



Eetu Kemppainen

Suunnittelutietojen virtaaminen suunnitteluprosessissa tyyppitila- luettelon avulla

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Talotekniikka

Insinöörityö

8.1.2024

Tiivistelmä

Tekijä(t):	Eetu Kemppainen
Otsikko:	Suunnittelutietojen virtaaminen suunnitteluprosessissa tyyppitilaluettelon avulla
Sivumäärä:	27 sivua
Aika:	16.2.2024
Tutkinto:	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Talotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto:	LVI-suunnittelu
Ohjaaja(t):	LVI-kehityspäällikkö Jouni Hurskainen Lehtori Seppo Innanen

Insinööriyössä oli tarkoituksena automatisoida ilmajvirtojen mitoitusprosessi tyyppitilaluettelon avulla. Työssä kehitettiin työkalu, jolla voitaisiin automatisoida ilmanvaihdon mitoitus hyödyntämällä parametristä suunnittelua sekä Autodeskin Revit-ohjelmiston toimintoja.

Kehitystyön aluksi perehdyttiin ilmanvaihdon mitoitukseen, parametriseen suunnitteluun ja tietomallintamiseen kirjallisuuden sekä yrityksen toteuttamien suunnitteluprojektien perusteella sekä haastateltiin osastolla työskenteleviä LVI-kehitystiimin jäseniä ja LVI-suunnittelijoita.

Tavoitteena oli kehittää tiedonvirtausprosessi, jossa suunnittelukohteen natiivitulomallista luetaan tilatyypit ja nämä törmäytetään tilatyypipohjaisten lähtötietojen kanssa, jollaisia ovat esimerkiksi ilmanvaihdon neliö- ja henkilöperusteiset mitoitus tiedot. Törmäytyksen osalta selvitettiin alalla olevien erilaisten tilatyypiluettelotermistöjen käytömahdollisuuksia ja niistä tehtiin kokeellisia testiversioita. Natiiviohjelmistoista käytettiin Revitiä, koska sen toiminnot mahdollistavat omien automatisoitujen prosessien luonnin.

Insinööriyössä kehitettiin tyyppitilaluettelon automatisoinnin toimintaperiaatetta tutkimalla useita eri lähestymistapoja ja rakentamalla näistä toiminnallisia testiversioita. Kehitystyön aikana saatiin kattavasti tietoa automatisoinnin mahdollisuuksista sekä haasteista. Insinööriyössä tutkittiin ja kehitettiin toimintoja myös jatkokehitystä varten, mutta niiden luotettava käyttöönotto ei vielä ole mahdollista parametrisen suunnittelun rajoitteiden sekä tilanimiketermien vakioimattomuuden vuoksi.

Avainsanat: Revit, tietomallinnus, parametrinen suunnittelu, automatisointi

Tämän opinnäytetyön alkuperä on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla.

Abstract

Author: Eetu Kemppainen
Title: Use of Lists of Type Spaces for Flow of Information in Design Process
Number of Pages: 27 pages
Date: 16 February 2024

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Building Services Engineering
Professional Major: HVAC Design
Supervisors: Jouni Hurskainen, HVAC Head of Development
Seppo Innanen, Senior Lecturer

The thesis looked into a design process information that uses the list of type spaces for the flow of information. The aim was to develop a tool to automate the dimensioning of ventilation with parametric design, as well as the functionality of Autodesk Revit software. The goal was to build a tool that would automatically identify the intended use of spaces with the space list collected from the Revit project space list by mirroring the space name to the space name list of the Rava3Pro development project.

Based on the intended use of a space and the selected ventilation dimensioning method, the space would automatically receive an airflow dimensioning value. Finally, the list could be fed back into the Revit design program, and the airflows would be updated to the parametric values of the spaces of an existing project.

The thesis developed the concept of automating the list of type space by exploring several approaches and building functional test versions of them. However, the identification of the purpose of a space could not be fully implemented with the terminology of the selected nomenclature, so this feature is omitted in the first deployed version.

Keywords: Revit, information modelling, Parametric design, Automation

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Tutkimusmenetelmät	2
2.1	Tutkimusstrategia	2
2.2	Kehittämisprosessin lähtötiedot	2
2.3	Kehittämisprosessi	2
3	Ilmanvaihdon mitoitus	3
3.1	Ilmavirtojen mitoitus	3
3.1.1	Ilmanvaihdon mitoitus arvot	4
3.1.2	Ilmanvaihdon mitoitus rakennushankkeessa	4
3.2	Tyypitilaluettelo	5
3.2.1	Tyypitilaluettelon täyttö	5
3.2.2	Tyypitilaluettelo hankkeen alku vaiheissa	5
4	Parametrinen suunnittelu	6
4.1	Parametrinen suunnittelu yleisesti	6
4.2	Parametrinen suunnittelu suunnitteluohjelmissa	7
4.2.1	Revit	8
4.2.2	Revit Dynamo	8
4.3	Kolmannen osapuolen parametriset suunnittelu ohjelmat	10
4.4	Manuaalisen työn korvaaminen parametrisellä suunnittelulla	11
4.5	Parametrisen suunnittelun edellytyksiä	11
5	Tietomallintaminen ja tietomallivaatimukset	12
5.1	Tietomalli	12
5.2	Tietomalli pohjainen suunnittelu	13
5.2.1	Tietomallinnus LVI-suunnittelussa	14
5.2.2	Tietomallinnetun objektin tietosisältö	14
5.3	Yleiset tietomallivaatimukset	15
5.3.1	Tilatyypin tietomallivaatimukset	16
5.3.2	RAVA3Pro	16
5.3.3	RAVA3Pro tilatyypit	17
6	Tyypitilaluettelon automatisointi	17

6.1	Automatisoinnin toiminta periaate	17
6.1.1	Add-in työkalu	18
6.1.2	Tilatyypin referenssidata	18
6.2	Tilan käyttötarkoituksen tunnistaminen	19
6.2.1	Vastaavuudenhaku taulukko	19
6.2.2	Rakennustyytit	20
6.2.3	Ilmavirtojen mitoitusarvot	20
6.3	Revit Spaces	20
6.4	Proof of concept	22
7	Tyyppilaluettelon automatisoinnin haasteet	24
7.1	Tilanimikkeet	24
7.2	Käyttäjäystävällisyys	25
8	Yhteenveto	26
	Lähteet	28

1 Johdanto

Rakennusalan nopea kehitys kohti tietomallipohjaista suunnittelua on avannut paljon mahdollisuuksia automatisoinnille. Insinööriyössä käsitellään suunnittelutietojen virtaamista suunnitteluprosessissa tyyppitilaluettelon avulla. Tällä tarkoitetaan ilmanvaihdon mitoituksessa käytetyn tyyppitilaluettelon automatisointia ja tiedon automaattista kulkemista tyyppitilaluettelosta suunnitteluohjelman malliin. Tavoitteena on tehostaa suunnitteluprosessia automatisoimalla ilmanvaihdonmitoitusprosessi. Insinööriyössä käsitellään parametristä suunnittelua ja selvitetään sen mahdollistamaa automatisointia suunnitteluprosessissa sekä edellytyksiä automaation toiminnalle.

Kehitysprojektissa on tarkoituksena luoda ja kehittää toimintaperiaate sekä taustalla toimiva tietokanta insinööriyön tilaajana toimivan Sweco Finland Oy:n käyttöön suunnitteluprosessin tehostamiseksi. Sweco on suunnittelun ja konsultoinnin asiantuntijaorganisaatio, joka työllistää kansainvälisesti 22 000 työntekijää, joista 3000 työskentelee Suomessa [1].

2 Tutkimusmenetelmät

2.1 Tutkimusstrategia

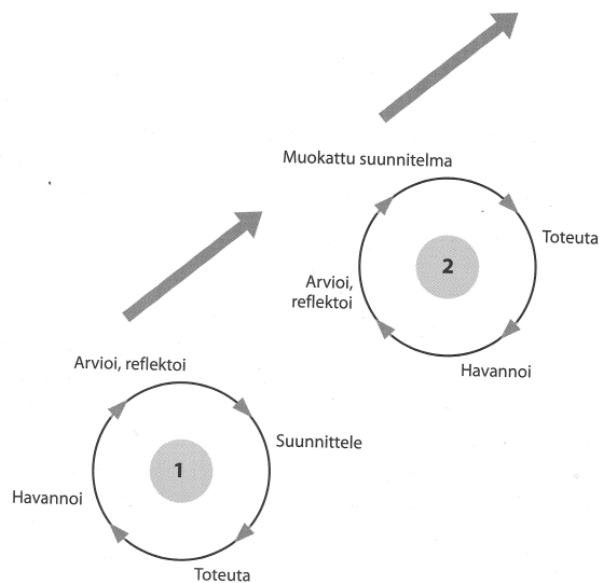
Insinööriyön kehittämistehtävässä hyödynnetään ja sovelletaan teoksessa ”Kehittämistyön menetelmät – Uudenlaista osaamista liiketoimintaan” [2] esiteltyjä menetelmiä. Teoksessa käsitellään yksityiskohtaisesti tutkimusprosessin vaiheita, tutkimuksessa käytettäviä menetelmiä sekä lähestymistapoja kehittämisprosessiin.

2.2 Kehittämisprosessin lähtötiedot

Tutkimusprosessi aloitettiin tapaustutkimuksella (eng. case study) sillä opinnäytetyön aiheena oli kehittää ja automatisoida käytössä olevaa suunnitteluprosessin vaihetta. Nykyistä suunnitteluvaiheen työskentelymenetelmää tutkittiin empiirisesti. Suunnitteluvaihe pilkottiin pienempiin osiin, joita analysoitiin tarkemmin. Tässä vaiheessa tutkittiin työvaiheita laajasti ja perehdyttiin myös tavanomaisen prosessin lisäksi poikkeustilanteisiin, jotta nämä osattaisiin ottaa huomioon kehittämisprosessissa.

