

Tietomallin laatiminen nykyisissä rakennuksissa automaation näkökulmasta

Matias Kantokari

Opinnäytetyö
Energi- och miljöteknik (YH)
2022

OPINNÄYTE	
Arcada	
Koulutusohjelma:	Energia- ja ympäristötekniikka
Tunnistenumero:	8415
Tekijä:	Matias Kantokari
Työn nimi:	Tietomallin laatiminen nykyisissä rakennuksissa automaation näkökulmasta
Työn ohjaaja (Arcada):	Kim Roos
Työn ohjaaja (Siemens):	Marko Saari
Toimeksiantaja:	Siemens Osakeyhtiö
<p>Tiivistelmä:</p> <p>Tietomallinnus on tärkeä osa kiinteistön hallintaa ja sen suosio kasvaa koko ajan. Tietomallin hyödyntämismahdollisuudet rakennuksen koko elinkaaren aikana ovat laajat. Uusien kohteiden mallinnus tapahtuu ennen itse rakentamista. Olemassa olevien kohteiden mallinnus on hieman haastavampi prosessi, johon kuuluu tiedonkeruu, tiedonkäsittely, objektien tunnistus ja itse mallinnus. Siemensillä on tarve laajentaa osaamistaan tietomallinnuksesta, jotta se voisi hyödyntää sitä kiinteistöissä ja tuoda lisäarvoa asiakkaille. Opinnäytetyön tarkoitus on selvittää, miten olemassa olevia kohteita mallinnetaan ja miten kohteiden rakennusautomaatio mallinnuksesta hyötyisi. Työ ei käsittele uusien kohteiden mallinnusta. Kirjallisuuskatsauksessa käsitellään rakennuksen elinkaarta, tietomallinnusta yleisesti, nykyisten rakennusten mallinnusmenetelmiä ja lopulta rakennusautomaatiota ja sen roolia tässä. Opinnäytetyön projektiosuudessa esitellään Siemensin tekemää rakennusautomaation tietomallia yhden julkisen kiinteistön konehuoneista. Kyseiseen projektiin ei syvennyttä sekä sen keskeneräisyyden vuoksi että tietoturvasyistä. Kuvat havainnollistavat konseptia ja tuovat esiin käyttömahdollisuuksia, kuten tietomallin tuomisen Siemensin Desigo CC -valvomoon. Projektissa haettiin automaatiolaitteiden tiedot, laadittiin 3D-malli kohteesta, laserkeilattiin konehuoneet ja laadittiin tietomalli. Tietomallin pyörittämiseksi tietokone tarvitsi näytönohjaimen, sillä tiedon määrä oli suuri. Rakennusautomaation saama hyöty tietomallinnuksesta näkyy vasta tulevaisuudessa, kun kohdekiinteistö on ottanut mallin käyttöön omaan valvomoonsa.</p>	
Avainsanat:	Tietomallinnus, rakennusautomaatio, laserkeilaus, Siemens Osakeyhtiö
Sivumäärä:	46
Kieli:	Suomi
Hyväksymispäivämäärä:	31.3.2022

DEGREE THESIS	
Arcada	
Degree Programme:	Energy and environmental engineering
Identification number:	8415
Author:	Matias Kantokari
Title:	Building Information Modelling for Existing Buildings from the Perspective of Automation
Supervisor (Arcada):	Kim Roos
Supervisor (Siemens):	Marko Saari
Commissioned by:	Siemens Osaakeyhtiö
<p>Abstract:</p> <p>Building Information Modelling (BIM) is an important aspect of facility management, and its growth in popularity is ever increasing. The whole building life cycle offers extensive usage opportunities. The modelling of new buildings is done before construction begins. Modelling existing buildings is more challenging, since it includes data acquisition, data processing, object recognition and the modelling itself. Siemens needs to gain knowledge in BIM to fully utilize it in clients' buildings and create more value for all parties involved. The purpose of this thesis is to explore the creation process of BIM models for existing buildings, and their utilization potential in building automation. The thesis does not discuss modelling new buildings. The literature section deals with the building life cycle, BIM modelling in general, BIM model creation methods for existing buildings and finally building automation and its role in the process. The project section discusses the BIM model that Siemens is creating for a public building, specifically for the automation in the machine rooms. The project is not finished, and for company security reasons is only discussed briefly. The pictures provide a proof of concept and showcase the option of importing the model into the Siemens SCADA software Desigo CC. The project consisted of acquiring sensor data from the building, creating a 3D model, laser scanning the machine room and creating the model itself. For the model to run properly on the computer, a graphics card was needed. Time will tell how well building automation can utilize BIM when the project is completed and the client is using the model.</p>	
Keywords:	BIM, building automation, laser scanning, Siemens
Number of pages:	46
Language:	Finnish
Date of acceptance:	31.3.2022

EXAMENSARBETE	
Arcada	
Utbildningsprogram:	Energi- och miljöteknik
Identifikationsnummer:	8415
Författare:	Matias Kantokari
Arbetets namn:	BIM-modellering av befintliga byggnader ur automationens synvinkel
Handledare (Arcada):	Kim Roos
Handledare (Siemens):	Marko Saari
Uppdragsgivare:	Siemens Osakeyhtiö
<p>Sammandrag:</p> <p>Byggnadsinformationsmodellering (BIM) är en viktig del av fastighetsförvaltning, och dess popularitet ökar hela tiden. Användningsmöjligheterna är många under byggnadens hela livscykel. Modellering av nya byggnader sker före byggfasen. Modellering av befintliga byggnader är en lite större utmaning och i processen ingår datainsamling, datahantering, objektidentifiering och själva modelleringen. Vid Siemens finns det ett behov att öka kunskaperna inom detta område så att BIM kan användas i fastigheter och skapa mervärde för kunderna. Examensarbetet undersöker modelleringsprocessen för befintliga byggnader och hur byggnadsautomationen kan utnyttja BIM. Arbetet behandlar inte modellering av nya byggnader. I litteraturdelen behandlas byggnadens livscykel, BIM-modellering generellt, modelleringsmetoder för befintliga byggnader och till sist byggnadsautomationens roll i denna helhet. I projektdelen presenteras Siemens BIM-modell för byggnadsautomationen i en offentlig byggnads teknikrum. Projektet presenteras inte i detalj eftersom arbetet fortfarande pågår och informationen är sekretessbelagd. De bifogade bilderna visar dock konceptet och hur det är möjligt att importera modellen i Siemens SCADA program Desigo CC. I projektet tog man fram sensordata, skapade en 3D-modell, laserskannade teknikrummen och skapade slutligen en BIM-modell. För en fungerande modell krävdes det att datorn hade ett grafikkort. Nyttan som byggnadsautomationen kan få från BIM ser man först i framtiden när projektet är klart och kunden har tagit modellen i bruk.</p>	
Nyckelord:	BIM, byggnadsautomation, laserskanning, Siemens
Sidantal:	46
Språk:	Finska
Datum för godkännande:	31.3.2022

SISÄLTÖ

1	Johdanto	1
1.1	Työn tausta	1
1.2	Työn rajaus	1
1.3	Työn tavoitteet	2
2	Rakennuksen elinkaari	3
3	Tietomallinnus	4
3.1	Mallin käyttö rakennuksen elinkaaren aikana	6
3.2	Tietomalliohjelmat	8
3.2.1	<i>Arkkitehtisuunnittelu</i>	<i>9</i>
3.2.2	<i>Rakennesuunnittelu</i>	<i>9</i>
3.2.3	<i>Talotekniikka</i>	<i>9</i>
4	Tietomallin laadinta nykyisille rakennuksille	9
4.1	Tiedonkeruu	10
4.1.1	<i>Laserkeilaus</i>	<i>12</i>
4.1.2	<i>Fotogrammetria</i>	<i>13</i>
4.2	Tiedonkäsittely	13
4.3	Objektien tunnistaminen	14
4.4	Mallintaminen	16
5	Rakennusautomaatio	17
5.1	Kenttälaitteet	18
5.2	Valvonta-alakeskus	18
5.3	Keskusvalvomo	20
5.4	Huollot	21
5.5	Rakennusautomaatio tietomallinnuksessa	21
6	Siemensin tietomalliprojekti	21
6.1	Kenttälaitteiden määrittely	22
6.2	Kohteen laserkeilaus	23
6.3	Kohteen 3D-malli	25
6.4	Tietomallin integraatio Desigo CC-valvomoon	26
7	Yhteenveto	28
8	BIM-modellering av befintliga byggnader ur automationens synvinkel	29
8.1	Byggnadens livscykel	30
8.2	BIM-modellering	30

8.3	BIM-modellering för befintliga byggnader	30
8.4	Byggnadsautomation.....	32
8.5	Siemens modelleringsprojekt	32
Lähdeluettelo		34

Lyhenteet ja termit

2D	Kaksiulotteinen
3D	Kolmiulotteinen
Attribuutti	Ominaisuus
BACnet	<i>Building Automation and Control network</i> Tietoliikenneprotokolla
BIM	<i>Building Information Modelling</i> Tietomallinnus
CAD	<i>Computer-aided design</i> Tietokoneavusteinen suunnittelu
CAFM	<i>Computer-aided facility management</i> Tietokoneavusteinen kiinteistöhallinta
CFC	<i>Continuous Function Chart</i> Graafinen editori alakeskusohjelmoinnille
IFC	<i>Industry Foundation Classes</i> Kansainvälinen tiedonsiirtoformaatti
I/O-piste	<i>Input/output</i> Sisääntulo-/ulostulopiste
LIDAR	<i>Light detection and ranging</i> Valotutka
LVI	Lämpö, vesi, ilma

Objekti	Tietomallissa oleva rakennuksen osa, joka sisältää tiettyjä ominaisuuksia
RAU	Rakennusautomaatio
TATE	Talotekniikka
TCP/IP	<i>Transmission Control Protocol/Internet Protocol</i> Tietoliikenneprotokolla
VAK	Valvonta-alakeskus

ALKUSANAT

Tämä opinnäytetyö on tehty Siemens Osakeyhtiölle lokakuun 2021 ja tammikuun 2022 välisenä aikana. Opinnäytetyön teon aikana toimin järjestelmäasiantuntijaharjoittelijana Smart Infrastructure -yksikön Regional Services and Solutions Comfort -tiimissä. Opinnäytetyön valmistuessa olin ollut yrityksessä melkein vuoden töissä.

Kiitokset Jani Hämäläiselle, joka antoi minulle aiheen ja otti mukaan projektiin, ja kiitokset Juha Hakolalle ja Marko Saarelle, että sain kaiken tarvittavan avun ja materiaalin työn suorittamiseen. Kiitokset myös ohjaajalleni Kim Roosille koulun puolelta, sillä pidit minut oikealla polulla ja aikataulussa. Lopulta myös isot kiitokset avopuolisolleni, sillä ilman sinun kannustustasi tai seuraasi nämä kirjoituskuukaudet olisivat olleet ankeat.

Matias Kantokari

Helsinki, 13.1.2022

1 JOHDANTO

Tässä työssä käsitellään tietomallinnuksen laadintaa olemassa oleviin rakennuksiin ja sen vaikutusta rakennusautomaatioon. Ensin käyn läpi rakennuksen elinkaaren ja tietomallinnuksen keskeiset asiat yleisellä tasolla, jonka jälkeen käyn läpi perusteellisemmin eri menetelmiä, joita voi hyödyntää nykyisten rakennuksien tietomallien laadintaan. Tämän jälkeen tuon esiin rakennusautomaation ja miten se voi hyötyä tietomallinnuksesta. Lopuksi esittelen esimerkkinä kohteen, jossa on pyritty saamaan automaatio mukaan malliin, mutta ottaen huomioon, että kyseinen projekti on työn alla eikä ole valmis tätä julkaistessa. Aivan viimeisenä on lyhennetty yhteenveto ruotsiksi, koska koulutukseni kieli on ruotsi.

1.1 Työn tausta

Siemensin sisällä oli tarve tietomallinnuksen osajalle ja minulla tarve opinnäytetyön aiheelle, joten pääsimme yhteisymmärrykseen. Tarkoituksena oli tutkia rakennusautomaation ja tietomallinnuksen yhteensopivuutta, jotta nämä voisivat toimia tulevaisuudessa yhdessä ja hyöty asiakkaille kasvaisi. Tämä on ensimmäinen askel pitkässä prosessissa, mutta antaa toivottavasti hyvän näkökulman tietomallinnuksen laadinnasta ja mahdollisuuksista nykyisten rakennusten osalta.

