

Ilkka Kiiski

Tuotemallintaminen LVI-projekteissa

Metropolia Ammattikorkeakoulu
Insinööri (ylempi AMK)-tutkinto
Rakentamisen koulutusohjelma
Opinnäytetyö
6.3.2011

Tekijä Otsikko	Ilkka Kiiski Tuotemallintaminen LVI-projekteissa
Sivumäärä Aika	32 sivua + 4 liitettä 6.3.2011
Tutkinto	insinööri (ylempi AMK)
Koulutusohjelma	rakentaminen
Suuntautumisvaihtoehto	talotekniikka
Ohjaaja	yliopettaja Juhani Eskelinen
<p>Opinnäytetyössä käsitellään LVI-tuotemallinnusta sekä sen kehittämistä. Aluksi työssä selvitetään, mitä tuotemallintaminen on. Tämän jälkeen analysoidaan haastattelumateriaaleista, mitä LVI-tuotemallintamisessa tulisi huomioida suunnittelun eri vaiheissa. Kolmanneksi tarkastellaan mallintamisprosessia käytännössä ja neljänneksi selvitetään verkostojen mitoitusperiaatteita. Lopuksi käsitellään mallinnukseen liittyviä ohjeita ja määräyksiä.</p> <p>Opinnäytetyön tavoitteena oli luoda mallinnusohje LVI-tuotemallinnusprojektia varten sekä koota tiedot laitteista jo mallinnetuista laitteista ja lisäksi laitteista, jotka tulisi mallintaa. Työssä esitetään ohjeita verkoston mitoittamiseksi ja tasapainottamiseksi sekä kootaan yhteen mallintamiseen liittyviä ohjeita ja määräyksiä. Kehittämistyö toteutettiin haastattelututkimuksena. Siinä kerättiin seitsemältä suunnittelijalta näkemyksiä, miten mallintaminen voidaan toteuttaa tehokkaasti. Mitoittamiseen ja ohjeistukseen liittyvät asiat koottiin eri kirjallisuuslähteistä. Työ keskittyy LVI-tekniikan luonnos- ja toteuttamissuunnitteluvaiheisiin ja sivuaa muita toimialoja vain rajapintojen osalta.</p> <p>Työn tuloksena syntyi tuotemallinnusohje, joka käsittelee LVI-tuotemallinnusprojektin toteuttamisen LVI-suunnittelijan näkökulmasta. Mallinnusohje on koottu haastateltujen enemmistön näkökannat huomioon ottaen. Mitoitukseen liittyvät ohjeet käsittelevät simulointiohjelman mitoitusparametreiksi syötettäviä arvoja. Mallintamisen ohjeistuksessa keskitytään merkittävämpien laitteiden ja komponenttien mallintamisohjeiden antamiseen.</p> <p>Työtä on tarkoitus käyttää LVI-tuotemallinnuksen ohjeena nykyisessä työpaikassani Hepacon Oy:ssä. Työn tarkoitus on nopeuttaa mallinnusprojekteja sekä vähentää turhan työn määrää. Näin ollen virheiden määrän tulisi vähentyä ja projektien kannattavuuden parantua.</p>	
Avainsanat	tuotemallintaminen, mallinnusohje, IFC, LVI-projekti

Author Title	Ilkka Kiiski Building information modeling in HVAC- projects
Number of Pages Date	32 pages + 4 appendices 6 March 2011
Degree	Master of Engineering
Degree Programme	Civil engineering
Specialisation option	Building Services Engineering
Instructor	Juhani Eskelinen, Principal Lecturer
<p>The final year project discusses the development of HVAC information modelling. First, the process is presented. The second focus is on the necessary considerations at the various design phases. Thirdly, practical modelling is discussed. The fourth subject are the principles of network design, and, finally, some information about modelling guidelines and regulations are presented.</p> <p>The final year project had several objectives: to create a modelling guide for HVAC information modelling projects, to bring together information on devices either already modelled or that need to be modelled, to guide network dimensioning and balancing, and, finally, to bring together the modelling rules and regulations. To collect information, seven designers were interviewed about how modelling can be implemented effectively. The data about dimensioning and rules were collected from literature sources. This thesis focuses on the sketching and implementation phases and only touches other design areas.</p> <p>The result of the final year project was a guide for information modelling which looks at an HVAC information modelling project from the point of view of the majority of the interview subjects. The modelling guide document focuses on modelling major equipment and components.</p> <p>The work is to be used as the HVAC information modelling manual in my current job. The purpose of the manual is to improve the modelling projects and reduce the amount of unnecessary work. Thus, the number of errors should be reduced and the profitability of the projects improved.</p>	
Keywords	Building information modelling, modelling guide, IFC, HVAC-project

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Tuotemallintaminen	2
3	Haastattelututkimuksen tulokset	4
3.1	Haastattelututkimuksen lähtökohdat	4
3.2	Aloitustoimenpiteet ja -asetukset	4
3.3	Luonnossuunnitteluvaihe	5
3.3.1	Lämmitys	5
3.3.2	Viemärit ja vesijohdot	6
3.3.3	Ilmanvaihto	7
3.4	Toteutussuunnittelu	7
3.4.1	Lämmitys	8
3.4.2	Viemäri- ja vesijohdot	9
3.4.3	Ilmanvaihto	9
3.5	Leikkauskuvien teko ja LVI-risteilytarkastelut	10
3.6	Reikäkuvien teko	11
3.7	Kanavien ja putkistojen mitoitus	11
3.8	Mitoitukseen liittyviä ongelmia ja korkeusaseman huomioiminen	12
3.9	Tuotetietokantojen kattavuus	12
4	LVI-tuotemallintamisen toteuttaminen	14
4.1	Luonnossuunnittelu	14
4.2	Toteutussuunnittelu	16
4.3	Suunnitelmien muuttaminen	19
5	Verkostojen mitoitus	20
6	Mallinnusta ohjaavia vaatimuksia	23
7	Yhteenveto	29
	Lähteet	31
	Liitteet	
	Liite 1. Kysymyslomake	

1 Johdanto

Uudet kehittyneemmät ohjelmistot mahdollistavat suunnitelmien tekemisen kolmiulotteisina tehokkaammin kuin aikaisemmin. Jotta 3D-suunnittelu voitaisiin toteuttaa tehokkaasti, pitäisi tietyt asiat olla etukäteen sovittuna, jotta vältetään turhilta muutostöiltä.

Ongelmana on, että ei ole olemassa ohjetta, jossa kerrotaan missä järjestyksessä asiat tulisi toteuttaa, jotta ei tehdä turhaa työtä. Jokainen suunnittelija joutuu kokeilemaan yrityksen ja erehdyksen kautta mikä toimintatapa on oikea.

Opinnäytetyö keskittyy ilmanvaihto-, lämmitys-, vesi- ja viemärijärjestelmiin uudisrakennuksissa ja soveltuvin osin saneerauskohteisiin. Opinnäytetyö on tehty pääsääntöisesti MagiCad-ohjelmistoa käyttäville, mutta yleisiä periaatteita voidaan käyttää kaikissa mallinnusohjelmissa.

Työn tavoitteena on luoda suunnitteluohje LVI-mallintamisesta LVI-suunnitteluprojektissa. Toisena tavoitteena on koota yhteen tiedot laitteista, jotka on jo mallinnettu, sekä laitteista, jotka joutuu mallintamaan itse. Kolmantena tavoitteena on antaa ohjeita verkoston mitoittamisen ja tasapainottamisen helpottamiseksi. Neljäntenä tavoitteena on koota yhteen laitteiden sijoittelusta annetut ohjeet ja määräykset. Työ on toteutettu haastatteleamalla eri suunnittelijoita sekä etsimällä kirjallisuudesta viitteitä mallintamisen suorittamiseksi.

Opinnäytetyö tehdään nykyisen työnantajani käyttöön. Sitä on tarkoitus käyttää ammattisuunnittelijoiden apuna sekä ohjeena uusille suunnittelijoille.

2 Tuotemallintaminen

Niemioja, Nissinen ja Penttilä (1) määrittelevät tuotemallintamisen siten, että se on ”kokonaisvaltainen, integroitu tapa hallita rakennushankkeen tietoja digitaalisessa muodossa”. Tämä tarkoittaa sitä, että suunniteltavan rakennuksen kaikki olennainen tieto syötetään rakennuksesta tehtävään tiedostoon. Tuotemallintamisen ja 3D-mallintamisen erona on tuotemallin sisältämä rakennusosien tekninen tieto. Tuotemallista käytetään myös nimeä BIM (Building information model). (1, s. 3 ja 8.)

Suunnittelualojen välisessä tiedonsiirrossa käytetään IFC-tiedonsiirtostandardia. IFC-tiedostomuoto mahdollistaa eri ohjelmistoilla tehtyjen tiedostojen yhteensopivuuden. IFC-tiedosto siirtää rakennuksen geometrian, mutta ei mittatekstejä. IFC-tiedostomuotona käytetään sertifioitua tiedostomuotoa IFC 2 x 3. (1, s. 37; 2, s. 40.)