2.3 Kehittämisprosessi

Kehittämistyö pilkottiin osiin, joita kehitettiin omina osa-alueinaan kuitenkin pitäen silmällä kokonaisuuden toimivuutta. Näin on helpompi pureutua syväliemmin yksittäisten ongelmien ratkaisuun. Kehittämisprosessissa tehtiin jatkuvasti prototyyppisiä erityyppisillä ratkaisulla. Prototyyppisiä esiteltiin sekä testattiin säännöllisesti Sweco Finland Oy LVI-kehitystiimin kanssa. Kehitystiimissä on monen osa-alueen osaajia, joiden palautteiden ja kehitysideoiden pohjalta lähdettiin tutkimaan sekä jatkojalostamaan prototyyppiä eteenpäin. Kehittämisprosessi toteutettiin toimintatutkimuksen menetelmin (kuva 1).



Kuva 1. Toimintatutkimuksen spiraalimainen eteneminen [3].

3 Ilmanvaihdon mitoitus

3.1 Ilmavirtojen mitoitus

Ilmanvaihdon tehtävänä on poistaa rakennuksesta epäpuhtauksia ja tuoda puhdasta hengitysilmaa rakennuksen käyttäjille [4]. Ilmanvaihdon oikeaoppinen mitoitus on tärkeää monelta kannalta. Hyvin suunniteltu ilmanvaihto tuo asumismukavuutta, pidentää rakennuksen käyttöikää, ehkäisee sisäilmaongelmia sekä voi tuoda säästöä energiakustannuksiin. Ilmanvaihtoa mitoittaessa jokaista tilaa tarkastellaan sen käyttötarkoituksen mukaan. On kuitenkin huomioitava ilman liikkuminen tilojen välillä. Ilma ei saisi koskaan virrata likaisemmasta tilasta puhtaampaan. [5.]

3.1.1 Ilmanvaihdon mitoitusarvot

Ilmanvaihdon mitoituksessa käytetään pääsääntöisesti sisäilmastoluokituksia sekä FINVACin (The Finnish Association of HVAC Societies) ilmanvaihdon mitoitusoppaan taulukoita. Mitoitusarvoja voidaan kuitenkin soveltaa. Näin tehdään esimerkiksi LEED- tai BREEAM-energialuokitusstandardeja tavoiteltaessa. Ilmavirtojen mitoitusarvoille löytyy pinta-ala- sekä henkilömääräperusteisia arvoja. Joissain tiloissa, kuten vessoissa tai suihkuissa, ilmavirtojen mitoitus voi perustua kalusteiden lukumäärään. Tietyissä erityistiloissa ilmanvaihdon mitoitusperusteita joudutaan hakemaan esimerkiksi rakennustietokortiston standardeista. Kaikkia ilmanvaihdon mitoitusperusteita ohjaavat kuitenkin ympäristöministeriön laatimat asetukset, joiden vähimmäisarvoja tulisi noudattaa. Viimeisin ilmanvaihdon mitoitusta käsittelevä asetusta astui voimaan 2018 ja sen tulkitsemisen tueksi FINVAC julkaisi kaksi opasta. [6.] Väärin mitoitettu ilmanvaihto voi aiheuttaa käyttäjän terveydelle sekä rakennukselle haitallisia sisäilmaongelmia.

3.1.2 Ilmanvaihdon mitoitus rakennushankkeessa

Ilmavirtojen mitoitusperusteet sovitaan aina rakennushankkeen tilaajan kanssa. Usein mitoitusperusteet saattavat tulla suoraan kuntien yleisesti määrittämistä vaatimuksista, joista löytyy määrittelyt sisäilmastoa koskien rakennuksen käyttötarkoituksen mukaan. Monet suuret yksityiset yritykset ovat laatineet dokumentin taloteknisistä vaatimuksista varmistukseksi tasaisen laadun jokaisella toimipisteellä. Jos ilmanvaihdon mitoitukseen ei ole erikseen mainittuja mitoitusperusteita, käytetään määräysten mukaisia ilmanvaihdon vähimmäisarvoja, jotka luetaan useimmiten FINVACin ilmanvaihdon mitoitusoppaista [7.] Kaikkien tilojen ilmavirtoja ei kuitenkaan voida määrittää suoraan pinta-ala- tai henkilömääräperusteisesti. Ilmanvaihdon mitoitusta saattaa ohjata myös esimerkiksi jäähdytyksen tarve tai tilassa käytettävien laitteiden tuottamat lämpö- sekä epäpuhtauskuormat.

3.2 Tyypitilaluettelo

Suurissa rakennushankkeissa voi olla useita kymmeniä eri käyttötarkoituksiin tarkoitettuja tiloja. Ilmavirtojen mitoitus erikseen näille kaikille tilatyypeille on työläs prosessi. Lisäksi suuressa kohteessa voi olla useita suunnittelijoita, joilla on voi olla erilaisia näkemyksiä ilmavirtojen mitoituksesta. On siis helpointa, että kaikki rakennuksessa esiintyvät tilatyypit kerätään yhteen listaan, jossa jokainen tilatyyppi esiintyy vain kerran, ja listaan merkitään kunkin tilatyyppin ilmanvaihdon mitoitusperusteet. Tyypitilaluettelon täyttää usein LVI-projektipäällikkö. Luettelo toimii ohjeena suunnittelijoille, ja sen avulla voidaan kommunikoida tilaajan edustajan sekä mahdollisen erillisen energiasuunnittelijan kanssa.

3.2.1 Tyypitilaluettelon täyttö

Tavanomaisesti tyypitilaluettelon tilatyypit täytetään manuaalisesti arkkitehdin pohjakuvia silmäilemällä. Tämän jälkeen lähdetään hakemaan henkilö- sekä neliömääräperusteisia mitoitusarvoja sovitun mitoitusohjeen mukaisesti. Tyypitilaluettelossa ilmavirrat annetaan muodossa dm^3/s , hlö (kuutiodesimetriä henkilöä kohden), dm^3/s , m^2 (kuutiodesimetriä neliometriä kohden) tai 1/h (ilman vaihtuvuus tunnissa). Suunnittelija laskee tyypitilaluettelon arvoilla vielä tilakohtaiset ilmavirrat jokaiselle tilatyyppin tilalle erikseen. Yleensä käytetään suurempaan ilmavirtaan johtavaa mitoitusta, ja nämä voivat vaihdella tilakohtaisesti. Usein tyypitilaluettelon rinnalle tehdään taulukkolaskentaohjelmalla jokaista yksittäistä tilaa käsittelevä ilmavirtojen mitoitustaulukko. Taulukon tekeminen on työlästä, mutta oikein tehtynä helpottaa ilmanvaihtokoneiden mitoitusta sekä muutosten tekemistä. Valmiin luettelon ilmavirrat siirretään manuaalisesti suunniteluohjelmaan esimerkiksi päätelaitteelle tai huoneen tilaobjektille.

3.2.2 Tyypitilaluettelo hankkeen alkuvaiheissa

Ilmavirtojen määrittäminen on tärkeää jo rakennushankkeen varhaisissa vaiheissa. Kaikille tiloille ei kuitenkaan voida tarkkaan määrittää ilmavirtoja varhaisen vaiheen lähtötiedoilla. Tämänkaltaisissa tilanteissa on silti hyvä antaa jonkinlainen

arvio esimerkiksi tutkimalla vastaavaa tilannetta toisesta kohteesta. Tarkkaan määritettyjen ilmavirtojen avulla voidaan suoraan arvioida ilmanvaihdon runko-kanavien kokoja, ilmankäsittelykoneiden lukumäärä sekä vaaditut tilavaraukset ilmanvaihdonkonehuoneelle. Näillä tiedoilla voidaan laskea suuntaa antavia kustannusarvioita sekä nähdään, vaatiiko kohde rakenteellisia muutoksia tekniikan mahdollistamiseksi jo ennen varsinaisen suunnittelun aloitusta.

4 Parametrinen suunnittelu

4.1 Parametrinen suunnittelu yleisesti

Parametrisellä suunnittelulla tarkoitetaan suunnitteluprosessia, jossa käytetään parametreja ja sääntöjä määrittämään suunniteltavan kohteen ominaisuuksia. Tämä suunnittelutapa perustuu tietokoneavusteiseen suunnitteluun (CAD) ja matemaattisiin malleihin, jotka mahdollistavat sen, että suunnittelijat voivat tarkasti hallita suunniteltavien kohteiden eri piirteitä. [8.]

Parametrisen suunnittelun keskeisimpiä käsitteitä ovat parametrit, säännöt ja riippuvuudet, iteratiivinen prosessi sekä automatisointi.

Parametrit

Parametrit ovat usein suunniteltavan kohteen ominaisuuksia, kuten koko, mittasuhteet, kulmat ja muut määrälliset arvot, jotka voidaan määrittää numeerisesti. Parametriksi voidaan määrittää myös tekstiarvo, jonka toiminnallisuus vaatii erillistä määrittystä. [9.]

Säännöt ja riippuvuudet

Parametrisessä suunnittelussa käytetään sääntöjä ja riippuvuuksia eli algoritmeja, jotka kertovat, miten eri parametrit vaikuttavat toisiinsa. Esimerkiksi jos suunnitellaan ilmanvaihdon kanavistoa, voidaan määrittää sääntöjä, jotka kertovat, miten kanavan koko vaikuttaa painehäviöihin vakioilmavirralla. [9.]