1.2 Työn rajaus

Työ koostuu kirjallisuuskatsauksesta ja konkreettisesta osasta, ja ideana on, että nämä tukevat toisiaan. Kirjallisuuskatsaus toimii periaatteessa erikseen, mutta konkreettinen osuus projektin muodossa näyttää, miten kirjallisuuskatsauksen tietoa voi soveltaa käytännössä.

Yksikköni Siemensillä on rakennusautomaatioon erikoistunut, joten luonnollisesti kirjallisuuskatsaukseen kuluu myös rakennusautomaatio ja sen rooli tietomallinnuksessa. Vaikka LVI-tekniikka on hyvin tärkeä osa talotekniikkaa, ei tässä työssä syvennytä siihen sen enempää, vaan paino on rakennusautomaatiossa.

Konkreettisessa projektin osuudessa käyn pinnallisella tasolla läpi mitä olen saanut siinä aikaiseksi, ja näytän myös prosessista kuvia, jotka eivät kuitenkaan kerro kiinteistön nimeä tai sijaintia yrityssalaisuuksien pitämiseksi. Tässä esimerkkikohteessa mallinnettiin ainoastaan yhden kerroksen konehuoneet, eikä koko kiinteistöä. Itse malli laadittiin ulkomailla Siemensin aluekonttorin toimesta, joten sekin prosessi voi jäädä pintapuoliseksi tässä tapauksessa. Projektiosuus opinnäytetyöstä on tarkoitettu konseptin havainnollistamiseksi.

1.3 Työn tavoitteet

Tavoitteena oli selvittää mahdollisuutta hyödyntää tietomallinnusta (lyhennettynä BIM) olemassa oleviin rakennuksiin. Jos BIM on toimiva ratkaisu ainoastaan uudiskohteissa, jää suurin osuus rakennuksista mallintamatta ja siten menettää mallinnuksen tuomat hyödyt. Vuonna 2020 Suomessa oli noin 1,5 miljoonaa rakennusta. Näistä 86 % on asuinrakennuksia. Jäljellä oleva 14 % on määrältään noin 217 000 rakennusta kattaen muun muassa julkiset rakennukset, kuten toimisto-, liike-, teollisuus- ja varastorakennukset (Tilastokeskus 2021). Ei ole tietoa, kuinka monta näistä on mallinnettu, mutta mallinnettavaa riittää, jos vain haluaa siihen ryhtyä. Jos mallintaminen onnistuisi kohtalaisen helposti ja ilman mahdottoman suuria kuluja, voitaisiin sitä hyödyntää niin, että myös automaatio olisi BIM-mallien oleellinen osa.

Tämän työn kannalta tarvittiin muun muassa seuraaviin kysymyksiin vastauksia:

- Tuoko tietomallinnus lisäarvoa asiakkaille tai yritykselle, vai onko tämä pelkkää turhaa työtä?
- Mikä on loogisin vaihtoehto rakennuksen tietomallin luomiseksi?
- Miten rakennusautomaatio hyötyisi nykyisten rakennusten tietomallintamisesta?

Siemensin tietomalliprojektin kannalta tarvittiin vastauksia muun muassa seuraaviin kysymyksiin:

- Miten saadaan tieto mitkä kaikki automaatiolaitteet pitää näkyä BIM-mallissa, ja mitkä ovat laitteiden oleelliset tiedot, jotka nostetaan esiin itse malliin?
- Mitä tietomallinnustyökalua käytetään ja mikä on mallin formaatti?

2 RAKENNUKSEN ELINKAARI

Jotta saisi hyvän kokonaiskuvan tietomallintamisesta ja mihin se vaikuttaa, pitää aloittaa rakennuksen elinkaaresta, katso kuva 1. Rakennuksen elinkaari on prosessi, joka kattaa kaikki rakennuksen kokemat vaiheet alusta loppuun saakka. Sen voi jakaa rakentamisvaiheeseen, käyttövaiheeseen ja lopulta purkuvaiheeseen. Tällä pyritään havainnollistamaan rakennuksen kokonaiskustannuksia ja päästöjä. Elinkaaren huomiointi jo suunnitteluvaiheessa on erittäin tärkeää, sillä silloin pystyy vielä vaikuttamaan lopputulokseen ennen rakentamisvaiheen aloittamista, täten vähentäen kustannuksia, energiankulutusta ja ympäristökuormitusta. (Rakennusteollisuus 2021)



Kuva 1. Rakennuksen elinkaaren vaiheet. (Green Building Council Finland 2012, s. 7)

Tietomallinnuksen hyödyllisyys elinkaarelle korostuu erityisesti suunnitteluvaiheessa, mutta sitä voi hyödyntää myös muissa vaiheissa elinkaaren aikana. Näistä mahdollisuuksista lisää tulevilla kappaleilla.

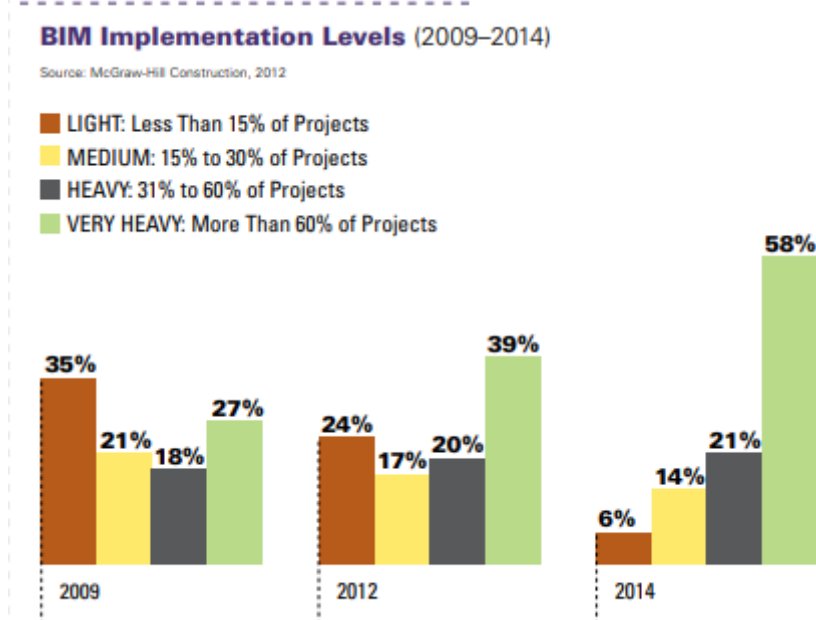
3 TIETOMALLINNUS

Tietomallinnus eli BIM (Building Information Modelling), on rakennuksesta tehty kolmiulotteinen digitaalinen malli, joka sisältää informaatiota. Kuvassa 2 on tyypillinen näkymä tietomallista. Tietomalli ei voi pelkästään olla kolmiulotteinen malli, vaan edellytyksenä on se, että malli sisältää attribuuttidataa ja mahdollistaa tiedonvaihdon kaikkien osapuolten välillä, jotka käyttävät tätä tietomallia. (MagiCAD 2021)

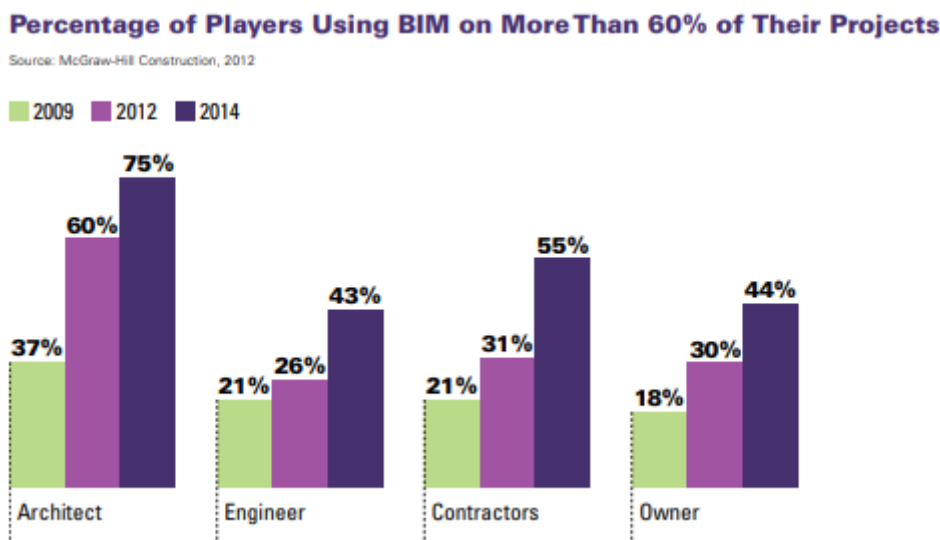


Kuva 2. Näkymä tietomallisovelluksessa, jossa havainnollistetaan tilojen, rakenteiden ja tekniikan yhteensopivuutta. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012 Osa 12, s. 12)

Tietomallinnus on tämän vuosituhannen aikana saanut vauhtia, ja sen osuus eri rakennusprojekteissa suurenee vuosi vuodelta, kuten näkyy kuvissa 3 ja 4 Pohjois-Amerikassa vuosilta 2009–2012. Näistä tilastoista huomaa myös sen, että kaikki osapuolet ovat lisänneet tietomallinnuksen käyttöä.



Kuva 3. Käyttöaste yrityksissä jotka hyödyntävät tietomallinnusta Pohjois-Amerikassa 2009–2012. Vuosi 2014 on arvio. (McGraw Hill Construction 2012, s. 12)



Kuva 4. Rakennushankkeiden osapuolten tietomallin käyttöaste Pohjois-Amerikassa 2009–2012. Vuosi 2014 on arvio. (McGraw Hill Construction 2012, s. 13)

Tietomalli on tyypiltään hyvin visuaalinen työkalu, joten se helpottaa kaikkia osapuolia näkemään lopputuloksen ja sen, miten kukin rakennuksen osa vaikuttaa kokonaisuuteen. Tietomalli sisältää periaatteessa kaiken informaation rakennuksesta, yleensä arkkitehtikuvien ja TATE-suunnitelmien muodossa, joten tiedon määrä on suuri.

Tiedon suuruudesta voi kuitenkin ilmetä ongelmia, kuten mallin hitaus ja suuri tiedostokoko. Malliin tulevien suunnitelmien ja raakadatan lisäys kuormittaa tietokonetta, ja

riskinä on lähes käyttökelvoton kokonaisuus hitauden takia. Sen takia on tärkeää käyttää mallissa vain oleellista tietoa tai pyörittää sitä tietokoneella, joka täyttää suorituskyy-vaatimukset. Siemensin tietomalliprojektissa ilmeni, että jos halusi pyörittää mallia kannettavalla tietokoneella, oli kannettavassa pakko olla graafinen näytönohjain. Ilman sitä malli oli käyttökelvoton.

Suomessa tietomallinnusta ohjaa ”Yleiset tietomallivaatimukset 2012”, lyhennettynä YTV. YTV:n tarkoitus on asettaa vaatimuksia tietomallintamiselle, jotta jokainen tietomallihanke seuraisi samoja ohjeita. (Yleiset tietomallivaatimukset 2012 Osa 12, s. 2) YTV koostuu 14 osasta, ja kaikki nämä käsittelevät eri asioita tietomallinnuksessa. Osa 12 käsittelee tietomallin hyödyntämistä rakennuksen käytön ja ylläpidon aikana. Tätä aihetta käsitellään tulevissa kappaleissa.

3.1 Mallin käyttö rakennuksen elinkaaren aikana

Tietomallia voi hyödyntää rakennuksen koko elinkaaren ajan, kuten on havaittavissa kuvassa 5. Kuten aiemmin on mainittu, erityisesti rakennusten suunnitteluvaiheissa siitä on suuri hyöty. Ajankohtainen malli mahdollistaa esimerkiksi törmäystarkastelun eri suunnitelmien välillä, eli sillä pystyy havainnollistamaan tilan käyttöä ja tilannetta, jossa eri laitteet tai tekniikka mahdollisesti törmäilevät keskenään. Toki on varmistettava, että kaikki suunnitelmat ovat ajantasaisia, sillä mitä enemmän versioita suunnitelmista on, sitä tärkeämpää on se, että vanhentuneita suunnitelmia ei malliin vahingossa päädy.

