

Valteri Juntunen

Tietomallintaminen korjausrakentamisen suunnittelun työkaluna



Insinööri (AMK)

Rakennus- ja
yhdyskuntatekniikka

Kevät 2021



**KAMK • University
of Applied Sciences**

Tiivistelmä

Tekijä: Juntunen Valteri

Työn nimi: Tietomallintaminen korjausrakentamisen suunnittelun työkaluna

Tutkintonimike: Insinööri (AMK), rakennus- ja yhdyskuntatekniikka

Asiasanat: korjausrakentaminen, rakennussuunnittelu, tietomallintaminen, ylläpito

Tämä opinnäytetyö käsittelee korjausrakentamisen ja tietomallintamisen tilannetta Suomessa sekä niiden keskinäistä suhdetta. Työn tarkoituksena oli kartoittaa tietomallintamisen mahdollisuuksia ja valmiuksia rakennusalalla, erityisesti korjausrakentamisen kannalta. Tavoitteena oli selvittää, miten korjausrakentamisen suunnittelussa voidaan hyötyä tietomalleista ja toisaalta mitä riskejä tietomallipohjainen suunnittelu sisältää. Työ toimii yleiskatsauksena aiheeseen ja tarjoaa käsityksen siitä mihin asioihin tulisi ensisijaisesti kiinnittää huomiota, kun korjausrakentamisen suunnittelu toteutetaan tietomallipohjaisesti.

Korjausrakentamista ja tietomallintamista tarkasteltiin viime vuosina tehtyjen tutkimusten ja julkaisujen kautta. Korjausrakentamisen yksi keskeinen ja paljon puhuttava osa on kosteusvauriot ja niiden korjaaminen, mitä sivuttiin myös tässä työssä osana korjausrakentamista. Tutkimuksista tehtyjen havaintojen pohjalta nostettiin esille ongelmakohtia, joita tietomallipohjaisissa hankkeissa on kohdattu. Näihin ongelmakohtiin on koottu ratkaisuja työn loppuosassa. Korjausrakentamisen suunnittelusta Archicad-ohjelmalla kirjoitettiin lopuksi käytännön esimerkki, jonka avulla havainnollistettiin työssä käsiteltyä teoriaa.

Työssä havaittiin, etteivät tietomallintamisen periaatteet sekä niiden hyödyntäminen ole vielä laajasti omaksuttua. Sen takia toimintatavat sekä valmiudet luoda ja käsitellä tietomalleja vaihtelevat toimijoiden välillä. Tietomallintaminen on tulevaisuudessa yhä alaa valtaava työkalu, joka tarjoaa alalle uusia mahdollisuuksia. Korjausrakentaminen poikkeaa tietyiltä osin uudisrakentamisesta ja sen määrän kasvaessa tulevaisuudessa osapuolten on tärkeää tunnistaa ja huomioida nämä tekijät suunnittelussa. Tärkeintä tietomallipohjaisissa hankkeissa on asettaa tietomallille selkeät vaatimukset ja tavoitteet sekä määritellä sen käyttötarkoitus. Sen lisäksi hankkeen alkuvaiheessa tulee varmistua osapuolten valmiuksista luoda ja käsitellä tietomalleja asetettujen vaatimusten mukaisesti. Aihe tarjoaa paljon mahdollisuuksia jatkotutkimuksille, kun tietomallintamisen valmiudet ja sen omaksuminen eri käyttäjien välillä lisääntyy sekä toivon mukaan tehostuu lähivuosina.

Abstract

Author: Juntunen Valtteri

Title of the Publication: Information Modelling as a Design Tool in Repair Construction Projects

Degree Title: Bachelor of Engineering, Construction and Civil Engineering

Keywords: BIM, building design, maintenance, repair construction

This thesis examines the current state of repair construction and building information modelling (BIM) in Finland. The aim was to identify the possibilities and readiness of BIM particularly in repair construction. The goal was to determine how BIM can be utilized in the planning of repair construction and what risks come with it. The purpose of this thesis was to provide a compact overview of what things to keep in mind and what to focus on when repair construction projects are designed using BIM.

Repair construction and BIM are examined through recently published scientific studies and articles. Water-related repair works are a significant part of repair construction thus they are briefly addressed separately. There are certain risks and problems when planning repair construction projects using BIM. Solutions to those are also presented to help recognize what are the risks and how to address them. Archicad as a building designing tool is briefly presented in the end with a couple of examples.

The results show that the principles of BIM and its use are yet to be fully realized. Capabilities and readiness to create and handle building information models vary considerably between parties. As BIM gets increasingly more popular and more widely used, it provides new possibilities for all parties in construction. Repair construction differs from building completely new buildings in some ways thus it is important for everyone involved to learn to consider those differences in BIM-based projects. The most important thing is to set clear requirements and goals for the information model and define why it is needed. At the beginning of a project, it must be certain that all relevant parties have the capabilities to create and use the information model according to set requirements and goals. The subject presents a lot of possibilities for additional studies, as BIM gets more common and hopefully more widely utilized among designers and building operators in the coming years.

Alkusanat

Haluan kiittää Insinööritoimisto Savolainen Oy:n Kajaanin toimiston väkeä hyvistä keskusteluista ja opastuksesta harjoittelujaksosi sekä opinnäytetyön tekemisen aikana. Ne toivat hyviä näkökulmia tämän työn kirjoittamiseen. Kiitos kuuluu myös lehtori, DI Matti Tiaiselle, joka ohjasi tämän työn kirjoittamisessa. Käytyjen keskustelujen pohjalta sain niin ikään hyviä vinkkejä ja ideoita työn toteutukseen.

Kajaanissa 4.4.2021

Valtteri Juntunen

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Korjausrakentaminen Suomessa	2
2.1	Korjausrakentaminen käsitteenä	2
2.2	Korjausrakentaminen tilastoissa	3
2.3	Kosteusvauriot.....	3
2.4	Korjausrakentamisen taloudellinen kannattavuus	4
2.5	Korjaustarpeen ennakointi.....	6
2.6	Mitkä tekijät ja tahot ohjaavat korjausrakentamista?	8
3	Tietomallintaminen ja sen mahdollisuudet korjausrakentamisen suunnittelussa.....	10
3.1	Tietomallintaminen käsitteenä	10
3.2	Tietomallintamisen taustaa.....	12
3.3	Tietomallintaminen suunnittelun työkaluna.....	12
3.4	Korjausrakentamisen suunnittelu	15
3.5	Hyödyntäminen kiinteistön ylläpidossa	17
3.6	Tietomallintamisen valmiudet.....	19
3.7	Tietomallintamisen tulevaisuus	21
4	Archicad	24
4.1	Archicad yleisesti.....	24
4.2	Archicadilla toteutettu korjausrakentamisen suunnittelu	27
5	Johtopäätökset	32
6	Yhteenveto	35
	Lähteet	38

Käsitteitä

BIM	Building Information Model tai Building Information Modelling. BIM:llä voidaan tarkoittaa joko rakennuksen tietomallintamista tai yksittäistä tietomallia.
CAD	Computer-aided design. Tietokoneavusteinen suunnittelu.
DWG	DWG lyhenne tulee englannin kielen sanasta drawing eli piirustus. DWG on monien suunnitteluohjelmien tukema, yleisesti CAD-suunnittelussa käytetty tiedostoformaatti.
IFC	Industry Foundation Classes. IFC on buildingSMARTin kehittämä, kansainvälistä ISO 16739-1:2018 standardia noudattava neutraali tiedostoformaatti. Sen avulla voidaan siirtää tietomalleja eri suunnitteluohjelmien välillä ilman niiden sisällön muuttumista.
TIETOMALLI	Tietomalli tarkoittaa rakennuksen koko elinkaaren digitaalista muotoa.
TIETOMALLINNUS	Tietomallinnus tarkoittaa rakentamisessa älykkäiden 3D-mallien luomista rakennuksista tai niiden osista suunnitteluohjelmien avulla.
YTV	Yleiset tietomallivaatimukset. Suomalainen tietomallintamista ohjaava julkaisusarja.
WEF	World Economic Forum. Maailman talousfoorumi

1 Johdanto

Tässä opinnäytetyössä käsitellään korjausrakentamisen tilastoja ja erityispiirteitä Suomessa. Sen lisäksi selvitetään, miten tietomallintamista voitaisiin hyödyntää ja osittain jo hyödynnetään korjausrakentamisen suunnittelussa sekä kiinteistöjen ylläpidossa. Työn tavoitteena on toimia katsoksena siihen, miten tietomallinnus voi toimia hyödyllisenä työkaluna rakennusten korjaushankkeita suunniteltaessa. Tietomallintamisen hyödyntämiseen liittyy vielä useita ongelmakohtia eri toimijoiden keskuudessa. Näitä ongelmia ja ratkaisuja käsitellään myös osana työtä.

Työssä teoriaa käsitellään yleisellä tasolla, eikä sitä ole sidottu tiettyyn rakennustyyppiin tai aika-kauteen. Työssä käsitelty korjausrakentamisen teoria pohjautuu suomalaisiin julkaisuihin sekä Tilastokeskuksen tuottamiin tilastoihin, sillä korjausrakentamisen luonne on laajalti riippuvainen maasta tai alueesta, jonka rakentamista käsitellään. Sen sijaan tietomallintamisen teoria on universaalimpaa ja sen pääperiaatteet, ongelmakohdat sekä kehitysmahdollisuudet ovat pääosin samoja kaikkialla.

Toisaalta aihetta olisi voinut tutkia laajemmin pelkästään tietomallintamisen näkökulmasta ja kartoittaa yleisesti tietomallintamisesta periaatteita sekä kertoa tätä työtä laajemmin sen erilaisista käyttösovelluksista. Korjausrakentaminen valikoitui tietomallintamisen lähestymiskulmaksi, koska se on merkittävä osa rakentamista. Korjausrakentamisen määrän voidaan tilastojen valossa odottaa kasvavan entisestään. Se poikkeaa tietyiltä osin uudisrakentamisesta ja siihen liittyy erityispiirteitä, joista jokaisen suunnittelijan olisi hyvä olla tietoinen ainakin yleisellä tasolla, jotta ne osataan huomioida suunnittelutyössä, joka yhä lisääntyvissä määrin tapahtuu tietomallintamiseen kannustavilla ohjelmistoilla.