Tuotemallintaminen muuttaa nykyistä suunnittelukäytäntöä siten, että painopiste suunnittelutyössä siirtyy hankkeen alkuvaiheisiin. Tämä tarkoittaa sitä, että perinteisesti toteutus suunnitteluvaiheessa tehtävät suunnitteluratkaisut pitää ratkaista jo luonnossuunnitteluvaiheessa. (1, s. 9.)

Tuotemallintamisesta saadut edut ovat suuret. Tuotemallintaminen vähentää suunnitteluvirheitä, suunnitelmien havainnollisuus paranee, suunnitelmat tulevat tarkemmiksi, ja eri suunnittelualojen yhteensovitus tulee helpommaksi. (1, s. 10.)

Tuotemallintamisprojekteissa tulee luoda projektia koskeva toimintaohje, jossa määritellään vähintään seuraavat asiat:

- yhteistiedot
- käytettävät ohjelmat ja versiot
- mallintamistapa ja tarkkuus
- mallien tarkastustoimenpiteet ja yhteensovitus
- muutostenhallinta
- aikataulut

- kenen vastuulle kuuluu mikäkin tuoteosien mallintaminen (1, s. 23.).

Tuotemallintamisen ohjeistot eivät vastaa kaikkiin tuotemallintamisen haasteisiin. Tämä työ keskittyy mallintamisen työtapojen parantamiseen. (2, s. 8.)

Talotekniikan tuotemallintaminen voidaan jakaa kahteen osaan: analysointeihin ja järjestelmämallinnukseen. Analysointeja ovat muun muassa olosuhde-, energia- ja virtaussimuloinnit. Järjestelmämallinnusta on putkistojen ja kanavien tuotemallintaminen todelliseen muotoon. Järjestelmämallinnus sisältää verkostojen mitoitus- ja analysointityökaluja. (2, s. 16.)

Suomi on tuotemallintamisen edelläkävijöitä. Mallintamisohjelmien kehittäminen ja käyttöönotto alkoi Suomessa vuonna 1997 Tekesin teknologiaohjelmien puitteissa. Suomessa suurin ja eräs maailman johtavimmista tuotemallinnusta käyttävä omistajataho on Senaatti-kiinteistöt. Muita suuria malleja hyödyntäviä tahoja ovat suuret rakennusliikkeet. Maailmalla suurimpia tuotemallinnusmaita vuoden 2007 tilanteen mukaan ovat Norja, Tanska, Singapore, Australia ja USA. (21, s. 28.)

3 Haastattelututkimuksen tulokset

3.1 Haastattelututkimuksen lähtökohdat

Tarkoituksena oli selvittää haastattelujen avulla eri toimistojen ja eri henkilöiden näkemykset LVI-mallintamisesta suunnittelun eri vaiheissa. Kysymyslomake (liite 1) lähetettiin 11:lle eri suunnittelijalle 10:een eri yritykseen. Haastattelu tehtiin syksyllä 2010. Vastauksia tuli seitsemältä eri henkilöltä kuudesta eri yrityksestä. Kysymykset olivat avoimia kysymyksiä, joten vastaukset vaihtelivat suuresti. Kysymysten laadinnassa pyrittiin ottamaan huomioon mahdollisimman laajasti tuotemallintamisprosessissa tapahtuvia asioita. Vastausten joukosta poimittiin useimmin esiin nousseet vastaukset sekä mielestäni tärkeät huomiot, jotka pitää ottaa tuotemallinnuksessa huomioon. Ristiriitaisissa tapauksissa valittiin enemmistön näkemystä edustava kanta.

Mallintamiseen liittyvää ohjeistusta on vähän olemassa. Haastattelujen kautta kerättiin mallintamisen ohjeistusta. Haastattelussa esiin nousseet olivat Senaatti-kiinteistöjen tietomallinnusohjeet, ohjelmistovalmistajien manuaalit sekä hankekohtaiset ohjeet.

3.2 Aloitustoimenpiteet ja -asetukset

Ennen mallintamisen aloittamista pitää sopia alkutoimenpiteistä ja -asetuksista, jotka pitää tehdä ennen varsinaiseen tuotemallintamiseen ryhtymistä. Alkutoimenpiteet voidaan jakaa yleisiin toimenpiteisiin, jotka pitää sopia suunnitteluryhmän kesken ja ohjelmistoasetuksiin, jotka pitää tehdä itse ohjelmaan.

Yleisinä toimenpiteinä ennen mallintamisen aloittamista seuraavat toimenpiteet tulee olla suoritettuna.

- rakennuksen koordinaatisto
- tietokoneen tehotaso
- ohjelmien yhteensopivuus
- mallinnuksesta vastaavat henkilöt

- mallinnusperiaatteet
- mallintamisen tarkkuus millimetreissä
- muutoskäytännöistä sopiminen.

Ohjelmiston asetukset pitää olla seuraavanlaisia.

- kerros- ja huonekorkeudet
- verkostojen lämpötilat
- mitoitusperusteet nopeuden painehäviön perusteella
- hälytysrajat.

3.3 Luonnossuunnitteluvaihe

Luonnossuunnittelu käynnistyy hyväksytyh hakesuunnitelman pohjalta. Luonnossuunnitteluvaiheessa varataan laitteiden tarvitsemat tilat, määritellään pääjohtoreitit ja niiden tilan tarpeet sekä tehdään tarvittavat kuiluvaraukset. (12, s. 5.)

3.3.1 Lämmitys

Lämmönjakokeskukset

Luonnossuunnitteluvaiheessa on tärkeää mallintaa lämmönjakokeskukset fyysisiltä mitoiltaan. Mallinnettaessa on huomioitava laitteiden tarvitsemat huoltotilat ja laitteen paino. Tärkeää on mallintaa myös lämmönjakokeskuksen ulkopuolella olevat tilaa vievät suuret komponentit, kuten paisunta-astiat, sekä lämpömäärä ja vesimittarit.

Lämpöputkistot

Putkistoista on tärkeää mallintaa runkojohdot sekä nousujohdot. Putkisto on mallinnettava oikeaan korkeusasemaan ja oikealle paikalle. KytKentäjohtoja ei mallinneta luonnossuunnitteluvaiheessa. Putkisto mallinnetaan eristeineen ja oikeilla materiaaleilla.

Putkistovarusteet

Putkistovarusteita ei pääsääntöisesti mallinneta luonnossuunnitteluvaiheessa. Tilaa vievät komponentit, kuten suuret venttiilit ja ilmanpoistimet, on syytä mallintaa.

Lämmönlvovuttimet

Lämmityspatterit mallinnetaan alustavasti paikoilleen. Lämmityspattereiden alustava mallintaminen auttaa muita suunnittelijoita hahmottamaan, minne pattereita on tulossa ja mitä se aiheuttaa heidän suunnitelmiinsa esimerkiksi kiintokalusteiden, sähkörsioiden ja ikkunoiden korkeuksien kohdalla.

3.3.2 Viemärit ja vesijohdot

Putkistot

Viemäri- ja vesijohtoputkistojen mallinnus tapahtuu samalla tavalla kuin lämpöjohtojen mallinnus. Viemärit kannattaa mallintaa ilman kaatoa. Viemärien kaato täytyy kuitenkin muistaa ottaa huomioon tilanvarauksissa. Katossa kulkevien pitkien viemärivetojen mallinnusta kannattaa miettiä tapauskohtaisesti.

Putkistovarusteet

Putkistovarusteiden mallinnusta ei ole tarvetta tehdä luonnossuunnitteluvaiheessa. Sisätiloihin asennettavat pumppaamot ja erottimet on mallinnettava todellisilla ulkomitoilla. Tilaa vievät venttiilit, mittarit ja muut komponentit tulee mallintaa todellisen tilan tarpeen selvittämiseksi.

Vesikalusteet

Vesikalusteet mallinnetaan fyysisine mittoineen paikoilleen. Vesikalusteita ei kytketä putkistoihin ja viemäriin. Vesikalusteita ei tarvitse mallintaa tietyn valmistajan

tuotteille. Vesikalusteiden mallintajasta on sovittava arkkitehdin kanssa, jotta vesikalusteita ei mallineta kahteen kertaan. Vesikalusteiden sijoitus on tärkeää, jotta kaikki vesipisteet saadaan paikoilleen ja muut suunnittelijat näkevät niiden sijainnin.

3.3.3 Ilmanvaihto

Ilmanvaihtokoneet

Ilmanvaihtokoneet mallinnetaan oikeilla mitoilla ja komponenteilla. Mallinnuksessa on otettava huomioon ilmanvaihtokoneiden tarvitsemat huoltotilat sekä laitteen paino. Ilmanvaihtokoneet mallinnetaan kammioineen. Ilmanvaihtokoneet mitoitetaan laitevalmistajien ohjelmilla.

Kanavisto

Ilmanvaihdon runkokanavisto ja nousukanavisto mallinnetaan oikealle paikalle sekä oikealle korkeusasemalle. Kytkentäkanavia ei mallineta luonnossuunnitteluvaiheessa. Kanavistot mallinnetaan eristeineen.