Iteratiivinen prosessi

Parametrisessa suunnittelussa suunnittelijat voivat säätää parametreja ja nähdä välittömästi, miten muutokset vaikuttavat suunniteltavan kohteen ominaisuuksiin. Tämä mahdollistaa nopean ja joustavan suunnitteluprosessin, jossa voidaan kokeilla erilaisia vaihtoehtoja ja optimoida suunnitelma halutun lopputuloksen saavuttamiseksi. [9.]

Automatisointi

Parametrisellä suunnittelulla voidaan automatisoida toistuvia suunnitteluprosesseja. Ohjelmaan voidaan ajaa ennalta määritetyssä formaatissa tietoa, jonka ohjelma osaa tunnistaa parametreiksi. Näin lähtevät käyntiin automatisoidut algoritmit. [9.]

Parametrisesti suunniteltuja kohteita on helppo muuttaa tai sopeuttaa erilaisiin tarpeisiin tai olosuhteisiin, koska muutokset voidaan tehdä parametreihin ja sääntöihin eikä tarvitse luoda uutta suunnitelmaa alusta alkaen. Se voi tehostaa suunnitteluprosessia, parantaa suunnitelman laatua ja auttaa suunnittelijoita tekemään nopeita päätöksiä suunnittelutyön aikana. [10.] Tämän tyyppisiä ominaisuuksia löytyy jo paljon erilaisista suunnittelu- sekä simulaatio-ohjelmista. Parametrisellä suunnittelulla voidaan nopeasti tutkia useampia eri ratkaisuja nopeasti muuttamalla parametreja. Ennalta määritetyillä algoritmeilla voidaan vähentää huomattavasti suunnittelijan tekemää manuaalista työtä sekä tarkastella mallinnettujen järjestelmien toimivuutta.

4.2 Parametrinen suunnittelu suunnitteluohjelmissa

Kaikki nykyaikaiset suunnitteluohjelmat hyödyntävät parametristä suunnittelua jossain määrin. Pitkään käytössä olleita parametrinen suunnittelun käyttökohhteita ovat erilaiset putki- sekä kanavamitoitustyökalut. Monimutkaisempia tapauksia ovat esimerkiksi erilaiset lämmitys- ja jäähdytystehon tarpeisiin liittyvät

simulointiohjelmat, joissa otetaan huomioon talon ilmansuunta, ulkoseinien rakenne sekä maantieteellinen sijainti. LVI-suunnittelussa parametristä suunnittelua on hyödynnetty jo 1980-luvulla. Silloin Suomessa alettiin hiljalleen siirtämään piirtopöydältä tietokoneohjelmiin. [9.]

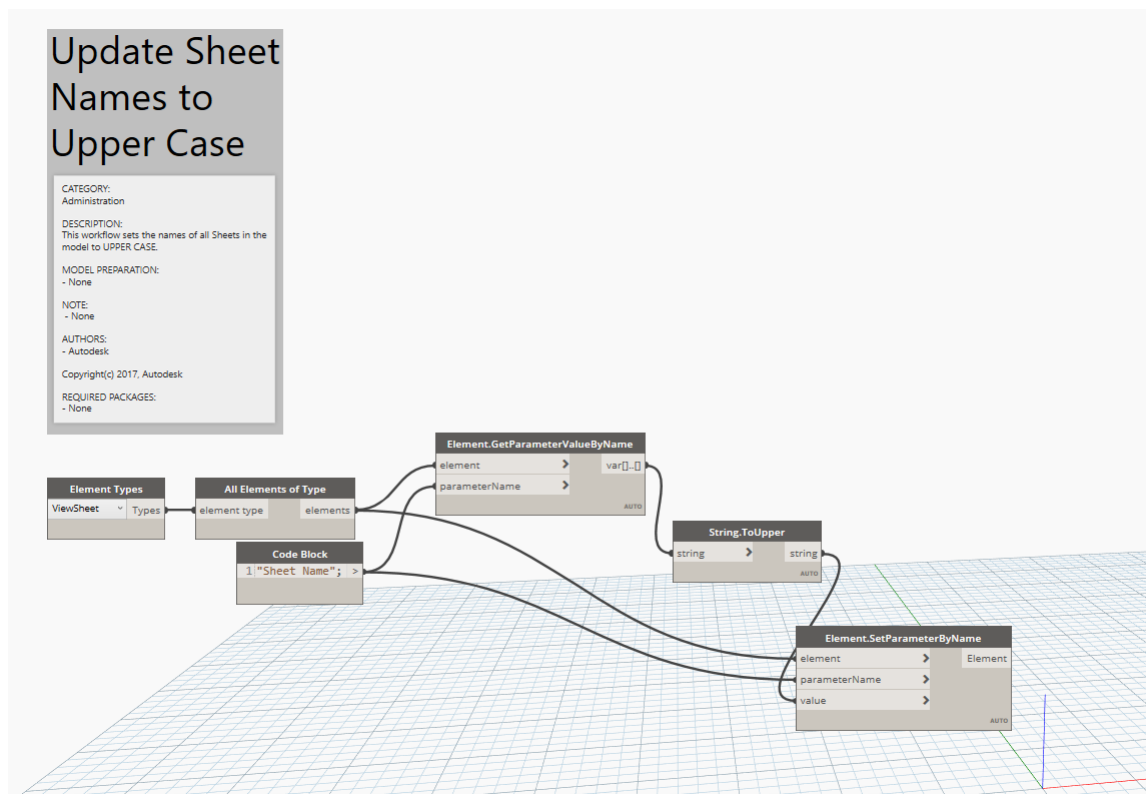
4.2.1 Revit

Autodeskin julkaisema Revit on tietomallipohjaiseen suunnitteluun keskittyvä suunnitteluohjelmisto, jolla voidaan kootusti suunnitella yhdessä ympäristössä eri suunnittelualojen kesken. Revit on seuraava askel kehityksessä Autodeskin AutoCAD-ohjelmistoon nähden rakennusalan kehittyessä kohti tietomallipohjaista suunnittelua. [11.] Yhä useampi LVI-alan yritys onkin seuraavaksi siirtymässä Revit-pohjaiseen MagiCAD-ohjelmistoon.

Revit pitää sisällään paljon muita vastaavia suunnittelusovelluksia enemmän parametristätietoa. Parametrejä hyödyntämällä voidaan luoda uusia toiminnallisuksia, joiden avulla voidaan esimerkiksi optimoida rakennuskustannuksia, rakentaa ekologisemmin ja automatisoida suunnittelua. Parametristä tietoa voidaan tuoda Revitistä koneluettavassa muodossa esimerkiksi taulukkolaskentaohjelmaan, jossa sen tarkastelu sekä muokkaus on huomattavasti kätevämpää kuin suunnitteluympäristössä.

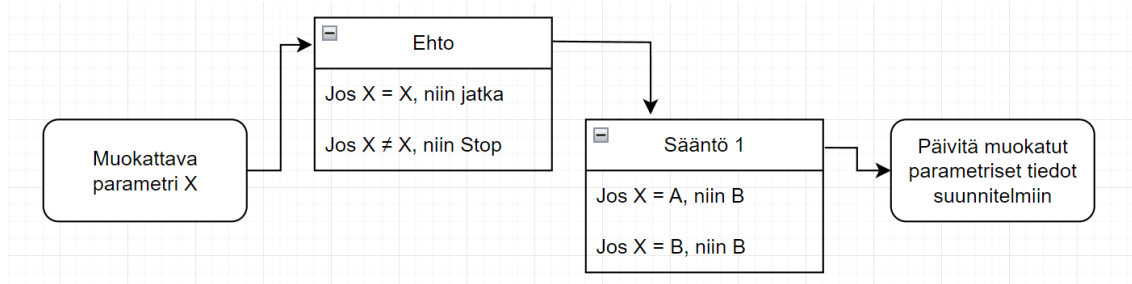
4.2.2 Revit Dynamo

Autodeskin Revit -ohjelmasta löytyy lisäosana Dynamo-työkalu, jolla voidaan luoda omia toimintoja visuaalisessa ohjelmointiympäristössä. Dynamo-ympäristössä skriptien luominen koostuu parametreistä, ehdoista, säännöistä ja jopa kokonaisista koodeista esimerkiksi Python-ohjelmointikielellä. [12.] Kuvassa 2 on yksinkertainen Dynamo, jolla voidaan muuttaa tekstiä pienistä kirjaimista isoihin kirjaimiin.



Kuva 2. Näkymä Revit Dynamon visuaalisesta ohjelmointiympäristöstä.

Dynamo-työkalulla ohjelmointi on suhteellisen yksinkertaista eikä välttämättä vaadi aikaisempaa kokemusta ohjelmoinnista. Ohjelmalla luodut skriptit toimivat pääpiirteittäin samalla tavalla. Dynamo-ympäristössä luodaan visuaalisia laatikoita, jotka sisältävät parametrejä, sekä toimintoja parametrien käsittelyyn. Laatikot on sidottu toisiinsa solmuilla, joita seuraamalla nähdään toiminnon kulku vasemmalta oikealle (kuva 3).



Kuva 3. Yksinkertaistettu Dynamo-skriptin kulku vasemmalta oikealle.

Ensin valitaan parametrinen tieto, jota halutaan muokata. Parametrin muokkaukselle voidaan asettaa ehtoja sekä sääntöjä, joiden mukaan Dynamo käsittelee muokattavaa parametriä. Kuvassa 3 halutaan antaa parametrille X arvoksi B. Lisäksi skriptiin on lisätty ehto, joka pysäyttää skriptin tilanteessa, jossa haluttua muokattavaa parametri X:n tietoa ei löydy. Lopuksi skripti päivittää muokatun parametrin suunnitelmaan.

