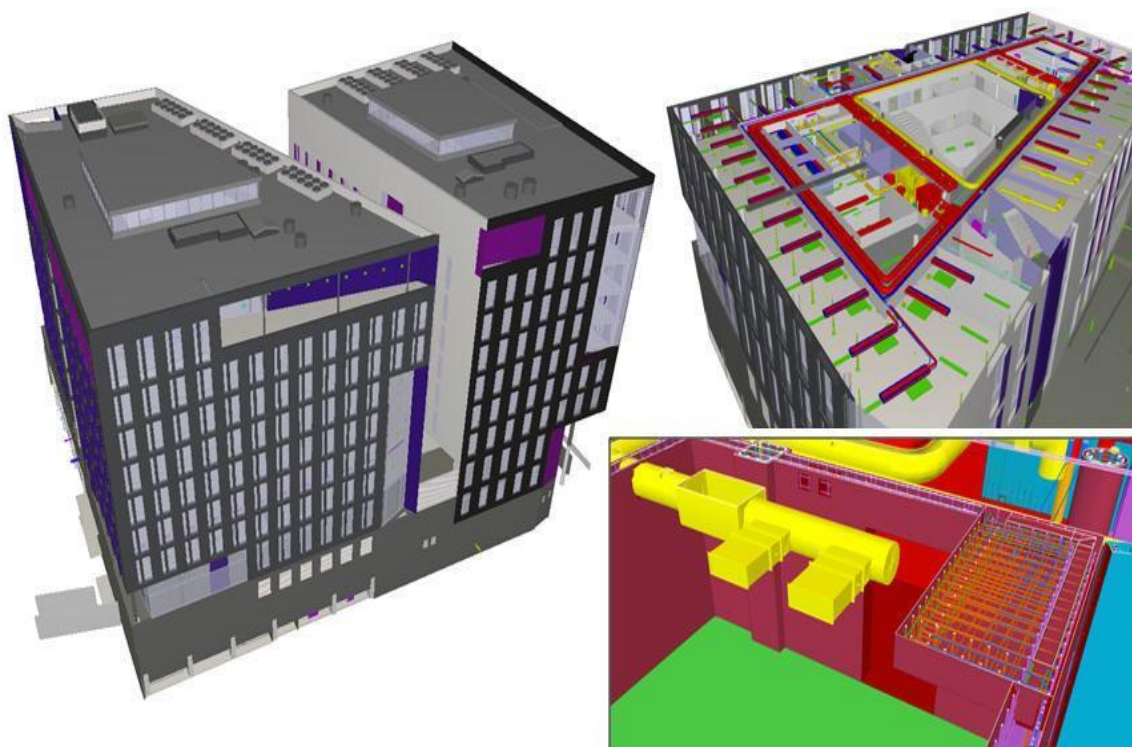
Työn kohteena oli Raahessa sijaitseva nelikerroksinen kerrostalo. Talon kaksi ensimmäistä kerrosta oli suunniteltu sairaalaksi eikä niitä otettu tässä opinnäytetyössä huomioon. Talon kolmas ja neljäs kerros ovat asuinhuoneistoja, joista on valmiit LVI-suunnitelmat ja joiden pohjalta tehtiin LVI-järjestelmien tietomalli.

Tässä työssä käytettiin MagiCad-ohjelmaa, jolla LVI-suunnitelmista tehtiin 3D-malli ja joka muutettiin IFC-muotoon rakennuksen tietomallia varten.

2 RAKENNUKSEN TIETOMALLI

Rakennuksen tietomallilla tarkoitetaan rakennelman esittämistä digitaalisesti kolmiulotteisena mallina (BIM = Building information model). Mallin avulla pyritään hallitsemaan rakennelman elinkaarta aina suunnittelusta, toteutukseen ja ylläpitoon asti. Tietomalliin on tarkoitus sisällyttää kaikki tarvittava tieto, jolloin tietojen hyödyntäminen on nopeaa ja helppoa. Tietomalliin liittyy myös rakennuksen geometrian määrittäminen ja esittäminen kolmiulotteisesti havainnollisuuden ja erilaisten simulointitarpeiden vuoksi. (1)

Tietomallin sisältönä toimii eri suunnittelualojen 3D-mallit (kuva 1) sekä rakennushankkeen määrittelytiedot. Rakennuksen käytön aikana mallia voidaan päivittää, jotta se vastaa aina ajantasaista rakennusta. Esimerkiksi peruskorjauksen jälkeen rakennuksen tiedot tulee päivittää malliin, joten malli pysyy aina ajan tasalla ja siitä on helppoa tarkastaa rakennuksen eri tietoja. (1.)



KUVA 1 Rakennuksen tietomalli (2)

2.1 Tietomallinnuksen päätavoitteet

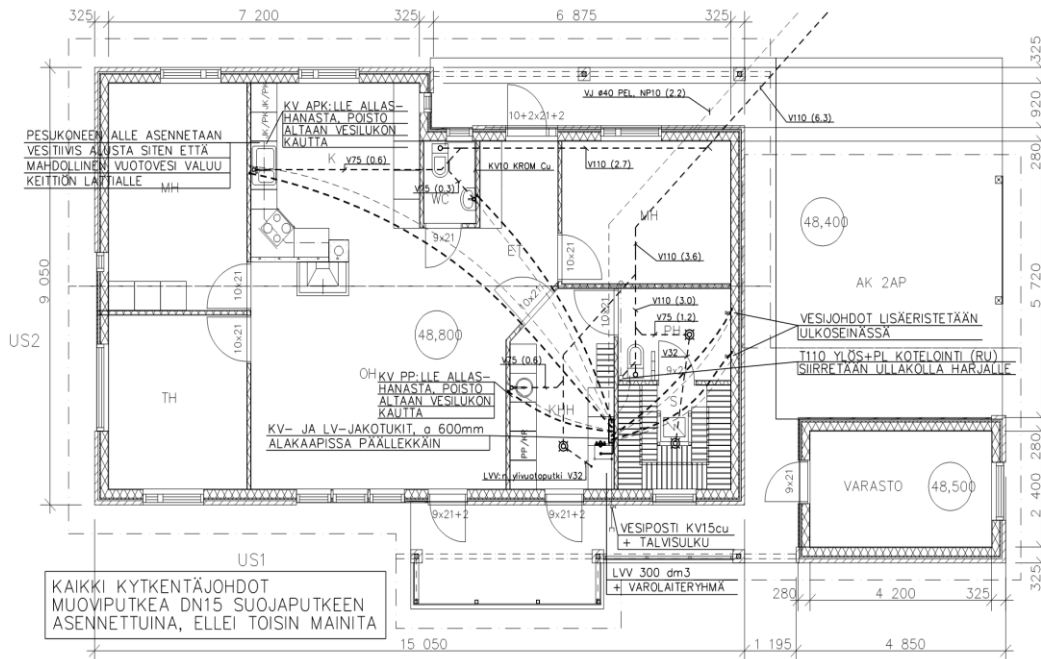
Tietomallinnuksen tavoitteena on suunnittelun ja rakentamisen laadun, tehokkuuden, turvallisuuden ja kestävä kehityksen parantaminen. Mallinnuksen onnistumiseksi on malleille asetettava hankekohtaiset painopistealueet ja tavoitteet. (3, s. 5)

Yleisiä mallinnukselle asetettuja tavoitteita ovat esimerkiksi

- havainnollistaa suunnitteluratkaisuja
- auttaa suunnittelua ja suunnitelmien yhteensovittamista
- nostaa ja varmistaa rakennusprosessin ja lopputuotteen laatua
- tehostaa rakentamisaikaisia prosesseja
- parantaa turvallisuutta rakentamisen aikana (3, s. 5).

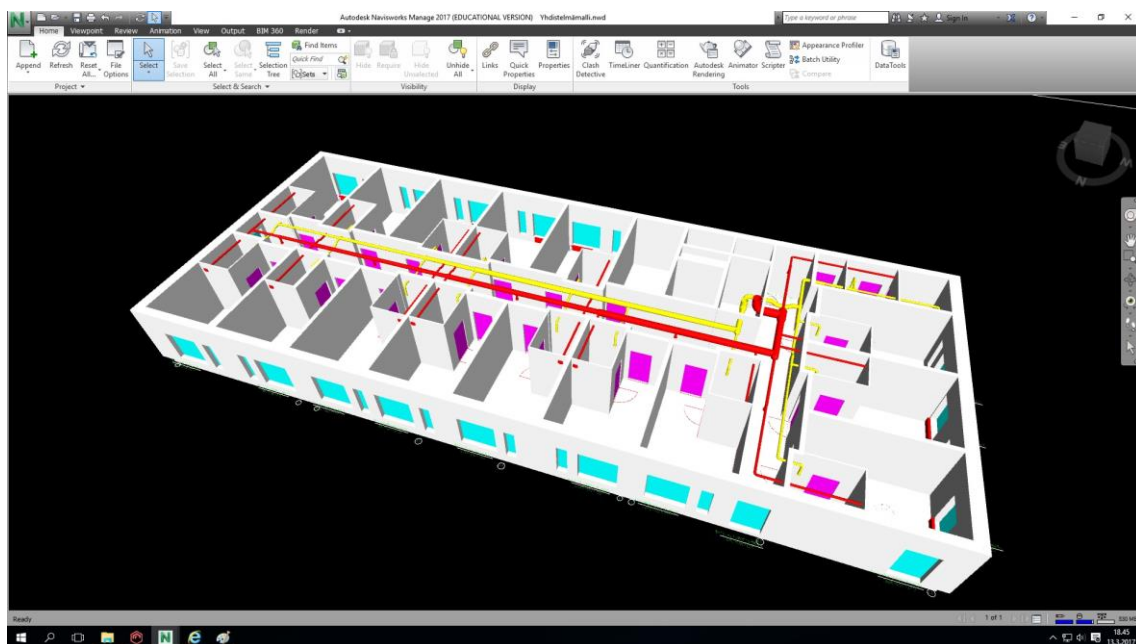
2.2 Tietomallin ja perinteisen kaksiulotteisen mallin erot

Perinteisessä kaksiulotteisessa mallissa (kuva 2) suunnittelija piirtää viivoja ja muita graafisia elementtejä, joiden avulla hän muodostaa piirustukseen erilaisia rakennusta esittäviä kuvia. Kuva ei itsessään sisällä muuta informaatiota, kuin mitä suunnittelija on piirtänyt ja mitkä ihminen tulkitsee informaatioksi. Tämän vuoksi erilaiset ohjelmat esim. rakennukseen kohdistuvia voimia laskeva FEM-ohjelma ei voi käyttää suunnittelijan laatimaa suunnitelmaa, vaan sille on erikseen syötettävä samat tiedot uudestaan. Myös tietoa häviää siirryttäessä suunnitteluvaiheesta toiseen. (1)



KUVA 2 Esimerkki kaksiulotteisesta suunnitelmasta (4)

Tietomalli puolestaan sisältää koko rakennuksen kolmiulotteisena (kuva 3) sekä lisätietoja rakennuksen, sen prosessien ja rakennusosien ominaisuuksista. Tietomallissa olevista tiedoista voidaan helposti muodostaa erilaisia laskelmia, aikatauluja ja simulaatioita, eikä tietoja tarvitse enää syöttää muihin ohjelmiin. Kun kaikki tietomallin näkymät ja tiedot ovat samassa tietomallissa, yhden tiedon päivittäminen voi vaikuttaa lukuisiin piirustuksiin, laskelmiin ja simulaatioihin. (1.)