Kanavavarusteet

Kanavavarusteita ei pääsääntöisesti mallineta luonnossuunnitteluvaiheessa. Tilaa vievät palopellit, äänenvaimentimet ja ilmamääräsäätimet mallinnetaan.

Päätelaitteet

Päätelaitteet mallinnetaan paikoilleen ilman kytkentäkanavia. Päätelaitteiden määrä ja koko auttaa muita suunnittelijoita hahmottamaan laitteiden tarvitseman tilan.

3.4 Toteutussuunnittelu

Toteutussuunnitteluvaiheessa on tarkoitus jatkaa siitä, mihin luonnossuunnitteluvaiheessa jäätii. Toteutussuunnittelu jatketaan luonnossuunnitelmien päälle.

Toteutussuunnitteluvaihe voidaan aloittaa vasta, kun luonnossuunnitelmat on hyväksytty ja ne on käyty läpi suunnitteluryhmän kesken.

3.4.1 Lämmitys

Lämmönjakokeskukset

Lämmönjakokeskusten mitat tarkistetaan vastaamaan todellista kokoa. Lämmönjakokeskusten ja lämmönjakohuoneen mallinnus kannattaa suorittaa vasta viimeisenä, kun kaikki lämmönjakohuoneeseen tulevat laitteet ja putkistot ovat tiedossa. Liian aikainen mallintaminen johtaa lämmönjakohuoneen moneen kertaan muokkaamiseen.

Lämmitysputkistot

KytKentäjohdot ja pienemmät jakojohdot mallinnetaan paikoilleen. Lämmityspatterit, ilmanvaihtokoneet sekä kiertoilmakoneet kytketään runkojohtoihin. DN 20 -kokoa suuremmat kytKentä- ja jakojohdot mallinnetaan eristeineen oikean kokoisina oikeille paikoilleen. (3, s. 7.)

Putkistovarusteet

Putkistoihin lisätään muun muassa sulkuventtiilit, linjasäätöventtiilit ja pumput. Sunttiipiirejä ei pääsääntöisesti mallinneta. Verkosto tulee rakentaa siten, että sunttiipiirien mallintamatta jättäminen ei vaikuta mitoituslaskelmiin.

Lämmityspatterit

Lopulliset lämmityspatterit valitaan ja ne mallinnetaan oikean kokoiseksi. Lämmityspatterille annetaan mitoittava lämmitysteho. Lämmityspatterin valinnan yhteydessä valitaan myös patteriventtiili.

3.4.2 Viemäri- ja vesijohdot

Putkistot

KytKentäjohdot ja pienemmät jakojohdot mallinnetaan paikoilleen. DN 20 -kokoa suuremmat kytKentä- ja jakojohdot mallinnetaan eristeineen oikean kokoisina oikeille paikoilleen. (3, s. 7.)

Putkistovarusteet

Vesijohtoihin lisätään sulkuventtiilit, linjasäätöventtiilit ja muut komponentit. Viemäriin lisätään puhdistusluukut ja muut mallinnettavat viemärikomponentit.

Vesikalusteet

Vesikalusteiden määrät ja paikat tarkastetaan. Muuttuneet vesikalusteet korjataan ja mallinnetaan paikoilleen. Mikäli arkkitehdiltä puuttuu vesikalusteita omista suunnitelmistaan, niiden paikka on ilmoitettava hänelle. Tällaisia kalusteita ovat muun muassa vesipostit, pesukonehanat, kuivakaivot ja erilliset lattiakaivot

3.4.3 Ilmanvaihto

Lopulliset ilmanvaihtokoneet mitoitetaan ja mallinnetaan paikoilleen. Mallintaminen suoritetaan laitevalmistajien mitoitushjelmalla. Ilmanvaihtokonehuoneiden mallintaminen kannattaa tehdä viimeisenä, kun kaikki ilmanvaihtokonehuoneisiin tulevat laitteet on tiedossa.

Ilmanvaihtokanavisto

Loput jako- ja kytKentäkanavat piirretään paikoilleen. Kanavahaarat piirretään suurimman kanavakoon mukaan, jotta automaattimitoittaminen ei aiheuta mutkiin sekä haaroihin virheitä.

Kanavavarusteet

Palopellit, säätöpellit, äänenvaimentimet ja puhaltimet lisätään kanavistoon. Ilmavirtasäätimien, suodattimien sekä muiden supistuvien tai laajentuvien komponenttien muunnokset on tehtävä manuaalisesti ja lukittava.

Päätelaitteet

Päätelaitteet kytketään kanavistoon. Päätelaitteiden koko ja määrä tarkastetaan ennen niiden liittämistä. Päätelaitteet sijoitetaan niiden suunnitelluille paikoille. Päätelaitteiden lopulliset paikat on sovittava yhdessä arkkitehdin sekä sähkösuunnittelijan kanssa, jotta ne saadaan sijoitettua oikeille paikoille.

3.5 Leikkauskuvien teko ja LVI-risteilytarkastelut

Kun rakennus on mallinnettu kokonaan, voidaan rakennuksen mistä tahansa kohdasta ottaa leikkaus. Automaattileikkauksissa tulee ottaa huomioon seuraavia asioita:

- Leikkauskuvan aloituspiste tulee määrittää tarkasti, jotta se voidaan kohdentaa arkkitehdin leikkauskuvaan.
- Leikkaus kannattaa tehdä suorassa kulmassa, jotta luettavuus säilyy.
- Leikkauskuvan asetukset pitää olla kohdallaan, jotta putket ja kanavat näkyvät eristeineen.
- Leikkauksen syvyysmitta tulee huomioida leikkausta tehdessä.

LVI-risteilytarkastelut tehdään joko mallinnusohjelmalla tai IFC-muodossa IFC-tarkastusohjelmalla. Risteilytarkasteluja tehdessä on määriteltävä toleranssi, millä tarkkuudella risteilyt tarkastetaan, putkikoot, joita risteilytarkastus ei huomioi, sekä järjestelmät, joissa risteilytarkastus suoritetaan.

3.6 Reikäkuvien teko

Kun rakennus on mallinnettu kokonaan, voidaan rakennukseen tehtävät reiät mallintaa automaattisesti. Tämä edellyttää kuitenkin sitä, että rakennus on mallinnettu rakenteellisesti ja arkkitehtuurisesti oikein. Mikäli kantavia rakenteita on jätetty mallintamatta, tulee reikäkuvista puutteelliset. Automaattisten reikäkuvien teossa on huomioitava seuraavat asiat:

- Rakennesuunnittelijan pohjat haetaan reikäkuvien pohjaksi referenssikuvana.
- Rakennesuunnittelijan pohjasta sammutetaan kaikki muut rakennetasot paitsi kantavat rakenteet.

3.7 Kanavien ja putkistojen mitoitus

Kun putkisto sekä kanavisto on piirretty paikoilleen, suoritetaan niiden mitoitus. Mitoitus tehdään automaattimitoituksena. Automaattimitoitus nopeuttaa suunnittelua huomattavasti sekä paljastaa tilanvarauksissa tapahtuneet virheet. Automaattimitoitus kannattaa aloittaa virtaamien laskemisella. Virtaamalaskenta paljastaa järjestelmän perusvirheet, kuten kytkemättömät putket, suljetut putkireitit ja virtaamaliitosongelmat.

Virtaamalaskennan jälkeen tehdään putkistoja ja kanavamitoitus. Ohjelma mitoittaa ja muuttaa putki- ja kanavakoot mitoitusparametrien mukaisiin arvoihin. Kun mitoitus on tehty, täytyy järjestelmästä tarkastaa seuraavat asiat:

- nousukanavien ja nousujohtojen koko
- käyttövesikiertojohdon koko

Lopuksi, kun mitoitus on saatu kohdalleen, suoritetaan järjestelmän tasapainotus. Tasapainotus voi johtaa mitoituksen uudelleenarviointiin joidenkin linjojen osalta. Linjasäätöventtiilien ja säätöpeltien koot tulee tarkistaa tasapainotusta vastaaviksi.

3.8 Mitoitukseen liittyviä ongelmia ja korkeusaseman huomioiminen

Automaattimitoitusta käytettäessä syntyy erilaisia virheitä, jotka haittaavat mallintamista. Automaattimitoittaminen muuttaa kanava- ja putkikokoja mitoitusparametrien mukaisesti, joten kokomuutokset saattavat tapahtua turhan tiuhasti. Automaattimitoittaminen ei osaa tehdä erikoiskappaleita, vaan ne on tehtävä etukäteen ja lukittava, jotta mitoitus ei muuta niitä standardiosiksi. Automaattimitoitus ei myöskään onnistu, mikäli järjestelmän piirtämisessä on tehty virheitä.

Laitteet, kanavat ja putket piirretään todelliseen korkeusasemaan arkkitehtileikkauksen mukaan. Monitasoisissa rakennuksissa korkeusasemat tulee valita valitsevien korkeusasemien mukaan ja suhteuttaa poikkeavat kerrokset tähän korkeusasemaan. Mikäli todellisia korkeusasemia ei käytetä, malli rakentuu väärin. Todellisten korkeusasemien käyttäminen saattaa muuttaa viivatyypin jossain kuvassa vääräksi, jolloin se pitää muuttaa manuaalisesti oikeaksi.