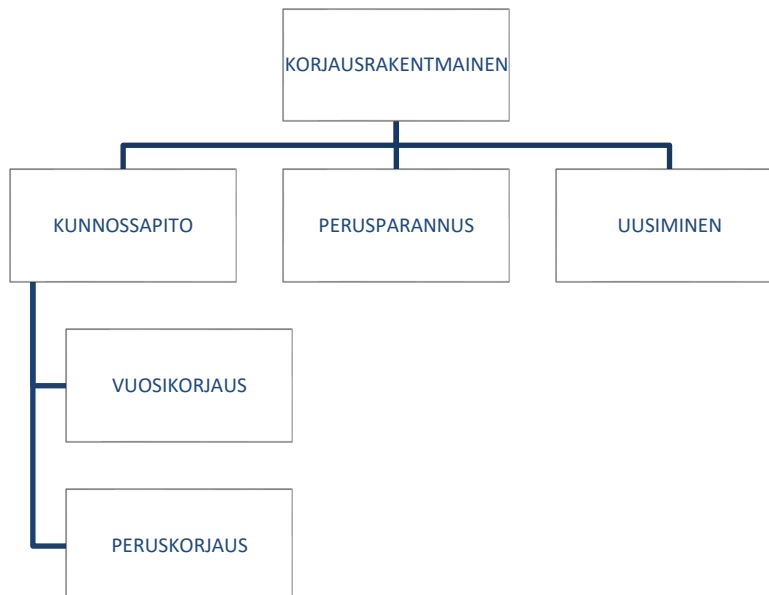
2 Korjausrakentaminen Suomessa

2.1 Korjausrakentaminen käsitteenä

Tilastokeskuksen määritelmän mukaisesti korjausrakentaminen yleisesti tarkoittaa kaikkea toimintaa, jolla pyritään parantamaan tai ylläpitämään rakennuksen tai sen osien kuntoa [1]. Korjausrakentaminen voidaan jakaa:

- kunnossapitoon,
- perusparannuksiin ja
- rakennusten, rakennusosien tai teknisten järjestelmien uusimiseen.

Rakennuksen kunnossapidolla pyritään ylläpitämään rakennuksen nykyisiä ominaisuuksia ja laatutasoa. Se voidaan toteuttaa joko vuosi- tai peruskorjauksena. Tapauksissa, joissa tehtävät korjaustoimenpiteet parantavat tai muuttavat rakennuksen ominaisuuksia, on kyse perusparannuksesta. Jaottelu on kuvattu kuvassa 1. [2, s. 16–17.]



Kuva 1. Korjausrakentamisen jaottelu [2, s. 17].

2.2 Korjausrakentaminen tilastoissa

Korjausrakentaminen käsittää huomattavan osan kaikesta Suomen rakentamisesta. Tilastokeskuksen mukaan vuonna 2019 talonrakennusalalla korjausrakentamisen osuus kaikista urakoista oli 44 %. Korjausrakennushankkeiden rahallinen arvo oli 9,5 miljardia euroa, kun kaikkien yli viisi henkilöä työllistävien talonrakennusalan yritysten urakoiden arvo vuonna 2019 oli yhteensä 21,4 miljardia euroa. Noin puolet korjausrakentamisesta, 49 %, kohdistui asuinrakennuksiin ja loput 51 % muiden rakennusten korjauksiin. [3.]

Rakennusteollisuus RT ry:n mukaan 70 % korjaustarpeesta kohdistuu rakennusosien tavanomaiseen korjaukseen, kulumisen, vanhenemisen ja vaurioitumisen takia. 23 % käsittää vuosikorjauksia tai alkavien vaurioiden korjaamiseen liittyviä urakoita. Loput korjaustarpeesta kohdistuu kosteusvaurioiden korjauksiin sekä esteettömyyden parantamiseen. [4.]

2.3 Kosteusvauriot

Ympäristöministeriö (YM) teettää korjausrakentamista koskevia raportteja, joilla pyritään kartoittamaan korjausrakentamisen tilannetta Suomessa. Teknologian tutkimuskeskus (VTT) julkaisi vuonna 2016 YM:n toimeksiannosta raportin *Asuinrakennusten korjaustarve 2006–2035*. Raportissa käsitellään laajalti kosteusvaurioiden syntyä sekä korjauksia asuinrakennuksissa. Kosteusvauriot ovat määrällisesti ja taloudellisesti keskeinen osa korjausrakentamista: raportissa arvioitiin, että kosteusvaurioiden korjaamiseen käytetään Suomessa vuosittain 400 miljoonaa euroa [5, s. 13].

Raportin mukaan kosteusvaurioiden taustalla ovat muun muassa 1960–80-luvuilla käytetyt vaurioherkät rakenteet sekä suunnittelu- ja rakentamisvirheet. Näiden lisäksi arvioidaan, että rakennusten puutteellinen kunnossapito ja huolto sekä korjaustoimenpiteiden siirtäminen ja rakennuksen vääränlainen käyttö ovat johtaneet kosteusvaurioihin. Kosteusvaurioiden ympärille on vuosien aikana perustettu useita tutkimus- ja kehityshankkeita, joilla ongelmaan on pyritty puuttumaan. Valtioneuvosto on asettanut erilaisia tutkimus- ja työryhmiä ratkaisemaan kosteusvaurioiden aiheuttamia ongelmia ja näiden perusteella on syntynyt kampanjoita, kuten *Terve Talo* sekä *Kosteus- ja hometalkoot*. [5, s. 6.]

VTT:n tutkimuksen mukaan lukumääräisesti eniten kosteusvaurioita rakennuksiin ovat aiheuttaneet putkirikot sekä vuotavat liitokset kalusteiden, laitteiden ja putkien välillä. Seuraavaksi eniten

vaurioita aiheuttivat nykytiedon valossa riskirakenteet, joita ei rakennusaikana tunnistettu. Näihin lukeutuvat muun muassa puutteellinen tai puuttuva vedeneristys ja veden kapillaarisen nousun estävä maa-aines. Yleisimmin kosteuden vaurioittama rakenne tutkimustulosten mukaan oli ala- ja välipohja. [5, s. 7.]

Huomionarvoista tutkimustuloksissa on se, että arviolta 47 % tutkimuksen tapauksista olivat sellaisia, että asukas tai omistaja olisi voinut joko estää vaurion syntymisen kokonaan tai pienentää sen aiheuttamia vaikutuksia. Toimenpiteitä, joilla asunnon käyttäjä olisi voinut estää vaurion syntymisen, ovat muun muassa astianpesukoneen liitosten tarkastaminen, viemäritukosten avaaminen sekä kattokaivojen ja vesikourujen säännöllinen puhdistaminen. [5, s. 8.]

Vuosien varrella kosteusvaurioiden syntymiseen on pyritty puuttumaan kehittämällä parempia tekniikoita rakennustyömailla. Riskialttiiksi todettuja rakenneratkaisuja pyritään välttämään ja rakennusaikaiseen kosteudenhallintaan kiinnitetään yhä enemmän huomiota esimerkiksi kuivaketjun ylläpitämisellä. [5, s. 5.]

2.4 Korjausrakentamisen taloudellinen kannattavuus

VTT on ollut mukana myös Pellervon taloustutkimuksen (PTT) julkaisemassa raportissa *Asuinrakennusten korjaustarve* (2015). Raportissa arvioidaan, että vuosina 2016–2025 tekninen korjaustarve on vuosittain keskimäärin 3,5 miljardia euroa, eikä sen arvioida merkittävästi muuttuvan 2026–2035 välisenä aikana [2, s. 5]. Tekninen korjaustarve syntyy rakennusten ikääntyessä. Siihen johtaa rakenteiden kuluminen ja vaurioituminen sekä yleinen laadullisten ominaisuuksien jääminen jälkeen verrattuna vaatimustasoon [2, s. 82].

Kerrostaloissa korjaustarve kasvaa, kun rakennukset tulevat elinkaarensa päähän ja edellyttävät korjaus- ja parannustoimenpiteitä. Samaan aikaan kiinteistöjä autioituu muuttoliikkeen seurauksena, kun väestö siirtyy maakunnista kasvukeskuksiin, milloin autioiden rakennusten kunnossapito ja huolto jäävät vähälle huomiolle. Korjausrakentamisen investointeja harkitessa tuleekin tarkastella, onko kaikkiin korjausta tarvitseviin kohteisiin taloudellisesti järkevää tehdä investointeja, vai olisiko esimerkiksi rakennuksen purkaminen järkevämpi vaihtoehto kalliiden peruskorjausten sijaan. [2, s. 7.]

PTT:n raportti arvioi Suomen asuntokannan korjaustarvetta sekä teknisen että taloudellisen perusteltavuuden kannalta. Teknistä korjaustarvetta laskettaessa voidaan olettaa, että se on myös

taloudellisesti perusteltua, jos asuntokysyntä tietyllä alueella ylittää käytössä olevan asuntokannan koon. Vastaavasti jos kysyntä on pienempää kuin käytössä oleva asuntokanta, ei kaikkia asuntoja kannata korjata. Asuntojen tulevan kysynnän arvioinnissa on käytetty Tilastokeskuksen laatimaa väestöennustetta ja tasoittuvan trendin arviota asuntokuntien keskikoon muutoksesta. [2, s. 32.]

Raportin mukaan koko maan tasolla teknisestä korjaustarpeesta noin 92 prosenttia on myös taloudellisesta näkökulmasta perusteltua. Taulukossa 1 taloudellisesti perusteltu korjaustarve on jaoteltu talotyypeittäin. On huomattava, että alueelliset erot ovat merkittäviä. Erityisesti kasvukeskusten ulkopuolisilla alueilla useille asunnoille ei riitä kysyntää, joten korjauksille ei ole taloudellista perustetta. [2, s. 5.] Toisaalta myös kasvukeskusten sisällä esiintyy huomattavia alueellisia eroja, eikä pelkkä sijainti tietyssä kaupungissa itsessään takaa korjausinvestointien kannattavuutta [2, s. 29].

Taulukko 1. Korjaustarve vuosittain koko maassa perusskenaariossa [2, s. 36].

Talotyyppi	Korjaustarve, milj. €	Taloudellisesti perusteltu korjaustarve, milj. €	Taloudellisesti perustellun korjaustarpeen osuus teknisestä korjaustarpeesta, %
Kerrostalo	1 693	1 533	91
Rivitalo	632	570	90
Omakotitalo	1 181	1 113	94
Yhteensä	3 506	3 216	92

Tutkimuksessa on huomattu, ettei korjaustarvetta voida olettaa pelkästään rakenteen laskennallisen elinkaaren perusteella. Aikaisempina vuosikymmeninä käytetyt rakennustekniikat ja -materiaalit ovat vaihdelleet vuosikymmenten aikana, mikä aiheuttaa korjaustarvetta nykypäivänä. PTT:n tutkimuksen haastattelutulosten perusteella tutkimuksessa selvisi, että korjaustarvetta kohdistuu erityisesti 70–80-luvuilla käytettyihin julkisivu- ja pintamateriaaleihin. [2, s. 11.]