4.3 Kolmannen osapuolen parametriset suunnittelu ohjelmat

Suunnitteluohjelman ulkopuolella toimivan parametrinen suunnitteluohjelman voi luoda kuka tahansa. Lähes jokaisella suunnittelua harjoittavalla yrityksellä on käytössään sisäisesti luotuja suunnittelua tukevia laskentaohjelmia, joilla tehostetaan suunnitteluprosessia. Hyvänä esimerkkinä kolmansien osapuolien parametrinen suunnittelun keinoin toimivista suunnitteluohjelmista ovat ilmanvaihtokoneiden valmistajien mitoitusohjelmat. Käyttäjä syöttää ohjelmaan lähtötiedoiksi ilman olosuhteet, vaatimukset ilmalle koneen käsittelyn jälkeen ja ilmavirran, jonka jälkeen ohjelma tarjoaa valmistajalta sopivia koneita ja laskee näihin vielä tarkempia tietoja, kuten ominaissähkötehon sekä vaaditun jäähdytys ja lämmitystehon. Ohjelmistojen väliltä puuttuu vielä usein koneellinen tiedonsiirto. Tällöin tietoa joudutaan siirtämään käsin ohjelmistojen välillä.

4.4 Manuaalisen työn korvaaminen parametrisellä suunnittelulla

Tarpeeksi älykkäillä algoritmeilla voidaan korvata useita suunnitteluprosesseja, jotta suunnittelijalle jäisi vain ohjelmistojen ohjaaminen sekä erilaisten koneen tarjoamien parametrusten suunnitteluratkaisujen väliltä valitseminen. Parametrisellä suunnittelulla minimoidaan inhimillisten virheiden mahdollisuus ja parannetaan ajankäytön kustannustehokkuutta. Algoritmit vaativat aina taustalleen logiikan, joka voi kaikessa yksinkertaisuudessaan olla esimerkiksi matemaattinen kaava. Tämän lisäksi tarvitaan parametrejä eli lähtötietoja, jotka käyttäjä voi tilanteen mukaan määrittellä saadakseen halutun lopputuloksen. Logiikan taakse voidaan myös sijoittaa suuria tietokantoja, kuten määryksiä tai mitoitusarvoja. Näin säästetään pitkällä aikajaksolla huomattavasti aikaa, jota olisi muutoin käytetty laskemiseen ja tiedon etsintään.

4.5 Parametrisen suunnittelun edellytyksiä

Parametrinen suunnittelu toimii hyvin, kun käytettävät parametrit ovat numeerisia, sillä matemaattiset säännöt eivät muutu. Tilanteissa, joissa algoritmin tulisi osata yhdistää muu kuin numeerinen parametri oikeaan algoritmisääntöön, annetun muuttujan tulee olla ennalta määritetty, jotta se tunnistetaan. Sanallisissa parametreissa yhdenkin merkkivirheen tunnistamiseen oikeaksi vastineeksi vaaditaan todella monimutkaisia algoritmisääntöjä. Synonyymejä on mahdoton käsitellä oikein, ellei niitä ole ennalta määritetty haetun sanan vastineeksi. Tällaiset tilanteet vaatisivat tuekseen tekoälyä, jonka hyödyntäminen edellyttää todella paljon resursseja. Paras vaihtoehto olisi kuitenkin standardisoida parametreinä käytetty tieto, jotta se olisi yksiselitteistä sekä täsmällistä. Sen lisäksi, että tiedon vakiointi mahdollistaa suunnittelun automatisointia, ei myöskään syntyisi väärinymmärryksiä.

5 Tietomallintaminen ja tietomallivaatimukset

5.1 Tietomalli

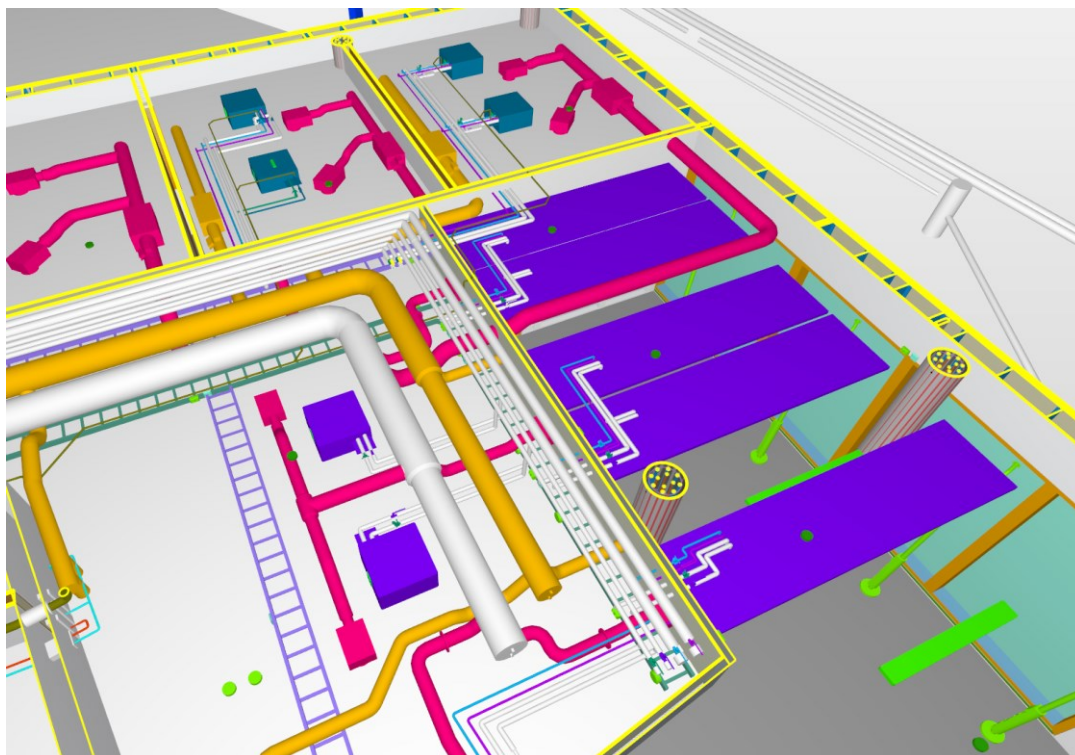
Tietomalli eli Buildin Information Model (BIM) on geometrisesti tarkkaan mallinnetuista objekteista koostuva kolmiulotteinen malli, jossa jokainen objekti pitää sisällään parametristä tietosisältöä [16]. Objektin tietosisältö koostuu usein sekä suunnitteluohjelman laskennallisista arvoista sekä vapaasti käsin syötetyistä tiedoista. Suomessa parametriselle tietosisällölle ei ole vielä laadittu määräyksiä, vaan tietosisällön osalta on vain ohjeita, joita voidaan vaatia käytettäväksi. Tietomalli pitää sisällään paljon hyödyllistä tietoa jokaiselle rakennushankkeen osapuolelle. Yhä useammista rakennushankkeista tehdään visuaalisesti näyttäviä markkinointikuvia sekä -videoita ennakkomarkkinointia varten päivittämällä tietomallin tekstuureita lähes todellisen näköisiksi. Kuvassa 4 on esimerkki rakennushankkeen mallinnetusta markkinointikuvasta.



Kuva 4. YIT Kruunis-hankkeen havainnekuva [15].

5.2 Tietomallipohjainen suunnittelu

Nykyään lähes kaikki suuremmat rakennushankkeet tietomallinnetaan. Tietomallista puhutaan usein termillä BIM, joka tulee englannin kielen sanoista Building Information Model. Tietomalli koostuu tarkkaan mallinnetuista kolmiulotteisista objekteista, jotka pitävät sisällään parametristä tietosisältöä. [13.] Tietomallin tietosisältöä sekä kolmiulotteista mallia voidaan hyödyntää ennen rakentamista, rakentamisen aikana sekä rakentamisen jälkeen huolto-, purku- ja muutostöiden tukena. Tietomallin avulla on helppo tehdä eri suunnittelualojen yhteensovituksia eikä tarvitse arvailla, ovatko suunnitteluratkaisut tilan kannalta mahdollisia. Näin saadaan esimerkiksi optimoitua tekniikan tilantarvetta ja säästetään hukkaneliöitä. Tietomallin avulla voidaan suoraan optimoida kustannuksia sekä tehdä katselmuksia rakennuksen kokonaisvaltaiseen hiilijalanjälkeen. Kuvassa 5 on esimerkki Solibri-laadunvarmistusohjelmiston tietomallista.



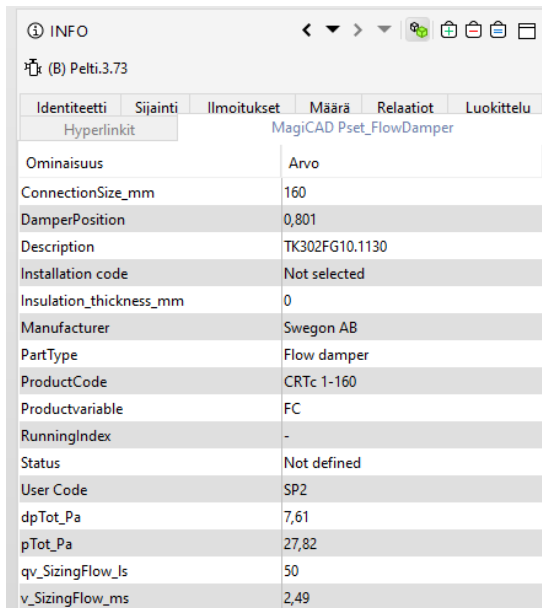
Kuva 5. Solibri-laadunvarmistusohjelmiston leikkausnäkömää toimistorakennuksen tietomallista.