KUVA 3 Esimerkki kolmiulotteisesta tietomallista (5)

3 TIETOMALLINNUKSEN KÄYTTÖ PROJEKTIN ERI VAIHEISSA

Tehtäessä tietomallia rakennuksesta mukana ovat kaikki suunnittelualat, joiden tulee tehdä tiivistä yhteistyötä, jotta kaikki suunnitelmat sopivat yhteen. Suunnitelmien yhteen sopivuus varmistetaan tallentamalla ajantasaiset mallit, tarpeeksi tiheästi yhteiseen projektipankkiin. Tietomallien yhdistämisestä vastaa tietomallikoordinaattori, joka yhdistää mallit ja samalla tarkastaa tietojen oikeellisuuden. Tietomalleilla on erilaisia tehtäviä projektin eri vaiheissa. (3, s. 11 - 12)

3.1 Rakennushankkeen käynnistys

Rakennushankkeen alussa tehdään tarveselvitys, jossa käydään läpi, mihin tarpeisiin rakennus tulee. Tässä vaiheessa tietomallilla ei ole vielä geometrista muotoa, vaan tarveselvityksen pohjalta tehdään malli, joka sisältää taulukkomuodossa rakennuksen ja sen tilojen eri vaatimuksia. Mallin tulee sisältää tila- tai ryhmäkohtaiset pinta-alat ja mahdolliset tilojen erityisvaatimukset. (3, s. 11 - 12)

3.2 Ehdotussuunnittelu

Ehdotussuunnittelu vaiheessa etsitään sopivin perusratkaisu eri suunnitelmilla. Arkkitehti mallintaa rakennuksen tilat, massoittelun sekä ulkovaipan päätöksenteon kannalta riittävällä tarkkuudella. Rakennesuunnittelija laatii arkkitehdin mallin pohjalta alustavan rakennusosamallin koko rakennuksen laajuudelta. LVI- ja sähkösuunnittelija tekevät alustavat järjestelmämallit, joissa kuvataan järjestelmien pääreitit ja tilavaraukset. (3, s. 13 - 15)

Suunnittelijoiden mallien perusteella tehdään tilapohjaiset kustannusarviot, joiden perusteella eri vaihtoehtojen investointikustannuksia voidaan vertailla. Mallien perusteella voidaan tehdä myös alustavia energia-analyysyjä sekä elinkaarikustannusarvioita. Havainnollistavien mallien avulla projektin eri osapuolille muodostuu yhtenäinen käsitys suunnitelmavaihtoehtoista. (3, s. 13 - 15)

3.3 Yleissuunnittelu

Yleissuunnitteluvaiheessa lähdetään kehittämään ehdotusvaiheessa valittua ratkaisua, jonka perustana käytetään arkkitehdin laatimaa tietomallia. Tilaajan esittämät vaatimukset on päivitetty edellisessä vaiheessa tehtyjen päätösten mukaisiksi. (3, s 15 - 16)

LVI-suunnittelijan tehtävänä on varmistaa tietomallin avulla järjestelmien tilantarpeet ja niiden vaikutukset muiden suunnittelijoiden työhön. Mallin tulee sisältää kanavistojen ja konehuoneiden tilantarpeet, jotta tarvittavat tilavaraukset ja varausten vaikutukset muihin suunnitelmiin voidaan arvioida. (3, s. 15 - 16)

3.4 Toteutussuunnittelu

Toteutussuunnitteluvaiheen toiminta on sama kuin yleissuunnitteluvaiheenkin, mutta mallien tarkkuustaso vastaa toteutusta. Kaikki tehtävät mallit tarkennetaan yksityiskohtaisilla tyyppitiedoilla ja projektin suunnitelmat viimeistellään vastaamaan urakkatarjouspyyntöjä. Vaiheen lopussa toteutussuunnitelmat hyväksytään, jotta niiden avulla voidaan siirtyä rakennushankkeen valmisteluvaiheeseen ja urakkatarjouskyselyihin. (3, s. 17 - 18)

LVI-suunnittelijan ja arkkitehdin mallien tulee vastata toisiaan. Mallinnus keskittyy järjestelmämalliin, ja sitä tulee voida käyttää määrälaskennassa ja suunnitelmien yhteensovittamisessa. (3, s. 17 - 18)

Suunnittelijoiden tehdyistä malleista tulee tehdä yhdistelmämalli, jolla voidaan tarkastella suunnitelmien yhteensopivuutta. Yhdistelmämallilla voidaan myös helposti havainnollistaa suunnitelmaa. Tässä vaiheessa tarkastelun kohteina ovat esim. talotekniikan järjestelmien törmäystarkastelut ja järjestelmille varattujen tilojen riittävyys. (3, s. 17 - 18)

Tehtyjen tarkastelujen jälkeen tietomalleista luodaan määräluetteloita ja kustannusarvioita. Malleista tehdään myös energia-analyysit ja elinkaarikustannukset. (3, s. 17 - 18)

3.5 Hankintoja palveleva suunnittelu

Tässä vaiheessa tietomallit ja niistä tehdyt määräluettelot, visualisoinnit ja muut dokumentit luovutetaan tarjousten tekijöille, jotta heidän on helpompi tehdä urakkatarjouksia ja alustavia rakennustyön suunnitteluja. Kohteesta olevien 3D-mallien, visualisointien ja muun informaation avulla urakoitsijoiden on helppo tutustua suunnitelmiin ja rakennuspaikkaan. (3, s. 19.)

3.6 Toteutus

Urakoitsijoiden käyttämät tietomallien hyödyntämistavat liittyvät tuotannon järjestämisen sisältöihin. Tietomallien visuaalisuus on edelleen merkittävässä osassa malleja hyödynnettäessä. Tärkeimpiä kohteita ovat perehtyminen rakennukseen ja sen rakenteisiin sekä työjärjestysten suunnittelu ja töiden yhteensovittaminen. (3, s. 19)

Tietomallista tehty määrälaskenta nopeuttaa ja antaa tarkemman tuloksen laskennasta edellyttäen, että mallinnus on tehty oikein ja virheettömästi. Tämä laskenta ja valmiit määräluettelot poistavat merkittävän määrän päällekkäistä työtä. Tietomallipohjaisen aikataulun tarkoitus on tarkentaa rakentamisaikataulua ja ohjata mm. täydentävän suunnittelun järjestystä. (3, s. 19)

Urakoitsijat ja suunnittelijat käyvät tietomallin avulla läpi elementtiasennussuunnitelman ja paikallavalurakenteet. Elementtituet mallinnetaan ja päätoteuttaja ja rakennesuunnittelija tarkistavat yhteistyössä niiden sijainnit sekä turvallisuuden että logistiikan kannalta. Tietomallin avulla työmaa pystyy myös tekemään talotekniikan asennuskatselmuksen, jossa asennettava alue käydään läpi ja suunnitellaan asennusjärjestykset ja varmistetaan, että aikataulu sopii eri urakoitsijoiden kesken. (3, s. 19)

3.7 Vastaanotto

Mallintamisen kannalta oleellimmat rakennusvaiheessa tuotettavat asiat ovat toteumamallit ja huoltokirja. Tietomallihankkeen lopussa varmistetaan, että rakentamisen aikana tulleet muutokset on päivitetty tietomalleihin ja että tietomallit vastaavat toteutunutta rakennusta. (3, s. 20.)

4 TALOTEKNIIKAN TIETOMALLI

Tämä työ käsittelee talotekniikan tiedonmallinnusta, joten työssä keskitytään tarkemmin talotekniikan tiedonmallinnukseen ja sen eri vaiheisiin. Talotekniikan tietomalli luodaan arkkitehtimalliin, johon suunnitellaan LVI-järjestelmät. Jokainen järjestelmä suunnitellaan omaksi erilliseksi suunnitelmaksi.

4.1 Talotekniikan suunnitteluvaiheet

Talotekniikan suunnitteluvaiheen tietomallinnus jakautuu kahteen eri osa-alueeseen.

4.1.1 Ehdotus- ja yleissuunnittelu

Ehdotus- ja yleissuunnitteluvaihe on muita suunnitteluosapuolia tukevaa suunnittelua, jonka tavoitteena on tuottaa riittävästi tietoa arkkitehti- ja rakennusmallin tekemiseen. Ehdotus- ja yleissuunnitteluvaiheessa talotekniikan suunnittelu ei tuota koko rakennuksen kattavaa järjestelmämallia, vaan se keskittyy tilavarauksiin, järjestelmävalintoihin sekä palvelukaavioihin. Ehdotusvaiheessa tehdään vaihtoehtoisia ratkaisuja talotekniikansuunnittelun tehtäväluettelon mukaisesti. (6, s. 2 - 3, 5)

Ehdotus- ja yleissuunnitteluvaiheessa talotekniikan suunnittelija varaa tarvittavat tilantarpeet putkistoille sekä tarvittavat tekniset tilat laitteille. Tietomallintamisen näkökulmasta talotekniikan tilavaraukset jaetaan kahteen ryhmään. (6, s. 2 - 3, 5)

1. Tilavaraukset, tilat

Tarvittavat tilavaraukset käydään yhdessä arkkitehdin kanssa läpi normaalein suunnittelumetodein. Talotekninen suunnittelija ilmoittaa arkkitehdille, minkälaiset tilantarpeet hän arvioi tarvitsevänsä ja mihin kohtaan rakennusta. (6, s. 5)

2. Vaakasuuntaiset kerrosverkostot

Talotekniikan suunnittelija mallintaa vaakasuuntaiset kerrosverkostot, joiden tarkoitus on esittää geometrisesti pääreittien sijainti rakennuksessa.

Tarkempi verkostojen sijaintien esitys tehdään perinteisten suunnittelumetodien kautta syntyvien 2D-yhteisleikkausten avulla. 2D-leikkauksissa varmistutaan, että verkostot voidaan asentaa ja huoltaa. Leikkauksissa esitetään myös verkostojen kannakoinnit. (6, s. 6)

Yleissuunnitteluvaiheessa kohteesta valitaan mallihuone tai -alue, josta tehdään tietomallinnus. Tietomallinnuksen avulla varmistutaan siitä, että komponentit todella mahtuvat huoneeseen tai alueeseen. (6, s. 6)

4.1.2 Toteutussuunnittelu

Toteutussuunnitteluvaiheessa tehdään koko rakennuksen kattavat järjestelmämallit, joita ovat

- vesi- ja viemärijärjestelmät
- ilmastointijärjestelmät
- lämmitys- ja jäähdytysjärjestelmät
- palonsammutusjärjestelmät (6, s. 2 - 3).