Rakennushanke						Käyttö ja ylläpito		
Rakennushankkeen tiedot	Doku- mentit	Ohjelmistojen aluperäismallit		Avoimen tiedonsiirron mallit (IFC)		Tietomallien täydentäminen ylläpidon ohjelmistojen avulla	Havainnolli- s-taminen tietomallien avulla	Ylläpidon toimintojen tukeminen
	PDF/ Excel	Suun- nitelma	Yllä- pidon täyd.	Vaati- mukset	Suunni- telma			
Tilat ja tilaryhmät (alueet)								
Tilojen perustiedot (ARK)	Min.1)	Min.		Proj.	Min.2)	Työpisteet ja henkilöt Vuokra- ja palvelusop.alueet Olosuhdemittaukset Siivousalueet ja puhtaustasot Kunnossapitotarpeet Kulkuoikeudet ja kulkureitit Kiinteistön avaimet Viranomais tarkastukset Kulutustiedot	Värikartat: - tilat - tilaryhmät - attribuuttitiedot	Vuokraustoiminta Palveluiden kilpailutus ja sopimukset Muutos- ja korjaushankkeiden suunnittelu Kunnossapidon suunnittelu ja budjetointi Palvelupyyntöjen hallinta Olosuhteiden seuranta Turvasuunnittelu Kulkuoikeuksien ja avaimien hallinta Kulutus- ja ympäristövaikutusten seuranta
Olosuhdetavoitteet (TATE)	Min.			Proj.				
Tilojen varusteet (TATE)	Min.			Proj.				
Erikoistilojen luokitus (TATE)	Min.			Proj.				
Järjestelmien palvelualueet (TATE)	Min.			Min. 3)				
Kulutustavoitteet (TATE)	Min.			Proj.				
Kulutustavoitteet	Proj.			Proj.				
Ympäristöluokitus	Proj.			Proj.				
Rakennusosat, järjestelmät ja laitteet								
Rakennusosamalli (ARK)		Min.			Min.	Ennakkohuoltosuunnitelma Huolto- ja korjaushistoria Palvelupyyntö	2D/3D-grafiikka: - rakennusosat - järjestelmät - laitteet	Palveluiden kilpailutus ja sopimukset Muutos- ja korjaushankkeiden suunnittelu Ennakkohuollon suunnittelu ja seuranta Ennakkohuolto, korjaukset, työmääräimet Palvelupyyntöjen hallinta
Rakennemalli (RAK)		Min.			Min.			
Järjestelmämalli (TATE)		Min.			Min.			
Muut suunnitelmalliset tiedot (kaikki)	Min.		Proj.					
Urakoitsijan tuotetiedot	Min.		Proj.					
Mittaus- ja tarkastustiedot	Min.		Proj.					
Käyttö- ja huolto-ohjeet	Min.					Asiakirjojen arkistointitiedot		Takuutarkastukset ja -korjaukset Muutos- ja korjaushankkeiden suunnittelu
Rakennushankkeen luovutusasiakirjat								
Suunnitelma-asiakirjat	Min							
Urakkasopimusasiakirjat	Min							
Rakennusaikaiset asiakirjat	Min							

Huom:

1) Vähimmäisvaatimuksena on tilaluettelo

2) Sovittava projektikohtaisesti: tilamalli tai rakennusosamalli

3) Vähimmäisvaatimus vain silloin, kun TATE-suunnittelussa on valittu taso 2, ks. ohje 4

Min. = vähimmäisvaatimus kaikissa projekteissa, joissa hyödynnetään tietomalleja
Proj. = sovitettava projektikohtaisesti

Kuva 5. Rakennushankkeen tiedot ja käytön aikaiset mahdollisuudet tietomallien hyödyntämiseen (Yleiset tietomallivaatimukset 2012 Osa 12, s. 6)

Kuten yllä olevassa kuvassa tulee ilmi, rakennuksen käyttö- ja ylläpitovaiheessa on paljon mahdollisuuksia tietomallien käytölle. Esimerkiksi olosuhteiden valvonta, TATE-laitteiden kunnan tarkistus ja kulkuluvat ovat muutamia asioita, jotka voivat helpottaa tietomallin myötä. Kiinteistöjen tarpeiden mukaan järjestetään sopivat ohjelmistokokonaisuudet, eli kaikkia tietomallin tuomia ominaisuuksia ei tarvitse käyttää.

Tietokoneavusteinen kiinteistönhallinta eli CAFM (computer-aided facility management) on nimensä mukaisesti kiinteistön hallintaa digitaalisesti. Sillä pyritään tehostamaan ja helpottamaan kiinteistön hallintaa jättämällä pois paperityöt ja siirtämällä tiedot tietokoneille. CAFM hyödyntää sekä tietokoneavusteista suunnittelua (CAD) että tietomallinnusta (BIM) optimoidakseen tilankäyttöä ja ymmärtääkseen, miten rakennusten käyttäjien tarpeita voi huomioida paremmin. Katso kuva 6. (Drewett 2020)



Kuva 6. Tietokoneavusteisen kiinteistönhallinnan kulmakivet (Drewett 2020)

CAFM avulla pystyy esimerkiksi ennakoimaan tulevia huoltotarpeita, tarkistamaan laitteiden valmistajat ja hankkimisajankohdan, ja jopa seuraamaan yksittäisten huonekalujen sijainteja. Tilojen käyttöä seurataan, joten vähemmän käytössä olevat tilat voi muokata vastamaan ajankohtaisia tarpeita. Käyttömahdollisuudet ovat laajat. (Drewett 2020)

3.2 Tietomalliohjelmat

IFC on avoin standardi tietomallinnuksessa, ja IFC-tiedostot mahdollistavat tiedonsiirron osapuolten välillä. IFC-tiedosto on periaatteessa jäänyt kopio alkuperäisestä tiedostosta, joten sitä ei pysty muokkaamaan. Jos esimerkiksi rakennuksen seinää halutaan siirtää, eikä sitä vielä ole arkkitehdin tekemässä kuvassa, niin sitä ei pysty itse kukaan muu muokkaamaan, vaan arkkitehti joutuu muokkauksen jälkeen lähettämään uuden IFC-tiedoston takaisin. Tämän tarkoituksena on pitää alkuperäisten tekijöiden työt turvassa. (Baldwin 2017)

Tietomallin muokkausta varten tarvitaan tietomallinnusohjelma. Tietomallin katselemista varten riittää 3D-katseluohjelma (Yhteiset tietomallivaatimukset 2012 Osa 4, s. 10). Seuraavaksi muutamat suunnitteluohjelmat, jotka ovat Suomessa tietomalliprojektien vakiokäytössä ja joilla on IFC-yhteensopivuus (Yhteiset tietomallivaatimukset 2012 Osa 12, s. 8):

3.2.1 Arkkitehtisuunnittelu

AutoCAD: 2D- ja 3D- suunnitteluohjelmisto CAD-suunnitteluun (Autodesk 2021).

Revit: yhtenäinen tietomallinnusympäristö arkkitehdeille, suunnittelijoille ja rakennusalan ammattilaisille (Autodesk 2021).

ArchiCAD: rakennussuunnitteluohjelmisto, joka keskittyy elinkaariajatteluun ja tietomallintamiseen (M.A.D 2021).

3.2.2 Rakennesuunnittelu

Tekla Structures: toteutus- ja rakennesuunnittelun tarpeisiin luotu tietomalliohjelmisto (Trimble 2021).

Allplan: kokonaisvaltainen tietomalliohjelma, joka kattaa rakennusprosessin alusta loppuun (Nemetschek 2021).

3.2.3 Talotekniikka

MagiCAD: Tietomallinnusta varten kehitetty LVI- ja sähkösuunnittelun lisäosa AutoCAD ja Revit ohjelmille (MagiCAD 2021).

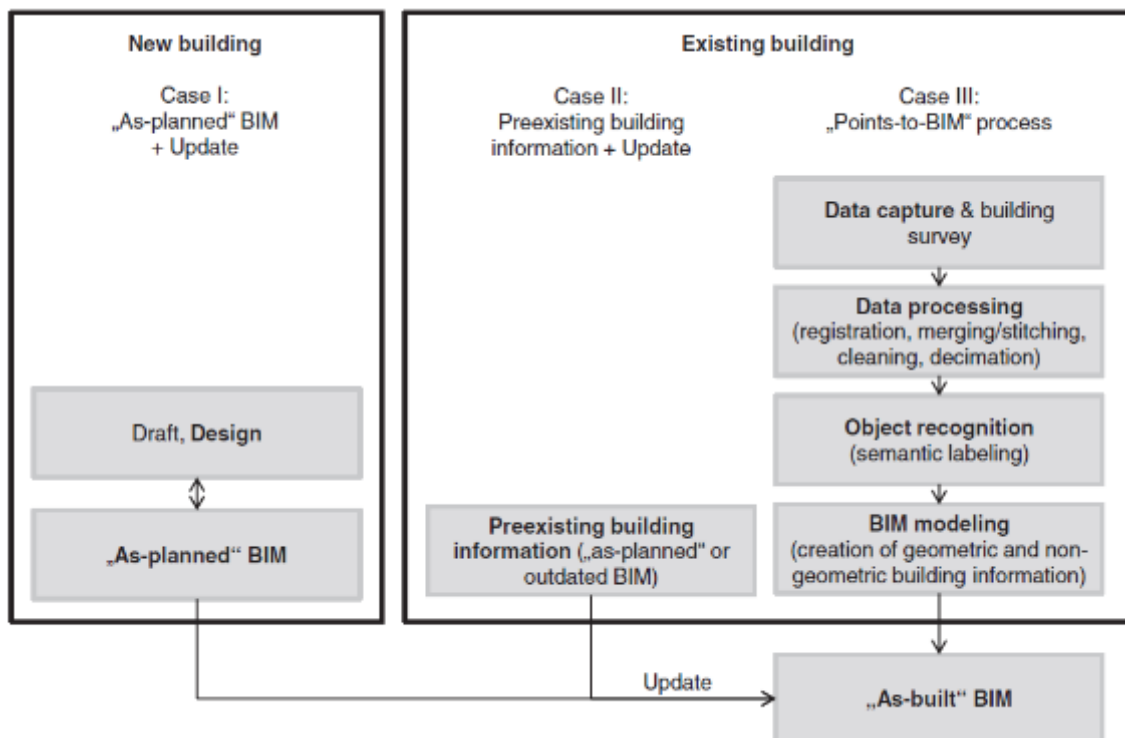
CADMATIC: Tietomallipohjainen LVIA-suunnittelutyökalu, jossa on mukana määrä- ja energialaskenta (CADMATIC 2021).

4 TIETOMALLIN LAADINTA NYKYISILLE RAKENNUKSILLE

Tietomallin tekomenetelmä eroaa paljon riippuen siitä, että onko kyseessä uusi vai olemassa oleva rakennus, katso kuva 7. Uuden rakennuksen suunnitteluvaiheessa laadittava BIM-malli on huomattavasti suoraviivaisempi prosessi ja sisältää vähemmän välivaiheita verrattuna jo olemassa olevaan rakennuksen mallintamiseen.

Olemassa olevan rakennuksen tietomallin voi laatia kahdella eri tavalla:

- Rakennuksesta on olemassa vanha tietomalli, joka päivitetään vastaamaan nykytilannetta.
- Rakennuksella ei ole tietomallia, joten se laaditaan seuraavasti:
 1. Rakennuksen tiedot kerätään.
 2. Tiedot käsitellään.
 3. Malliin tulevat objektit tunnistetaan ja luokitellaan.
 4. Malli laaditaan.