5.2.1 Tietomallinnus LVI-suunnittelussa

LVI-tekniikka halutaan pitää huomaamattomana sekä helposti huollettavana, mikä tuottaa usein haasteita tilan osalta. Suunnittelussa tulee aina ottaa huomioon yhteensopivuus muiden suunnittelualojen kanssa. Kolmiulotteisen tietomallin avulla on helppo tarkastella, miten tekniikka todellisuudessa tulee sijoittumaan rakennuksessa. Ongelmakohtiin voidaan pureutua jo ennen varsinaisen rakentamisen aloittamista. Tällä voidaan ehkäistä merkittävän suuria yllättäviä kustannuksia rakentamisvaiheessa. Jokaisella tietomallinnetulla objektilla on runsaasti parametristä tietoa, jota voidaan hyödyntää niin suunnittelussa kuin työmaalla. Tietomallit ovat jo niin tarkkoja, että LVI-tekniikan reikävaraukset voidaan huomioida rakennuselementtejä tuottaessa, jotta työmaalla vältetään työläältä reikien poraamiselta jälkikäteen. [9.]

5.2.2 Tietomallinnetun objektin tietosisältö

Jokainen mallinnettu objekti saa suunnitteluohjelmasta parametristä tietoa, jota voidaan tarkastella suoraan tietomallista. Kuvassa 6 on esimerkki objektin parametrisestä tietosisällöstä.



Identiteetti	Sijainti	Ilmoitukset	Määrä	Relaatiot	Luokittelu
Hyperlinkit		MagiCAD Pset_FlowDamper			
Ominaisuus	Arvo				
ConnectionSize_mm	160				
DamperPosition	0,801				
Description	TK302FG10.1130				
Installation code	Not selected				
Insulation_thickness_mm	0				
Manufacturer	Swegon AB				
PartType	Flow damper				
ProductCode	CRTc 1-160				
Productvariable	FC				
RunningIndex	-				
Status	Not defined				
User Code	SP2				
dpTot_Pa	7,61				
pTot_Pa	27,82				
qv_SizingFlow_ls	50				
v_SizingFlow_ms	2,49				

Kuva 6. Säätopeltiobjektin MagiCAD Property Set -näkömön parametriset tiedot Solibri-laadunvarmistusohjelmistossa.

Säätopellistä nähdään suoraan suunniteltu todellinen tuote, sen laskennallinen ilmavirta sekä suunnitellut säätöarvot. Tietomallista nähdään myös objektille käsin syötettyjä parametrisiä tietoja. Tietomallissa näkyvien tietojen sisältöä voidaan ohjata vaatimalla käytettäväksi esimerkiksi yleistä tietomallivaatimusta.

5.3 Yleiset tietomallivaatimukset

YTV2012 eli yleiset tietomallivaatimukset ovat Building Smart Finlandin luoma dokumentti, joka asettaa standardeja tietomallipohjaiselle suunnittelulle [16]. Tilaaja voi halutessaan vaatia näitä noudatettavaksi mallintamisessa. Yleiset tietomallivaatimukset on suunniteltu sujuvoittamaan eri suunnittelu alojen toimintaa hankkeessa, ja näitä noudattamalla saadaan tuotettua laadukkaita suunnitelmia [16]. Näin voidaan vähentää huomattavasti rakennusvaiheen aikaisia ongelmia. Viimeisin voimassa oleva tietomallivaatimus on vuodelta 2012. Building Smart Finland on kuitenkin laatimassa uusia tietomallivaatimuksia, joiden valmistumisesta ei vielä ole tarkkaa tietoa. Yleisesti tietomallivaatimuksista puhuttaessa viitataan dokumenttiin YTV2012 (Yleiset tietomallivaatimukset 2012).

YTV2012-kehityshankkeessa on ollut mukana useita yksityisen sektorin yrityksiä sekä kuntia [16].

5.3.1 Tilatyypin tietomallivaatimukset

Tietomallivaatimuksissa viitatus RAVA 2 -kehityshankkeen osuudessa vaaditaan arkkitehdin tietomallista löytyväksi seuraavat tiedot koskien tiloja:

- tyyppi; bruttoala, kerrosala, huoneistoala ja huoneala.
- tilan ja huoneiston käyttötarkoitus.
- tilan sijainti; kellari, peruskerros tai ullakko.
- huoneen ja huoneiston nimi sekä numero. [17, s.4]

Arkkitehdiltä vaadittuihin tilatietoihin ei vielä ole tarkempaa ohjetta, jolla standardisoitaisiin vaadittuja tietosisältöjä. Eniten haasteita tuottaa tilan käyttötarkoitus, joka on LVI-suunnittelijan työssä tärkeä. Esimerkiksi neuvotteluhuone voidaan ilmaista kokoushuoneena tai käyttäen puhekielistä termiä neukkari. Tilatyyppien vakioimattomuus tuottaa haasteita automatisointiin ja voi aiheuttaa väärinkäsityksiä tilan todellisesta käyttötarkoituksesta. Rakennusvalvonta on hiljattain alkanut työstämään vakioitua listaa tilojen nimeämiseksi osana RAVA3Pro-kehityshanketta.

5.3.2 RAVA3Pro

RAVA3Pro on valtiovarainministeriön rahoittama valtakunnallinen kehityshanke, jonka tarkoituksena on kehittää rakennusvalvonnan sähköisen lupaprosessin kulkua. Hankkeessa pyritään vakioimaan tietoa, jotta lupaprosessia voitaisiin osittain automatisoida ilman ihmisen harkinta- tai tulkintatyötä. [14.] Hankkeen osalta opinnäytetyössä keskitytään tilatyyppejä käsittelevään osioon, josta on julkaisu ensimmäisiä versioita hankkeen verkkosivuilla.

5.3.3 RAVA3Pro tilatyyppit

Hankkeen verkkosivuilla on julkaistu Excel-pohjainen luettelo tilatyypeistä (kuva 7). Luetteloa on päivitetty kommenttikierrosten perusteella, eikä se ollut vielä opinnäytetyötä kirjoitettaessa lopullisessa muodossaan.

A	B	C	D	E	F	G	H
0111	0111 Paritalot						
Tunnus	RAVA3 tilanimike	RAVA	RAVA	RAVA	Lisä-	Suosittelun nimilyhenne	Nimikkeen selite
		ryhmä	koodi	tarkenne	tarkenne		
	Asuintilat	1					
0111-11-00	Huonetila	1	1	00		H	Huonetila on yleisnimitys mille tahansa tilalle, joka täyttää huoneelle asetetut vähimmäisvaatimukset.
0111-11-00-01	Asuinhuone	1	1	00	01	AH	Asuinhuoneella tarkoitetaan huonetilaa, joka on ensisijaisesti tarkoitettu jatkuvaan asumiskäyttöön. Asuinhuoneena ei pidetä eteistä, käytävää tai kylpyhuonetta tai näihin verrattavaa huonetilaa. Keittiö on asuinhuone, joka on ensisijaisesti ruoanvalmistusta ja ruokailua varten.
0111-11-00-02	Makuuhuone	1	1	00	02	MH	Makuuhuone on yöpymiseen tarkoitettu asuinhuonetila.
0111-11-00-03	Työttila	1	1	00	03	TH	Työttilalla tarkoitetaan tilaa, joka on ensisijaisesti tarkoitettu työskentelyyn.
0111-11-00-04	Harrastustila	1	1	00	04	HARRASTUS	Harrastustila on tila, joka on varattu yksilöiden tai ryhmien harrastus- ja vapaa-ajan toimintaan. Se voi olla osa asuinrakennusta tai erillinen rakennus tai erillinen tila jossain muussa rakennuksessa kuten kirjastossa.
0111-11-02	Keittiö	1	1	02		K	Asunnon keittiö on asuinhuone, joka on sisustettu ruoanlaittoa varten. Alle 7 neliömetrin suuruinen ruoanlaittoa varten sisustettu tila katsotaan keittokomeroksi tai keittotilaksi.

Kuva 7. Rava3Pro-hankkeen tilanimiketermistö Excel-muodossa.

Luettelon toimintaperiaatteena on luoda kolmeosainen koodi jokaiselle tilatyyppille, jota voidaan tarkentaa koodin neljännellä osalla. Koodin ensimmäinen osa viittaa rakennuksen tyyppiin, joka on kuvassa koodilla 0111 Paritalot. Koodin toisella osalla viitataan tilan sekä ryhmän tarkentavaan Rava-koodiin. Kuvassa 7 numerolla 1 viitataan Rava-ryhmään "Asuintilat". Viimeisissä osissa tilaa tarkennetaan entisestään, jolloin päädytään lopulliseen tilaan. Koodin avulla voidaan tarkastella rakennushankkeen tilojen tyyppisiä tilanteeseen sopivalla suodatusmenetelmällä. Voidaan esimerkiksi hakea suuresta korttelihankkeesta kaikki asuintiloiksi luokiteltavat tilat koodin alkuosalla. Luettelossa on yhteensä 99 rakennustyyppiä ja noin 200 uniikkia tilaa.

6 Tyyppitilaluettelon automatisointi

6.1 Automatisoinnin toimintaperiaate ja tavoitteet

Opinnäytetyön tarkoituksena on rakentaa parametrisen suunnittelun keinoilla toimiva ohjelma Swecon sisäiseen käyttöön. Ohjelmalla on tarkoitus pystyä

mitoittamaan kokonaisen rakennuksen eri tilojen ilmavirrat valitun mitoitusperusteen mukaan. Tavoitteena on, että ohjelma tunnistaa arkkitehdin mallista tilojen käyttötarkoituksen tilan nimen perusteella ja yhdistää tämän luotettavasti oikeaan ilmavirran mitoitusarvoon. Tämän jälkeen käyttäjä voi ajaa suoraan suunnitteluohjelmaan ilmavirtojenmitoituservot, jotka päivittyvät automaattisesti jokaisen tilan tilaobjektille ja mallinnusvaiheessa myös tiloihin sijoitetuille ilmanvaihdon päätelaitteille. Tämän on tarkoitus korvata nykyisen manuaalisen ilmanvaihdon mitoitusprosessin, jossa käyttäjä joutuu hakemaan jokaiselle eri tilatyypille ilmavirtojen mitoitusarvot erinäisistä oppaista sekä määräyksistä ja sijoittamaan ne käsin mallinnetuille päätelaitteille.