3.9 Tuotetietokantojen kattavuus

Suunnitteluohjelmista löytyvät tuotetietokannat ovat varsin kattavat. Tietyissä komponenteissa on kuitenkin vielä puutteita ja ne on hyvä tiedostaa ennen mallintamisen aloittamista.

Lämpöjohdot

Lämmönjakokeskuksista ei ole saatavilla valmiita 3D-malleja, vaan ne joudutaan mallintamaan kuutioina. Komponenttipuutteet ovat lämmönsiirrinpuolella. Ilmanvaihtoon liittyvät komponentit, kuten palkit, on mallinnettu ilmanvaihto-osiksi, mutta vastaavat putkipuolelle liittyvät tiedot on saatettu jättää mallintamatta.

Viemärit ja vesijohdot

Vesikalusteiden malleissa ovat suurimmat puutteet. Vesi- ja viemärijohtokalusteet ovat mallinnettuina ohjelmistovalmistajan toimesta, mutta laitevalmistajien todellisia kalusteita ei ole juurikaan saatavilla. Toinen suuri puute on ulkojohdoissa. Valmiiksi

mallinnettuja tarkastuskaivoja, sadevesikaivoja, pumppaamoja ja erottimia ei ole saatavilla, vaan ne on mallinnettava itse.

Ilmanvaihto

Ilmanvaihtokomponenttien kattavuus on lähes täydellinen, puutteita on ainoastaan erikoislaitteissa.

Kaikkia komponentteja ei kannata mallintaa, koska niiden mallintaminen on työlästä eivätkä tuo lisäarvoa suunnitelmiin. Mallintamatta jätetään pienet detaljit, sunttiryhmät ja pihalla sijaitsevat laitteet. Pieninä detaljeina voidaan pitää kannakkeita, mittareita sekä antureita. Sunttiryhmissä on huomioitava niiden mahtuminen suunniteltuun tilaan.

4 LVI-tuotemallintamisen toteuttaminen

4.1 Luonnossuunnittelu

Jotta LVI-luonnossuunnitelmien laatiminen voidaan aloittaa, on suunnittelijalla oltava käytössä seuraavat lähtötiedot:

- hankesuunnitelma
- suunnitteluohjeet
- arkkitehdin pohjakuvat
- neuvottelu arkkitehdin kanssa yleisistä periaatteista
- alustavat rakennetyypit.

Luonnossuunnitelmien laatiminen alkaa kerroskohtaisten ilmavirtojen, käyttövesivirtojen ja lämmitystehojen laskennalla. Ilmavirrat valitaan Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D2 mukaan, mitoituslaskelmien perusteella tai annettujen suunnitteluohjeiden mukaan. Käyttövesivirtojen laskennassa käytetään Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D1 mukaisia arvoja. Lämmitystehon laskenta tehdään Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D5 mukaan tai käytetään rakennustyyppin mukaisia tunnuslukuja. Kun kerroskohtaiset mitoitusarvot on saatu, voidaan niiden perusteella mitoittaa alustavasti kerroskohtaisten runkojohtojen koko. Runkojohtojen valinnassa kannattaa valita suurempi putkikoko, kun lähestytään putkikoon maksimimitoitusarvoa.

Kanavien sekä putkien koko valitaan sen perusteella, minkälainen jakojärjestelmä valitaan. Useampikerroksisissa rakennuksissa valitaan yleensä hajautettu jakojärjestelmä, joissa nousulinjoja on useampi. Tällöin nousulinjojen alustava mitoitus on tehtävä linjoittain. Ysikerroksisissa tai useampikerroksisissa rakennuksissa voidaan käyttää myös keskitettyä jakojärjestelmää, jolloin nousulinjoja ei ole ollenkaan tai nousulinjoja on yksi. Keskitetyssä jakojärjestelmässä kanavien ja putkien alustava mitoitus voidaan tehdä kerroksittain. Keskitetyn jakojärjestelmän alustava mitoitus on helpompaa, mutta se vaatii suuremman kerroskorkeuden kanaville ja putkille. Hajautetun jakojärjestelmän alustava mitoitus vaatii enemmän työtä, koska tehot,

vesivirrat ja ilmapirrat on jaettava pystylinjojen kesken. Hajautettu jakojärjestelmä voidaan toteuttaa pienemmillä kerroskorkeuksilla, mutta se vaatii enemmän lattiapinta-alaa.

Runkojohtojen suunnittelun jälkeen piirretään 2D-leikkauskuvat käytäviltä, mallihuoneesta ja ahtaista paikoista. Näin varmistetaan kanavien ja putkistojen mahtuminen niille ajateltuihin paikkoihin ja voidaan muuttaa reittejä riittävän aikaisin ilman, että tehdään suunnitelmaa liian pitkälle. Leikkauksissa on huomioitava myös muu tekniikka, kuten valaistus, sprinklerit ja alakattojen avattavuus. Leikkaukset pyritään tekemään arkkitehdin esittämien leikkauskohtien mukaisiin paikkoihin.

Kun runkokehanavat on saatu kerroksittain mitoitettua ja piirrettyä paikoilleen, sijoitetaan päätelaitteet alustavasti paikoilleen. Kun kerroskohtaiset mitoitusarvot ovat tiedossa, voidaan päätelaitteiden määrä ja paikka arvioida riittävällä tarkkuudella paikoilleen. Lämmityspatterit sijoitetaan ikkunoiden alle ja ulkoseinien viereen. Mikäli lämmityslaitteita tulee mitoituslaskelmien perusteella enemmän, esitetään niiden alustava paikka huonetilassa. Vesipisteiden paikat määräytyvät arkkitehtikuvien perusteella. Konehuoneiden ja teknisten tilojen vesipisteiden alustavat paikat määrittelee LVI-suunnittelija.

Ilmanvaihdon päätelaitteiden alustava sijoittaminen arkkitehtipohjiin luonnosvaiheessa täytyy tehdä tapauskohtaisesti. Sijoitteluun vaikuttavat monen asiat, kuten arkkitehtuuri, ilmanjakotapa, muuntojoustavuus sekä säädettävyyys. Kun päätelaitteet on saatu valittua, ne sijoitetaan alustaville paikoilleen.

Runkojohtoihin lisätään tilaa vievät komponentit, kuten suuret palopellit, venttiilit ja vesimittarit.

Kerroskohtaisten mitoitusarvojen perusteella lasketaan järjestelmän tarvitsemat kokonaismitoitussarvot laitekohtaisesti. Tulo- ja poistoilmakoneet valitaan laitevalmistajien mitoitusohjelmilla ja tuodaan kuvaan 3D-objektina. Ilmanvaihtokoneen mitoitusperusteena käytetään SFP-lukua tai otsapintanopeutta. Konehuoneeseen varataan tila ilmanvaihtokoneille, sähkökeskuksille, valvonta-alakeskuksille, lämmityslaitteille, vesipisteille ja huoltotiloille ja ne esitetään konehuonekuvassa. Ilmanvaihtokoneen minimihuoltotila määräytyy D2:n mukaan.

Sähkölaitteiden tilantarpeet määräytyvät sähkösuunnittelijan ja automaatio-suunnittelijan ohjeiden mukaan. Konehuoneelle tulee varata korkeutta vähintään ilmanvaihtokoneen korkeus lisättyinä suurimman kanavan halkaisijalla ja suurimman putken halkaisijalla ilmanvaihtokoneen kohdalla. Korkeus voidaan määrittää myös koneiden kokonaisilmavirtojen perusteella. Tätä mitoitus tapaa on esitelty LVI-ohjekortissa LVI 06-10105. (11, s. 4.)

Lämmönjakokeskus mitoitetaan laitevalmistajien mitoitusohjelmalla todellisine mittoineen ja piirretään 3D-objektina lämmönjakohuoneeseen. Lämmönjakohuoneessa esitetään lämmönjakokeskuksen lisäksi paisunta-astioiden, sähkökeskuksen, valvonta-alakeskuksen, vesipisteen sekä huoltotilojen tilantarpeet.

Lopuksi lisätään kuviin laitekoodit sekä runkojohtojen alustavat koot.

Luonnossuunnitelmien valmistuttua yhteen sovitetaan arkkitehdin, rakennesuunnittelijan ja sähkösuunnittelijan laatimat suunnitelmat. LVI-malli yhdistetään muiden suunnittelijoiden 3D-malliin.

Arkkitehdin kanssa käydään läpi alustavien päätelaitteiden sijainnit, laitteiden tilantarpeet, alustavat alakattokorkeudet sekä pystykuilujen paikat. Rakennesuunnittelijan kanssa käydään läpi kuilujen paikat. Sähkösuunnittelijan kanssa tarkastetaan päätelaitteiden sijoittelu sekä sähköhyllyjen että LVI-runkojohtojen risteilyt.

Kun yhteensovitus on saatu tehtyä suunnitteluryhmän mielestä riittävällä tarkkuudella, voidaan aloittaa toteutussuunnitteluvaihe. Ennen toteutussuunnitteluvaiheen aloitusta on varmistettava, että kaikki rakenteet on mallinnettu paikoilleen.