Kuva 7. Uuden ja olemassa olevan rakennuksen erot mallinnusprosessissa (Volk et al. 2013, s. 119)

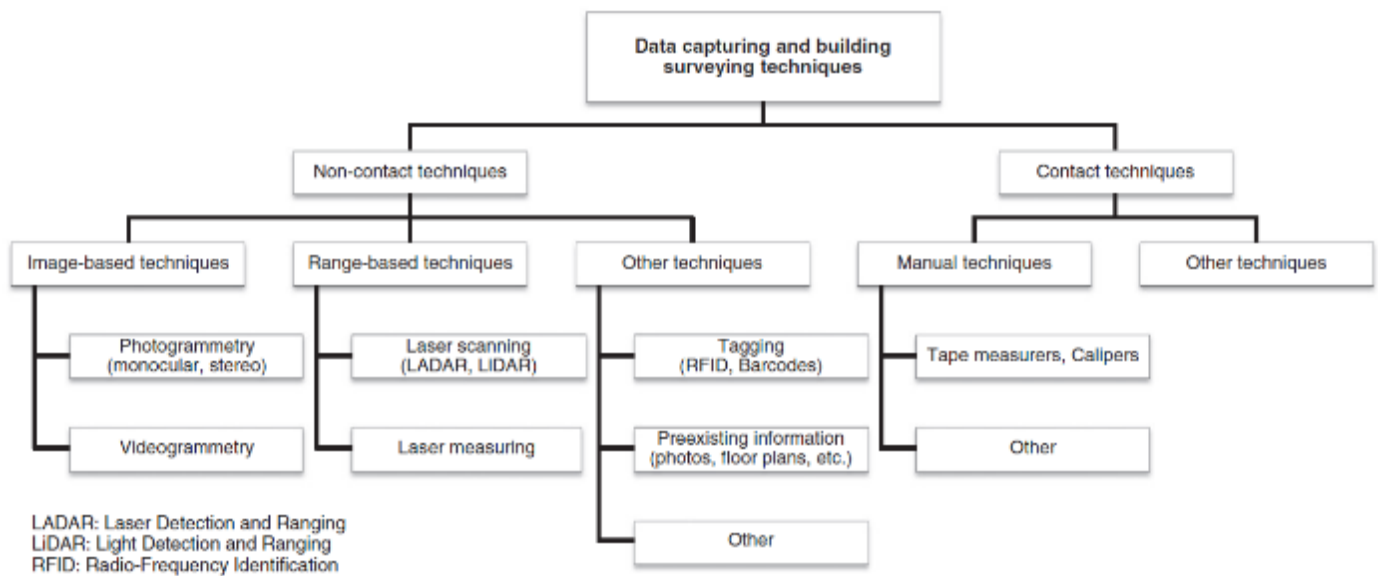
4.1 Tiedonkeruu

Ensimmäinen askel tietomallia tehdessä on rakennuksen geometrisen tiedon kerääminen. Tämä tarkoittaa siis rakennuksen fyysistä muotoa, kokoa ja tilojen sisältöä. Tie-

donkeruumenetelmiä on monia kuten kuvassa 8 käy ilmi, mutta ne voi karkeasti jakaa seuraaviin osiin:

- Kuviin perustuvat menetelmät
- Etäisyyteen ja kulmiin perustuvat menetelmät
- Perinteiset kosketusta vaativat mittausten menetelmät
- Muut menetelmät

Seuraavaksi käsitellään kahta käytetyimmistä tiedonkeruumenetelmistä. Kuva 9 näyttää menetelmien välisiä eroja.



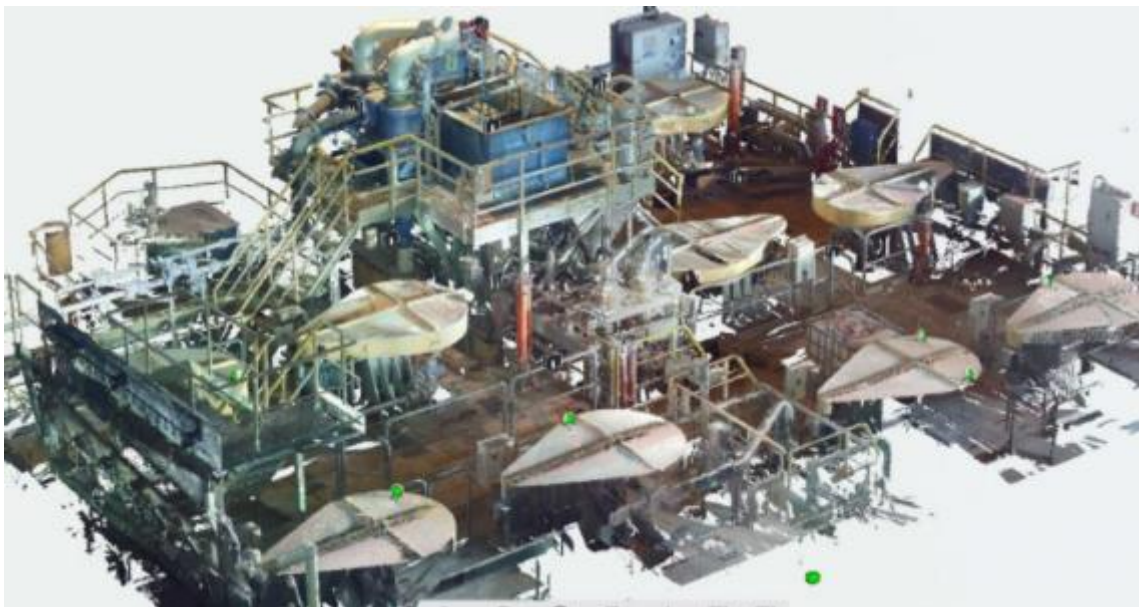
Kuva 8. Tiedonkeruumenetelmiä rakennusten mallinnusta varten (Volk et al. 2013, s. 119)

Decisive features	Data capturing techniques			
	Laser scanning	Photogrammetry	RFID tagging	Barcode tagging
Applicability in existing buildings	Yes	Yes	Limited	Limited
Cost	High	Medium	Medium	Low
Time	Medium	Fast	Fast	Fast
Spatial accuracy, Level of Detail (LoD)	High	High	Medium	Medium
Influence of size and complexity of the scene	High	High	Low	Low
Influence of environmental conditions	High	High	Low	Low
Importability into BIM	Yes	Yes	No	No
Data volumes	High	Medium	Low	Low
Degree of automation	Medium	Medium	Low	Low
Operability	Low	Medium	Medium	Medium
Equipment portability	Low	High	High	High
Equipment durability and robustness	Medium	High	High	Medium

Kuva 9. Käytetyimmät tiedonkeruumenetelmät ja niiden väliset erot (Volk et al. 2013, s. 120)

4.1.1 Laserkeilaus

LiDAR, suomeksi laserkeilaus, on tekniikka, joka mittaa etäisyyttä laserin avulla. Laserkeilaus on helpottanut suuresti rakennusten tiedonkeruuta. Se on paras vaihtoehto tarkkuuden ja nopeuden takia, ja varsinkin isoissa kiinteistöissä muut menetelmät jäävät helposti jälkeen. Laitteen ja ympäristön välillä lähetetään lasersäteitä, jotka sitten muodostavat 3D-pistepilvimallin, katso kuva 10. Millimetritarkkuudella toimiva laite voi yhdellä skannauksella saada mitattua miljoonia pisteitä, ja sekunnissa niitä voi kertyä satojatuhansia. Skannauksia tarvitaan luonnollisesti useampia, koska yhdestä kohdasta ei saa koko kiinteistöä mitattua. (Tang et al. 2010, s. 830) Laitteen säde on 130 metriä (Simetek 2018).



Kuva 10. Laserkeilaus teräsrakenteista (Simetek 2018)

4.1.2 Fotogrammetria

Fotogrammetria, eli ilmakuvaukset, käyttää tuhansia valokuvia eri kulmista luodakseen 3D-mallin kohteesta, katso kuva 11. Siinä missä laserkeilaus luo sisätiloista mallin, luo fotogrammetria ulkopinnoista mallin, eli menetelmät tukevat toisiaan ja koko rakennuksesta saadaan kattava malli. Ilmakuvaukseen käytetään yleensä drone-lennokkeja. (Tietoa 2022)



Kuva 11. Fotogrammetrian avulla luotu malli kokonaisesta korttelista. (Tietoa 2022)

4.2 Tiedonkäsittely

Rakennuksesta muodostunut pistepilvimalli on syytä tarkistaa läpi ja tehdä muutoksia siihen tarpeen mukaan. Laserkeilausta tehdessä alustava pistepilvimalli on laitteen omassa koordinaatistossa, jonka jälkeen se on muutettava globaaliin koordinaatistoon. Tällä tavalla kaikki laserkeilaukset käyttävät samaa koordinaatistoa ja sopivat yhteen toistensa kanssa. Yleensä tämä tehdään etsimällä 3D-mallista tiettyjä kohtia, jotka ovat läsnä useissa keilauksissa, ja täten ne voi sovittaa yhteen. (Tang et al. 2010, s. 830)

Tiedonkäsittelyyn kuuluu myös datan puhdistaminen, jossa suodatetaan pois mallin laadintaa häiritseviä liikkuvia tai heijastavia pisteitä. Pistepilvimallin voi myös tässä vaiheessa muuntaa pintatiedoksi, esimerkiksi kolmioverkoksi kuten kuvassa 12. (Tang et al. 2010, s. 830)



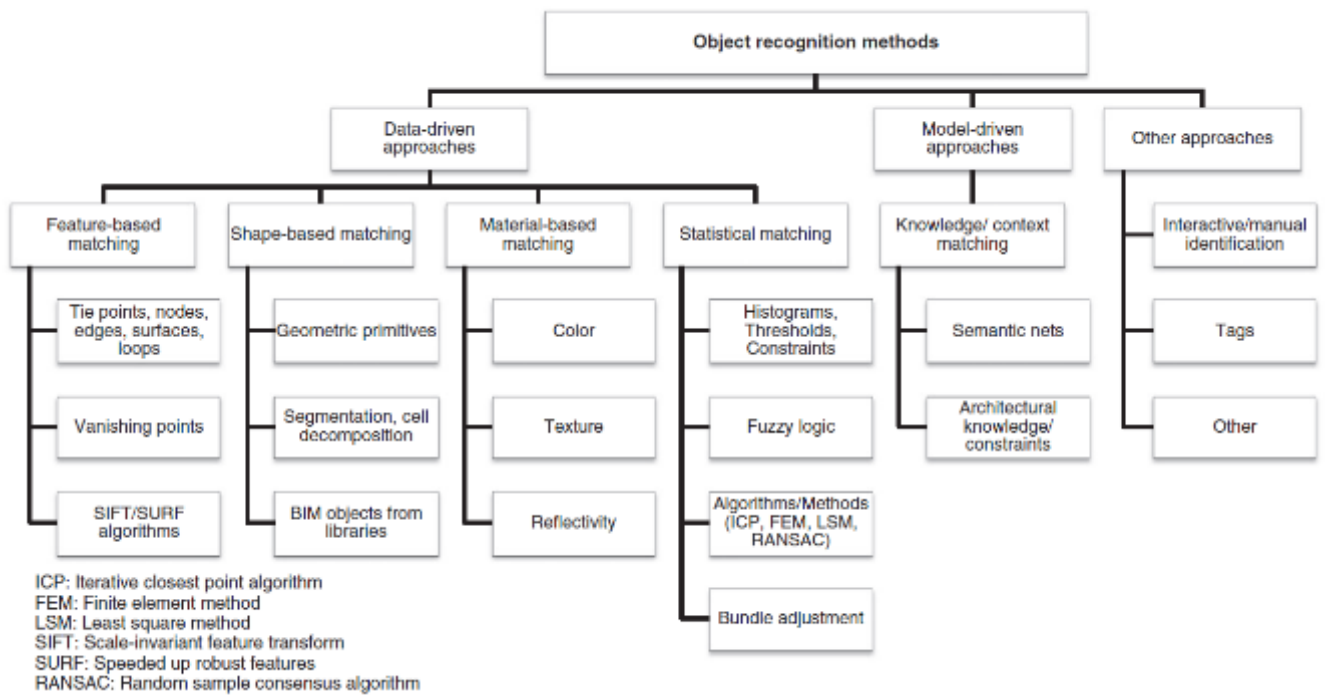
Kuva 12. Vasemmalta oikealle: pistepilvimalli, kolmioverkko ja kuvioitu verkko (Poux 2020)

4.3 Objektien tunnistaminen

Tietomalli koostuu objekteista. Objekti on tässä tapauksessa mallissa oleva rakennuksen osa. Esimerkiksi seinän mallinnusvaiheessa se nähdään vain pystysuorana tasona, mutta objektien tunnistusvaiheessa tälle annetaan luokittelu, tässä tapauksessa seinä (Tang et al. 2010, s. 836). Näihin objekteihin on aina liitetty ominaisuuksia, jotka kertovat niistä enemmän, kuten sijainti, geometrinen muoto, tai vaikka kustannus ja asennuskesto. (Volk et al. 2013, s. 111). Tunnistusmenetelmiä on kuvassa 13.