Sovelluksessa hyödynnetään Revit-projektista saatavaa tilaluetteloa, ja ohjelma osaa formatoida tulokset Revitin ymmärtämään muotoon. Sovellusta on mahdollista hyödyntää muidenkin suunnitteluohjelmien kanssa, vaikkakaan ei yhtä tehokkaasti johtuen suunnitteluohjelmistojen rajoitteista. Ohjelmalle luodaan Excel-muotoinen taustadata, jonka ympärille rakennetaan JSON-koodikielellä toimiva sovellus myöhemmin jatkokehitysvaiheessa. Excelin taustadata kootaan muotoon, jossa sitä on helppo päivittää ja laajentaa.

6.1.1 Add-in-työkalu

Revit-projektin tilaobjektien parametrusten tietojen käsittelyyn luotiin Revitin natiivitoiminnoilla työkalu. Työkalu osaa listata Revitin tilaobjektit parametreineen halutun taulukkolaskentaohjelman ymmärtämään muotoon. Parametrejä voidaan muokata ja lisäillä taulukkolaskentaohjelmassa. Päivitetty tiedosto voidaan ajaa takaisin Revit-suunnitteluohjelmaan, jolloin työkalu päivittää jokaisen muutoksen tilaobjektien parametreihin. Tämä mahdollistaa nopean datan massamuokkauksen ja toimii osana tyyppitilaluettelon automatisointia.

6.1.2 Tilatyypien referenssitermistö

Ohjelman tilatyypeille täytyi vakioda tilanimikkeet, jotta automatisointia voitiin lähteä toteuttamaan. Rakennusalalla ei ole vielä otettu käyttöön vakioitua

luetteloa tilanimikkeistä, mikä tuottaa haasteita automatisoinnin luotettavaan toteutukseen. Parametrisen suunnittelun keinoja hyödyntämällä tilanimikkeiden täytyisi olla ennalta määritettyjä, jotta ohjelma osaisi törmäyttää rakennusprojektin tilaluettelon mitoitusdatan kanssa. Tilan tunnistukseen voitaisiin käyttää oppivaa tekoälyä, mutta sen tutkiminen päätettiin rajata pois opinnäytetyöstä. Tilatyypin tunnistamista varten referenssiluettelon tueksi oli siis kehitettävä tilanimikkeen tulkintatoiminto, joka osaisi mahdollisimman luotettavasti yhdistää luettelon nimikkeet ennalta määritettyihin nimikkeisiin.

6.2 Tilan käyttötarkoituksen tunnistaminen

Arkkitehti määrittää tiloille käyttötarkoitukset ja kirjaa ne arkkitehtipohjaan, jonka mukaan LVI-suunnittelija mitoittaa tilojen ilmanvaihdon. Arkkitehdit kuitenkin käyttävät usein lyhenteitä, jotta pohjapiirustuksen luettavuus pysyy hyvänä. Automatisointia varten oli kuitenkin määritettävä jokaiselle eri tilatyypille yksi vakioitu termi, jonka automaatioprosessi osaa tunnistaa. Tilatyypiluettelon referenssitermistöksi valikoitui RAVA3Pro -hankkeen tilatyypiluettelo. Jotta ohjelma osaisi yhdistää lyhenteet sekä synonyymit RAVA-nimistön termeiksi, ohjelmaan rakennettiin vastaavuudenhaku taulukko, johon manuaalisesti ennalta määritettiin mahdollisimman monta synonyymiä sekä erilaisia lyhenteitä useilla kirjoitusasuilla. Näin ohjelma osaa tunnistaa esimerkiksi lyhenteen "VH" vaatehuoneeksi. Tilatyypin nimen mukana ohjelmassa kulkee moniosainen RAVA-koodi, josta selviää valittu rakennustyyppi, tilan kategoria, tilatyyppi sekä joissain tapauksissa tarkennus tilatyyppiin. Vastaavuudenhakutaulukon data on helposti päivitettävissä, jos siellä havaitaan toistuvia puutteita tai kehitysvaiheessa olevaan RAVA-koodistoon tulee muutoksia.

6.2.1 Vastaavuudenhakutaulukko

Arkkitehtipohjan tilanimien tunnistamista varten kehitettiin Excel-pohjainen vastaavuudenhakutaulukko. Taulukkoon listattiin jokaiselle tilanimikkeelle synonyymejä sekä lyhenteitä useissa eri kirjoitusasuissa. Tilanimikkeiden kanssa on

kuitenkin haasteita, eivätkä kaikki lyhenteet ole aina yksiselitteisiä. Tällaisten tilanteiden vuoksi ohjelma tarjoaa tietyissä tapauksissa käyttäjälle useampaa vaihtoehtoa, joista käyttäjä valitsee tapauskohtaisesti oikean.

6.2.2 Rakennustyyppit

Ohjelmaan määritettiin useita yleisesti käytettyjä rakennustyyppejä. Jokaiselle rakennustyypille määritettiin oma taustalla toimiva tietokanta, jossa on vain juuri kyseiselle rakennustyypille olennaisia ilmapintojen mitoitusarvoja. Ohjelma ei siis tarjoa esimerkiksi sairaalan käytävälle toimistorakennuksen käytävän mitoitusarvoja. Ohjelma osaa tarjota tämän lisäksi vaihtoehtoja yleisestä tietokannasta, mikäli kyseisen rakennustyyppin tietokantaan ei ole määritetty mitoitusarvoja kyseisille tilatyypeille. Sovelluksessa on huomioitu suuret, monia eri rakennustyyppejä sisältävät kohteet, ja jokaisen yksittäisen tilan rakennustyyppi on vaihdettavissa määräävästä rakennustyyppistä eriäväksi.

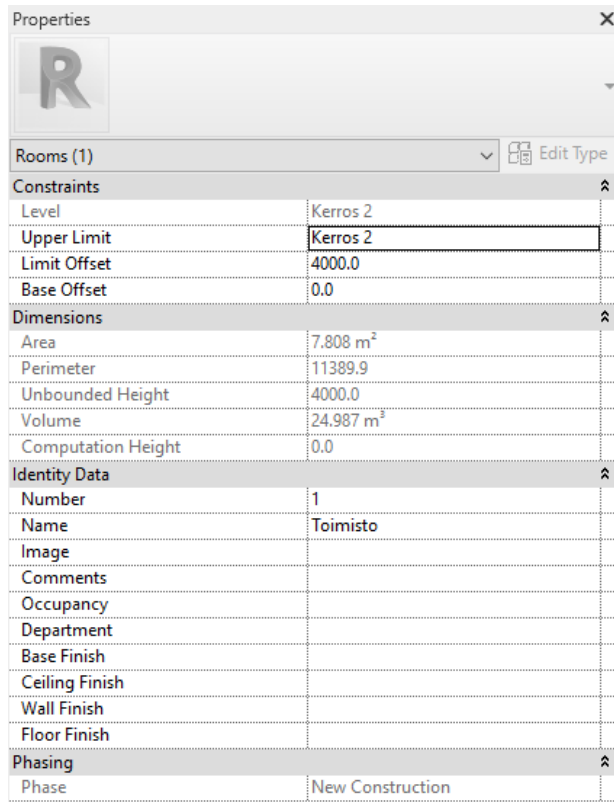
6.2.3 Ilmapintojen mitoitusarvot

Kehitysvaiheessa tietokantaan on koottu FINVAC-oppaat ilmanvaihdon mitoituksessa sekä sisäilmastoluokitukset. Käyttäjä voi itse valita edellä mainituista määräävän mitoitusohjeen, jonka mukaan ohjelma hakee valitun rakennustyyppin tietokannasta mitoitusarvot. Ohjelmassa on valmiudet laajentaa mitoitusperuste tietokantaa kattamaan eri standardien mukaisia mitoitusarvoja. Joissain tapauksissa ilmapintojen mitoitusarvoja ei voida ennalta määrittää, sillä mitoitus saattaa perustua tilassa käytettävien laitteiden lämpö- tai epäpuhtauskuormiin. Tällaisten tilojen osalta ohjelma antaa suuntaa antavan mitoitusarvon lisäksi huomautuksen käyttäjälle.

6.3 Revit Spaces

Suuri osa tyyppitilaluettelon automatisoinnin toiminnallisuudesta tapahtuu Revitin sisällä hyödyntäen Revitin natiivitoimintoja sekä tilaobjektien parametristä tietosisältöä.

Revitin Spaces-toiminnolla jokaiselle tilalle voidaan helposti luoda oma tilaobjekti. Tilaobjekti pitää sisällään tilalle ominaisia parametrisiä tietoja, jotka on mahdollista ajaa ohjelmasta ulos koneluettavassa muodossa (kuva 8).



Rooms (1)	
Constraints	
Level	Kerros 2
Upper Limit	Kerros 2
Limit Offset	4000.0
Base Offset	0.0
Dimensions	
Area	7.808 m ²
Perimeter	11389.9
Unbounded Height	4000.0
Volume	24.987 m ³
Computation Height	0.0
Identity Data	
Number	1
Name	Toimisto
Image	
Comments	
Occupancy	
Department	
Base Finish	
Ceiling Finish	
Wall Finish	
Floor Finish	
Phasing	
Phase	New Construction

Kuva 8. Revit Space Properties -taulukon parametrinen tietosisältö.