4.2 Tietomalliselostus

Koko mallintamisen aikana ja rakennusvaiheessa ylläpidetään dokumenttipohjaista tietomalliselostusta. Selostuksessa kerrotaan, mitä objekteja on mallinnettu, millä tarkkuudella sekä millä tietosäilytyksellä ne on tehty. Tietomalliselostuksessa kerrotaan myös, mitä ohjelmistoja tietomallin tekemiseen on käytetty. Myös aiheet, joita ei ole mallinnettu, on kerrottu tietomalliselostuksessa. (6, s. 3)

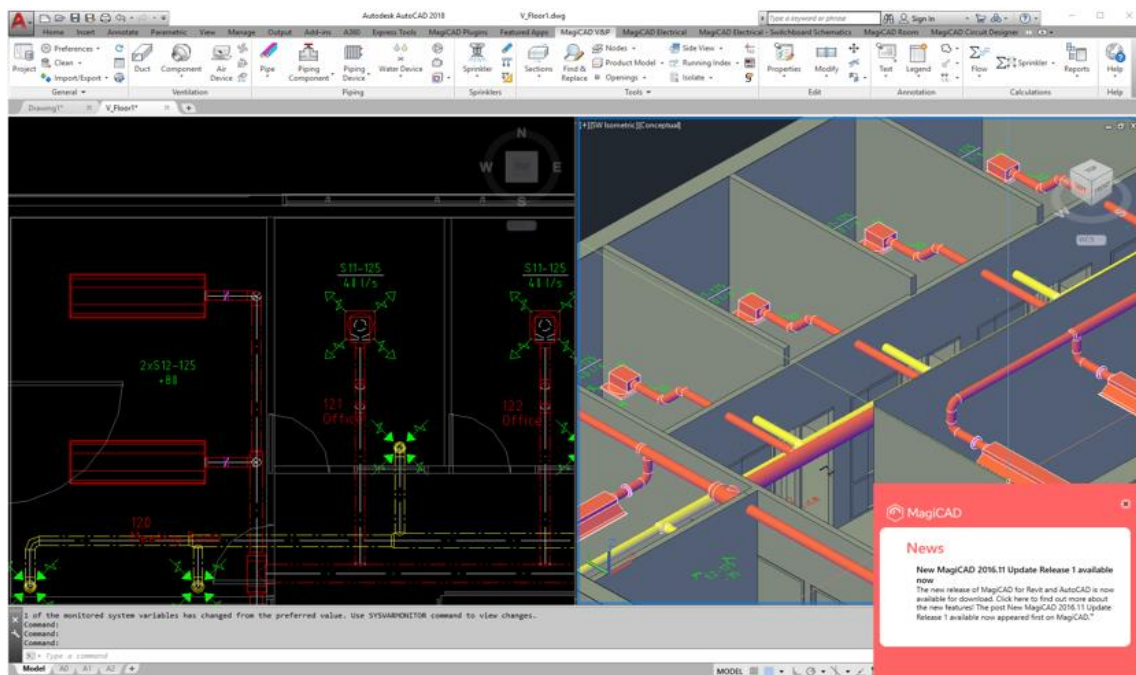
4.3 Mallinnuksessa käytettävät ohjelmistot

Tietomallinnuksessa käytettäviä ohjelmistoja on useita erilaisia, joilla kullakin on omat hyvät ja huonot puolensa. Mallinnuksessa käytettävien ohjelmien tulee olla kaikkien IFC-yhteensopivia, sillä kaikki tiedostojen siirto tapahtuu IFC-tiedostojen kautta. Tässä työssä käytettiin MagiCad-ohjelmaa sen kotimaisuuden, saatavuuden ja aiemman käyttökokemuksen takia.

4.3.1 MagiCad

MagiCad on Progman Oy:n kehittämä CAD-ohjelmisto, josta on monta eri versiota erilaisiin suunnittelutarpeisiin. Eri versiot mahdollistavat kattavan ja monipuolisen ratkaisun talotekniikkasuunnitteluun. Progman Oy on kiinalaisen Glodon yrityksen omistuksessa. Progman Oy on tällä hetkellä pohjoismaiden suurin talotekniikka-alan ohjelmistotalo. (7)

Toimiakseen MagiCad tarvitsee pohjalleen joko AutoCAD- tai Revit-ohjelmiston. MagiCad tukee uusimpia IFC-määräyksiä ja sisältää yli miljoona oikeaa talotekniikan tuotteen tietomallia, joista löytyvät niin tarkat mitat kuin tekniset tiedotkin, mistä johtuen oikeanlaisten tuotteiden mallintaminen on helppoa ja nopeaa (kuva 4). (8)



KUVA 4 MagiCadin suunnittelunäkymä (9)

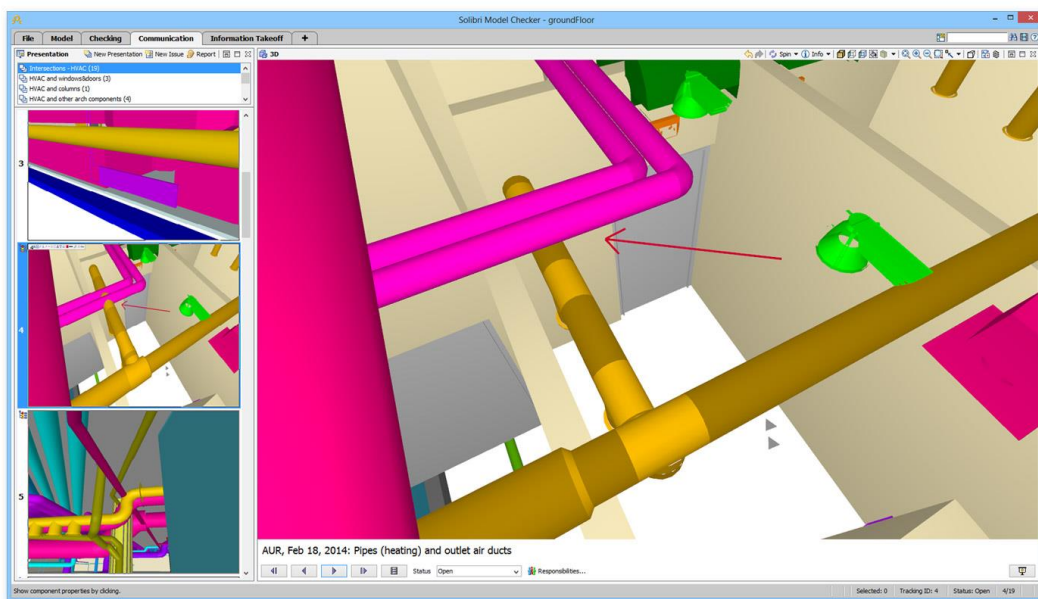
4.4 Mallien tarkasteluun käytetyt ohjelmistot

Tietomallien katseluun ja tarkasteluun on omat erilliset ohjelmansa, joista osa on maksullisia ja osa ilmaisia. Navisworks- ja Solibri-pohjaiset käyttöliittymät ovat yleisimpiä rakennushankkeissa käytettyjä ohjelmistoja.

4.4.1 Solibri Model Checker

Solibri Model Checker on suomalaisen Solibri Oy:n kehittämä maksullinen ohjelma. Ohjelma on tarkoitettu tietomallien havainnollistamiseen, tarkastukseen ja laadunvarmistamiseen. Ohjelmalla voidaan yhdistää kaikki eri suunnittelijoiden luomat mallit yhdeksi kokonaisuudeksi ja näin helposti tarkastella koko rakennusta yhden tietomallin kautta (kuva 5). Jotta eri mallien yhdistäminen onnistuu, tulee kaikki mallit tallentaa IFC-tiedostomuotoon. (10)

Solibri Model Checkerin avulla pystytään löytämään ja havainnollistamaan ongelmia ennen rakentamista ja rakentamisen aikana. Ohjelmalla voidaan tarkastella kaikkia tietomalleja yhdessä tai voidaan valita yksi tietomalli, jota halutaan tarkastella. (10.)

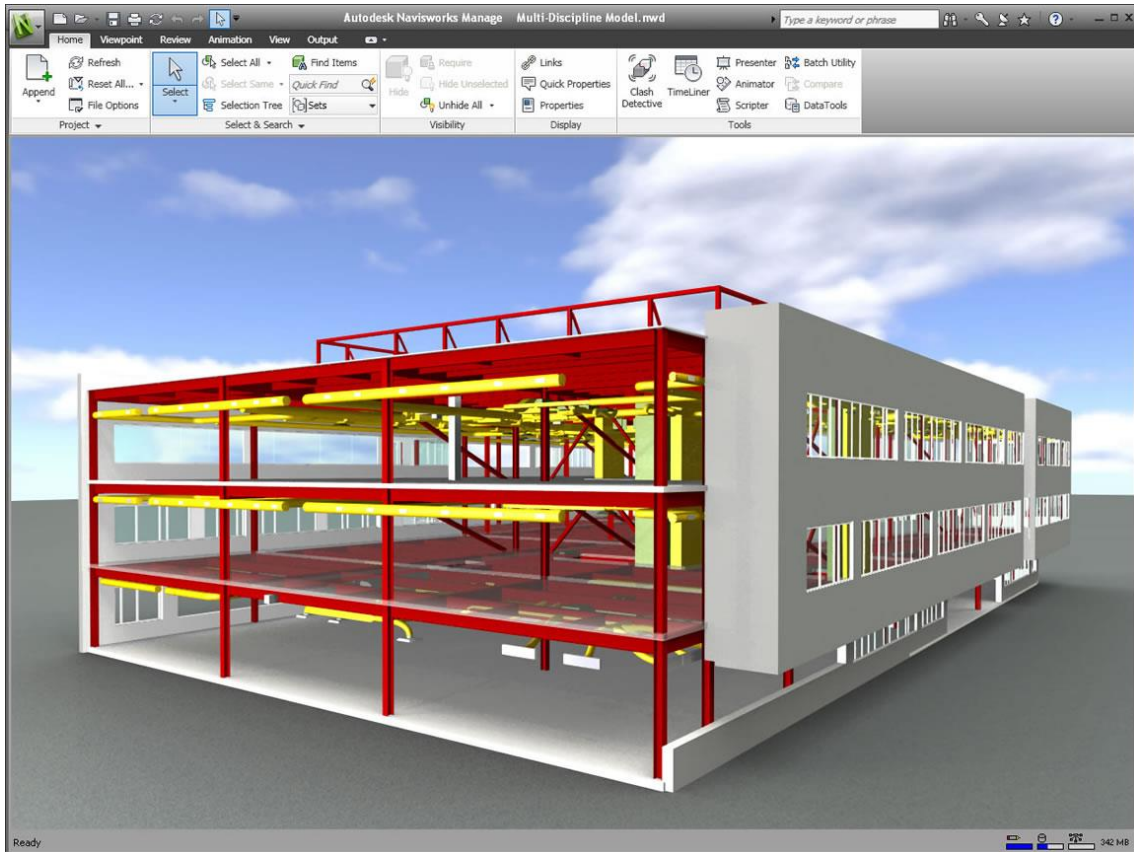


KUVA 5 Solibri Model Checker mallin tarkastelunäkymä (10)