Objektien tunnistusmenetelmät voidaan karkeasti jakaa seuraaviin osiin:

- Ominaisuuksiin perustuvat menetelmät
- Muotoihin perustuvat menetelmät
- Materiaaleihin perustuvat menetelmät
- Tilastollinen yhteensopivuus
- Muut menetelmät



Kuva 13. Objektien tunnistusmenetelmiä. (Volk et al. 2013, s. 120)

Objekteja tunnistaessa on käytettävä sääntöjä ja väittämiä, jotta ohjelma tekisi mahdollisimman tarkan tunnistuksen. Tunnistaessa objektien ilmentymiä ja luokkia annetaan ensin haluttujen objektien muodot, jonka jälkeen ohjelma valitsee mallista siihen sopivimmat objektit ja lopulta yhdistää ne annettuihin muotoihin ja varmistaa yhteensopivuuden. Tästä esimerkki kuvassa 14. Yhteensopivuutta voi verrata joko yksittäisiin objekteihin tai kokonaiseen objektiluokkiin, jossa on useita muotoja. (Tang et al. 2010, s. 837)

Yksi tapa vähentää väärin tunnistettuja objekteja on antaa kontekstia ja objektien välisiä suhteita ohjelmalle (Tang et al. 2010, s. 838). Esimerkkeinä:

- Ikkuna on aina seinän sisällä
- Seinä on aina pystysuorassa
- Seinä 1 on yhdistetty seinä 2:n kanssa tässä paikassa
- Toinen kerros on aina ensimmäisen kerroksen yläpuolella



Kuva 14. Vasemmalta oikealle: Pintaverkkomalli laitoksen tekniikasta, tietokanta tunnistettavista objekteista, ja tunnistetut objektit, jotka ovat yhdistetty tietokannan malleihin (Tang et al. 2010, s. 838)

4.4 Mallintaminen

Objektien tunnistus ja luokittelu on osa itse mallinnusta. Mallinnuksen voi jakaa kolmeen osaan, olettaen että pistepilvimalli on olemassa:

- Objektien geometrian mallinnus (esim. seinän muoto)
- Objektin luokittelu ja materiaali (esim. objekti on tiiliseinä)
- Objektien välisten suhteiden luonti (esim. seinä 1 on yhdistetty seinä 2:n kanssa tässä paikassa)

Näitä ei tarvitse tehdä tässä järjestyksessä, ja usein niitä tehdään samanaikaisesti. (Tang et al. 2010, s. 830)

Geometrian mallinnuksessa käytetään yleensä yksinkertaisia muotoja, jotta prosessi olisi suoraviivaisempi ja helpompi toteuttaa. Seinät voivat olla suorakaiteen muotoisia laattikoita, ja jos seinissä on mukana haastavampia muotoja, ne voi mallintaa esimerkiksi kolmioverkon avulla tai myös jättää kokonaan pois tarpeen mukaan. (Tang et al. 2010, s. 831) Luokittelun ja suhteiden luonnin jälkeen voidaan mallia kutsua tietomalliksi.

5 RAKENNUSAUTOMAATIO

Seuraavaksi käydään läpi minkälaisissa tilanteissa ja millä tavalla rakennusautomaatio voi liittyä tietomallinnukseen. Ensin on kuitenkin hyvä kerrata rakennusautomaation keskeiset asiat.

Rakennusautomaatio on yksinkertaistettuna rakennuksen hallinta säätötekniikan avulla. Automaatiolla halutaan saada tietoa eri tilojen olosuhteista, talotekniikan ja laitteiden kunnosta sekä pienentää energiankulutusta. Rakennusautomaatio on erittäin tärkeä, jos haluaa pitää rakennuksen elinkaaren aikana muodostuneet kustannukset mahdollisimman vähäisinä. (Härkönen et al. 2018, s. 21) Tämä kokonaisuus toimii itsenäisesti ilman käyttäjän aktiivista puuttumista, mutta kehittyneiden valvontajärjestelmien ansiosta koko rakennusta pystyy helposti seuraamaan reaaliajassa. Rakennusautomaation kolmitasoinen hierarkia näkyy kuvassa 15.

Rakennusautomaatiossa tiedonsiirto mahdollistaa tämän toimivan kokonaisuuden. Tiedonsiirtomenetelmiä ja tietoliikenneprotokollia on useita, joten yhtä ja samaa ei kaikilla löydy. Alakeskusväylissä käytetään nykypäivänä usein TCP/IP-protokollaa, joka mahdollistaa internet-laitteiden ja tekniikan hyödyntämisen. Kenttälaitteväylissä BACnet, Modbus ja KNX ovat suosittuja valintoja. (Härkönen et al. 2018, s. 104) Siemensillä on käytössä avoin ja kansainvälinen BACnet-protokolla. Kyseinen protokolla on kehitetty vuonna 1987 juuri rakennusautomaation käyttöön (BACnet Org, 1998).



Kuva 15. Rakennusautomaation kolmitasoinen hierarkia. (Ihasalo 2019, s. 7)

5.1 Kenttälaitteet

Rakennusautomaation hallitsevat kenttälaitteet ovat yleensä jaettu seuraaviin ryhmiin:

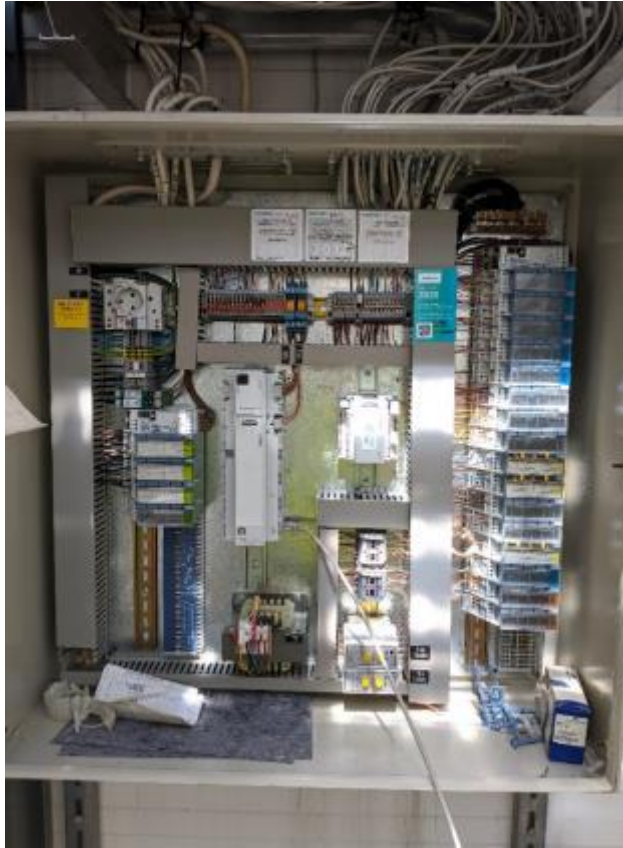
- **Huonesäätimet.** Asennetaan huoneisiin ja niiden avulla säädetään huoneen lämpötilaa ja ilmamäärää.
- **Anturit.** Sensorit, jotka mittaavat esimerkiksi lämpötilaa, painetta, ilmanlaatua, virtausta ja kosteutta.
- **Venttiilit ja toimilaitteet.** Varmistavat että vesi kiertää ja pääsee tarkoitettuun määränpäähän, oli se sitten lämmitykseen, jäähdytykseen tai muuhun.
- **Peltimoottorit.** Säättävät ilmanvaihtoa. Peltimoottori ohjaa peltiä, joka on asennettu esimerkiksi IV-kanavaan.
- **Taajuusmuuttajat.** Ohjaavat sähkömoottoreiden taajuuksia. Tämä vaikuttaa suoraan moottorin nopeuteen, mikä auttaa muun muassa energiansäästöissä ja vähentää rasitusta. (Danfoss 2021)
- **Mittarit.** Esimerkiksi vesimittarit ja energiamittarit. Mittaavat kulutusta.

Edellä mainitut laitteet on tärkeä saada näkyviin BIM automaatiomalliin, koska nämä ovat fyysisiä laitteita.

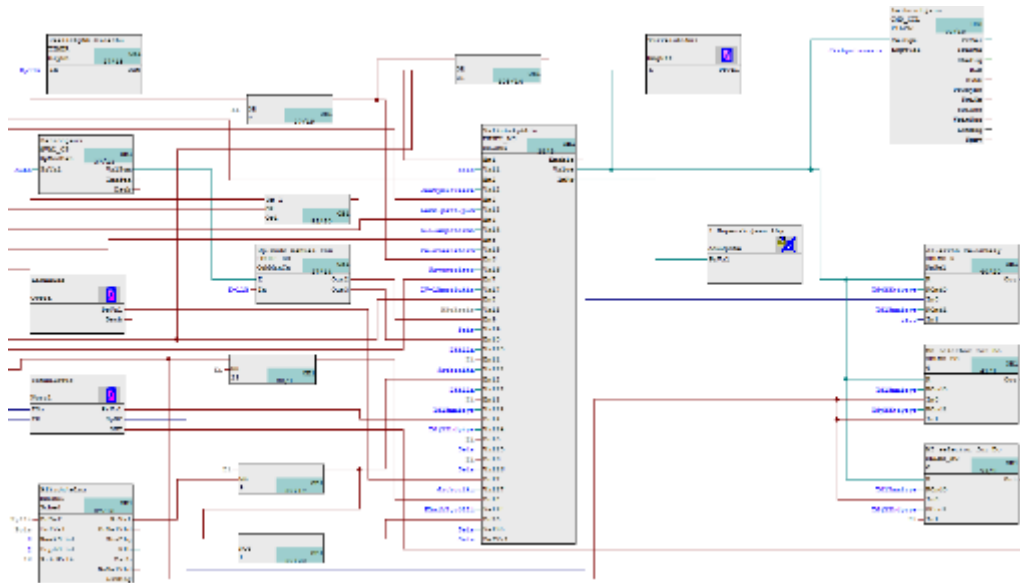
5.2 Valvonta-alakeskus

Valvonta-alakeskus eli VAK sijaitsee automaatiotasolla. VAK on itsenäisesti toimiva kokonaisuus, joka ohjaa kenttälaitteita. Se koostuu laitekaapista, jonka sisällä on prosessori ja I/O-moduulit, katso kuva 16. Prosessori sisältää alakeskusohjelman (kuva 17) ja I/O-moduulit sisältävät I/O-pisteitä, jotka ovat joko fyysisiä tai ohjelmallisista pisteitä. Pisteet liitetään kenttälaitteisiin ja sitä kautta tieto kulkee niiden välillä. Yleensä yksittäisen alakeskuksen pistemäärä on sadan tienoilla tai yläkantilla pari sataa, joten mel-

kein aina tarvitaan useampi alakeskus, jos halutaan kattava rakennusautomaatio. (Härkönen et al. 2018, s. 68–72) Alakeskukset ovat fyysisiä laitteita, joten ne kuuluvat myös BIM-malliin.



Kuva 16. Valvonta-alakeskus. Keskellä prosessori ja molemmilla puolilla I/O-moduulit. Prosessorissa tilapäisesti kiinni kannettava tietokone Ethernet-kaapelin avulla. (Matias Kantokari 2021)



Kuva 17. Ruudunkaappaus pienestä osasta IV-koneen alakeskusohjelmasta Siemensin CFC-työkalussa.

5.3 Keskusvalvomo

Keskusvalvomo eli valvomo on kiinteistöhallintajärjestelmä, joka hallitsee ja nimensä mukaan valvoo rakennusautomaatiota reaaliajassa yhdessä, tai välillä useammassa kiinteistössä samaan aikaan. Valvomon avulla käyttäjä pystyy tarkastelemaan kiinteistön tekniikkaa kaksiuulotteisessa grafiikkänäkymässä, ja säätämään esimerkiksi arvoja ja aikaohjelmia. Itse valvomo voi olla paikallinen PC, joka asennetaan kohteen valvomohuoneeseen, tai pilvessä toimiva etävalvomo, jota pystyy hallitsemaan muualta käsin. (Härkönen et al. 2018, s. 59) Tarpeen mukaan voi valvomoon lisätä muita ominaisuuksia kuten palo- ja turvajärjestelmä (Härkönen et al. 2018, s. 61).