Revitin Spaces-toiminnolla voidaan luoda jokaiselle huoneelle oma tilaobjekti. Tilaobjektit voidaan jaotella tilanimen perusteella omiin luokkiinsa, ja näiden parametrisiä tietoja voidaan muokata kootusti tyyppiparametreillä tai yksittäisten tilaobjektien tietoja instanssiparametreillä. Tilaobjektin parametreihin muodostuu automaattisesti tilan pinta-ala sekä tilavuus. Parametreihin voidaan myös määrittää tilan henkilömäärä. Luomalla omia parametrejä sekä sääntöjä tiloille voidaan määrittää tilakohtainen ilmapirta-arvo instanssiparametrinä tai mitoitusarvo tyyppiparametrinä. Mitoitusarvoa käytettäessä tilaobjektin parametrisiin tietoihin lisätään toiminnallinen absoluuttinen ilmapirtaparametri, jonka arvo määräytyy laskukaavoja hyödyntäen ilmapirran mitoitusarvosta sekä objektin instanssiparametreistä, kuten henkilömäärästä, pinta-alasta tai tilavuudesta. Näin ollen

tyyppitilaluettelossa ilmapirran mitoitusarvo annetaan vain kertaalleen jokaiselle käyttötarkoituksen perusteella määräytyvälle tilatyypille.

6.4 Proof of Concept

Opinnäytetyön aikana tehtiin useampi Excel-pohjainen Proof of Concept -demoversio, jonka avulla tyyppitilaluettelon toiminnallisuutta voitiin havainnollistaa ja kehittää. Opinnäytetyössä esiteteltävän kokeellisen version toiminnallisuus eroaa hieman lopullisen ohjelman toimintaperiaatteesta, sillä osa kokeellisen version toiminnallisuudesta tullaan toteuttamaan natiivisuunnitteluohjelman sisällä. Proof of Concept -demo on toteutettu Rava3Pro -kehityshankkeen tilanimikeluettelon versiolla 0.8 (kuva 9). Tämän jälkeen on julkaistu uusia versioita, joissa tilanimikkeitä on päivitetty.

	A	B	C	D	E	F	G
1	Element ID	Name	Number	Area	SW Element Count		
2	Read Only	String	String	SQUARE_METERS	String	Vastaava	RAVA
3							
4	1967810	IV-konehuone	304	296		Ilmanvaihtotila	000-96
5	1967811	LJH	302	27		Lämmitys_ ja vesihuoltotilat	000-94
6	1967812	PRH	301	13		Pystyliikennetilat	000-92
7	1967813	OPH	303	40		Muu opetus_ tai tutkimustila	000-39
8	1967814	Käyt.	233	60		Vaakaliikennetilat	000-91
9	1967815	Keittiö	209	45		Keittiötila	000-64
10	1967816	Ela	210	17			
11	1967817	EOT	251	53		Erityisopetustila	000-32
12	1967818	EOT	268	54		Erityisopetustila	000-32
13	1967819	EOT	269	54		Erityisopetustila	000-32
14	1967820	EOT	252	53		Erityisopetustila	000-32
15	1967821	ET	260	36		Sisäänkäyntitila	000-83
16	1967822	ET	247	32		Sisäänkäyntitila	000-83
17	1967823	HISSI	1133	4		Pystyliikennetilat	000-92
18	1967824	Käytävä	216	114		Vaakaliikennetilat	000-91

Kuva 9. Kuvakaappaus Proof of Concept -demon Excel-taulukosta.

Kuvassa 9 solut A—E ovat Revitistä tuotuja tilaobjektien parametrisiä tietoja, joiden pohjalta automatisointi lähtee käyntiin. Solussa A on Revit Space tilaobjektin tunnus, jolla saatu mitoitusarvo voidaan yhdistää juuri oikeaan tilaobjektiin. Seuraavissa soluissa on arkkitehdin määrittämät tilan nimi sekä numeerinen tunnus. Viimeisinä vielä Revit Spaces-toiminnon laskema tilan pinta-ala sekä

kokeellinen Element Count -toiminnon parametrinen tieto. Element Count-soluun on tarkoitus tulevaisuudessa tulla Revitissä syötetty henkilömäärä tai automaattisen Dynamo-toiminnon avulla laskettu henkilömäärä esimerkiksi tuoliobjektien lukumäärän perusteella.

Kuvassa 9 näkyvät solut F ja G ovat täysin automatisoituja. F-solu hakee B-solun perusteella Rava tilanimikevastineen vastaavuudenhakutaulukosta Excelin toimintojen avulla. Samassa prosessissa soluun G tulee automaattisesti Rava-tilanimikkeen numeerinen tunnus.

Kuvassa 10 näkyvässä demoversiossa on käytetty ilmanvaihdon mitoittamiseen FINVACin mitoitusarvoja. Soluun S tulee automaattisesti FINVACin vastine Rava-nimikkeelle, ja soluihin T, W ja X ilmavirrat henkilö- sekä pinta-alaperusteisesti.

F	G	S	T	W	X
Vastaava	RAVA	FINVAC	Ulkoilma-virta dm ³ /s,hiö	Ulkoilma-virta dm ³ /s,m ²	Poistoilma-virta dm ³ /s,m ²
Ilmanvaihtotila	000-96	Ilmanvaihtokonehuone	0		103,6
Lämmitys_ja_vesihuoltotilat	000-94	Lämmönjakokeskus	0		9,45
Pystyliikennetilat	000-92	Porrashuone		0	0
Muu_opetus_tai_tutkimustila	000-39	Opettajainhuoneet		80	0
Vaakaliikennetilat	000-91	JLKISET TILAT) Käytävät ja aulat, jotka ontarkoitett		64	0
Keittiötila	000-64	Kuumennuskeittiö		0	450
		Keittiöt			
Erityisopetustila	000-32	Keskuskeittiö	0	159	0
Erityisopetustila	000-32	Valmistuskeittiö	0	162	0
Erityisopetustila	000-32	Komponenttikeittiö	0	162	0
Erityisopetustila	000-32	Kuumennuskeittiö	0	162	0
Erityisopetustila	000-32	Jakelukeittiö esim.sairaalan osastokeittiö	0	159	0
Sisäänkäyntitila	000-83				
Sisäänkäyntitila	000-83				
Pystyliikennetilat	000-92	Hissikuilu	0		32

Kuva 10. Proof of Concept-demoversion FINVAC-mitoitusarvot.

Rava-nimikkeen johtaessa useampaan FINVACin mitoitusarvoon, käyttäjälle annetaan lista, josta manuaalisesti valitaan oikea vastine. Kuvassa 10 Rava-nimikkeen ”keittiötila” alle S-soluun on listattu valikkoon kaikki FINVACin tuntemat keittiötyypit.

Demoversio antaa käyttäjälle virallisen FINVAC-taulukon lisätietoja, jotka sisältävät selitteitä sekä suunnitteluohjeita virheiden välttämiseksi. Viimeisissä soluissa Z ja AA ovat suurimmat tulo- sekä poistoilmavirrat pinta-ala- tai henkilö- määräperusteisesti (kuva 11).

T	W	X	Y	Z	AA
Ulkoilma-virta	Ulkoilma-virta	Poistoilma-virta			
dm ³ /s,hlö	dm ³ /s,m ²	dm ³ /s,m ²	Lisätiedot	Tulo dm ³ /s	Poisto dm ³ /s
0		103,6			103,6
0		9,45	Lämpötilan hallinta saattaa vaatia suurempaailmanvaihtoa		9,45
	0	0	0,5/h		0
0			Poistettavan lämpötehon ja lämpötilavaatimukseenmukaisestiLVI 30-10236^{4}}		
	64	0			0
	0	250	Ruoka kuumennetaan einesvalmisteista,pakasteista tai keskuskeittiön tuotteistaLVI 06-10304^{1}}		250
0	159	0	Taide- ja taitoaineet vähintään 8dm ³ /s,hlö	159	0
0	162	0	Taide- ja taitoaineet vähintään 8dm ³ /s,hlö	162	0
0	162	0	Taide- ja taitoaineet vähintään 8dm ³ /s,hlö	162	0
0	159	0	Taide- ja taitoaineet vähintään 8dm ³ /s,hlö	159	0

Kuva 11. FINVAC-taulukon lisätiedot.

Excel-pohjaisessa demoversiossa testattiin useita eri toiminnallisuuksia ja pyrittiin kehittämään ratkaisuja keskeisiin ongelmiin sekä haasteisiin. Havaintojen pohjalta koottiin JSON-koodikielipohjaista sovellusta varten taustadata toimivaan formaattiin jatkokehitystä varten.

7 Tyypitilaluettelon automatisoinnin haasteet

Demoversion kehityksessä ilmeni useita haasteita, jotka ohjasivat toimintaperiaatteen kehitystä. Keskeisimmät jäljelle jäävät haasteet liittyvät tilanimikkeisiin sekä sovelluksen kehittämiseen yksinkertaisempaan muotoon.

7.1 Tilanimikkeet

Sovelluksen tämänhetkisessä kehitysvaiheessa tilanimiketyyppejä on käytännössä kolme. Arkkitehdin tasokuvaan merkkäama tilanimi, Rava3Pro-hankkeen tilanimike ja FINVAC-ilmavirranmitoituksen tilatyyppejä.

Rava3Pro-kehityshankkeen tilanimikkeet on tehty rakennuslupaprosessia ja sen automatisointia varten. Tilanimikkeet eivät kuitenkaan sovellu yhteen ilman

ristiriitoja LVI-alalla tunnettujen tilan käyttötarkoitusten kanssa. Tilanimikkeestä ei aina selviä tilan todellinen käyttötarkoitus. Esimerkiksi nimikkeestä ”käytävä” ei selviä onko käytävä tarkoitettu vain läpikulkuun, vai toimiiko se myös odotustilana. Tämä tekee täydellisen automaation ilmanvaihdon mitoituksessa käytännössä mahdottomaksi. Käyttäjä joutuu siis tarkastamaan sovelluksen antamat mitoitusperusteet eri tilatyypeille sekä valitsemaan tietyille tiloille oikeita mitoitusperusteita manuaalisesti listasta.