4.2 Toteutussuunnittelu

Toteutussuunnitteluvaiheen pohjaksi otetaan yhteen sovitetut luonnossuunnitelmat. Toteutussuunnittelu aloitetaan tarkastamalla arkkitehtipohjiin tulleet muutokset ja korjataan LVI-suunnitelmat niiden mukaisiksi. Tämän jälkeen lasketaan lopulliset mitoitusarvot LVI-järjestelmille. Kun mitoitusarvot on laskettu, tarkastetaan

päätelaitteiden mitat sekä määrät. Mikäli arkkitehdin pohjakuvaan ei ole tullut oleellisia muutoksia, ei runkojohtojen alustavaan mitoituskeinoon tarvitse puuttua.

Päätelaitteiden sekä runkojohtojen välisten haara ja kytkentäjohtojen piirtäminen voidaan aloittaa, kun päätelaitteiden mahdolliset runkojohtomuutokset on tehty. Haara- ja kytkentäkanavien piirrossa tulee huomioida sovitut alustavat alakattoalueet ja niiden alustavat korkeudet. Kun tulee muutos sovitulle alueelle, merkitään se suunnitelmaan muistiin. Kun kaikki päätelaitteet on saatu kytkettyä, suoritetaan aluksi verkoston automaattiset virtaamalaskelmat, joista paljastuu mallintamisvirheet. Mallintamisvirheet korjataan ja tämän jälkeen suoritetaan verkoston lopullinen mitoitus kerroksittain. Automaattimitoitus muuttaa kanavakoot mitoitusparametrien mukaiseksi, joten tässä vaiheessa on syytä käydä läpi putkistojen ja kanavien tarpeettoman tiuha pieneneminen sekä muuttaa että lukita putkistot ja kanavistot halutun kokoisiksi.

Valmiiseen verkostoon lisätään putkisto- ja kanavavarusteet, kun reitit on saatu sovittua arkkitehdin kanssa. Säätöpeltejä ja -venttiileitä lisätessä on huomioitava valmistajan ilmoittamat suojaetäisyydet. Huoltoa vaativien laitteiden sijoittelussa on huomioitava niiden huoltomahdollisuudet. Huomiota kannattaa kiinnittää venttiileiden, puhdistusluukkujen, sunttiryhmien sekä vesimittarien sijoitteluun.

Kun verkosto on saatu mallinnettua ilman virheilmoituksia oikein, voidaan aloittaa ilmanvaihtokonehuoneiden sekä lämmönjakuhuoneiden suunnittelu. Teknisiä tiloja ei kannata suunnitella ennen kuin kanava- ja putkireittien lopulliset paikat ovat tiedossa. Teknisten tilojen kanavien ja putkien mitoitus sekä kanava- ja putkistovarusteiden lisääminen tapahtuu vastaavalla tavalla kuin muissakin tiloissa. Kun järjestelmät ovat kokonaisuudessaan valmiit, voidaan ne tasapainottaa. Tasapainotus paljastaa virtaustekniset ongelmat, jotka ratkaistaan mahdollisuuksien mukaan, joko putkikokoa muuttamalla, linjasäätöventtiileitä lisäämällä tai joissakin tapauksissa verkoston rakennetta muuttamalla. Ilmanvaihtopuolella korjaustoimenpiteet ovat vastaavanlaiset.

Verkoston valmistuttua yhdistetään LVI-malli muiden suunnittelijoiden malliin. Yhdistelmämallissa havaitut ristiriitaisuudet käydään läpi yhdessä suunnitteluryhmän kanssa ja sovitut virheet sekä puutteet korjataan. LVI-yhteensovitus tehdään tuotemallinnusohjelmalla. Mikäli muukin talotekniikka on tehty samalla ohjelmalla,

voidaan yhteiset risteilytarkastukset tehdä samaa ohjelmaa hyödyntäen. Rakenne- ja arkkitehtimallien yhteensovituksessa käytetään joko Solibri Model Checkeriä tai NavisWorksiä. Mallintarkastus on työläs prosessi, ja siihen on varattava riittävästi aikaa.

Tuotemallintamisen käyttö suunnittelussa voi helposti johtaa siihen, että oletetaan, että kaikki tarvittava tieto löytyy yhdistelmämallista. Näin ei kuitenkaan ole. Kaikki suunnittelijoiden ratkaisut on esiteltävä muille suunnittelijoille väärinkäsitysten välttämiseksi. Yhdistelmämallin edistymistä onkin seurattava sovituin väliajoin suunnitteluryhmän kesken pääsuunnittelijan johdolla.

Vasta kun malli on saatu hyväksyttyä ja kaikki virheet on saatu korjattua, kannattaa aloittaa lopullisten mittatekstien, laitemerkintöjen, virtausnuolten sekä muiden täsmentävien merkintöjen lisääminen suunnitelmiin. Merkintöjä ei kannata tehdä kuviin liian aikaisin, koska yhteensovituspalaverissa tapahtuvat muutokset vaikuttavat suunnitelmien sisältöön sen verran, että automaattiset tekstit häviävät tai ne siirtyvät väärään kohtaan. Mikäli mallinnus on tehty täydellisesti, voidaan tekstien lisäys suorittaa teknisten avustajien toimesta, jolloin suunnittelukapasiteetti vapautuu muuhun käyttöön. Tämä edellyttää kuitenkin sitä, että yrityksessä on sovittu käytäntö tekstien lisäämiselle. Seuraavat tekstit voi esimerkiksi tekninen avustaja piirtää.

- mittatekstit
- säätöpeltien ja linjasäätöventtiilien merkinnät
- ovirakomerkinnot (mikäli sovittu käytäntö on olemassa)
- virtausnuolet (viemäripuolen kaato pitää olla sovittu, mikäli ei ole mallinnettu)
- puhdistusluukkujen merkinnät (mikäli on mallinnettu)
- päätelaitemerkinnot
- puhallussuunnat (tulopuolen suunnat sovittava suunnittelijan kanssa).

Huomiomerkinnot kannattaa tehdä suunnitelmiin sitä mukaa, kuin niitä tulee eteen.

4.3 Suunnitelmien muuttaminen

Suunnitelmaan tehtävä muutos aiheuttaa muutoksen lähes aina kaikissa suunnittelualoissa. Kun suunnitelmaan tulee muutos, on tärkeä informoida siitä ensiksi muita suunnitteluryhmän jäseniä sekä keskustella heidän kanssaan, mitä muutos aiheuttaa heidän suunnitelmiinsa. Reittimuutokset täytyy tarkastaa mallista, jotta ei tapahdu törmäilyä muun talotekniikan kanssa. Lisäksi täytyy tarkastaa että, käytössä oleva tila on riittävä. Päätelaitteita lisättäessä, kasvatettaessa tai poistettaessa, on uudet sijoituspaikat käytävä läpi arkkitehdin kanssa.

Kun pääperiaatteet on saatu sovittua, tekee muutoksen alullepanija muutoksen ensimmäisenä omaan suunnitelmaansa ja lähettää sen tämän jälkeen muille suunnittelijoille. Kiertojärjestys on sovittava tarkasti, jotta turhien yhteensovituskertojen määrä jää minimiin.

5 Verkostojen mitoitus

Aloitustoimenpiteet

Ennen automaattimitoituksen aloittamista on tarkastettava mitoitusparametrit. Mitoitusparametrien tarkastus on tehtävä huolella, jotta vältetään suurilta mitoitusvirheilä. Lämpöjohtopuolelta on tarkastettava mitoittava kitkapainehäviö, säätöventtiilien minimipainehäviöt, lämmönsiirtoneste sekä mitoituslämpötilat. Vesijohtopuolelta on tarkastettava käytössä oleva paine, mitoitusnopeudet ja säätöventtiilien painehäviöt. Ilmavaihtopuolella tarkastettavia kohteita ovat mitoituspainehäviö sekä -nopeus, säätölaitteiden painehäviöt ja äänitasot.

Lämpöjohdot

Lämpöjohdot mitoitetaan siten, että kitkapainehäviö on alle 50 Pa/m. Vaikeimman piirin patteriventtiileille varataan painehäviötä 2–5 kPa ja linjasäätöventtiilille 3–5 kPa. Patteriverkostoa tasapainottaessa on huomioitava, että linjasäätöventtiilin esisäätöarvo pysyy alueella, jossa mittaustarkkuus on hyvä. Liian pienillä esisäätöarvoilla mittaustarkkuus huononee. Paisunta-astioiden mitoituksessa voidaan hyödyntää järjestelmästä saatavaa tilavuustietoa. (7, s. 147; 19, s. 6.)

Vesijohdot

Jakojohdot mitoitetaan nopeuden perusteella siten, että kylmä- ja lämminvesijohdossa nopeus on alle 2 m/s ja kiertojohdossa 0,5 m/s. Kiertojohdon mitoituksessa on huomioitava, että veden lämpötila ei saa laskea alle 55 °C:seen ja kiertojohdon virtaama pitää olla vähintään 30 % lämpimän käyttöveden mitoitusvirtaamasta. Kiertojohdon koko määräytyy sen perusteella, kumpi mitoituslähtökohdista on suurempi. Verkoston tasapainottamiseen pätee samat säännöt kuin lämmityspuolella. Tasapainottamisen jälkeen on tarkastettava, että vesijohdon painetaso on riittävä vaikeammalle vesikalusteelle asti. Erityisesti on huomioitava pikapalopostit, joilla pitää olla 200 kPa käyttöpaine mitoitusvirtaamallaan. (6, s. 53; 8, s. 8.)