4.4.2 Navisworks

Navisworks on Autodesk-pohjainen tietomallien tarkasteluohjelma. Navisworks-ohjelmasta on olemassa kaksi eriversiota: Navisworks Manage ja Navisworks Simulate. Molemmat ohjelmat mah-

dollistavat mallien yhdistämisen yhdeksi tietomalliksi, kommunikoinnin projektin eri osapuolien välillä sekä mallien simuloinnin eri tarkoituksia varten (kuva 6). Manage-ohjelma on tarkoitettu pääosin projektin vastuhenkilöiden käyttöön. (11)



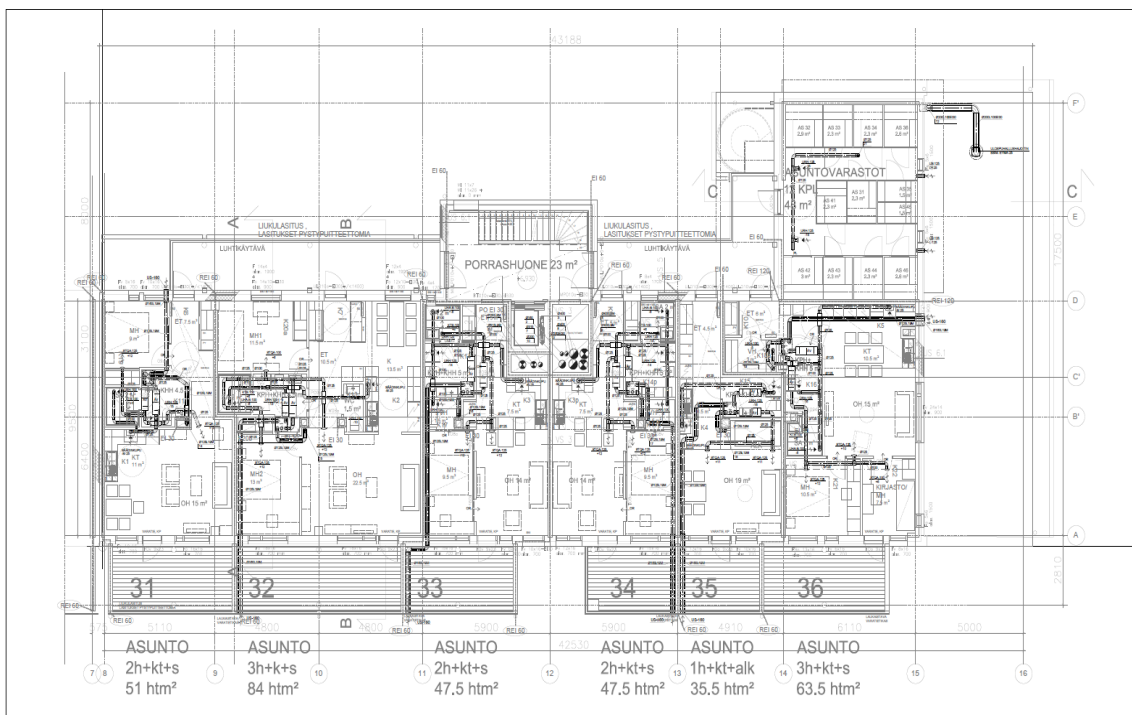
KUVA 6 Navisworks Manage -ohjelman tarkastelunäkymä (11)

5 KOHTEEN MALLINTAMINEN

Tämän työn tarkoituksena oli tutustua talotekniikan IFC-mallinnukseen sekä tutkia, kuinka se toimii rakennustuotannossa ja kuinka toimiva tietomallinnus on. Oulun ammattikorkeakoulun rakennustekniikan opiskelijat olivat tehneet kohteesta valmiin 3D-arkkitehtimallinnuksen, jota pystyttiin käyttämään avuksi mallinnettaessa LVI-järjestelmiä rakennukseen.

5.1 Työn kohde

Tämän työn kohteena oli Rakennus Miilukangas Oy:n kerrostalo, joka on rakennusvaiheessa. Kerrostalo sijaitsee Raahessa. Rakennuksen kaksi ensimmäistä kerrosta on suunniteltu sairaalatiiloiksi, joita ei tässä työssä otettu huomioon. Kerrostalon kaksi ylintä kerrosta on suunniteltu asuinhuoneistoiksi, joista on valmiit LVI-suunnitelmat ja joista tehtiin tietomallinnus (kuva 7).



KUVA 7 3. kerroksen asuinhuoneistojen ilmastointijärjestelmät

Asuinhuoneistot on suunniteltu yhden, kahden ja kolmen hengen huoneistoiksi. Jokaiseen huoneistoon on suunniteltu oma ilmastointijärjestelmänsä. Huoneistoja lämmitetään lattialämmityksellä.

5.2 Työssä käytetty ohjelmisto

Tehtäessä tietomallinnusta tulee käytettävien ohjelmien olla IFC-yhteensopivia, sillä kaikki tiedonsiirto eri sovellusten välillä tapahtuu IFC-tiedostojen kautta. Tässä työssä käytettiin MagiCad-ohjelman uusinta opiskelijalisenssi-versiota (MagiCad 2018), koska se oli IFC-yhteensopiva ja sitä oli käytetty aikaisemminkin opintojaksoilla. Toimiakseen MagiCad-ohjelma tarvitsee pohjalleen AutoCAD-sovelluksen, jonka kautta MagiCad toimii.

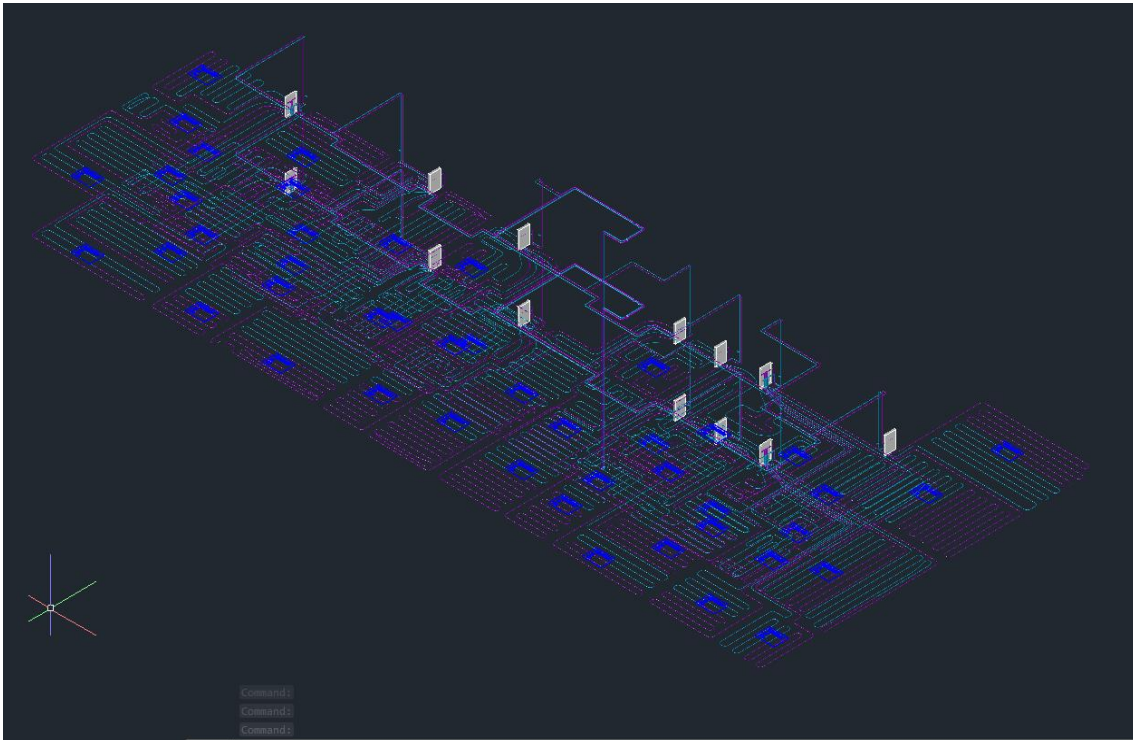
5.3 Työn kulku

Suunnittelutyö alkoi tutustumisella kohderakennukseen ja sen LVI-suunnitelmiin. Rakennustekniikan opiskelijoilta saatiin rakennuksesta heidän tekemänsä 3D-malli, jonka avulla pystyttiin helpommin hahmottamaan kyseistä rakennusta. Tutustumisen jälkeen ja tarvittavat LVI-suunnitelmat saatua, aloitettiin suunnitelmien mallintaminen MagiCad-ohjelmalla.

5.3.1 Lämmitys

Kohteen lämmöntuottojärjestelmänä on kaukolämpö. Sillä lämmitetään käyttövesi ja asuinhuoneistojen lattialämmityspiirien kiertovesi. Lattialämmitys tuodaan ensimmäisen kerroksen teknisestä tilasta ylös asuinhuoneistojen jakotukeille, joista se jaetaan eri huoneiden lattialämmityksen kiertopiireihin.

Piirtämisen alussa tuotiin MagiCad-ohjelmaan kerrostalon valmis lattialämmityssuunnitelma, jonka mukaan lattialämmityspotket mallinnettiin tietomalliksi. MagiCad-ohjelmassa on Uponorin liitäntäohjelma, joka on suunniteltu lattialämmityspotkien piirtämiseen. Ohjelman avulla pystyttiin helposti piirtämään kohteen lattialämmityspotket sekä lämmityspiirin jakotukit. Asuinkerrokset olivat samanlaisia, joten kun oli saatu mallinnettua ensimmäinen kerros, oli helppo mallintaa toisen kerroksen lattialämmitys ensimmäisen kerroksen mukaan (kuva 8).