Arkkitehdin tilan nimi sekä Rava3Pro-kehityshankkeen tilanimet saadaan toimimaan automaatioprosessissa melko hyvin rajaamalla tilanimikehakemistoa rakennustyyppin mukaan. Haasteita syntyy, jos rakennushankkeessa on useamman rakennustyyppin tiloja, kuten esimerkiksi asuinkerrostalon kivijalassa ravintola.

Automatisoitu tyyppitilaluettelo olisi voitu rakentaa peilaamalla arkkitehtien tasokuviiin kirjaamia nimikkeitä suoraan FINVACin tilojen käyttötarkoituksiin. Opin- näytetyössä haluttiin kuitenkin toiminnan pohjautuvan vakioituun Rava3Pro-kehityshankkeen termistöön. On vielä epäselvää, kuinka laajasti Rava-tilanimikkeitä tullaan käyttämään. Opinnäytetyössä pohdittiin täydellistä skenaariota, jossa viralliset Rava-nimikkeet olisivat merkattuna arkkitehdin tasokuviiin jo hanke suunnittelu vaiheessa, jolloin niitä voitaisiin suoraan hyödyntää tyyppitilaluettelossa. Todennäköisempänä kehitysaskelena tilanimikkeitä tullaan kuitenkin hyödyntämään vain rakennuslupaprosessissa, eivätkä ne välttämättä ole saatavilla tasokuvissa hankkeen alkuvaiheissa. Automatisointiin jouduttiin sen vuoksi rakentamaan vastaavuudenhakutaulukko.

7.2 Käyttäjystävällisyys

Automatisoitu tyyppitilaluettelo tämänhetkisellä toimintamallillaan vaatii käyttäjältä perehtymistä Rava-nimikkeisiin. Jos sovellus ei osaa yhdistää arkkitehdin tilan nimeä Rava-nimikkeeseen, käyttäjä joutuu manuaalisesti etsimään oikean nimikkeen valikosta. Vaikka käyttäjä tietäisi, mihin mitoitusperusteeseen

tilatyypin tulisi yhdistää, käyttäjä ei välttämättä tiedä, minkä Rava-nimikkeen taakaa kyseinen mitoitusperuste löytyy. Tällaisten tilanteiden vuoksi sovellukseen tehdään mahdollisuus kirjoittaa manuaalisesti ilmavirran mitoitusarvo liittämättä sitä Rava-termistöön.

8 Yhteenveto

Insinööriyössä kehitettiin toimintaperiaate sekä taustalla toimivat tietokannat tyyppitilaluettelon automatisointia varten hyödyntämällä Revitin natiivitoimintoja. Lisäksi tutkittiin kuinka erilaiset toimintaperiaatteet toimivat käytännössä sekä tehtiin riskiarvioita erilaisten tilanteiden kohdalla.

Insinööriyössä kohdattiin useita haasteita, joita tutkimalla saatiin hyvä kokonaiskuva ilmanvaihdon mitoituksen automatisoinnista, sekä luotettavan automatisoinnin toteuttamisesta parametrinen suunnittelun keinoin. Excel-pohjaisen demoversion avulla saatiin tutkittua toimintaperiaatetta käytännössä sekä voitiin todeta minkä tyyppisiä edellytyksiä automaatioprosessin toiminnallisuuksien luotettava toiminta vaatii.

Swecon LVI-kehitystiimin kanssa tehdyssä riskiarviossa todettiin, ettei ilmanvaihdon mitoitusarvojen automaattista täyttöä tyyppitilaluettelossa voida vielä toteuttaa tarpeeksi luotettavasti tilanimikkeen tunnistamisen haasteiden vuoksi. Taustadatan toimiva Rava3Pro-kehityshankkeen tilanimikeluettelo oli opinnäytetyön tekemisen ajankohtana vasta julkaistu, eikä nimikkeiden käytön laajuus rakennusalalla ollut vielä täysin selvillä. Lisäksi LVI-alalla tunnetut tilan käyttö-tarkoitukset eivät korreloi yksiselitteisesti Rava3Pro-kehityshankkeen tilanimikkeiden kanssa. Jatkokehitysvaihetta varten on luotu ohjelman taustalla toimivaa dataa sekä datan käsittelylle toimintaperiaatteita parametrinen suunnittelun keinoja hyödyntäen. Näitä voidaan jatkokehittää, mikäli edellytykset luotettavalle tilan tunnistamiselle toteutuvat tulevaisuudessa tiedon vakioinnin sekä koneluet-tavuuden kehittymisen myötä.

Tiedon virtaaminen suunnitteluprosessissa tyyppitilaluettelon avulla saadaan kuitenkin toteutettua lähitulevaisuudessa. Ainoastaan ilmavirtojen automatisoitu täyttö jätetään toiminnallisuudesta toistaiseksi pois virheiden välttämiseksi. Ensimmäisessä käyttöön otettavassa työkalussa ilmavirrat syötetään manuaalisesti eikä referenssitilanimiketermistöä vielä oteta käyttöön.

Keskeisimpänä tavoitteena insinööriyössä oli tehostaa suunnitteluprosessia parametrisen suunnittelun keinoilla sekä tutkia ilmanvaihdonmitoituksen automatisoinnin mahdollisuuksia. Tavoitteisiin päästiin ja tuloksia voidaan hyödyntää muidenkin automatisoitujen prosessien kehityksessä.

Lähteet

- 1 Tietoa Swecosta. Verkkoaineisto. Sweco. <<https://www.sweco.fi/tietoa-swecosta/>>. Luettu: 11.2.2024.
- 2 Ojasalo, Katri; Moilanen, Teemu & Ritalahti, Jarmo. 2021. Kehittämistyön menetelmät – Uudenlaista osaamista liiketoimintaan. Helsinki: Sanoma Pro.
- 3 Perry, Chad & Rao, Sally. (2007). Action research for enterprise research. Teoksessa Hine, Damian & Carson, David (ed.): Innovative Methodologies in Enterprise Research. Edward Elgar, Cheltenham, UK: University of Adelaide.
- 4 Ilmanvaihdon perusteet. Verkkoaineisto. Sisäilmayhdistys. <<https://www.sisailmayhdistys.fi/Perustietoa-sisailmasta/Ilmanvaihdon-perusteet>>. Luettu 10.9.2023.
- 5 Opas ilmanvaihdon mitoitukseen muissa kuin asuinrakennuksissa. Verkkoaineisto. Ympäristöministeriö. <https://ym.fi/documents/1410903/38439968/Opas-ilmanvaihdon-mitoitukseen-muissa-kuin-asuinrakennuksissa_2019b-D9B578DC_66D4_44BC_B1AE_DCAB875D5907-144726.pdf/9f1ca28e-57de-3fa4-5388-a00f4d973afb/Opas-ilmanvaihdon-mitoitukseen-muissa-kuin-asuinrakennuksissa_2019b-D9B578DC_66D4_44BC_B1AE_DCAB875D5907-144726.pdf?t=1603260098252>. Luettu 6.8.2023.
- 6 The Finnish Association of HVAC Societies FINVAC ry. Verkkoaineisto. FINVAC. <<https://finvac.org/>>. Luettu 15.9.2023.
- 7 Ilmanvaihdon mitoituksen perusteet. Verkkoaineisto. Talotekniikkateollisuus. <<https://talotekniikkainfo.fi/esimerkit/ilmanvaihdon-mitoituksen-perusteet>>. Luettu 20.9.2023.
- 8 Parametrinen suunnittelu. Verkkoaineisto. Sweco Finland Oy. <<https://www.sweco.fi/digitaaliset-ratkaisut/parametrinen-suunnittelu/>>. Luettu 2.11.2023.
- 9 Hurskainen, Jouni. 2023. Tietomallinnuksen tulevaisuus on täällä. Yrityksen sisäinen aineisto. Sweco Finland Oy.

- 10 Pirhonen, Ilari; Vähänen, Paavo & Forsman, Joonas. 2023. Suunnitteluprosessin tehostaminen parametrisellä suunnittelulla. Ril rakennustekniikka 3/2023, s.32—37.
- 11 Revit vs AutoCAD: What's the difference? Verkkoaineisto. Autodesk <<https://www.autodesk.com/solutions/revit-vs-autocad>>. Luettu 2.12.2023.
- 12 Introduction. Verkkoaineisto. Dynamo <<https://dynamobim.org/>>. Luettu 3.12.2023.
- 13 BIM. Verkkoaineisto. MagiCAD <<https://www.magicad.com/fi/bim/>>. Luettu 10.12.2023.
- 14 Rava3Pro. Verkkoaineisto. Rava3Pro <<http://rava3pro.fi/>>. Luettu 15.8.2023.
- 15 Kruunis. Verkkoaineisto. YIT. <<https://www.yit.fi/kruunis>>. Luettu 12.12.2023
- 16 Yleiset tietomallivaatimukset 2012. Verkkoaineisto. Buildingsmart Finland. <<https://drive.buildingsmart.fi/s/7FPE7tGocYZw8BY>> 27.3.2012. Luettu 2.9.2023.
- 17 RAVA2-Kehityshanke, julkinen lausuntokierros 12.4.2021. Verkkoaineisto. Ympäristöministeriö. <https://kirahub.org/wp-content/uploads/2021/04/YM_RAVA2-ARK-ka%CC%88sikirjoitus-12.4.2021-1.pdf>. 12.4.2021. Luettu 13.11.2023