Parhaat taloudelliset edellytykset rakennusten korjauksille on suurten kaupunkien keskusta alueilla, joissa asuntojen kysyntä on korkeaa. Kannattavuus pienenee jo pienempien kaupunkien keskusta alueita tarkastellessa ja luonnollisesti pienenee yhä siirryttäessä keskusten ulkopuolelle, joista väestö muuttaa keskuksiin. Kysyntään vaikuttavat myös asunnon kunto, huoneistoratkaisu ja varustelutaso. [2, s. 12.]

Yleisesti korjaustarve syntyy, kun rakennuksen tai sen osan tekninen käyttöikä on päättymässä. Korjausrakentamisen kannattavuuteen vaikuttavat kysynnän lisäksi myös sen arvioitu käyttöikä. Jos jäljellä oleva käyttöikä on lyhyt, ei korjausinvestointia välttämättä kannata tehdä. Kuitenkin kaikki tekemättä jätetyt korjaukset kerääntyvät vähitellen, mikä voi edesauttaa vaurioiden syntymistä ja yhä kasvattaa syntynyttä korjausvelkaa. [2, s. 19.]

PTT:n raportissa käytetyt Tilastokeskuksen tilastot osoittavat, että koko rakennuskantaan tarkastellessa korjauksia tehdään tarvetta vähemmän, mikä kasvattaa korjausvelkaa. Vajausta oli rivija omakotitalojen korjauksissa, joissa korjausvolyyymi oli vain 72 %. Toisaalta tilastojen mukaan kerrostaloissa korjausvolyyymi ylitti vuonna 2013 keskimääräisen tarpeen. [2, s. 24.] Korjausvelkaa syntyy, kun rakennuksen tekninen nykyarvo on alle 75 % nykyarvosta [2, s. 82].

Vuotuinen korjaustarve on taloudellisesta näkökulmasta merkittävä summa. Vuonna 2015 laaditussa PTT:n raportissa 25 vuoden aikana tekemättä jääneiden korjausten arvoksi laskettiin 15 miljardia euroa. Osaltaan siihen vaikutti 90-luvun lama, joka sai kiinteistön omistajat lykkäämään korjaushankkeita, mikä näkyy korkeampana korjausvelkana. [2, s. 11.]

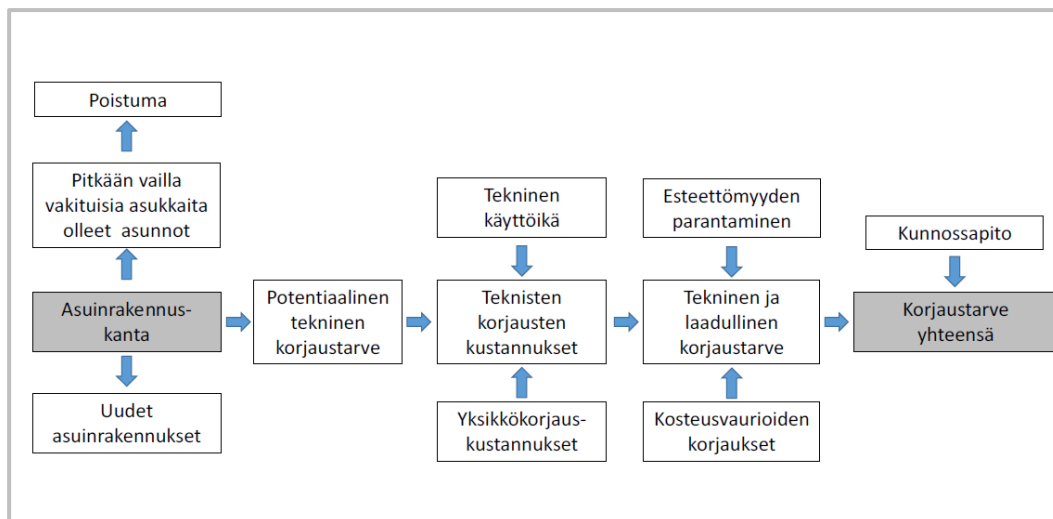
PTT:n raportti arvioi, että vuosina 2016–2025 noin 62 600 asuntoa on vuosittain teknisen kuntonsa puolesta korjaustarpeessa. Luvun arvellaan kasvavan vuosien 2026–2035 välillä 65 100 asuntoon vuodessa. Kasvava korjaustarve selittyy kerrostalojen kasvavalla korjaustarpeella. [6, s. 22] Pääkaupunkiseudulla korjaustarve tulee kasvamaan rakennuskannan ikärakenteen takia [6, s. 25]. Valtakunnallisesti arvioituun korjaustarpeeseen vaikuttaa kuitenkin vähentävästi rakennusten poistuma, jotka jäävät korjaamatta niiden poistuessa käytöstä. [2, s. 23.] Poistuma on luonnollisesti suurempaa alueilla, joissa kaikille asunnoille ei ole kysyntää.

2.5 Korjaustarpeen ennakointi

Suomessa asuinrakennusten korjaustarvetta on pyritty ennakoimaan erilaisin keinoin. ASPE eli asuinrakennusten teknisen korjaustarpeen ennakointimalli kehitettiin 1980-luvulla YM:n tarpeisiin. ASPE-malli on luotu sillä oletuksella, että korjaustarve ja toimenpiteet sekä siitä aiheutuvat kustannukset ovat sidoksissa rakennuksen ikään ja tyyppiin. Mallia on vuosien saatossa päivitetty useasti vastaamaan paremmin sille asetettuja tavoitteita. [5, s. 10.]

Asuinrakennusten korjaustarve 2006–2035 raportin (2016) yhteydessä luodussa korjaustarpeen ennakointimallissa huomioidaan rakennuksen iän ja tyyppin lisäksi myös sen sijainti. Muutoksen

myötä mallia kutsutaan asuinrakennusten koko korjaustarpeen ennakointi eli ASKO-malliksi. [5, s. 10]. Kuvassa 2 on esitetty ASKO-mallin laskentamenetelmä. ASKO-malli ajoittaa korjaustarpeen rakennusosien teknisen käyttöiän perusteella, kun aikaisemmissa ASPE-malleissa korjaukset on ajoitettu toteutuneen korjauskäytännön mukaisesti. Tämä huomiointi kasvattaa laskennallista korjaustarpeen kasvua erityisesti omakotitaloissa. [5, s. 13.]



Kuva 2. ASKO-laskentamenetelmä [5, s. 27].

Korjaustarpeen arvioinnissa tärkeä lähtötieto on asuinrakennusten määrä, ikärakenne ja niiden käytössä olo. Taulukossa 2 on esitetty asuinrakennusten kerrosala vuoden 2015 lopussa. Huomioitavaa on, että vaikka 80-luvulla asuinrakennuksia rakennettiin huomattavasti enemmän kuin 70-luvulla, ei se näy kerrosalavertailussa, sillä rakentaminen oli hyvin pientalovaltaista. [5, s. 10.]

Taulukko 2. Asuinrakennusten kerrosala 31.12.2015 [5, s. 11].

Vuodet	Omakoti- talot	Rivitalot	Kerrostalot	Yhteensä	%
–1945	16 000 000	500 000	7 500 000	24 000 000	8
1945–1959	26 300 000	500 000	8 900 000	35 700 000	12
1960–1969	14 200 000	1 900 000	15 900 000	32 000 000	11
1970–1979	22 100 000	7 600 000	23 600 000	53 300 000	18
1980–1989	29 300 000	11 500 000	12 100 000	52 900 000	18
1990–1999	19 100 000	5 700 000	10 900 000	35 700 000	12
2000–2009	22 300 000	4 300 000	10 100 000	36 700 000	13
2010-	10 600 000	1 900 000	7 300 000	19 800 000	7
Tuntematon	1 700 000	200 000	600 000	2 500 000	1
Yhteensä	161 600 000	34 100 000	96 900 000	292 600 000	100

Korjaustarpeen ennakkoinnilla pyritään valmistautumaan korjauskustannuksiin, jotta kansantalouden korjausvajetta saataisiin kurottua umpeen. Aiheesta viime vuosina julkaistut tutkimukset osoittavat, että korjausrakentamisen määrä ei tavoita rakennuskannan teknistä korjaustarvetta. VTT:n raportissa arvioidaan, että vuosien 2016–2025 välillä korjauksiin tulisi sijoittaa vuosittain keskimäärin 9,4 miljardia euroa. Vastaavan luvun arvioidaan kasvavan 11,1 miljardiin euroon vuosien seuraavalla kymmenvuotisella jaksolla. Syynä tähän on 80-luvun rakennuskannan tulo niiden käyttöiän päähän ja sen myötä syntyvä korjaustarve. [5, s. 11–15.]

2.6 Mitkä tekijät ja tahot ohjaavat korjausrakentamista?

Suomessa kaikkea rakentamista ohjaa Maankäyttö- ja rakennuslaki (132/1999) sekä sitä täydentävät asetukset. Korjausrakentamisen kannalta yksi keskeinen on YM:n asetus 4/2013 rakennuksen energiatehokkuuden parantamisesta korjaus- ja muutostöissä. Asetus sisältää korjaus- ja muutostöiden suorittamiseen liittyviä teknisiä vaatimuksia, joiden sisältöä ei käsitellä tässä työssä tarkemmin. Asetuksella tavoitellaan yleisesti korjausrakentamisen yhdenmukaistamista ja rakennuskannan ohjaamista energiatehokkaampaan suuntaan. YM:n asetus edellyttää rakennuksen

energiätehokkuuden parantamista korjausrakentamisen yhteydessä esimerkiksi tehostamalla rakennuksen lämmön talteenottoa ja lämmöneristystä. [6, s. 34.]

Toisaalta tiukat vaatimukset korjausrakentamisen yhteydessä tehtäville parannuksille voivat pahimmillaan estää tai viivästyttää korjaushankkeita. Tämä riski on erityisesti alueilla, joissa asuntojen kysyntä ja arvo on laskussa, eikä siten korjaushankkeen taloudellisesta kannattavuudesta ole samanlaista varmuutta kuin kasvukeskuksissa. Erityisesti 70-luvulla rakennetut kiinteistöt, jotka lähestyvät laskennallisen elinkaarensa loppua, ovat korjausrakentamisen taloudellisesta näkökulmasta haastavia. Vaadittavien korjaustoimenpiteiden kustannukset ja kiinteistöjen matala arvo tekevät useissa paikoissa niiden korjaamisesta kannattavasti lähes mahdotonta. [6, s. 57.]