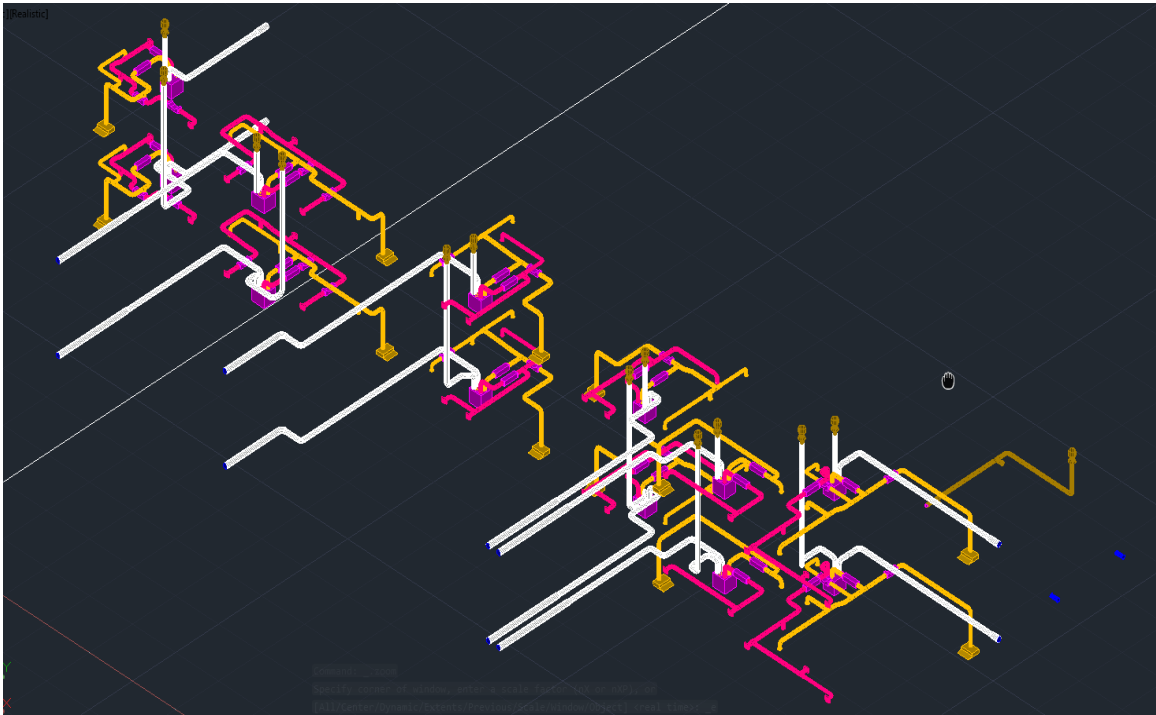
KUVA 8 Asuinhuoneistojen lattialämmitysjärjestelmä

Mallinnuksen aikana havaittiin muutamia ongelmia putkien mallintamisessa. Koska käytettiin eri ohjelmaa kuin mitä suunnittelija oli käyttänyt, putkia ei voinut mallintaa aivan samoin valmiin suunnitelman kanssa. Toisessa kerroksessa havaittiin lattialämmityksen ja alakerran IV-poistokanavien kanssa yhteentörmäyksiä, joita ei normaalissa suunnitelmassa ollut huomattu. Tämän vuoksi jouduttiin hieman poikkeamaan valmiista suunnitelmasta.

5.3.2 Ilmanvaihto

Kerrostalon jokaiseen asuinhuoneistoon asennetaan omat ilmastointikoneet ja -järjestelmät. Ulkoilmakanavat viedään rakennuksen seinustalle ja poistoilma johdetaan kuilujen kautta vesikatolle. Huoneistojen tuloilmalaitteina toimivat seinille asennettavat STQA-päätelaitteet ja poistoilmalaitteina toimivat URH-päätelaitteet. Lisäksi jokaisen asuinhuoneiston keittiöön asennetaan liesikupu. Ilmanvaihtokoneiksi on valittu Deekax Air Oy:n valmistamat Talteri DIVK -ilmanvaihtokoneet (kuva 9).

MagiCadillä mallinnettiin IV-kanavat ja -laitteet. Mallinnuksen aikana havaittiin yhteentörmäyksiä muiden putkistojen ja kanavien kanssa, joten valmiista suunnitelmista jouduttiin hieman poikkeamaan. Myös ohjelmassa olevat, putkistoa koskevat säädökset estivät putkien normaalin mallintamisen, ja kanavia ja kanavien reittejä jouduttiin hieman muokkaamaan.



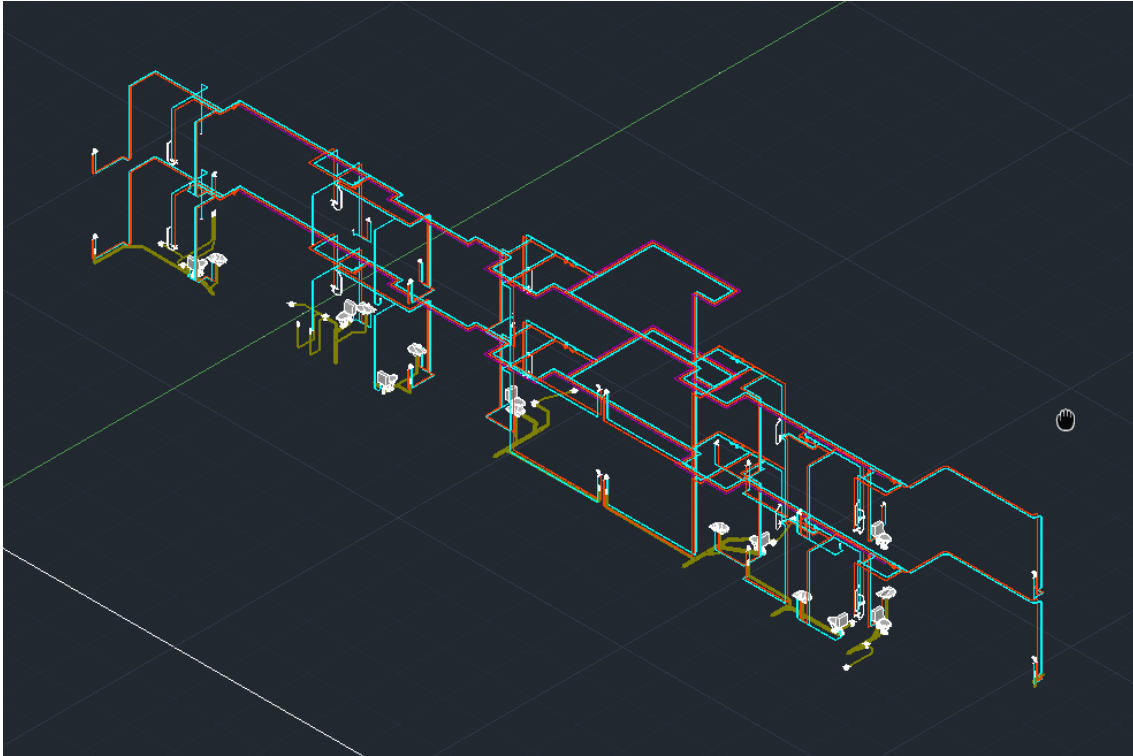
KUVA 9 Asuinhuoneistojen ilmastointijärjestelmä

5.3.3 Käyttövesi ja viemäri

Rakennuksen käyttövesi johdetaan ensimmäisen kerroksen teknisestä tilasta ylös asuinkerrokseen. Jokaisessa asuinhuoneistoissa on oma vesimittari. Lämmin käyttövesi lämmitetään kaukolämmönsiirtimellä ja lämminvesikiertoputkisto kattaa koko verkoston.

Huoneistojen viemäröinti on toteutettu yhdistämällä asuntokohtaiset viemärlaitteet yhteen, minkä jälkeen viemärit johdetaan kuluja pitkin alas ensimmäiseen kerrokseen ja viettoviemäriin kautta ulos kunnan jätevesiviemäriin. Viemärien tuuletus on toteutettu saman roilon kautta ulos vesikattolle.

Käyttövesiputket ja viemärointi mallinnettiin MagiCad-ohjelmalla seuraten valmiiden suunnitelmien putkistoja ja viemäreitä. Ensin mallinnettiin käyttövesiputket ja vesikalusteet huoneistoihin, minkä jälkeen mallinnettiin asuntojen viemärit (kuva 10).



KUVA 10 Asuinhuoneistojen käyttövesi ja viemäri

6 JOHTOPÄÄTÖKSET TIETOMALLINNUKSESTA

Suunnitteluun verrattaessa 3D-tietomallinnus ei ole vielä kovin yleisessä käytössä. Pääosin tietomallinnusta käytetään vain isommissa rakennushankkeissa ja julkisissa hankkeissa. Tietomallinnuksen teko vie enemmän aikaa kuin tavallinen suunnitelma. Tämän vuoksi tietomallinnus on vielä kalliimpaa, mikä hidastaa yritysten siirtymistä tietomallinnukseen. Nykyään kuitenkin ohjelmat kehittyvät kovaa vauhtia, jolloin tietomallinnuksesta tulee helpompaa ja nopeampaa ja ne tarjoavat parempaa tukea tietomallinnukseen.

Kerrostaloa mallinnettaessa havaittiin useita tietomallinnuksen hyötyjä ja haittoja. Työtä tehtäessä huomattiin myös, kuinka tärkeitä eri suunnittelijoiden laatimat mallit ovat ja kuinka niitä on hyvä käyttää hyödyksi mallinnuksessa.

Tietomallinnuksen hyvinä puolina olivat sen havainnollisuus käytettävissä olevista tiloista ja varauksista. Putkia ja kanavia mallinnettaessa havaittiin, että valmiissa suunnitelmissa oli muutampia virheitä, esimerkiksi putkien ja kanavien törmäilyjä. Mallista on helppo tarkastaa erikerrosten välisten kanavien ylösnousujen ja alaslaskujen paikat ja ovatko muut putket niiden tiellä. Tarkasteltaessa kuinka putket ja kanavat mahtuvat niille varattuihin tiloihin oli hyvänä apuna arkkitehtimalli. Arkkitehtimallia apuna käyttäen voitiin mallintaa putket ja kanava oikealle korkeudelle ja niille varatuille paikoille.

Tietomallinnus ei kuitenkaan ole vielä täydellistä. Tätäkin työtä tehtäessä havaittiin useita ongelmia mallinnuksessa. Jos kaikki tietomallit eivät ole ajan tasalla, on hankala hahmottaa putkien ja kanavien paikat. Kun tietomalleihin tehdään muutoksia, on niitä hankalampi havaita verrattaessa normaaliin suunnitteluun, missä muutokset merkitään nuolilla tai kerrotaan erikseen.

Tämän työn tekemiseen käytettiin MagiCad-ohjelmaa, jossa havaittiin olevan myös hieman kömpelyyksiä ja ongelmia mallinnettaessa LVI-järjestelmiä. Putkia mallinnettaessa havaittiin, ettei ohjelma aina sallinut niin sanottua ”normaalia” putkivetoa, vaan putkien reittejä ja korkeusasemia jouduttiin useaan otteeseen muuttamaan, jotta putkivedot saatiin tehtyä. Tietomallia tehtäessä kaikki putket ja kanavat tehdään 3D:nä, mikä johtaa siihen, että ohjelma vaatii toimiakseen hyvät laitteet ja ohjelmistot. Tätäkin mallia tehtäessä havaittiin ohjelman kaatumista sekä hitautta.

Myös MagiCad-ohjelman ja tietomallinnuksen käyttökokemuksen puute aiheutti hieman ongelmia. Jos tietomallin tekemisessä tuli jokin ongelma, jouduttiin sen ratkaisemiseen käyttämään paljon aikaa, mikä hidasti omalta osaltaan työn etenemistä. Tietomallintamisen koulutuksen järjestämisellä onkin iso osa tietomallinnuksen toimivuuden kannalta.