Siemensin Desigo CC -valvomossa on mahdollisuus integroida tietomalli osaksi valvomoa. Kappaleessa, joka käsittelee esimerkkikohteen automaatiomallia, on tästä enemmän.

5.4 Huollot

Kuten kaiken tekniikan kanssa, myös rakennusautomaatio tarvitsee huoltoa. Oli kyseessä sitten vuosihuolto, saneeraus tai odottamaton vika, on useimmiten välttämätöntä mennä paikan päälle selvittämään asia. Omien ja muiden työntekijöiden kokemuksiin kuuluu välillä se, ettei ole ajantasaisia tietoja tai piirustuksia, jotka kertoisivat, missä kukin laite sijaitsee. Ellei kohde ja sen laitteisto ole ennestään tuttua, oikean laitteen etsinnässä saattaa kestää odotettua kauemmin. Pyrkimys olisi helpottaa tätä etsintää, jos kyseiset laitteet näkyisivät BIM-mallissa, joka paremmin visualisoisi sijainnit.

5.5 Rakennusautomaatio tietomallinnuksessa

Tietomallia tehdessä on muistettava myös sisällyttää rakennusautomaatio. Vaikka RAU ei ole yhtä nähtävissä kuin LVI, on se kuitenkin yhtä tärkeä. Kaikki fyysiset RAU-laitteet koteloista antureihin on mallinnettava. Yleisissä tietomallivaatimuksissa 2012 sanotaan seuraavasti rakennusautomaatiosuunnittelijan velvollisuuksista tietomalliprojekteissa:

”Rakennusautomaatiosuunnittelija on velvollinen mallintamaan esim. rakennusautomaatiojärjestelmän alakeskukset, mallihuoneiden ja –alueiden anturit, säätölaitekotelot, väylälaitekotelot sekä mahdolliset muut järjestelmään liittyvät laitekotelot.” (Yleiset tietomallivaatimukset 2012 Osa 4, s. 31)

6 SIEMENSIN TIETOMALLIPROJEKTI

Kohde, jossa kokeiltiin automaatiomallin laatimista, on monikerroksinen julkinen kiinteistö pääkaupunkiseudulla. Työn määrän helpottamiseksi ja tiedon rajaamiseksi kohdulliseksi valittiin yksi kerros ja ainoastaan ne ilmanvaihto-, lämpö-, ja jäähdytyskooneet, joiden vaikutusalue oli kyseinen kerros. Tarkoituksena oli selvittää, onko tietomallinnuksen ja rakennusautomaation kombinaatio aihe, johon Siemensin pitäisi jatkossa keskittyä enemmän.

Kyseisessä projektissa prosessi meni karkeasti seuraavasti:

1. Selvittele kenttälaitteiden tiedot
2. Laserkeilaus kohteen konehuoneista
3. Laadi kohteesta 3D-malli (tehty ulkomailla aluekonttorin toimesta)
4. Laadi kohteesta tietomalli (tehty ulkomailla aluekonttorin toimesta)
5. Integroi tietomalli Desigo CC -valvomoon

Huomioi, että kappaleissa on enimmäkseen kuvia konseptista ja ainoastaan hieman tekstiä, joka tukee kyseisiä kuvia. Oma työpanokseni oli pääasiassa kenttälaitteiden tietojen selvittely, joten siitä on kirjoitettu laajemmin.

6.1 Kenttälaitteiden määrittely

Ensimmäiseksi automaatiomallia laadittaessa piti selvittää, mitä kenttälaitteita kohdekiinteistössä on. Koska ei ollut tietoa, mitä laitteita kohteeseen oli myyty, piti etävalvomon kautta laatia pisteraportit. Pisteraportit kertovat, mitä pisteiden takana on, eli tässä tapauksessa fyysiset laitteet konehuoneissa. Vain BIM-malliin tulevat laitteet tarvittiin, eli pelti- ja venttiilimoottorit, taajuusmuuntajat sekä anturit. Anturit mittasivat lämpötilaa, painetta ja ilmanlaatua. Moottoreiden kohdalla haluttiin tietää, toimivatko ne au-ki/kiinni periaatteella vai 0–100 % säädöllä.

Pisteraportit eivät valitettavasti antaneet laitteiden malleja, joten kohteessa täytyi käydä vahvistamassa laitteiden mallit, kuten kuvan 18 toimilaitteen tapauksessa. Kenttälaitteiden osalta tarvittiin myös jokaisen laitteen yksilöllisen BACnet-osoitteen, jotta oikeat tiedot näkyvät mallissa oikeassa paikassa. BACnet-osoitteen tunnus on sarja lyhennyksiä englannin kielellä, jotka kertovat kyseisen laitteen tai pisteen tiedot ja sijainnin. Esimerkiksi Siemensillä BACnet-osoitteet ovat seuraavassa muodossa: ”A-Ahu257"TSu"TSen”. Selkokielellä tämä tarkoittaa ”alakeskusohjelmassa A-lohkon alla oleva IV-kone numero 257:n sisäänpuhalluslämpötilan anturi” (Air handling unit 257, Temperature Supply, Temperature Sensor). BACnet-osoitteet löytyivät pisteraporteista.



Kuva 18. Sähköhydraulinen venttiilin toimilaite kohteen IV-konehuoneessa, mallia Siemens Acvatix SQS65. (Matias Kantokari 2021)

Jokaiselle Siemensin tuotteelle on olemassa 3D-malli, joten sen jälkeen, kun kenttälaitteiden määrät, tyypit, BACnet-osoitteet ja sijainnit olivat tiedossa, pystyttiin näitä 3D-malleja käyttämään itse tietomallissa.

6.2 Kohteen laserkeilaus

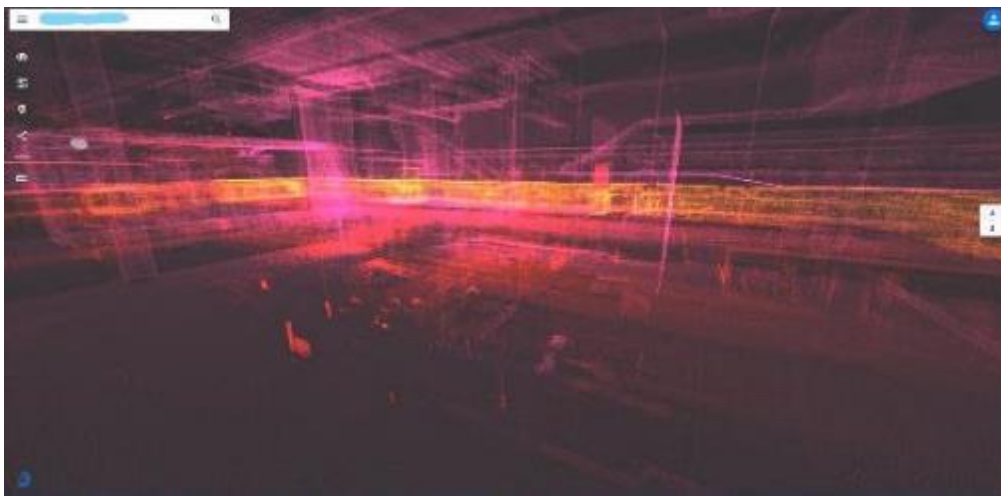
Kaikissa kerroksen konehuoneissa suoritettiin laserkeilaus, ja lopputuloksena oli kattava pistepilvimalli. Keilauksen suoritti siihen erikoistunut yritys. Katso kuvat 19, 20 ja 21.



Kuva 19. Ruudunkaappaus kohteen IV-konehuoneesta pistepilvimallissa



Kuva 20. Ruudunkaappaus kohteen IV-konehuoneesta kuvioituna verkkona.



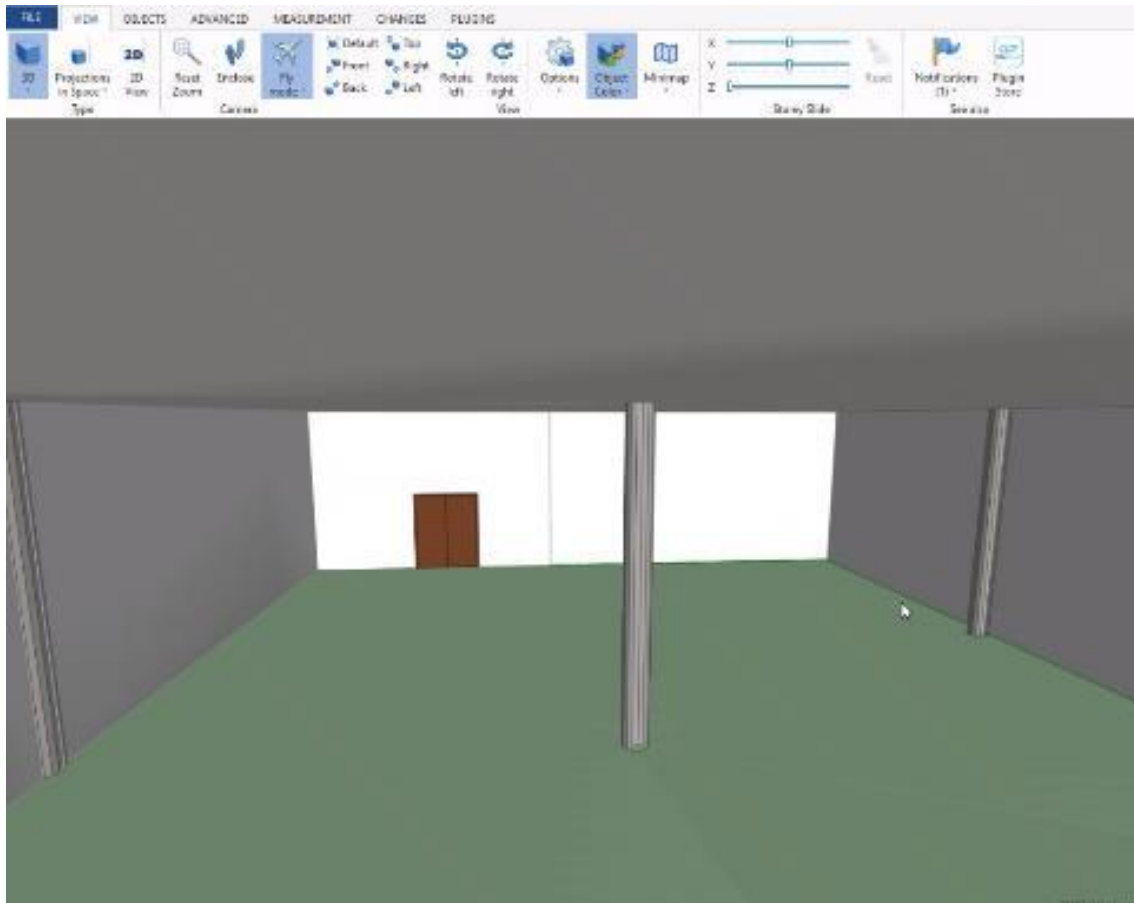
Kuva 21. Ruudunkaappaus kohteen IV-konehuoneesta läpinäkyvänä.



Kuva 22. Ruudunkaappaus kohteen IV-konehuoneesta karttanäkymässä. Valkoiset pisteet ovat keilauksen sijainnit.