Tämän riskin ehkäisemiseksi korjaushankkeille on laadittu erilaisia kannustimia, joiden nojalla taloyhtiöt voivat hakea rahallista tukea korjausrakennushankkeilleen, kun ne täyttävät asetetut ehdot. Tukitoimilla pyritään mahdollistamaan korjausrakennushankkeet myös sellaisille alueille, joissa ne ilman tukia jäisivät tekemättä kannattamattomina. [6, s. 39.]

Suomessa lainsäädäntöä pyritään kehittämään jatkossakin vastaamaan yhä paremmin Euroopan unionin asettamia tavoitteita ja Suomen omaa hiilineutraaliustavoitetta, esimerkiksi ohjaamalla niin julkista kuin yksityistäkin puolta vaihtamaan lämmitysratkaisut ympäristöystävällisempiin vaihtoehtoihin. [6, s. 36.]

Rakennuskannan tehokas ylläpitäminen vaatii suunnitelmallisuutta ja varautumista tuleviin ylläpito- ja korjaushankkeisiin. YM:n raportissa pidetään kannattavana kiinteistökohtaisen strategian laatimisesta 15–20 vuoden ajalle, jossa tavoitteeksi voidaan asettaa asteittainen siirtyminen kohti nollaenergiatasoa. Vaihtoehtoisesti sen avulla voidaan varautua myös rakennuksen purkamiseen, jos niiden korjaaminen ja ylläpito ei ole kannattavaa. [6, s. 27.] Asunto-osakeyhtiölaki (2009/1599) velvoittaaakin jokaista taloyhtiötä ylläpitämään 5-vuotissuunnitelman tulevista korjaustarpeista [6, s. 36].

3 Tietomallintaminen ja sen mahdollisuudet korjausrakentamisen suunnittelussa

3.1 Tietomallintaminen käsitteenä

Puhuttaessa 3D-malleista ja tietomallintamisesta on syytä erottaa 3D-mallin ja tietomallin ero: Rakennuksesta tehty 3D-malli voi olla hyvinkin fotorealistinen, mutta antaa käyttäjälle vain visuaalista informaatiota, joten siitä saatavat tiedot ovat pääosin vain ihmisen luettavissa. Pelkkä 3D-malli ei myöskään anna käyttäjilleen yhtä laajasti tietoa. Tietomalli koostuu usein useista eri suunnittelualojen 3D-malleista ja siinä objekteille syötetään erilaisia arvoja ja ominaisuuksia. Tietomallia voidaan hyödyntää visuaalisen havainnoinnin lisäksi esimerkiksi energia-, talotekniikan ja lujuuslaskenta-analyyseissa, määrä- ja kustannuslaskennassa sekä aikataulujen laadinnassa. [7.]

Tietomalli on parhaimmillaan koko rakennuksen ja sen elinkaaren tietojen kokonaisuus digitaalisessa muodossa. Keskeinen osa tietomallintamista on rakennuksen geometrian määrittäminen. Kolmiulotteisen geometrian avulla rakennuksen ominaisuuksia voidaan visualisoida ja analysoida suorittamalla erilaisia simulointeja. [8, s. 6.]

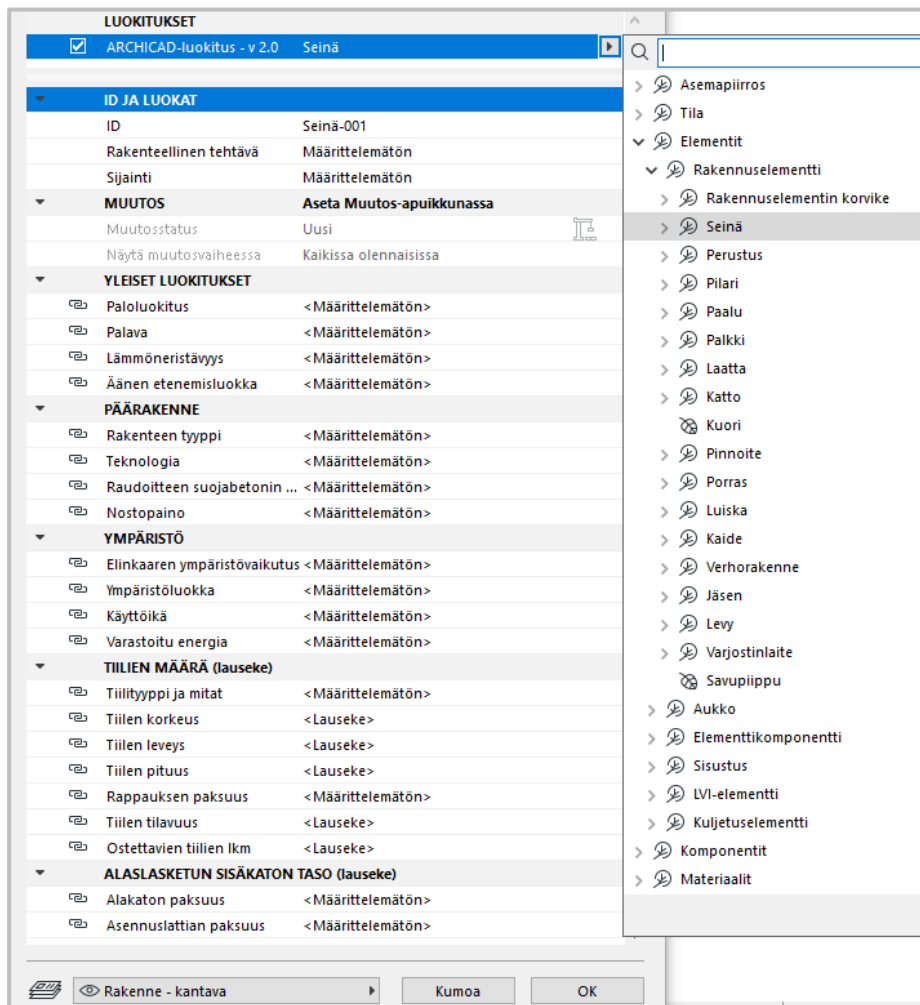
Tietomallin eri osiin voidaan valinnan mukaan sijoittaa erilaista tietoa tilaajan ja suunnittelijoiden tarpeiden mukaan. Kun tietomalli on luotu vaatimusten mukaisesti ja siihen on syötetty relevanttia tietoa, voidaan sen avulla saada selville esimerkiksi rakennus-, huolto-, ylläpito- ja energiankäyttökustannuksia. Tietomalliin voidaan vaaditun tarkkuuden mukaisesti mallintaa jokainen rakennuksen osa yksityiskohtaisesti. Sen avulla voidaan kustannustehokkaasti kokeilla ja visualisoida erilaisia suunnitteluvaihtoehtoja. Valmiista tietomallista saadaan tulostettua kaikki tarvittavat dokumentit esimerkiksi rakentamisen lupaprosessia varten. [9.]

Suomessa tietomallinnusta ohjaa Rakennustietosäätiön julkaisema 14-osainen julkaisusarja *Yleiset tietomallivaatimukset 2012* (YTV). YTV ohjaa suunnittelijaa tietomallinnushankkeessa, ja sen tarkoitus on yhtenäistää tietomallikäytäntöjä Suomessa ja näin parantaa tietomallien käyttökelpoisuutta toimistojen ja suunnittelualojen välillä sekä mahdollistaa tietomallien käyttö paremmin myös rakennuksen ylläpidossa. Julkaisusarja kattaa uudis- ja korjausrakentamiskohteet sekä valmiiden rakennusten käytön ja ylläpidon.

Suunnitteluohjelmat antavat tietomallin tekijälle runsaasti vaihtoehtoja eri parametrien antamiselle eri objekteille ja rakennusosille. Mitä enemmän tietomalliin syötetään tietoa, sitä laajemmin

sitä voidaan teoriassa hyödyntää rakennuksen elinkaaren aikana. Toisaalta ylimääräisen tiedon syöttäminen ei kaikissa tapauksissa ole kannattavaa, koska se nostaa suunnittelukustannuksia.

Kuvassa 3 on esitetty Archicad 24-version Seinä-työkalun antamia vaihtoehtoja eri parametrien syöttämiselle tietomalliin. Käytettävissä olevat parametrit, joita käyttäjä voi hyödyntää mallissa, riippuvat käytettävästä suunnitteluohjelmasta, työkalusta ja objektista. Tietomalliin syötettävien tietojen tarkkuus tulee sopia yhdessä tilaajan kanssa [7].



Kuva 3. Osa Archicad Seinä-työkalun tarjoamia vaihtoehtoja eri tietojen lisäämiselle objektiin.