7 YHTEENVETO

Työn tavoitteena oli tutustua talotekniikan tiedonmallinnukseen ja tutkia sen toimivuutta kerrostalorakennuksessa. Työn kohteena oli Raahessa sijaitseva rakennusvaiheessa oleva nelikerroksinen kerrostalo, jonka kaksi ensimmäistä kerrosta oli suunniteltu sairaalataloiksi ja rakennuksen kolmas ja neljäs kerros oli suunniteltu asuinhuoneistoiksi. Sairaalataloja ei otettu tässä työssä huomioon, vaan keskityttiin kerrostalon asuinhuoneistoihin. Asuinhuoneistot oli suunniteltu yhden, kahden ja kolmen hengen huoneistoiksi.

Jokaiseen asuinhuoneistoon oli suunniteltu oma ilmastointikone ja -järjestelmä. Huoneistot lämmitettiin lattialämmityksellä. Lämmöntuottojärjestelmäksi oli suunniteltu kaukolämpö, jolla lämmitettiin lattialämmityspiirin kiertovesi ja käyttövesi. Ensimmäisessä kerroksessa sijaitsi tekninen tila, missä vesi lämmitettiin ja jostavesi johdettiin ylös asuinhuoneistoihin. Viemäröinti oli suunniteltu asuinhuoneista roiloja pitkin alas viettoviemäriin ja sitä kautta ulos kunnan yleiseen jätevesiviemäriin. Viemärien tuuletus oli hoidettu samojen roilojen kautta ylös vesikatolle.

Kaikki järjestelmät mallinnettiin MagiCad-ohjelmalla tietomalliksi. Arkkitehtimallia hyväksi käyttäen tarkastettiin, että kaikki järjestelmät mahtuvat niille varatuille paikoille eikä järjestelmien välillä ollut yhteentörmäyksiä

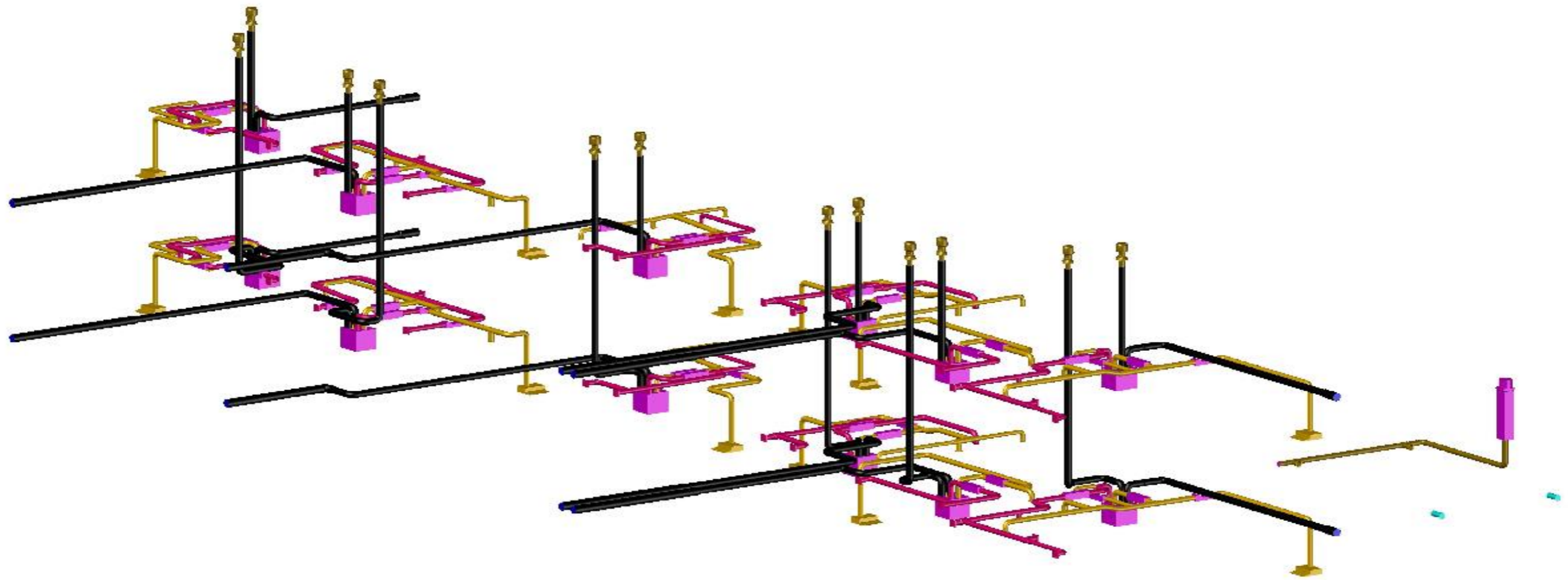
Tietomallinnuksen jälkeen voitiin todeta, että tietomallinnus on selkeämpää ja havainnollisempaa verrattuna normaaliin suunnitteluun. Tietomallista on helppo esittää, miltä järjestelmät ja kanavat näyttävät rakennuksessa. Kerrostalon tiedonmallinnuksessa tulee myös hyvin esille erikerrosten välisten putkivetojen ja kanavien reitit, joita tutkimalla on helppo havaita yhteentörmäyksiä ja varattujen tilojen riittävyys putkille.

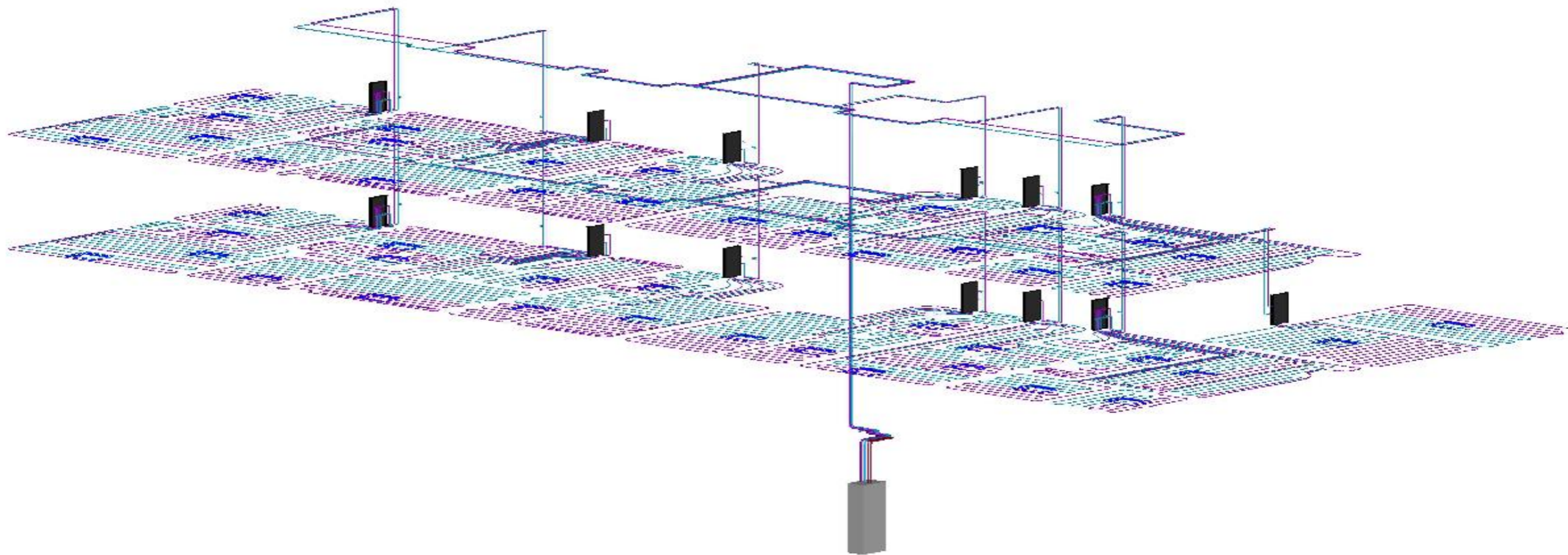
Tietomallinnus ei kuitenkaan ole täydellistä, joten siitäkin löytyi mallinnuksen aikana ongelmia. Mallinnus itsessään vie enemmän aikaa verrattuna normaaliin suunnitteluun. Mallinnettaessa kohdetta piirretään kaikki järjestelmät kolmiulotteisena, mikä johtaa siihen, että käytettävien laitteiden tulee olla tarpeeksi laadukkaita ja ohjelmien on oltava ajan tasalla. Nämä asiat tekevätkin tietomallinnuksesta kalliimpaa verrattaessa normaaliin suunnitteluun. Myös mallintamisen opetteluun vaaditaan aikaa, sillä se poikkeaa huomattavasti normaalista suunnittelusta, joten on hyvä järjestää tietomallinnuksesta koulutusta.

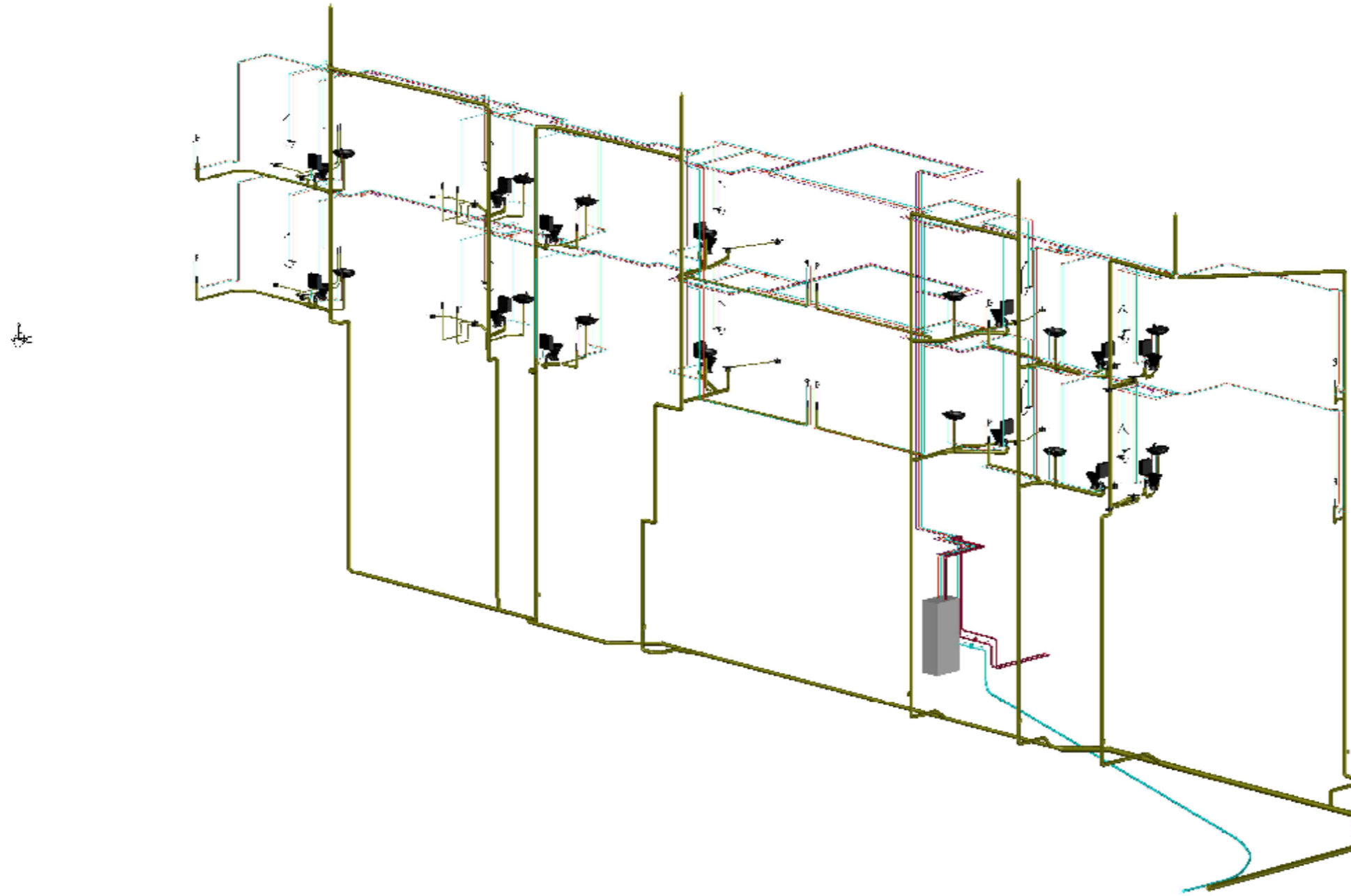
Eri suunnittelualojen välinen yhteistyö on oltava erittäin tiivistä tietomallinnuksen aikana, sillä kaikki suunnittelualat käyttävät avukseen toisen alan tietomalleja. Tämä vaati sen, että kaikki mallit ovat ajan tasalla ja helposti saatavilla. Projektin aikana onkin hyvä pitää suunnittelijoiden kesken yhteistä tietopankkia, johon tiedostoja tallennetaan tietyin väliajoin.