6.3 Kohteen 3D-malli

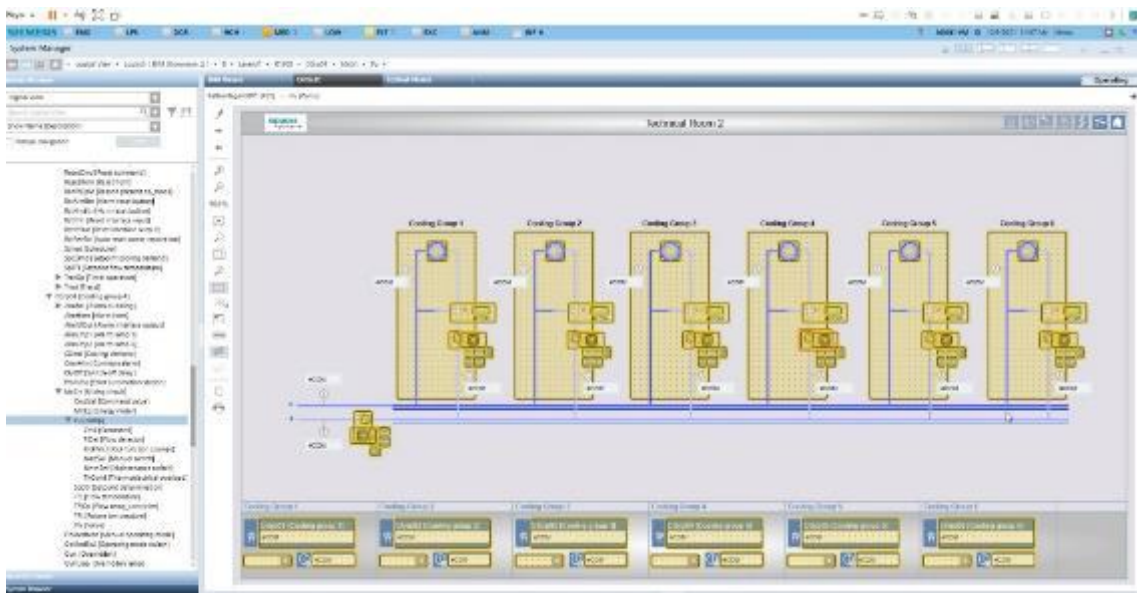
Siemensin aluekonttori ulkomailla teki koko kohteesta arkkitehtipohjien avulla 3D-mallin. Alla olevassa kuvassa on BIMvision-ohjelmassa näkymä IV-konehuoneesta, joka vielä tässä vaiheessa oli tyhjä (kuva 23). Tähän oli sitten tarkoitus lisätä kaikki oleellinen laitteisto, jota haluttiin mukaan automaatiomalliin.



Kuva 23. Ruudunkaappaus kohteen IV-konehuoneesta tyhjänä.

6.4 Tietomallin integraatio Desigo CC-valvomoon

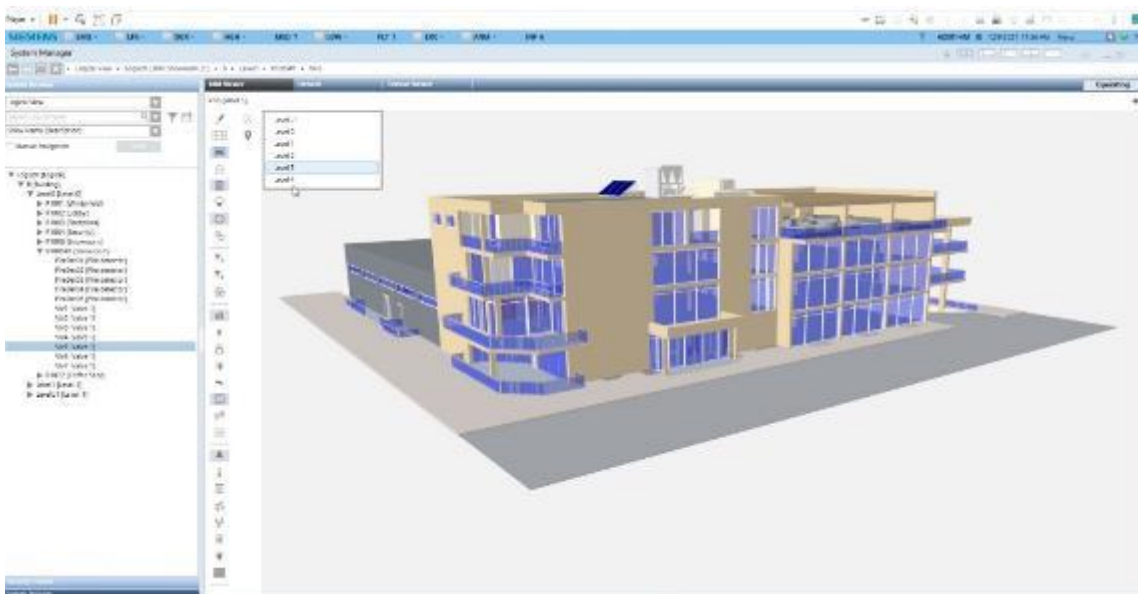
Siemensin Desigo CC -valvomossa on ominaisuus, joka mahdollistaa tietomallin tuonnin ja käytön osana valvomoa. Perinteisesti kiinteistön valvomo on 2D-näkymässä, missä laitteet ja tekniikka on selkeästi piirretty käyttäjää varten. Tämän ohelle on siis mahdollista tuoda 3D-tietomalli, joka näkyy sille tarkoitettussa ikkunassa. Mahdollisia kehityksen alla olevia ominaisuuksia ovat muun muassa teknisten dokumenttien avaus mallista, olosuhteiden visualisointi (ilmanlaatu, lämpötila jne.) ja laitteiden kunto. Seuraavat kuvat ovat aluekonttorin tekemästä konseptista, eli kyseinen kiinteistö ei ole olemassa. Kyseistä konseptia on myöhemmin kehitetty, eli kuvat eivät täysin vastaa nykyaikaa. Aluekonttorin konseptikiinteistö näkyy kuvissa 24, 25, 26 ja 27.



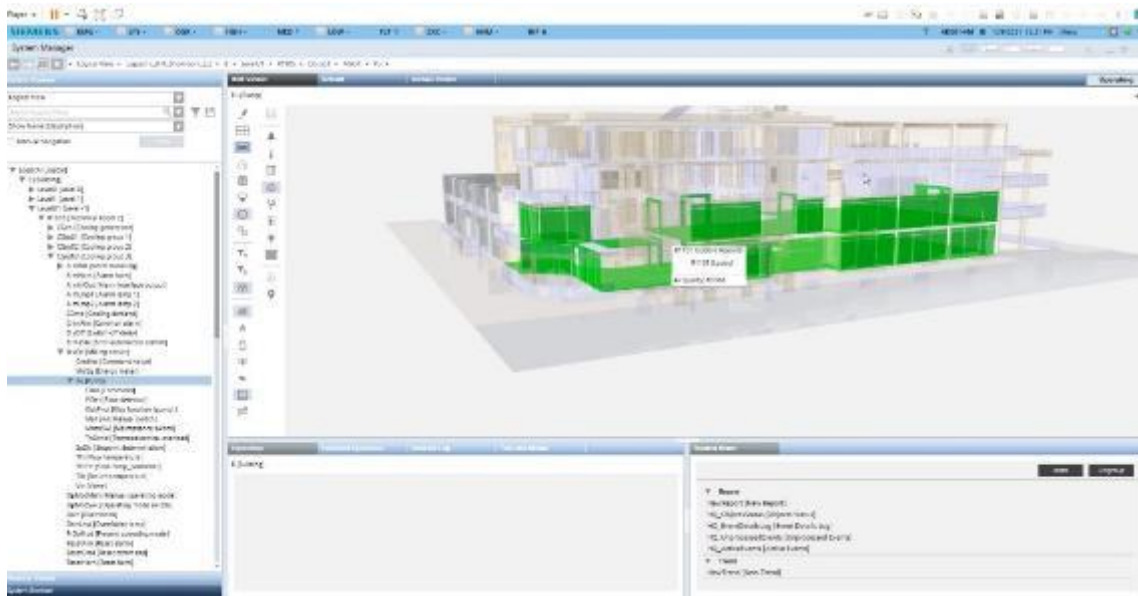
Kuva 24. Ruudunkaappaus Desigo CC -valvomon perinteisen näkymän jäähdytysryhmän pumpuista aluekonttorin konseptikiinteistössä.



Kuva 25. Ruudunkaappaus Desigo CC -valvomon tietomallinäkömön jäädytysryhmän pumpuista aluekonttorin konseptikiinteistössä. Huomioitavaa on, että kattava tieto laitteiden tilasta näkyy vain perinteisessä näkymässä. Tietomallinäkömössä pystyy vain näkemään laitteiden tiedot yksi kerrallaan, painamalla hiiren näppäintä laitteen kohdalla.



Kuva 26. Ruudunkaappaus Desigo CC -valvomon tietomallinäkömöstä, joka esittelee aluekonttorin konseptikiinteistön.



Kuva 27. Ruudunkaappaus Desigo CC -valvomon tietomallinäkymästä, joka esittelee aluekonttorin konseptikiinteistön ilmanlaatudatan. Vihreä väri tarkoittaa hyvää ilmanlaatua. Rakennus on tässä läpinäkyvä.

7 YHTEENVETO

Opinnäytetyötä tehdessä tuli selväksi, miten nykyisiä rakennuksia tietomallinnetaan. Prosessiin kuuluu tiedonkeruu, tiedonkäsittely, objektien tunnistus ja mallinnus. Tiedonkäsittely ja objektien tunnistus ovat osa itse mallintamista, johon kuuluvat myös rakennuksen geometrian luominen ja osien välisten suhteiden luonti. Nämä ovat edellytyksiä sille, että malli olisi myös tietomalli eikä pelkkä 3D-malli. Tiedonkeruumenetelmiä on useita, mutta suosituimmat ovat laserkeilaus rakennuksen sisätiloista ja fotogrammetria rakennuksen ulkosivuista. Tiedonkäsittelyssä muutetaan laserkeilauksen luoma pistepilvimalli kolmioverkkomalliksi, ja samalla poistetaan häiritsevät pisteet, jos niitä ilmenee. Objekteja tunnistessa annetaan ohjelmistolle sääntöjä ja kontekstia, joka helpottaa tunnistamista, osien luokittelua ja osien välisiä suhteita, kuten esimerkiksi sitä, että ikkuna on aina seinän sisällä ja toinen kerros aina ensimmäisen kerroksen yläpuolella.

Rakennusautomaation mahdollisuus hyödyntää tietomallinnusta selkenee vasta asiakasprojektin valmistuessa, mutta jo tässä vaiheessa on selvää, että hyötyjä on, varsinkin jos tietomalli tuodaan valvomoon. Tietomallinäkymä valvomossa ei korvaa nykyistä 2D-grafiikkänäkymää, mutta toimii sen rinnalla. Mahdollisia tulevaisuuden

ominaisuuksia ovat esimerkiksi laitteiden mukana tulevien teknisten dokumenttien avaaminen, laitteiden kunto ja olosuhteiden visualisointi. Tästä vastuussa oleva aluekonttori kehittää konseptia koko ajan, ja he ovat tätä kirjoittaessa jo tehneet uudemman version konseptikiinteistön tietomallista. Huomasimme myös, että tietomallin pyörittämiseksi kannettavalla tietokoneella oli mahdollista ainoastaan, mikäli tietokoneella oli näytönohjain, sillä muuten tiedon määrä kävi liian raskaaksi ja malli oli lähes käyttökelvoton.

Opinnäytetyön alussa laadin tavoitteet ja esitin oleelliset kysymykset, joihin yritin vastata. Näin jälkikäteen voin sanoa, että vastaukset suurimpaan osaan löytyivät. En kuitenkaan osaa vielä sanoa, onko tämä tuonut Siemensin asiakkaalle lisäarvoa, koska tietomalli ei ole vielä valmis tätä julkaistessa. Tämä projekti on kyllä tuonut yritykselle selkeyttä tuleviin tietomalliprojekteihin ja uskon, että niitä kertyy lisää, kunhan tämä ensimmäinen saadaan päätökseen.

8 BIM-MODELLERING AV BEFINTLIGA BYGGNADER UR AUTOMATIONENS SYNVINKEL

Syftet med detta examensarbete är att utforska byggnadsinformationsmodellering (Building Information Modelling, BIM) av befintliga byggnader och se vilken nytta byggnadsautomationen kan få av BIM. Examensarbetet är gjort för Siemens Osakeyhtiö mellan hösten 2021 och vintern 2022. Företaget ville utöka sina kunskaper inom BIM, och första steget i den riktningen var att börja med modellering av befintliga byggnader. Eftersom min enhet på företaget specialiserar sig på byggnadsautomation ville man se om BIM kan användas i det sammanhanget i framtiden. Därför fokuserar en del av examensarbetet på byggnadsautomation.

Examensarbetet är indelat i en teoridel och en projektdel. Tanken är att delarna stöder varandra, men det är värt att påpeka att projektet fortfarande pågår när detta arbete publiceras, och att projektet endast kan presenteras ytligt på grund av sekretessbelagd information. Modellering av nybyggen diskuteras inte i arbetet, och VVS-tekniska frågor tas inte upp mer än nödvändigt, eftersom fokus ligger mera på själva automationen. I Siemens modelleringsprojekt har man modellerat teknikrummen i en viss våning i en

offentlig byggnad. Planen är att importera modellen till kundens SCADA-programvara (Supervisory Control And Data Acquisition), som också är gjord av Siemens.