3.2 Tietomallintamisen taustaa

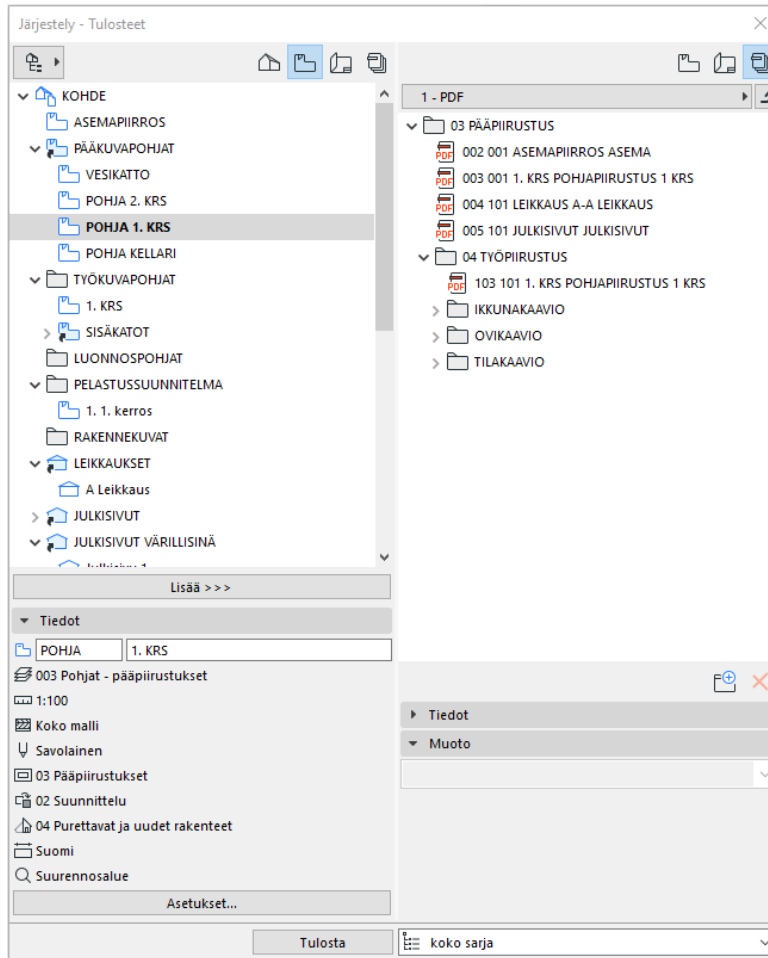
Tietomallintaminen juontaa juurensa tietokoneavusteisen suunnittelun (CAD) kehittymiseen. CAD-suunnittelu yleistyi hiljalleen tietokoneiden yleistyessä suunnittelu yrityksissä. Ensimmäiset CAD-suunnitelmat eivät sisällöltään juurikaan poikenneet perinteisistä tasopiirustuksista, ne vain tehtiin sähköisessä muodossa. Piirtämisen periaate pysyi kuitenkin samana, ja se tehtiin edelleen viivoilla älykkäiden objektien ja elementtien sijaan. CAD-suunnittelu osaltaan helpotti tiedonsiirtoa ja säilyvyyttä, mutta muuta merkittävää hyötyä sillä ei heti saavutettu verrattuna paperisiin piirustuksiin. Tietokoneiden ja ohjelmistojen kehittyessä kehittyi myös ajatus tehdä rakennuksista älykkäitä 3D-malleja. Aluksi tietomalliohjelmistot kehitettiin arkkitehtisuunnittelun työkaluksi. Rakenne- ja LVIS-mallit tehtiin alakohtaisilla suunnitteluohjelmilla, jolloin kohteesta syntyi useita eri malleja, yhden yhdistelmämallin sijaan. [7.]

3.3 Tietomallintaminen suunnittelun työkaluna

Tietomallintamisen etu niin korjaus- kuin uudisrakentamisessa on se, että tieto saadaan koottua yhteen digitaaliseen pakettiin. Kun tiedot saadaan keskitettyä jo suunnitteluvaiheessa, vähentää se manuaalisen tiedon siirtämisen tarvetta myöhemmässä vaiheessa [10, s. 2]. Samalla riski tiedon katoamisen ja väärin syöttämisen osalta pienenee merkittävästi.

Kun suunnittelutyö toteutetaan tietomallipohjaisesti, jakaantuu työpanos perinteisestä 2D-suunnittelusta poiketen: Suunnittelutyön pääpaino siirtyy tavallisen piirtämisen, tulostamisen ja tiedonsiirron sijasta sisällön tuottamiseen tietomalliin, jolloin suunnittelija voi keskittyä merkittävimpiin suunnittelutehtäviin. Projektin aikana tietomallista tulostetaan useita 2D-kuvia eri vaihtoehtoista ja eri versioista, jolloin suunnittelijoiden tulee olla hyvin perehtyneitä siihen, mikä versio tietomallista ja siitä otetuista tulosteista on relevanttia (kuva 4). Versionhallinta on tärkeä osa jokaista tietomallintamisprojektia, ja hankkeen eri tahojen tulee sopia siitä yhteisesti, jotta osapuolet tunnistavat, mikä versio on kulloinkin ajantasainen. [8, s. 12.]

Tiedon ajantasaisuus ja sen ylläpitämisen vastuut ovat tärkeä osa tietomallihankkeiden kulkua. Luotettavan tiedon merkitys korjausrakentamishankkeissa on huomattava: ajantasaisella ja helposti saatavissa olevalla informaatiolla saavutetaan säästöjä projektin aikana, sillä se lyhentää hankkeen kokonaiskestoa, mikä puolestaan laskee sen kustannuksia [10, s. 4.]

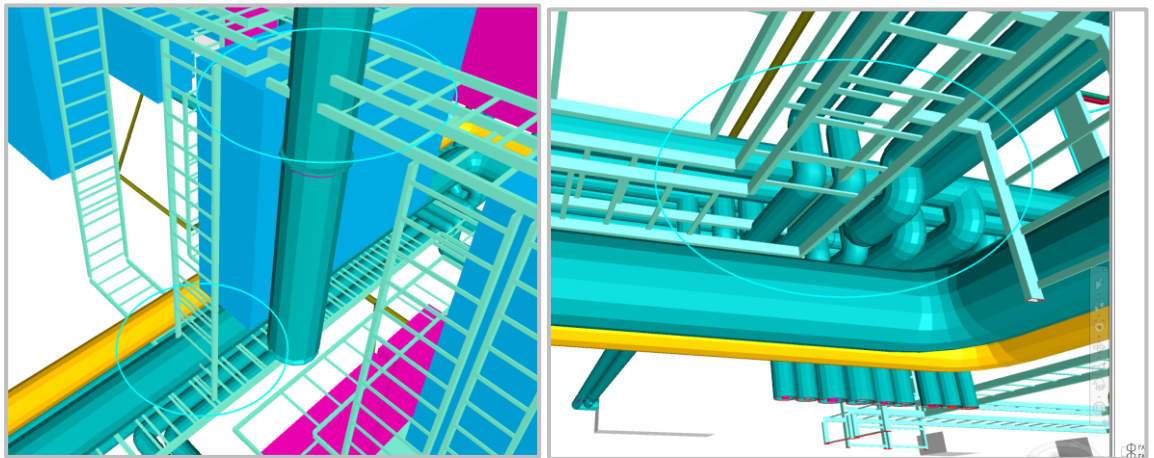


Kuva 4. Kuvankaappaus Archicadin Järjestely-ikkunasta, jonka avulla halutuista näkymistä luodaan tulosteet tarvittavissa tiedostomuodoissa muille suunnittelijoille ja tilaajalle.

Rakennuksen tietomallintaminen luo rakennushankkeen osapuolille paljon mahdollisuuksia. Tietomallin avulla voidaan helposti testata ja vertailla erilaisia toteutusvaihtoehtoja ja esitellä niitä tilaajalle. Erilaisten toteutusvaihtoehtojen vertailun merkitys korostuu rakennushankkeen kriittisimmässä vaiheessa eli hankkeeseen ryhtymisen päätöksenteon aikana. Tietomalli on kustannustehokas ja joustava tapa kokeilla erilaisia vaihtoehtoja esimerkiksi tilojen massoittelemalla, sijoittelulla ja määrän suhteen. Mallintamisen tuoma mahdollisuus havainnoida suunnitelmia visuaalisesti parantaa myös tilaajan ymmärrystä suunnitelmista ja siitä, mitä erilaisia vaihtoehtoja hänelle tarjotaan. [8, s. 9.] Kun vaihtoehdot saadaan visualisoitua yksityiskohtaisesti jo suunnittelun alkuvaiheessa, saavat kaikki osapuolet käsityksen siitä, onko esimerkiksi muutostöiden laajuus tai toteutustapa mielekäs.

Työkaluna tietomallintaminen vähentää virheitä suunnittelun ja sitä kautta myös rakentamisen aikana. Siihen vaikuttaa muun muassa tiedonsiirron helppo siirrettävyys tahojen välillä. Tiedonsiirrossa hyödynnetään usein neutraalia tiedostomuotoa, kuten IFC (Industry Foundation Classes), jonka avulla eri suunnittelijoiden luomat mallit saadaan yhteen sovitettua. Tietomalliin tehdyt muutokset tallentuvat samalla kaikkiin suunnitelmiin, mikä vähentää ylimääräistä työtä ja virheiden syntymistä suunnitteluvaiheessa. [8, s. 9.]

Tietomallit ovat tehokas työkalu myös suunnitelmien törmäystarkastelussa, jolla voidaan ennakoita ja välttää kalliita virheitä työmaalla. Eri katseluohjelmien, kuten *Solibrin*, avulla tietomallista voidaan nopeasti nähdä, soveltuvatko eri suunnittelualueiden suunnitelmat toisiinsa tarkistamalla esimerkiksi läpivientiaukkojen sijainnin ja koon. Suunnittelun aikana tehty törmäystarkastelu ehkäisee kalliiden ongelmien syntymistä rakentamisvaiheessa, kun havaitut virheet ja ongelmakohdat voidaan korjata jo suunnitteluvaiheessa tietomalliin. [8, s. 9.] Törmäystarkastelusta ja eri suunnittelualueiden mallien yhteensovittamisesta projektissa vastaa tietomallikoordinaattori, jonka roolista tulee sopia hankkeen alkuvaiheessa. Alla olevissa kuvissa 5 ja 6 on esimerkkejä törmäystarkastelun tuloksena löydettyistä törmäyskohdista visualisoituna Solibrin näkymässä.



Kuvat 5 ja 6. Esimerkkejä törmäystarkastelun kautta havaituista päällekkäisyyksistä rakenneosien välillä [11.]

Tietomallit tehostavat myös rakennushankkeen taloudenhallintaa, kun määrälaskenta voidaan toteuttaa tarkasti ja ennakoita virheitä sekä riskejä suunnitteluvaiheessa. Tietomallista saatavat määrätiedot ovat apuna hankkeen tarjouslaskennassa ja budjetoinnissa, mikä helpottaa projektin etenemisen ja tavoitteiden toteutumisen seurannassa. [8, s. 9.]

3.4 Korjausrakentamisen suunnittelu

Korjausrakennushankkeet lähtevät liikkeelle samasta lähtökohdasta kuin uudisrakennushankkeetkin: Ensin tulee arvioida, tarvitaanko korjaustoimenpiteitä. Jos tarve todetaan, siirrytään keräämään tietoja käyttäjiltä ja selvitetään, millaisia vaatimuksia heillä on. Sen pohjalta erilaisia toimenpidevaihtoehtoja voidaan alkaa suunnittelemaan ja arvioimaan. Korjausrakentamisen suunnitteluvaihe poikkeaa uudisrakentamisesta huomattavasti siinä, että tarkkaa tietoa kohteesta saadaan usein laajalti vasta toteutusvaiheessa. Tämä vaikuttaa huomattavasti eri suunnitteluratkaisujen toteutuskelpoisuuteen, minkä takia työmaalla tehdyt havainnot ovat ensiarvoisen tärkeää huomioida myös suunnitelmissa tekemällä niihin tarpeelliset muutokset. [12, s. 12–13.]