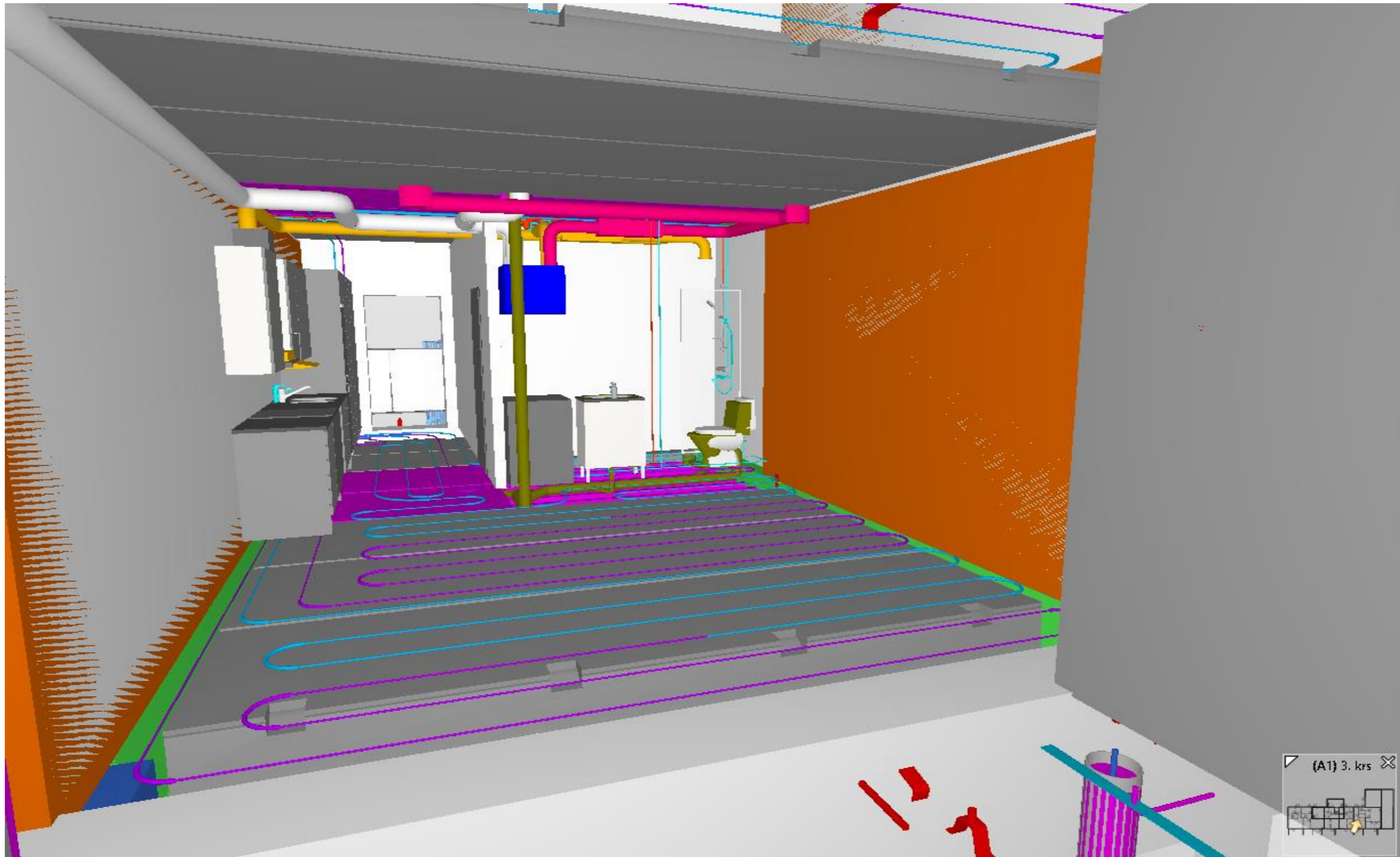
LÄHTEET

1. Rakennuksen tietomalli. 2017. Wikipedia. Saatavissa: https://fi.wikipedia.org/wiki/Rakennuksen_tietomalli. Hakupäivä 27.11.2017.
2. Manskun Rasti: An information model from the future. 2017. Tekla. Saatavissa: <https://www.tekla.com/uk/references/manskun-rasti-information-model-future>. Hakupäivä 27.11.2017.
3. Yleiset tietomallivaatimukset 2012 (YTV) Osa 1. 2012. BuildingSMART Finland.
4. Piirtotalo, piirustukset CAD-muotoon. 2017. Piirtotalo. Saatavissa: <http://piirtotalo.fi/rakennuspiirustukset/lvi-piirustukset/>. Hakupäivä 27.11.2017.
5. Rakennuksen kustannuksista suurin osa määräytyy jo suunnitteluvaiheessa. 2017. LVI Höri. Saatavissa: <http://www.lvihori.fi/lvi-suunnittelu/>. Hakupäivä 27.11.2017.
6. Yleiset tietomallivaatimukset 2012 (YTV) Osa 4. talotekninen suunnittelu 2012. BuildingSMART Finland
7. Progman Oy. 2017. Progman. Saatavissa: <https://www.magicad.com/fi/progman-oy/>. Hakupäivä 29.11.2017.
8. MagiCad Revitille ja AutoCadille. 2017. MagiCad. Saatavissa: <https://www.magicad.com/fi/lvis-sovellukset/>. Hakupäivä 29.11.2017.
9. Uudet ominaisuudet MagiCAD 2018 for AutoCAD. 2017. MagiCad. Saatavissa: <https://www.magicad.com/fi/magicad-uusi-versio/>. Hakupäivä 28.11.2017.
10. Solibri Model Checker. 2017. Solibri. Saatavissa: <https://www.solibri.com/products/solibri-model-checker/>. Hakupäivä 4.12.2017.
11. Autodesk, Navisworks. 2017. Autodesk. Saatavissa: <https://www.autodesk.com/products/navisworks/features>. Hakupäivä 4.12.2017.









YKSIÖN ILMANVAIHDON TASAPAINOTUS

LIITE 5

Level	Node	System	Type	Series	Product	Size	L	qv	v	dpt	dp/L	pt	pst	adj.
Ulko							[m]	[l/s]	[m/s]	[Pa]	[Pa/m]	[Pa]	[Pa]	
Kerros 3	109		AHE/AHU		Talteri DIVK-C 91			22		- 41,9		-14,6		~
Kerros 3	101	U1	OUTDOOR		YGC-160	160 (L)		22	1,1	6,4				

Level	Node	System	Type	Series	Product	Size	L	qv	v	dpt	dp/L	pt	pst	adj.
Tulo							[m]	[l/s]	[m/s]	[Pa]	[Pa/m]	[Pa]	[Pa]	
Kerros 3	109		AHE/AHU		Talteri DIVK-C 91			22		41,9		27,3		~
Kerros 3	86	T1	SILENCER		LKR-125-6	125		22	1,8	1,5		26		
Kerros 3	88	T1	SUPPLY		STQA-125-C	125 (L)		11	0,9	20				8,4
Kerros 3	89	T1	SUPPLY		STQA-125-C	125 (L)		11	0,9	22,5				7,9

Level	Node	System	Type	Series	Product	Size	L	qv	v	dpt	dp/L	pt	pst	adj.
Poisto							[m]	[l/s]	[m/s]	[Pa]	[Pa/m]	[Pa]	[Pa]	
Kerros 3	109		AHE/AHU		Talteri DIVK-C 91 R			41		-75,4		-41,9		~
Kerros 3	171	P1	SILENCER		LKR-125-6	125		41	3,3	5,3		-34,9		
Kerros 3	173	P1	EXTRACT		PTX 500	125 (L)		25	2	20				0,57
Kerros 3	174	P1	EXTRACT		URH/A-125	125 (L)		16	1,3	26				6,9

Level	Node	System	Type	Series	Product	Size	L	qv	v	dpt	dp/L	pt	pst	adj.
Jäte							[m]	[l/s]	[m/s]	[Pa]	[Pa/m]	[Pa]	[Pa]	
Kerros 3	109		AHE/AHU		Talteri DIVK-C 91 R			41		75,4		33,5		
Kerros 3	101	J1	EXHAUST		VILPE Ø125P/IS/400 EXHAUST VENTILATION PIPE	125 (L)		41	3,3	12,7				

YKSIÖN ILMANVAIHDON VIRTAUS

LIITE 6

Level	Node	System	Type	Series	Product	Size	L	Insulation	qv	v
Ulko							[m]		[l/s]	[m/s]
Kerros 3	109		AHE/AHU		Talteri DIVK-C 91 R				22	
Kerros 3	101	U1	OUTDOOR		YGC-160	160 (L)		L19/19	22	1,1

Level	Node	System	Type	Series	Product	Size	L	Insulation	qv	v
Tulo							[m]		[l/s]	[m/s]
Kerros 3	109		AHE/AHU		Talteri DIVK-C 91 R				22	
Kerros 3	86	T1	SILENCER		LKR-125-600	125			22	1,8
Kerros 3	88	T1	SUPPLY		STQA-125-C	125 (L)			11	0,9
Kerros 3	89	T1	SUPPLY		STQA-125-C	125 (L)			11	0,9