Viemärit

Viemärit mitoitetaan vähimmäiskaltevuuden sekä mitoitusvirtaaman perusteella. Ohjelmat eivät osaa mitoittaa viemäreitä, vaan ne on mitoitettava käsin. Automaattinen virtaamien laskenta kuitenkin nopeuttaa mitoittamista. Viemärit kannattaa piirtää alustavasti suunnilleen oikeankokoisina ja muuttaa virtauslaskelmien perusteella lopulliseen kokoonsa. (8, s. 48–50.)

Ilmanvaihto

Ilmanvaihtokanavat mitoitetaan nopeuden ja painehäviön mukaan. Painehäviön perusteena käytetään 1 pa/m ja nopeutena 4–8 m/s riippuen valitusta äänitasosta. Mikäli pyritään alle 30 Db (A):n äänitasoon, pitää ilmankapasiteetti olla pyöreissä runkokanavissa alle 6,5 m/s ja suorakulmaisissa runkokanavissa alle 5 m/s. Ilmanvaihtokanavien tasapainottamisen jälkeen on hyvä tarkastaa, että päätelaitekohtaiset painehäviöt eivät ylitä 50–70 Pa:a. Tarkastuksen saa helposti tehtyä asettamalla ohjelman korkean painehäviön hälytysrajan halutulle tasolle. Ilmanvaihtokoneen aiheuttama äänitaso saadaan valitusta puhaltimesta. Puhaltimen jälkeinen äänenvaimennus tulisi mitoittaa, siten että äänitaso äänenvaimentimen jälkeen on riittävän matala. Hyvään lopputulokseen päästään, kun äänitaso äänenvaimentimen jälkeen on alle 60 Db (A). (9; 10, s. 1.)

Raitisilmasäleikkö mitoitetaan otsapintanopeudelle 1,5–2,0 m/s ja lumisäleikkö 0,6–0,7 m/s riippuen valmistajasta. Seinästä puhaltavassa poistoilmasäleikössä tulee nopeutta olla vähintään 5 m/s:ssa. (9; 5, s. 14.)

Ilmanvaihtokoneita mitoitettaessa on huomioitava, että SFP-luku ei saa olla suurempi kuin 2,5 kW/m³/s tulo- sekä poistoilmanvaihtojärjestelmässä ja 1,0 kW/m³/s poistoilmanvaihtojärjestelmässä. Lisäksi on huomioitava tuloilmakoneen jäähdytyspatterin enimmäisnopeus, mikä on normaalitapauksessa 2,5 m/s. (9.)

Järjestelmän optimointi

Kun painehäviöt on saatu laskettua, tarkastetaan verkostojen vaikeimmat reitit. Mikäli löydetään reittejä, joissa päätelaite tai kytkentäjohdon pituus aiheuttaa suuren lähtöpainehäviön, voidaan koko järjestelmän painehäviötä pienentää muuttamalla

näiden kokoa. Kun muutos on suoritettu, tasapainotetaan järjestelmä uudelleen ja katsotaan, mihin vaikein reitti sijoittuu. Näin edetään, kunnes tullaan tilanteeseen, jossa ei ole enää järkevää kasvattaa kanavan kokoa tai lisätä päätelaitemäärää.

6 Mallinnusta ohjaavia vaatimuksia

LVI-suunnittelua ohjaavat muun muassa viranomaismääräykset, suunnitteluohjeet sekä LVI-kortit. Jotta mallista tulee käyttökelpoinen, täytyy malli suunnitella siten, että se voidaan oikeasti toteuttaa ja että laitteisto on säädettävissä ja huollettavissa. Seuraavassa käydään läpi olennaisia asioita, joita komponenttien mallintamisessa on huomioitava.

Mallinnuksessa on tärkeää muistaa, että komponentit mallinnetaan vain yhteen suunnitelmaan. Esimerkiksi ilmanvaihtopalkki mallinnetaan ilmanvaihtokuvaan ja lämpöjohtokuvassa se esitetään laatikkona.

Mallinnusta aloittaessa on tärkeä tarkistaa, että arkkitehtikuvat ovat samassa koordinaatiossa päällekkäin. Mikäli näin ei ole, on siitä heti ilmoitettava arkkitehdille, koska virheelliseen koordinaatistoon tehty malli on työläs korjata.

Tehokkaaseen mallinnukseen kuuluu, että tulostusalueille, otsikkotauluille, kynäasetuksille, viivatyypeille sekä kuvatasoille on olemassa valmiit mallipohjat. Tiedostorakenne kannattaa tehdä siten, että tekee yhden tiedoston täysin valmiiksi ja kopioi sen niin moneksi eri tiedostoksi kuin on tarvetta. Tämän jälkeen tulee käydä jokainen luotu tiedosto läpi sekä muuttaa ne vastaamaan kyseisen tiedoston vaatimuksia. Näin saadaan kaikkiin tiedostoihin samat asetukset, jolloin jatkotyöskentely on helpompaa.

Visretain, ltscale ja psltscale AutoCad-komennot, on hyvä tarkastaa ensimmäisestä tiedostosta. Ensimmäisellä käskyllä hallitaan referenssikuvissa näkyviä objekteja ja lopuilla viivatyyppejä.

AutoCad-ohjelmassa on kaksi tilaa, joista mallinnustila on tarkoitettu suunnitteluun ja tulostusasettelutila tulostamiseen. LVI-suunnitelmia piirrettäessä on mallinnustilassa hyvä pitää 2D-näkymä putkipuolella ja 3D-näkymä ilmastointipuolella jatkuvasti päällä, jotta nähdään putkien sekä kanavien todellinen tilantarve. Tulostusasettelutilassa kannattaa pitää 1D-näkymää ja ilmanvaihto-puolella 2D-näkymää, jolloin suunnitelmat on suoraan tulostettavissa halutulle tulostimelle.

Tarkastusluukut

Lvi-suunnittelijan on huomioitava, että kuiluihin ja alakattoihin suunnitellaan tarvittavat huoltoluukut. Luukkuja asennetaan huollettavien ja tarkastettavien laitteiden kohdalle. Luukun koko on vähintään 500 x 500 mm. Luukkujen määrä sekä koko saattavat vaihdella kaupungeittain, joten niiden määrä ja koko on tarkastettava kaupungin rakennusvalvonnasta. Hormeissa olevissa luukuissa on mietittävä niiden avautumissuunta ja sijainti. (5 s. 22; 8, s. 11.)

Lämmönjakokeskukset ja lämmönjakohuoneet

Lämmönjakokeskukset mitoitetaan laitevalmistajien mitoitusohjelmilla. Laitevalmistajien mitoitusohjelmista saadaan lämmönjakokeskuksen ulkomitat. Lämmönjakokeskuksen huoltoa tarvitseville sivuille on jätettävä tilaa 600 mm. Huoltotilan korkeuden on oltava vähintään 2000 mm. Lämmönjakohuoneen sähkökeskuksen eteen on jätettävä 800 mm tyhjää tilaa. LVI-suunnittelijan tulee huomioida tilan vesipiste ja lattiakaivo. (6, s. 5.)

Putkistojen mallinnus

Putkistoja mallinnettaessa on huomioitava niiden eristyspaksuus ja etäisyys rakenteista. Eristetyn putken minimietäisyys rakenteista on 40 mm. Putkistoeristeiden vaatima tilantarve on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Eristysten vaatima asennustila eri eristysarjoille. s= eristyspaksuus, a = kahden eristettävän putken väli ja b = eristettävän putken ja rakenteen väli. (4, s. 260)

Putken halkaisija	Eristyspaksuus mm								
	Sarja 21			Sarja 22			Sarja 23		
d_u	s	a	b	s	a	b	s	a	b
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
10...49	20	90	60	30	110	70	40	130	80
50...89	30	110	70	40	130	80	50	150	90
90...169	40	130	80	50	150	90	60	170	100
170...324	50	150	90	60	170	100	80	210	120
325...714	60	170	100	80	210	120	100	260	140

Putken halkaisija	Eristyspaksuus mm								
	Sarja 24			Sarja 25			Sarja 26		
d_u	s	a	b	s	a	b	s	a	b
mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
10...49	50	150	90	60	170	100	80	210	120

50...89		60	170	100		80	210	120		100	260	140
90...169		80	210	120		100	260	140		120	300	170
170...324		100	260	140		120	300	170		140	340	190
325...714		120	300	170		140	340	190		160	380	210

Lattialämmitysputkisto

Lattialämmityksen suunnitteluun ja mitoittamiseen löytyy valmistajilta eri ohjelmia. Lattialämmityksen suunnittelussa on huomioitava jakotukkien paikat, termostaattien paikat, lattiamateriaali sekä putkien taivutussäde. Jakotukkien pituus on riippuvainen putkipiirien määrästä ja pituus vaihtelee järjestelmätoimittajan mukaan. Mikäli jakotukit asennetaan kaappiin, niin 2–6 lattialämmityspiiriä saadaan mahtumaan korkeudeltaan 850, leveydeltään 550 ja syvyydeltään 98 mm:n kaappiin. 7–12 piiriä tarvitsee tilaa leveyttä 850 mm, muiden mittojen pysyessä samana. Termostaattien paikat ja mallinnus on sovittava sähkösuunnittelijan kanssa, jotta päällekkäistä mallinnusta ei tule. Taivutuksen vaatima tila on otettava huomioon ahtaissa paikoissa. (20, s. 34.)