Erilaiset tekijät muodostavat suunnittelussa ja toteutuksessa lisähaasteita, joista selkeimmät ovat tilanpuute, korjattavien rakenteiden ollessa osana valmista rakennusosaa, ja epävarmuus rakenteen todellisesta kunnosta. Edellä mainittuja haasteita ja riskikohtia pyritään ehkäisemään kartoittamalla kohteen lähtötiedot ja muut tekijät, jotka voivat vaikuttaa hankkeen toteutukseen. Hankkeen alkuvaiheessa tulisi kiinnittää riittävästi huomiota ja resursseja lähtötietojen, kuten aikataulun, budjetin ja rakenteen kunnan selvittämiseen. Tahojen tulee huomioida esimerkiksi tarpeen mukaan tehtävien kuntotutkimusten toteuttamiseen kuluva aika hankkeen kokonaisaikataulussa. Puutteelliset lähtötiedot voivat kostautua myöhemmässä vaiheessa, jos suunnitelmat ja toteutusratkaisut eivät vastaa todellista rakenteen kuntoa. [12, s. 13.] Hankkeen alkuvaiheessa osapuolten tulee tiedostaa, että lähtötiedoissa on aina tietty määrä epävarmuutta. Tämän takia tulee määritellä, millä tarkkuudella rakenneosat mallinnetaan [12, s. 15].

Hankkeen kustannustehokkuuden näkökulmasta tietomallia ei tulisi tehdä tarkempana kuin aluksi on määritelty. Turha mallintaminen ei palvele välttämättä ketään, eikä mallintamista tulisi koskaan tehdä varmuuden vuoksi. Toimijoiden olisi hyvä noudattaa ”*useful minimum*”-periaatetta, jonka mukaan tietomalliin tulisi sisällyttää vain hankkeen kannalta hyödylliseksi katsottu informaatio. [10, s. 75.]

Helanderin tutkimuksen mukaan tietomallit koetaan yleisesti hyödyllisinä korjausrakennushankkeissa, mutta niiden käyttökelpoisuus ja hyödyllisyys ovat kohdekohtaisia. Tietomallien hyöty korostuu suunniteltaessa uusia rakenteita ja sovitettaessa uusia talotekniikan järjestelmiä rakennukseen. [12, s. 14.]

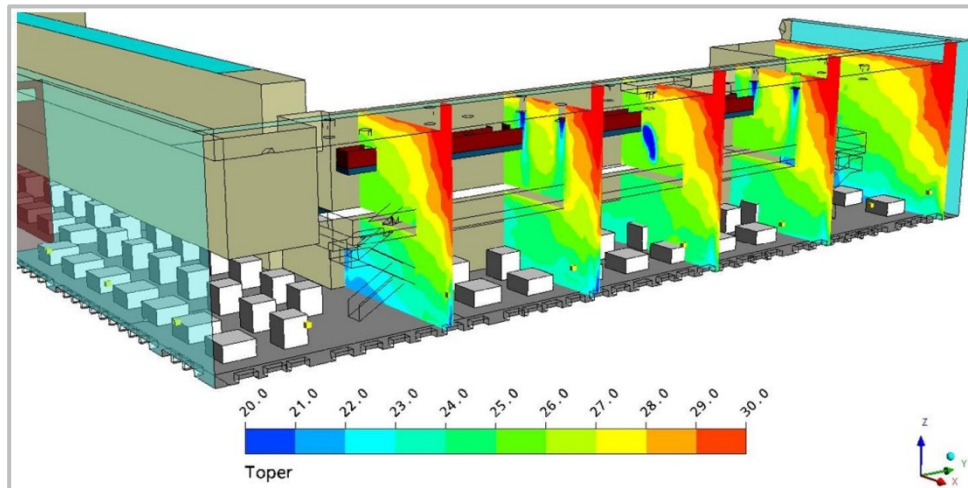
Laajin hyöty tietomallista korjaussuunnittelussa saadaan, jos kohteesta on saatavilla inventointimalli. Inventointimalli sisältää kaiken rakennukseen sisältyvän tiedon esimerkiksi aikaisemmista

korjaus- tai muutostöistä sekä erilaisia mittaustuloksia rakennuksen antureista. Inventointimalliin voidaan sisällyttää myös rakennuksen käyttäjien antamaa tietoa rakennuksesta ja sen ominaisuuksista. Lyhyesti kuvattuna inventointimalli on digitaalinen tietopaketti kaikesta rakennukseen liittyvästä tiedosta. Inventointimallien sisällöstä on ohjeistettu YTV:ssä. [12, s. 14.]

Tietomallien avulla tehtävä korjausrakentamisen suunnittelu vaatii riittävän tarkkoja lähtötietoja aikaisemmista suunnitelmista ja olemassa olevista rakenteista. Riittävän laajojen ja tarkkojen lähtötietojen keräämiseen, kuten olemassa olevan rakenteen tarkemittauksiin, tulisi kiinnittää riittävästi huomiota suunnitteluvaiheessa. Mittatarkkuutta vaativien rakenteiden suunnittelussa tulee käyttää tapauskohtaista harkintaa, jotta uusien ja vanhojen rakenteiden väliset liitokset suunnitellaan oikein. Tietomallissa ilmoitettujen mittojen tarkkuus ja mahdolliset epätarkkuudet tulisi tulla selvästi ilmi mallin käyttäjälle, esimerkiksi tietomalliselostuksesta. Tietomallihankkeissa onkin tärkeää tehdä selväksi, mitkä suunnitteluosapuolet ovat vastuussa tiedon tarkkuudesta ja tuomisesta tietomalliin. [12, s. 15.]

Korjausrakentamisen suunnitelmissa on aina tietty määrä epätarkkuutta, joten tietomalliselostuksessa on selvästi ilmoitettava, mitkä rakennusosat on mallinnettu tarkkojen mittojen mukaan ja mitkä perustuvat vain arvioon tai suurpiirteisiin mittoihin. Erityisesti LVIAS-järjestelmien suunnittelijoilla on tärkeää tietää, mitkä tiedot käytettävästä tietomallista ovat tarkkoja ja mitkä vaativat mahdollisesti lisäselvitystä. Rakenteisiin tehtävän lisäselvityksen ja rakenneavauksien yhteydessä tietomallia tulisi päivittää, jotta tarkat tiedot olisivat jatkossa saatavilla myös siitä. Tietomallin tarkkuus määrittelee suoraan kaikkien siitä saatavien suunnitelmien tarkkuuden, joten on selvää, että kaikilla suunnittelijoilla on oltava tieto mallin tietojen ajantasaisuudesta sekä tarkkuudesta. [12, s. 15.]

Tietomalli voi olla merkittävässä roolissa minkä tahansa rakennushankkeen suunnittelussa. Tarkasti toteutetulla inventointimallilla voidaan helpottaa projektin aikaista tiedonhallintaa, suunnittelua ja näin tukea koko projektiin liittyvää päätöksentekoa. Nämä tekijät yhdessä parantavat uudisrakennus- tai korjaushankkeen kannattavuutta. Tietomallin avulla voidaan suunnitella myös ympäristön kannalta kestäviä ratkaisuja esimerkiksi mallin avulla tehtävien energiasimulaatioiden avulla. Suurin hyöty erilaisista simulaatioista saavutetaan suunnittelun alkuvaiheessa, jonka takia olisi tärkeää, että tietomallia voitaisiin hyödyntää mahdollisimman aikaisessa vaiheessa. [12, s. 15.] Rakennuksen tai tilan lämpötilajakauma on yksi esimerkki tietomallin mahdollistamasta simulaatiosta (kuva 7).

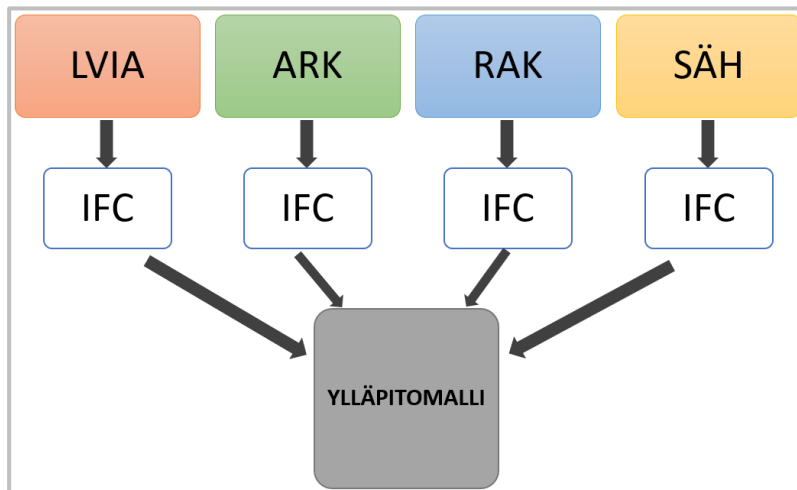


Kuva 7. Lasitetun aulan lämpötilajakauma havainnollistettuna tietomallissa [13].

Tietomallintamisessa ja sen käyttösovelluksissa on paljon kehitettävää. Suunnittelijoiden ja tilaajan näkökulmasta on ensiarvoisen tärkeää määritellä tarvittava mallinnustarkkuus heti projektin alkumetreillä. Nykyisessä murrosvaiheessa, jossa eri tahot käyttävät tietomalleja eri valmiuksilla, voi toimintatavoissa olla huomattavia eroavaisuuksia tahojen välillä, minkä takia selkeä ja säännöllinen viestintä toimijoiden välillä on tärkeää.

3.5 Hyödyntäminen kiinteistön ylläpidossa

Halmetoja kirjoittaa Senaatti-kiinteistöjen julkaisussa, ettei rakennusalalla ole tällä hetkellä yhtenäistä näkemystä siitä, miten tietomalleja tulisi hyödyntää osana rakennusten ylläpitoa [8, s. 6]. Ylläpidossa käytettävästä tietomallista voidaan käyttää myös termiä ylläpitomalli. Ylläpitomallissa voidaan esittää käytön ja ylläpidon aikaista huoltoa, käyttöä ja kunnossapitoa vaativat rakenteet ja laitteet [8, s. 19]. Kuvassa 8 on havainnollistettu periaate ylläpitomallin eri osista. Malliin yhdistetään eri suunnittelualojen luomien mallit neutraalissa IFC-muodossa. Ylläpidon kannalta mallissa olisi tärkeää olla ainakin tilatiedot, laitetiedot, teknisten järjestelmien vaikutusaluekartat, paikannuspiirustukset, konekortit ja järjestelmä kuvaukset. Eri käyttäjäryhmille erilainen tieto on tarpeen kuin toisille, mikä olisi hyvä huomioida luomalla käyttäjäroolista riippuvia käyttöliittymiä. [8, s. 19–21.]