Level	Node	System	Type	Series	Product	Size	L	Insulation	qv	v
Poisto							[m]		[l/s]	[m/s]
Kerros 3	109		AHE/AHU		Talteri DIVK-C 91 R				41	
Kerros 3	171	P1	SILENCER		LKR-125-600	125			41	3,3
Kerros 3	173	P1	EXTRACT		PTX 500	125 (L)			25	2
Kerros 3	174	P1	EXTRACT		URH/A-125	125 (L)			16	1,3

Level	Node	System	Type	Series	Product	Size	L	Insulation	qv	v
Jäte							[m]		[l/s]	[m/s]
Kerros 3	109		AHE/AHU		Talteri DIVK-C 91 R				41	
Kerros 3	101	J1	EXHAUST		VILPE Ø125P/IS/400 EXHAUST VENTILATION PIPE	125 (L)			41	3,3

YKSIÖN ILMANVAIHDON ÄÄNIMITTAUS

LIITE 7/1

Level	Node	System	Type	Product	Size	L	qv	v	dpt		63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	LpA(10sab)
Ulko						[m]	[l/s]	[m/s]	[Pa]		[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]
Kerros 3	109		AHE	Talteri DIVK-C 91 R			22		-41,9										
Kerros 3	101	U1	OUT-DOOR	YGC-160	160 (L)		22	1,1	6,4	Sound in:	55.3	49.1	45.7	48.0	42.6	30.4	20.4	12.7	43,6
										Total Lw	55.3	49.1	45.7	48.0	42.6	30.4	20.4	12.7	

Level	Node	Sys-tem	Type	Product	Size	L	qv	v	dpt		63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	LpA(10sab)
Tulo						[m]	[l/s]	[m/s]	[Pa]		[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]
Kerros 3	109		AHE	Talteri DIVK-C 91 R			22		41,9										
Kerros 3	86	T1	SILENCER	LKR-125-600	125		22	1,8	1,5	Sound in:	56.2	49.9	47.2	51.7	51.2	42.3	32.0	23.1	
										Attenuation:	-2.0	-9.0	-10.0	-18.0	-26.0	-39.0	-36.0	-17.0	
Kerros 3	88	T1	SUPPLY	STQA-125-C	125 (L)		11	0,9	20	Sound in:	50.7	37.5	33.4	28.1	16.3	5.0	4.9	5.2	19,7
										Attenuation:	-17.9	-12.9	-6.9	-3.7	-4.7	-3.8	-5.7	-6.7	
										Addition:	+6.9	+8.9	+3.9	+4.9	+5.9	+5.9	+0.0	+0.0	
										Total Lw:	32.8	24.7	26.	24.4	12.7	7.2	2.6	2.3	
Kerros 3	89	T1	SUPPLY	STQA-125-C	125 (L)		11	0,9	22,5	Sound in:	51.0	37.7	33.9	29.6	19.8	5.0	4.6	5.5	20,8
										Attenuation:	-18.0	-13.0	-7.0	-4.1	-5.1	-4.1	-6.1	-7.1	
										Addition:	+7.9	+9.9	+4.9	+5.9	+6.9	+6.9	+0.0	+0.0	
										Total Lw:	33.0	24.9	26.9	25.6	15.4	7.9	2.3	2.3	

YKSIÖN ILMANVAIHDON ÄÄNIMITTAUS

LIITE 7/2

Level	Node	Sys-tem	Type	Product	Size	L	qv	v	dpt		63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	LpA(10sab)
Poisto						[m]	[l/s]	[m/s]	[Pa]		[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]
Kerros 3	109		AHE	Talteri DIVK-C 91 R			41		-75,4										
Kerros 3	171	P1	SILENCER	LKR-125-600	125		41	3,3	5,3	Sound in:	48.9	48.9	47.9	40.4	39.8	27.1	13.7	5.7	
										Attenuation:	-2.0	-9.0	-10.0	-18.0	-26.0	-39.0	-36.0	-17.0	
Kerros 3	173	P1	EXTRACT	PTX 500	125 (L)		25	2	20	Sound in:	43.2	36.2	33.8	16.6	7.7	5.4	5.3	5.2	25,3
										Addition:	+0.0	+11.9	+24.4	+26.3	+18.9	+0.0	+0.0	+0.0	
										Total Lw:	43.2	36.2	34.3	26.7	19.2	6.5	6.4	6.4	
Kerros 3	174	P1	EXTRACT	URH	125 (L)		16	1,3	26	Sound in:	43.8	36.8	34.8	19.0	10.9	6.3	5.4	5.1	15,4
										Attenuation:	-1.0	-18.0	-16.0	-13.0	-11.0	-9.0	-6.0	-1.0	
										Addition:	+0.0	+11.5	+9.5	+8.5	+6.5	+9.5	+0.5	+0.0	
										Total Lw:	42.8	19.5	19.3	10.4	7.3	9.7	3.0	5.5	

Level	Node	Sys-tem	Type	Product	Size	L	qv	v	dpt		63	125	250	500	1k	2k	4k	8k	LpA(10sab)
Jäte						[m]	[l/s]	[m/s]	[Pa]		[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]	[dB]
Kerros 3	109		AHE	Talteri DIVK-C 91 R			41		75,4										
Kerros 3	101	J1	EXHAUST	VILPE Ø125P	125 (L)		41	3,3	12,7	Sound in:	48.4	48.3	47.0	38.1	34.2	19.8	9.3	4.7	
										Total Lw:	48.4	48.3	47.0	38.1	34.2	19.8	9.3	4.7	

YKSIÖN LATTIALÄMMITYSPIIRIEN TASAPAINOTUS

LIITE 8

Level	Node	System	Type	Product	Size	P [W]	qv [l/s]	dpt [kPa]	pt [kPa]	adj.
Piiri 1										
Kerros 3	28	LL1	MANIFOLD	MANIFOLD-F-1-7-L-PRO-20-3-*-*.*	20		0,1111		26,271	(L)
Kerros 3	29	LL1	ZONE VALVE	Pro-Circuit-Valve	20		0,0444	15,528	26,271	
Kerros 3	30	LL1	HEATING: RADIATOR		20 (L)	900	0,0444	0,001	10,401	

Level	Node	System	Type	Product	Size	P [W]	qv [l/s]	dpt [kPa]	pt [kPa]	adj.
Piiri 2										
Kerros 3	31	LL1	ZONE VALVE	Pro-Circuit-Valve	20		0,0444	15,03	26,271	
Kerros 3	32	LL1	HEATING: RADIATOR		20 (L)	900	0,0444	0,001	10,624	

Level	Node	System	Type	Product	Size	P [W]	qv [l/s]	dpt [kPa]	pt [kPa]	adj.
Piiri 3										
Kerros 3	33	LL1	ZONE VALVE	Pro-Circuit-Valve	20		0,0222	16,057	26,271	
Kerros 3	34	LL1	HEATING: RADIATOR		20 (L)	450	0,0222	0,001	10,125	

YKSIÖN LATTIALÄMMITYSPIIRIEN VIRTAUS

LIITE 9

Level	Node	System	Type	Product	Size	P [W]	qv [l/s]
Piiri 1							
Kerros 3	164	LL1	MANIFOLD	MANIFOLD-F-1-7-L-PRO-20-3-*-*-*	20		0,1111
Kerros 3	30	LL1	HEATING: RADIATOR		20 (L)	900	0,0444

Level	Node	System	Type	Product	Size	P [W]	qv [l/s]
Piiri 2							
Kerros 3	34	LL1	HEATING: RADIATOR		20 (L)	450	0,0222

Level	Node	System	Type	Product	Size	P [W]	qv [l/s]
Piiri 3							
Kerros 3	32	LL1	HEATING: RADIATOR		20 (L)	900	0,0444

YKSIÖN KÄYTTÖVEDEN TASAPAINOTUS

LIITE 10

Level	NODE	SYSTEM	TYPE	PRODUCT	SIZE	qv sum (l/s)	qv dim (l/s)	dp (dim) [kPa]	pt (kPa)	qv (%)
Kylmävesi										
Kerros 3	53	K1	DOMESTIC WATER DEVICE	KEITTIÖHANA+APK (0.2)	12 (L)	0,2	0,2	160	159,59	100
Kerros 3	58	K1	DOMESTIC WATER DEVICE	WC	10 (L)	0,1	0,1	130	162,53	112
Kerros 3	59	K1	DOMESTIC WATER DEVICE	PESUALLASHANA+BIDE (0.1)	10 (L)	0,1	0,1	130	155,805	109
Kerros 3	60	K1	DOMESTIC WATER DEVICE	SUIHKU (0.2)	12 (L)	0,2	0,2	160	171,797	104

Level	NODE	SYSTEM	TYPE	PRODUCT	SIZE	qv sum (l/s)	qv dim (l/s)	dp (dim) [kPa]	pt (kPa)	qv (%)
Lämminvesi										
Kerros 3	53	K1	DOMESTIC WATER DE- VICE	KEITTIÖHANA+APK (0.2)	12 (L)	0,2	0,2	160	176,933	105
Kerros 3	59	K1	DOMESTIC WATER DE- VICE	PESUALLASHANA+BIDE (0.1)	10 (L)	0,1	0,1	130	191,394	121
Kerros 3	60	K1	DOMESTIC WATER DE- VICE	SUIHKU (0.2)	12 (L)	0,2	0,2	160	181,604	107

YKSIÖN KÄYTTÖVEDEN VIRTAUS

LIITE 11

LEVEL	NODE	SYSTEM	TYPE	SERIES	PRODUCT	SIZE	L (m)	qv sum (l/s)	qv dim (l/s)	v (dim) [m/s]
Kylmävesi										
Kerros 3	53	K1	DOMESTIC WATER DEVICE		KEITTIÖHANA+APK (0.2)	12 (L)		0,2	0,2	
Kerros 3	58	K1	DOMESTIC WATER DEVICE		WC	10 (L)		0,1	0,1	
Kerros 3	59	K1	DOMESTIC WATER DEVICE		PESUALLASHANA+BIDE (0.1)	10 (L)		0,1	0,1	
Kerros 3	60	K1	DOMESTIC WATER DEVICE		SUIHKU (0.2)	12 (L)		0,2	0,2	

LEVEL	NODE	SYSTEM	TYPE	SERIES	PRODUCT	SIZE	L (m)	qv sum (l/s)	qv dim (l/s)	v (dim) [m/s]
Lämminvesi										
Kerros 1	53	K1	DOMESTIC WATER DEVICE		KEITTIÖHANA+APK (0.2)	12 (L)		0,2	0,2	
Kerros 1	59	K1	DOMESTIC WATER DEVICE		PESUALLASHANA+BIDE (0.1)	10 (L)		0,1	0,1	
Kerros 1	60	K1	DOMESTIC WATER DEVICE		SUIHKU (0.2)	12 (L)		0,2	0,2	