Vesimittari- ja mittauskeskukset

Päävesimittarien vaatima tilan tarve on esitetty Suomen rakentamismääräyskokoelmassa osassa D1. Mittarin tilantarve vaihtelee mittari koon mukaan. Vesimittarien sijoituskorkeus on riippuvainen normivirtaaminen summasta. Mittareissa joissa normivirtaamien summa on pienempi kuin 60 l/s, on korkeus 150–1000 mm lattiasta ja suuremmissa mittareissa 300–800 mm lattiasta. Vesimittarin eteen tulee jättää tyhjää tilaa vähintään 600 mm alle 60 l/s:n mittareissa ja 900 mm suuremmissa mittareissa. Kaukolämpömittauskeskusten korkeusasema on esitetty lämpölaitosyhdistyksen suosituksissa. Kaukolämmön menojohdon korkeusasema on 500 mm lattiasta ja paluujohdon korkeusasema 1200 mm lattiasta. Mittauskeskus on irti 160–200 mm tukiseinästä putken keskikohtaan. Mittauskeskuksen eteen on jätettävä 800 mm tilaa. (8 s. 12; 16, s. 56.)

Linjasäätöventtiilit

Jotta säädön mittaustarkkuus saadaan pidettyä hyvänä, täytyy mallinnuksessa huomioida linjasäätöventtiilien suojaetäisyydet. Linjasäätöventtiilien suojaetäisyys ennen linjasäätöventtiiliä on 10 x putken halkaisija, mikäli linjasäätöventtiili tulee

pumpun jälkeen tai 5 x putken halkaisija, mikäli linjasäätöventtiili tulee käyrän jälkeen. Linjasäätöventtiilin suojaetäisyys venttiilin jälkeen on 2 x putken halkaisija. (13, s. 9.)
Vesikalusteiden mallinnus

Vesikalusteiden mallinnuksessa on huomioitava vesikalusteen asennuskorkeus ja -etäisyys rakenteista. Huomioita tulee kiinnittää myös putkiston asennustapaan pinta-asenteisilla kalusteilla sekä uppoasenteisilla kalusteilla, koska niillä on eri asennuskorkeudet. Asennusetäisyyksiä ja -korkeuksia on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Vesikalusteiden asennusmitat

Asennuskorkeus mm					
Vesikaluste	Vesipisteen etäisyys lattiasta vesipisteen keskelle	Viemäröinti-pisteen etäisyys lattiasta käyttö-korkeudelle	Viemäröinti-pisteen etäisyys lattiasta laitteen keskelle	Vesilukon etäisyys lattiasta seinä liitokseen	Lattiakaivon minimi-etäisyys seinästä
Tasapohja-allas		600			
Kaatoallas		600			
Suihkusekoittaja	1100				
Ammesekoittaja	820				
Pesuallas		800		500	
Pesuistuin				100	
WC-istuin, lattia-asenteinen	250			65...120	
WC-istuin, seinä-asenteinen	250	400		230	
Virtsalo		700			
Pesukone	1200				
Viemäröintiliitin			700		
Bidè letku	1100				
Lattiakaivo					800

Lämmityspatterien asennuskorkeus

Seinäkiinnitteisen lämmityspatterin asennuskorkeus on 100 mm lattiasta. Mikäli lämmityspatterin alle asennetaan putkia, on asennuskorkeus suurempi. Lämmityspatteria mallinnettaessa on huomioitava patteriventtiilin tarvitsema tila. Patterin etäisyys pystylinjoista pitää olla vähintään 200 mm. Konvektorityyppisiä pattereita mallinnettaessa on huomioitava konvektorin kannatustapa. (4, s. 112.)

Ilmanvaihtokoneet ja konehuoneet

Ilmanvaihtokoneen huoltopuolelle on varattava tilaa ilmanvaihtokoneen leveyden verran ja taakse 0,4 x koneen korkeus tai vähintään 400 mm. Ilmanvaihtokoneen tilantarpeessa on huomioitava äänenvaimentimet ja kammiot, mikäli niitä ei ole mallinnettu laitevalmistajan mallinnusohjelmalla. Erytystä huomiota on kiinnitettävä erillispuhaltimiin, joiden komponenttien tilantarve voi olla suuri. Näistä mainittakoon suodattimet ja aksiaalipuhaltimet. LVI-suunnittelijan tulee huomioida ilmanvaihtokonehuoneen vesipiste sekä lattiakaivo. (5, s. 21.)

Kanavisto

Kanavistoja mallinnettaessa on huomioitava niiden eristyspaksuus sekä etäisyys rakenteista. Pyöreään kanavan etäisyys rakenteesta sekä toisesta kanavasta on 50 mm ja suorakaidekanavan 70 mm. Suorakaidekanavissa on huomioitava listaliitosten tarvitsema tila. Kanavien paloeristyksiä määritettäessä on tarkistettava laitevalmistajan ilmoittaman paloluokan eristyspaksuus. (4, s. 261.)

Säätöpellit

Säätöpeltien mittaustarkkuuteen vaikuttavat samat asiat kuin linjasäätöventtiileihin. Suojaetäisyys suorassa kanavassa ennen säätöpeltiä on 4 x kanavan halkaisija ja säätöpellin jälkeen 1 x kanavan halkaisija. Käyrien ja T-haarojen aiheuttamat suojaetäisyydet vaihtelevat tapauskohtaisesti, joten ne on katsottava laitevalmistajan asennusohjeista. (18, s. 12.)

Palopellit

Palopeltien mallinnuksessa on kiinnitettävä huomiota palopeltien tarvitsemaan pituuteen sekä palopeltien välisiin etäisyyksiin. Eri valmistajien ja eri paloluokkien palopellit poikkeavat pituudeltaan toisistaan. Tämä on hyvä huomioida kanavien ulostuloissa kuiluista. Palopeltien välisissä etäisyyksissä tulee huomioida palopellin kehyksen sekä moottorin vaatima tila.

Huuva ja liesikuvut

Keittiöhuuvien alapinnan suosituskorkeus on 1900–2100 mm. Huuvan koko määräytyy keittiölaitteiden sijoitusten perusteella. Huuvan ylitys keittiölaitteesta on

300–400 mm. Huvun korkeus määräytyy käytössä olevan tilan mukaan, mutta toiminnan kannalta korkea huuva on parempi. Liesikuvun tai liesituulettimen asennuskorkeus määräytyy lieden tyyppin mukaan. Sähköliedelle asennuskorkeus on vähintään 500 mm rasvasuodattimen alapinnasta sähköliedelle. Kaasulietta käytettäessä asennuskorkeus on vähintään 650 mm rasvasuodattimen alapinnasta kaasuliedelle. (14; 15, s. 2.)

Jäteilma- ja raitisilmalaitteet

Jäte- ja raitisilmalaitteiden korkeusasemat määräytyvät Suomen rakentamismääräyskokoelman osan D2 mukaan. Jäte- ja raitisilmalaitteen etäisyys kattopinnasta on normaalitapauksessa 900 mm. Tasakattoisilla pinnoilla laitteiden korkeusasema voidaan laskea leikkauskuvasta. Monimuotoisilla kattopinnoilla sekä harjakatoilla korkeusaseman laskeminen on työläämpää ja vaatii yleensä muokkauskierröksen, jotta laitteet saadaan oikeaan korkeusasemaan. Ilmanvaihtolaitteita sijoitettaessa katolle on tarkastettava, että ilmanvaihtolaitteet tulevat riittävän etäälle tuuletusviemäreistä ja savupiipuista. Lisäksi on huomioitava katon jiirit. (5, s. 11.)

Ilmanvaihdon päätelaitteiden asennuskorkeus

Ilmanvaihdon päätelaitteita asennettaessa on huomioitava päätelaitteen asennukseen vaadittava tila. Venttiilityyppisissä päätelaitteissa asennuskehysten vaatima tila on 50 mm, joka on otettava huomioon. Hajottajatyypisissä päätelaitteissa on huomioitava liitäntälaatikon vaatima tila. (17, s. 4.)

7 Yhteenveto

Työssä koottiin haastattelujen perusteella eri suunnittelijoiden sekä toimistojen tapoja mallintaa LVI-järjestelmiä ja hyödyntää ohjelmistojen eri mitoitusominaisuuksia. Näiden haastattelujen pohjalta luotiin ohje, miten tuotemallintamistehtävä kannattaa suorittaa, jotta se voidaan toteuttaa tehokkaasti. Kirjallisuudesta kerättiin mallintamiseen ja verkoston mitoitukseen liittyvää tietoa.