Kuva 8. Ylläpitomallin periaatekuva [8, s. 19]

Keskeinen mahdollistaja tietomallien hyödyntämisessä rakennuksen käytön ja ylläpidon aikana on suunnitella siihen kattava anturointi, josta saadaan paljon tietoa käyttäjille ja suunnittelijoille. Rakennukseen asennettavista antureista voidaan syöttää tietoja rakennuksesta luotuun tietomalliin. Anturoinnin tarjoamia olosuhdetietoja voidaan hyödyntää olennaisesti myös korjaussuunnittelussa ja erilaisten toteutusvaihtoehtojen vertailussa. [8, s. 9.]

Korjausrakentamisen suunnittelun näkökulmasta huoltokirjamainen ylläpitomalli voi olla huomattavan tehokas työkalu, jossa on tiedossa rakennuksen eri laitteet sekä niiden vaikutusalueet. Se helpottaa erityisesti LVIS-töiden suunnittelua. Tietomalli mahdollistaa laajat olosuhdesimuloinnit, jotka antavat suunnittelijalle sekä käyttäjälle paljon tärkeää tietoa. Tietomallin 3D-geometrian ansiosta korjaustöihin voidaan varautua paremmin, kun korjausohjeita voidaan suunnitella ja luoda 3D-ympäristöön. Kohteen tarkka havainnointimahdollisuus mahdollistaa myös sen, että työkalut ja tarvikkeet voidaan valita ympäristöön soveltuviksi. Geometrian avulla on myös mahdollista arvioida tarkemmin sitä, miten hyvin eri rakenneosat ovat saavutettavissa ja mikä syntyneen vian tai vaurion mahdollinen vaikutusalue on rakennuksessa. [8, s. 20.]

Ylläpidon ja korjaussuunnittelun näkökulmasta tarkasti laadittu tietomalli helpottaa suurien kokonaisuuksien hallintaa, analysointia ja vertailua, minkä vuoksi myös syy-seuraussuhteet on helpompaa havaita ja korjata. Malli mahdollistaa sen, ettei rakenteita tarvitse aukoa, vaan niitä voidaan tarkastella tietokoneen avulla. [8, s. 21.]

Haasteena voi kuitenkin olla tiedon saatavuus sekä kiinteistön tietojen pitäminen ajan tasalla. Kiinteistöillä, joista on laadittu tietomalli, tulisi olla suunnitelma, jossa määritellään mallin päivittämiseen liittyvät vastuut, tehtävät sekä aikataulut. Mallien päivitys on luontevaa tehdä korjaustöiden yhteydessä, kun rakennukseen tai sen osiin tehdään muutoksia.

Jotta tietomallia voidaan käyttää apuna kiinteistön kunnossapidossa ja siihen liittyvissä korjaustöissä, tulee eri komponentit olla nimetty ja sijoitettu tarkasti tietomalliin. Tietomallista ne voidaan yhdistää kiinteistön ylläpito-ohjelmistoon, joka kerää antureista saatavaa tietoa sekä hälyttää laitevian ilmaantuessa. Laitteista saatava tieto olisi hyvä yhdistää ylläpitomalliin, jotta vian paikannus helpottuu ja näin sen voidaan visualisoida myös 3D-näkymässä. [8, s. 30.]

3.6 Tietomallintamisen valmiudet

Erityisesti suurissa rakennushankkeissa ja isoilla rakennusyrityksillä tietomallien luominen ja niiden tehokas hyödyntäminen on jo arkipäivää [8, s. 6]. Toisaalta tietomallintamisen valmiudet vaihtelevat eri puolilla maailmaa ja paikallisestikin toimistojen välillä vielä huomattavasti. Suomi ja Skandinavian maat olivat ensimmäisiä maita tietomallintamisen omaksujien joukossa ja kansainvälisesti vertailtuna kyseiset maat ovat eniten tietomallintamista hyödyntävien valtioiden joukossa tänäkin päivänä. Muita johtavia maita tietomallintamisen käytössä ovat muun muassa Yhdysvallat, Iso-Britannia ja Ranska. [14.]

Onnistuneen tietomallintamisen omaksuminen edellyttää yhteisesti sovittuja toimintatapoja. Suomessa ensimmäinen laaja tietomallintamista käsitellyt kehitysprojekti *Pro It* valmistui vuonna 2005. *Pro It* oli Rakennusteollisuus RT ry:n käynnistämä kehityshanke, jonka tavoitteena oli rakennusprosessin kansallinen tiedonhallintatapa, pohjautuen rakennuksen mallintamiseen [15.]

Senaatti-kiinteistöt on ollut Suomessa merkittävä taho tietomallintamisen omaksumisen edistäjänä. Se jatkoi *Pro It* -hankkeen luomaa pohjaa julkaisemalla omat tietomallivaatimukset vuonna 2007. Samalla Senaatti-kiinteistöt vaati tietomallintamista kaikissa yli miljoonan euron hankkeissa, pohjautuen rakennusteollisuuden toivomukseen. Vuodesta 2009 hankkeiden mallinnusvelvoite ulotettiin kaikille suunnittelualoille, kun aluksi se oli koskenut vain arkkitehtisuunnitelmia. Tämän jälkeen kehitystä jatkoi Rakennustiedon julkaisema, buildingSMARTin kehittämä *Yleiset tietomallivaatimukset 2012* (YTV). Sitä laatimassa oli joukko rakennus- ja kiinteistöalan toimijoita, mukaan lukien Senaatti-kiinteistöt [8, s. 8]. YTV2012 on yleisesti noudatettu julkaisusarja tänäkin päivänä tietomallinnushankkeissa.

Usein tilaajan vastuulla on määrittää, mikä tasoinen tietomalli suunnittelukohteesta laaditaan vai laaditaanko sellaista ollenkaan. Käytännössä kuitenkin kaikissa tapauksissa, silloinkin kun asiakas ei vaadi mallinnusta, jonkinasteinen malli syntyy mallinnusohjelmalla tehtynä, sillä ohjelmalla mallintaminen on pääasiassa nopeampaa kuin perinteinen viivapiirto 2D:ssä. Heti hankkeen alussa tilaajan kanssa on hyvä selvittää ja arvioida, saavutetaanko tietomallintamisella konkreettista hyötyä ja lisäarvoa hankkeelle [16, s. 4].

Tietomallintamisen tavoitteena on yleisesti parantaa suunnittelun ja rakentamisen laatua, tehokkuutta, turvallisuutta ja tukea kestäväen kehityksen mukaista hanke- ja elinkaariprosesseja. Parhaimmillaan tietomalleja hyödynnetään koko rakennuksen elinkaaren ajan, hankesuunnitteluvaiheesta aina rakennuksen ylläpitoon. [17, s. 5].

Mallinnusta ei tulisi lähteä tekemään ilman selkeitä siitä saatavia hyötyjä. Jotta tietomallipohjainen hanke onnistuu, tulee heti hankkeen alkuvaiheessa asettaa malleille ja mallien hyödyntämiselle painopistealueet ja tavoitteet. Asetettujen hankekohtaisten tavoitteiden ja YTV:n vaatimusten perusteella voidaan määrittää ja dokumentoida projektikohtaiset vaatimukset. Mallinnukselle voidaan asettaa YTV:n 1. osan [17, s. 5] esimerkiksi mukaisesti seuraavia tavoitteita:

- tukea hankkeen päätöksentekoprosesseja
- sitouttaa osapuolet hankkeen tavoitteisiin mallin avulla
- havainnollistaa suunnitteluratkaisuja
- auttaa suunnittelua ja suunnitelmien yhteensovittamista
- nostaa ja varmistaa rakennusprosessin ja lopputuotteen laatua
- tehostaa rakentamisaikaisia prosesseja
- parantaa turvallisuutta rakentamisen aikana ja elinkaarella
- tukea hankkeen kustannus ja elinkaarianalyysijä
- tukea hankkeen tietojen siirtämistä käytönaikaiseen tiedonhallintaan.

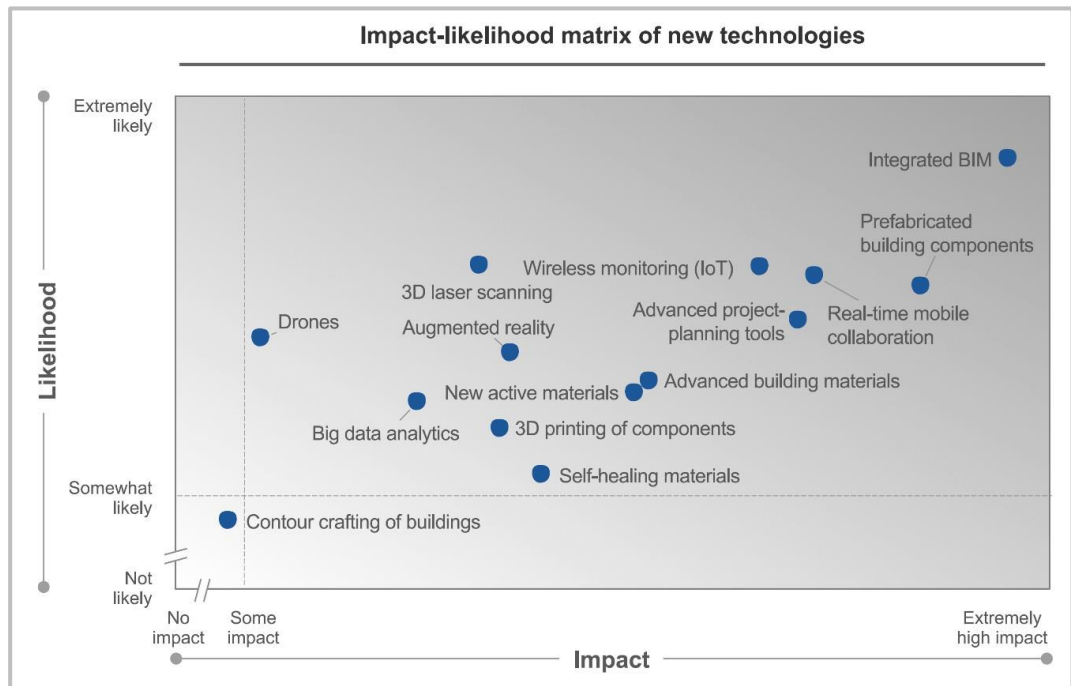
Onnistunut tietomallipohjainen hanke edellyttää sitä, että hankkeen osapuolet sitoutuvat noudattamaan aluksi sovittujen toimintatapojen mukaan ja ymmärtävät niiden merkityksen. Tieto-