8.1 Byggnadens livscykel

För att få en heltäckande bild av BIM och dess möjligheter, måste man börja från byggnadens livscykel. Byggnadens livscykel är hela dess livstid, allting från planering och bygge till användning och slutligen rivning. Med hjälp av livscykelsanalys vill man ha bättre kontroll exempelvis över kostnader och energianvändning. I byggnadens planeringskedje kan man ännu påverka slutresultaten innan byggandet börjar, och BIM är ett bra verktyg för det. (Rakennusteollisuus 2021)

8.2 BIM-modellering

En BIM-modell är en tredimensionell digital modell som innehåller data. Endast en 3D-modell räknas inte som en BIM-modell. (MagiCAD 2021) För att uppfylla kraven måste objekten (byggnadens delar) klassificeras och ges relationer till varandra. (Volk et al. 2013, s. 119) BIM blir alltmer populärt, och alla parterna inom byggprojekt har ökat sin användning av tekniken under de senaste årtionden. (McGraw Hill Construction 2012, s. 13)

Nytan av BIM är dess sätt att visualisera byggnader och teknik som en fungerande helhet. Exempelvis märks det lättare om det uppkommer kollisioner mellan olika system eller delar. Eftersom informationsmängden är enorm, är det viktigt att endast relevanta data syns, och att datorn som öppnar modellen har ett tillräckligt bra grafikkort, för annars är modellen väldigt trög. Detta märkte vi i vårt modelleringsprojekt på Siemens.

I Finland styr ”Yleiset tietomallivaatimukset 2012” hur BIM används i byggprojekt. Samlingen bestämmelser består av 14 delar.

8.3 BIM-modellering för befintliga byggnader

Modelleringsprocessen för befintliga byggnader går till enligt följande:

1. Datainsamling
2. Datahantering
3. Objektklassificering
4. Modellering (Volk et al. 2013, s. 119)

Datahantering och objektklassificering är egentligen en del av själva modelleringen, men de kan delas in i separata kategorier för att klargöra processen.

Insamlingen av byggnadens data kan gå till på många vis, men bland de mest populära sätten är laserskanning inomhus och fotogrammetri utomhus. Laserskanning kan med millimeters noggrannhet bilda ett 3D-punktmoln som täcker en area runt skannern, och med flera skanningar kan man få med hela byggnadens inre i en och samma modell. (Tang et al. 2010, s. 830) Fotogrammetri däremot kan göras med drönare som tar tusentals bilder av huset ur olika vinklar, och sedan kan dessa bilder kombineras till en modell av det yttre. (Tietoa 2022)

Datahantering innebär att man tar bort onödiga eller störande punkter från punktmolnsmodellen, såsom rörliga punkter, eller punkter som reflekterar ljus. I denna fas kontrollerar man också att de individuella skanningarnas koordinatsystem stämmer överens med varandra i ett globalt koordinatsystem, så att modellen bildar en helhet. (Tang et al. 2010, s. 830)

Objektklassificering innebär att programmet korrekt kan analysera delarna i punktmolnsmodellen och klassificera dem i kategorier. Dessa objekt har alltid data kopplade till sig, exempelvis plats, geometrisk form, installationskostnad eller dylikt. För att oftare få korrekta klassificeringar ges programmet regler och kontext som berättar om delarnas relationer till varandra. (Tang et al. 2010, s. 838). Några exempel:

1. Ett fönster är alltid inne i en vägg.
2. En vägg är alltid lodrät.
3. Våning 2 är ovanför våning 1.
4. Vägg 1 är fast i vägg 2 i denna punkt.

Själva modelleringen består som sagt av datahantering, objektklassificering samt skapandet av byggnadens geometri. Byggnadens delar (väggar, tak, dörrar etc.) görs ofta till enkla former för att minska arbetet. (Tang et al. 2010, s. 831) När man har gjort geometrin, klassificerat objekten och skapat deras relationer till varandra så är modellen en BIM-modell.

8.4 Byggnadsautomation

Byggnadsautomation är enkelt sagt att styra funktionerna i en byggnad med hjälp av reglerteknik. Med automationen vill man minska det manuella arbetet, och samtidigt ha kontroll över inomhusklimat och energianvändning. (Härkönen et al. 2018, s. 21)

Byggnadsautomationen består av tre underkategorier: fältenhetsnivån, automationsnivån och kontrollnivån. (Ihasalo 2019, s. 7) På fältenhetsnivån finns själva enheterna (exempelvis ventiler, motorer och mätare). På automationsnivån finns det dataundercentraler som styr dessa enheter. Undercentralerna finns det flera av, och varje central innehåller en processor och ett antal moduler. Processorn innehåller ett undercentralsprogram som är programmerat att styra fältenheterna, och modulerna möjliggör dataöverföring mellan centralen och enheterna. På kontrollnivån finns det ett SCADA-program (Supervisory Control and Data Acquisition) med vilket användaren kan övervaka automationen och göra ändringar vid behov. SCADA kan användas på distans med en fungerande fjärranslutning. (Härkönen et al. 2018, s. 59–72)

8.5 Siemens modelleringsprojekt

Byggnaden som Siemens modelleringsprojekt gällde är en offentlig flervåningsbyggnad i huvudstadsregionen. För att datamängden skulle hållas rimlig begränsades modelleringen till att omfatta endast en viss vånings teknikrum. När detta examensarbete publiceras pågår projektet fortfarande. På grund av företagssekretess behandlas processen endast ytligt, men i examensarbetets finskspråkiga del finns det konceptbilder som visar hur BIM och byggnadsautomation kan kombineras i SCADA. Det visade sig att det är

möjligt att kombinera dessa, men datorn som öppnar modellen måste ha ett grafikkort så att modellen inte saktar ner datorn för mycket.

LÄHDELUETTELO

Autodesk, 2021, *Architecture, Engineering & Construction Collection*. Saatavilla:

<https://www.autodesk.fi/collections/architecture-engineering-construction/included-software> Haettu 26.12.2021

BACnet Org, 1998, *Frequently asked questions*. Saatavilla:

<http://www.bacnet.org/FAQ/HPAC-3-97.html> Haettu 14.11.2021

Baldwin, M., 2017, *What is IFC?* Saatavilla: <https://bimconnect.org/en/software/what-is-ifc/>

Haettu 25.12.2021

CADMATIC, 2021, *CADMATIC HVAC*. Saatavilla:

<https://www.cadmatic.com/fi/construction/ohjelmistoratkaisut/cadmatic-hvac/> Haettu 26.12.2021

Danfoss, 2021, *Mikä on taajuusmuuttaja?* Saatavilla: <https://www.danfoss.com/fi-fi/about-danfoss/our-businesses/drives/what-is-a-variable-frequency-drive/>

Haettu 25.10.2021

Drewett, R., 2020, FSI-sivuston blogi *An Introduction to CAFM Systems*. Saatavilla:

<https://www.fsifm.com/en-gb/insights/blog/introduction-to-cafm> Haettu 25.12.2021

Green Building Council Finland, 2012, *Rakennusten elinkaarisuunnittelu, hiilijalanjälki ja elinkaarikustannus*, Saatavilla: <https://figbc.fi/wp-con->

tent/uploads/sites/4/2012/08/Bionova_FIGBC_elinkaaritehokkuus_luonnos_22elo_2012.pdf Haettu 2.12.2021

Härkönen, P., Lienes, R., Mikkola, J., Piikkilä, V., Pusa, K., Sahala, A., Sahlstén, T., Sandström, B., Sirviö, A., Spangar, T., Sulku, J. Sähkötieto ry, 2018, *Rakennusautomaatiojärjestelmät, ST-käsikirja 17*, Sähköinfo Oy, Espoo

Ihasalo, H., 2019, Aalto Yliopiston luento *Rakennusautomaatio*. Saatavilla:
https://mycourses.aalto.fi/pluginfile.php/897655/mod_resource/content/2/Automaatio%C3%A4rjestelm%C3%A4t%20%20rakennusautomaatio%20luento.pdf
Haettu 25.10.2021

M.A.D, 2021, *ArchiCAD*, Saatavilla: <https://www.mad.fi/tuotteet/archicad> Haettu 26.12.2021

MagiCAD, 2021, *BIM*, Saatavilla: <https://www.magicad.com/fi/bim/> Haettu 24.11.2021

MagiCAD, 2021, *MagiCAD LVIS-suunnitteluun*, Saatavilla:
<https://www.magicad.com/fi/mita-magicad-tarjoaa-lvis-suunnitteluun/> Haettu 26.12.2021

McGraw Hill Construction, 2012, *The Business Value of BIM in North America. Multi-Year Trend Analysis and User Ratings (2007-2012)*. SmartMarket Report. Saatavilla:
<https://damassets.autodesk.net/content/dam/autodesk/www/solutions/building-information-modeling/bim-value/mhc-business-value-of-bim-in-north-america.pdf>
Haettu 2.12.2021

Nemetschek, 2021, *Allplan*, Saatavilla: <https://www.nemetschek.com/en/brand/allplan>
[Haettu 26.12.2021](#)

Poux, F., 2020, Towards Data Science -sivuston julkaisu *5-step guide to generate 3D meshes from point clouds with Python*, Saatavilla:
<https://towardsdatascience.com/5-step-guide-to-generate-3d-meshes-from-point-clouds-with-python-36bad397d8ba> Haettu 2.1.2022

Rakennusteollisuus, 2021, *Rakennuksen elinkaari kestävän rakentamisen lähtökohtana*, Saatavilla: <https://www.rakennusteollisuus.fi/Tietoa-alasta/Ilmasto-ymparisto-ja-energia/Kestava-rakentaminen/Rakennuksen-elinkaari/> Haettu 2.12.2021

Siemens, 2021, *The company 2021*. Saatavilla: <https://new.siemens.com/global/en/company/about.html> Haettu: 25.10.2021

Simetek, 2018, *Laserkeilaus teräsrakenteiden suunnittelussa*. Saatavilla: <https://www.simetek.com/2018/05/28/laserkeilaus-teraserakenteiden-suunnittelussa/> Haettu: 1.1.2022

Tang, P., Huber, D., Akinci, B., Lipman, R., Lytle, A., 2010, Automatic reconstruction of as-built building information models from laser scanned point clouds: A review of related techniques, I: *Automation in Construction* 19 (2010) 829-843, Elsevier

Tietoa, 2022, *Fotogrammetria mittausmenetelmänä perustuu tuhansiin valokuvaan*, Saatavilla: <https://tietoa.fi/palvelut/luotettavat-lahtotiedot/fotogrammetria/> Haettu 1.1.2022

Tilastokeskus, 2021, *Rakennuskanta 2020 (Korjattu 3.5.2021)*, Saatavilla: https://www.stat.fi/til/rakke/2020/rakke_2020_2021-05-27_kat_002_fi.html Haettu 2.12.2021

Trimble, 2021, *Tekla Structures*, Saatavilla: <https://www.tekla.com/fi/tuotteet/tekla-structures> Haettu 26.12.2021

Volk, R., Stengel, J., Schultmann, F., 2013, Building Information Modeling (BIM) for existing buildings – Literature review and future needs, I: *Automation in Construction* 38 (2014) 109-127, Elsevier

Yleiset tietomallivaatimukset 2012 Osa 2, 2012, *Lähtötilanteen mallinnus*. Saatavilla: https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/yty2012_osa_4_tate.pdf Haettu 25.12.2021

Yleiset tietomallivaatimukset 2012 Osa 4, 2012, *Talotekninen suunnittelu*. Saatavilla:

[https://buildingsmart.fi/wp-](https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_2_lahtotilanne.pdf)

[content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_2_lahtotilanne.pdf](https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_2_lahtotilanne.pdf) Haettu 25.12.2021

Yleiset tietomallivaatimukset 2012 Osa 12, 2012, *Tietomallien hyödyntäminen rakennuksen käytön ja ylläpidon aikana*. Saatavilla: [https://buildingsmart.fi/wp-](https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_12_yllapito.pdf)

[content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_12_yllapito.pdf](https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_12_yllapito.pdf) Haettu 2.12.2021