Työn haasteena oli saada riittävästi mallintajia antamaan mielipiteitä mallintamisen toteutuksesta sekä yhdistää koottu tieto siten, että syntyi toimiva kokonaisuus.

Jos tuotemallintamista tehostettaisiin, vaatisi se jatkuvaa kouluttamista. Vanhemmat suunnittelijat tarvitsevat koulutusta uusien ohjelmien sekä ohjelmien ominaisuuksien käytössä ja nuoremmat suunnittelijat itse suunnittelutyössä. Valitettavasti ei ole tarjolla sellaista koulutusta, jossa näitä asioita oppisi tekemään. Nykyisin suunnittelijat oppivat ohjelmien ominaisuuksia ja mallintamistapoja pääosin päivittäisessä suunnittelutyössä.

Tuotemallintaminen vaatii myös tilaajaosapuolelta asiantuntemusta. Hyvin harvoissa tarjouspyynnöissä asetetaan suunnitelmille laatuvaatimuksia. Tällöin kohteet kilpailutilanteessa hinnoitellaan ilman näitä vaatimuksia ja tehdään pelkällä piirto-ohjelmalla ja mitoitetaan käsin. Tällöin mallin virtaustekniseen mitoitukseen ja analysointiin ohjelmissa olevat ominaisuudet jäävät käyttämättä.

Mallinnuksesta syntyvää tietoa voidaan käyttää tehokkaammin hyväksi kehittämällä mallinnuksen rinnalle lisäominaisuuksia. Yksi ominaisuus on kustannusten laskenta. Tämä edellyttää, että kaikki putkistot ja laitteet mallinnettisiin todellisilla tuotteilla, joihin on olemassa LVI-koodi. Lisäksi ei-mallinnettavien laitteiden oletusarvot tulisi syöttää ohjelmaan. Tällöin voitaisiin määrittää oletusarvojen perusteella komponenttien määrä. Tällaisia ovat esimerkiksi kannakkeet, viemäripannat ja kalusteiden kytkentäosat. LVI-koodin perusteella tuotteille voidaan antaa eri hinta esimerkiksi tukkukauppioiden hinnastosta. Syöttämällä normituntihinnaston tiedot ohjelmasta saataisiin myös työkustannukset.

Mallintamisen haasteina on tiedostokokojen jatkuva kasvaminen. Suuret tiedostot vaativat jatkuvia investointeja tietokoneisiin ja tietoliikenneverkkoihin sekä hidastavat osaltaan pienten toimistojen siirtymistä mallintamiseen. Toinen haastava tekijä on kehittää mallinnusohjelmista sellaisia, joissa valmiiden järjestelmien muokkaaminen on helppoa ja nopeaa. Varsinkin LVI-suunnittelussa verkostojen tulee olla geometrisesti ja virtausteknisesti toimivia. Muokattaessa mallin geometriaa ohjelman pitää samalla huolehtia virtausteknisestä toimivuudesta ja päinvastoin.

Suunnittelussa on tärkeää, että arkkitehti ja rakennesuunnittelija sopivat keskenään rakenteiden materiaalit, paksuudet ja sijainnit. ennen niiden toimittamista talotekniikan suunnittelijoille. Tärkeää on, että kaikki rakenteet mallinnetaan. Vastaavasti talotekniikan suunnittelijoiden tulee käydä keskenään läpi laitteiden sijoittelut ennen yhteisiä mallintarkasteluja arkkitehdin ja rakennesuunnittelijan kanssa.

Työ onnistui kokonaisuudessaan hyvin, vaikka haastateltavien määrä olisi voinut olla suurempi. Työ auttoi minua jäsentelemään mallintamisprojektin vaiheet yhtenäiseksi kokonaisuudeksi. Työtä tulen hyödyntämään tulevissa tuotemallintamisprojekteissa sekä uusien suunnittelijoiden perehdyttämisessä. Nykyinen työnantajani saa käyttöön mallintamisohjeen, jolla pystytään viemään mallintamisprojektit läpi. Työtä voisi kehittää pureutumalla eri suunnittelualojen yhteensovittamisessa esiintyviin ongelmiin.

Lähteet

- 1 Niemioja Seppo, Nissinen Sampsa & Penttilä Hannu. 2006. Tuotemallintaminen rakennushankkeessa yleiset periaatteet. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- 2 Laine Tuomas. 2008. Tuotemallintaminen talotekniikkasuunnittelussa. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- 3 Tietomallivaatimukset 2007. Osa 4: Talotekniikkasuunnittelu. Senaatti-kiinteistöt.
- 4 LVI-rakentamisen yleiset laatuvaatimukset. 1992. LVI RYL 92. Helsinki: Rakennustieto Oy.
- 5 Rakennusten sisäilmasto ja ilmanvaihto. 2010. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D2. Helsinki: ympäristöministeriö.
- 6 K1/2003. 2007. Rakennusten kaukolämmitys. Määräykset ja ohjeet. Energiateollisuus
- 7 Seppänen Olli. 1995. Rakennusten lämmitys. Espoo: Suomen LVI-yhdistyksen liitto ry.
- 8 Kiinteistöjen vesi- ja viemärlaitteistot. 2007. Suomen rakentamismääräyskokoelma, osa D1. Helsinki: ympäristöministeriö.
- 9 LVI-kalenteri. 2010. Nummela: Suomen Kalenterit Oy.
- 10 Ilmanvaihtokanaviston tasapainotussuunnittelu. 1988. LVI 32-10118. Rakennustietosäätiö.
- 11 Tilanvarausohjeet 1988. LVI 06-10105. Rakennustietosäätiö.
- 12 TATE 95. 1995. Talotekniikan suunnittelun tehtäväluettelo LVI 03-10242. Rakennustieto Oy.
- 13 STAD. Linjasäätöventtiilit ja mittalaitteet. TA.
- 14 JSI ilmakruunu suunnittelulähtökohdat. 2008. Verkkodokumentti. Jeven. <http://www.jeven.fi/mvhome/homepage_item_view.html?id=0000619&did=298&lang=fi&selected_item_id=0&page_category_id=75350>. Luettu 12.12.2010.
- 15 KTX-liesikupu. 2010. Vallox X-line Loimaa: Vallox.
- 16 K13/1994. 1994. Kaukolämmönmittaus. Lämpölaitosyhdistys Ry.
- 17 ULA venttiili. 2010. Halton.
- 18 PRA Mittaus- ja säätölaitteet 2010. Halton.
- 19 Vesikiertoinen patterilämmitys. 2002. LVI 12-10343. Rakennustietosäätiö.

- 20 Uponor lattialämmitys. 2006. Lattialämmityksen asennus- ja käyttöohje. Uponor.
- 21 Tietomallivaatimukset 2007. Osa 1: Yleinen osuus. Senaatti-kiinteistöt.

Perustiedot

Nimi:

Työpaikka:

Tehtävä:

Käytössä oleva suunnitteluohjelma:

Kysymykset

Mitä seuraavissa järjestelmissä on mielestäsi tärkeä huomioida, mallintaa, esittää tai jättää esittämättä luonnossuunnitteluvaiheessa?

Ilmanvaihto

Ilmanvaihtokoneet:

Kanavisto:

Kanavavarusteet:

Päätelaitteet:

Lämmitys

Lämmönjakokeskukset:

Putkistot:

Putkistovarusteet:

Lämmityspatterit:

Viemäri- ja vesijohdot

Putkistot:

Putkistovarusteet:

Vesikalusteet:

Mitä seuraavissa järjestelmissä on mielestäsi tärkeä huomioida, mallintaa ja esittää toteutussuunnitteluvaiheessa?

Ilmanvaihto

Ilmanvaihtokoneet:

Kanavisto:

Kanavavarusteet:

Päätelaitteet:

Lämmitys

Lämmönjakokeskukset:

Putkistot:

Putkistovarusteet:

Lämmityspatterit:

Viemäri- ja vesijohdot

Putkistot:

Putkistovarusteet:

Vesikalusteet:

Mitä alkutoimenpiteitä ja asetuksia kannattaa tehdä ennen mallinnuksen aloittamista?

Missä järjestyksessä mallintaminen kannattaa aloittaa ja miten siinä kannattaa edetä?

Minkälaisia mallinnusohjeita yrityksellänne on käytössä?

Mitä mielestäsi ei kannata mallintaa?

Millä tavalla huomioitte putkistojen ja kanavien korkeusasemat suhteessa arkkitehti pohjaan?

Mitä automaattimitoittamiseen liittyviä ongelmia olette havainneet?

Mitä automaattimitoittamiseen liittyviä asetuksia kannattaa tehdä ennen mallintamista?

Minkä laitteiden, komponenttien tai tuotekantojen malleissa on mielestäsi eniten puutteita?

Millä tavalla suoritat risteilytarkastelun ja millä virhetoleranssilla?

Mitä automaattileikkauksien teossa on huomioitava?

Mitä reikäkuvien teossa on huomioitava?

Muita mallintamiseen liittyviä huomioita?