mallintamiseen liittyvät vaatimukset nojaavat tyypillisesti YTV:n eri osissa esitettyihin vaatimuksiin ja ohjeisiin. On muistettava, että vaikka yleistasolla nojattaisiinkin YTV2012-dokumentteihin, tulee tarkemmat menettelytavat, kuten miten malleista saatavia arvioita, havainnollistamisia, analyyseja ja simulointeja hyödynnetään, sopia aina projektikohtaisesti. Tietomallin käytön tavoitteet tulee konkretisoida viimeistään suunnittelun valmisteluvaiheessa. Silloin varmistetaan, että hankeosapuolilla on yhteisymmärrys mallintamisen tehtävistä, niiden vastuuhenkilöistä, käytettävistä ohjelmistoista ja hankkeen aikatauluista. Hankkeen läpivienti edellyttää myös osapuolten aktiivista sitoutumista hankkeeseen sekä aktiivista tiedonkulkua osapuolten välillä. Tietomallihankkeissa lisähaasteen muodostaa se tosiasia, että se vaatii kaikilta hankkeen osapuolilta verrattain laajaa tietoteknistä osaamista. Myös tiedonsiirron sujuvuus korostuu tietomallihankkeissa, joissa samaa tietomallia hyödyntäviä suunnitteluosapuolia on useita. [16.]

Tietomallintaminen soveltuu käytettäväksi kaiken tyyppisissä ja kokoisissa rakennushankkeissa, aina pientalosta pilvenpiirtäjään. Sillä saavutettavat hyödyt korostuvat kuitenkin sitä enemmän, mitä laajemmasta hankkeesta on kyse. [16, s. 4.]

3.7 Tietomallintamisen tulevaisuus

Maailman talousfoorumin (WEF) vuonna 2016 julkaisemassa raportissa käsitellään rakentamisteollisuuden tulevaisuutta ja sen tulevaisuuden näkymiä uusien teknologisten mahdollisuuksien tukena. Raportissa tietomallintaminen nostetaan suurimpana ja todennäköisimpänä merkittävänä tekijänä rakennusteollisuuden tulevaisuudessa. Tietomallintamisen vaikutus koko alaan arvioidaan olevan erittäin merkityksellinen, ja sen vaikutusten uskotaan toteutuvan hyvin todennäköisesti (kuva 9). Tietomallintaminen nähdään keskeisenä työkaluna, jonka omaksuminen mahdollistaa muiden teknologioiden soveltamisen rakennusalalla [18, s. 10].



Kuva 9. *Integrated BIM* (suom. integroitu tietomallintaminen), sijoittuu kaaviossa oikeaan ylälaitaan [18, s. 53].

WEF:n raportissa mainitaan, että rakennusalan kehityksen konkretisoituminen käytännössä edellyttää hajautuneella toimialalla tiivistä toimijoiden välistä yhteistyötä. Yksittäiset toimijat eivät voi ajaa kehitystä eteenpäin yksin, vaan kehitys vaatii yhteisiä pelisääntöjä lainsäätäjien ja yritysten välillä. Tässä erityisesti julkisella sektorilla ja valtiolla on mahdollisuus ja vastuu yhtenäistää sekä yksinkertaistaa alaa ohjaavia standardeja, kuten Suomessa YTV on tehnyt. Uusien tekniikoiden käyttöönotossa tilaajilla on huomattava rooli, varsinkin kun kyse on valtion hankkeista. [18, s. 10.]

Tietomallintamisen tunnistetaan tarjoavan paljon uusia mahdollisuuksia rakennushankkeisiin, mutta sen omaksuminen vaihtelee huomattavasti alueittain ja toimistojen välillä. Sen omaksuminen edellyttää koulutuksen ja osaamisen lisäämistä, ja mikä tärkeintä, sen tuomista yrityksiin. Yritysten tehtävänä on luoda alasta sellainen käsitys, joka houkuttelee uusia tekijöitä. [18, s. 10.]

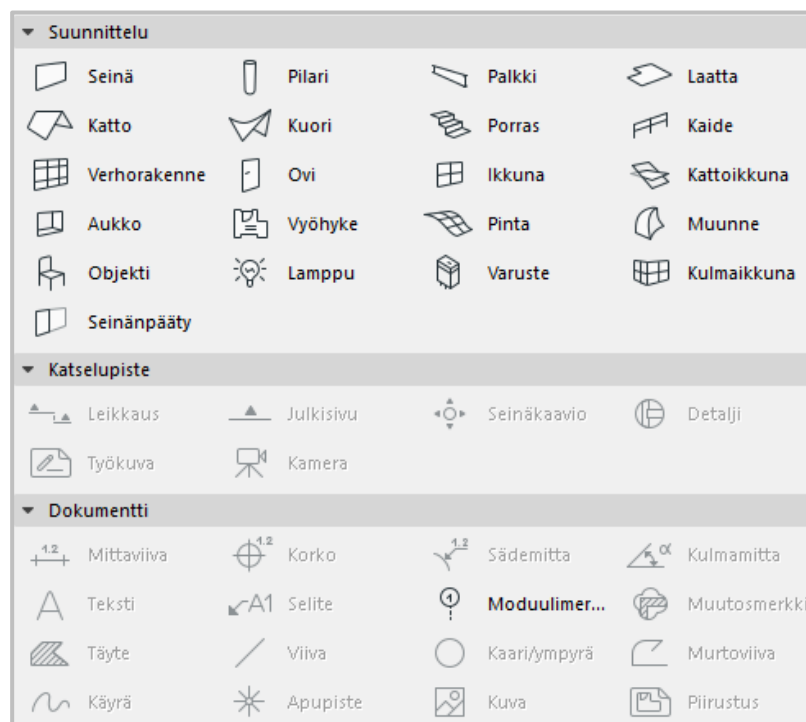
Uusien tekijöiden lisäksi yritysten olisi hyvä tukea henkilöstön kouluttamista tietomallintamisen tapoihin. Isoilla yrityksillä kynnys siirtyä toimimaan tietomallintamisen tavoilla on pienempi, koska resursseja on enemmän. Vastaavasti pienemmillä yrityksillä tietomallintamiseen siirtymisen voi olla pidempi prosessi, koska se edellyttää osaamisen lisäksi myös huomattavia investointeja yrityksen laitteistoon, kuten tietokoneisiin ja tiedostojen hallintaan. Sujuva tietomallintaminen edellyttää kaikilta, erityisesti suunnittelijaosapuolilta, tietotaitoa ja kykyä käsitellä tietomalleja. Kun koko hankkeen verkosto toimii samoilla ehdoilla ja työkaluilla, saadaan tietomallintamisesta

suurin hyöty. Laaja tiedon jakaminen osapuolten välillä tarjoaa uusia mahdollisuuksia, mutta tiedon omistajuuteen ja siihen liittyviin vastuukysymyksiin voi muodostua uusia haasteita. [18, s. 25.]

4 Archicad

4.1 Archicad yleisesti

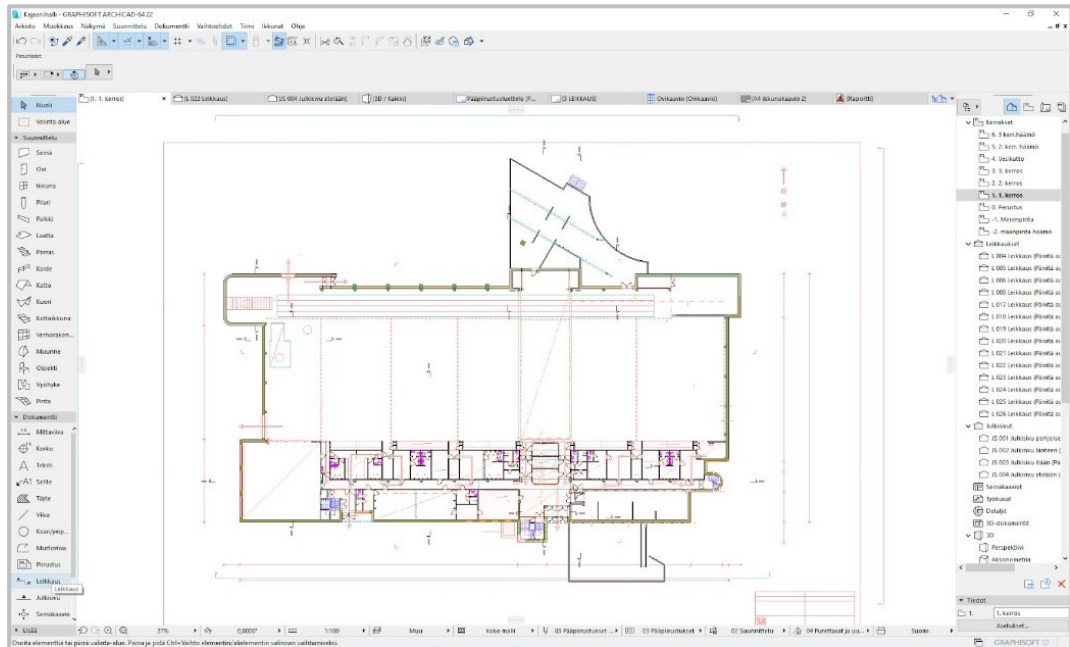
Archicad on unkarilaisen Graphisoftin kehittämä tietomallien luontiin tarkoitettu tietokoneohjelma. Se on käytetyin rakennussuunnitteluohjelmisto Suomessa. Ohjelma voidaan mukauttaa toimisto- ja maakohtaisesti tietyn toimiston tarpeisiin. Ladattavilla aloituspohjilla sekä lisäosilla, kuten ArchiFrame ja EcoDesigner, saadaan Archicad vastaamaan myös erilaisiin rakennesuunnittelun ja energialaskennan tarpeisiin. Ohjelman perusarkkitehtisuunnittelunäkymässä käytettävät työkalut on esitetty kuvassa 10. Ohjelmaan voidaan lisätä myös laajoja maakohtaisia objektikirjastoja, joita voidaan käyttää suunnittelun apuna. Älykkäille 3D-objekteille voidaan antaa muun muassa kustannus-, massa-, hinta- ja energiatietoja, jolloin tietomallista saadaan älykäs kokonaisuus, jota voidaan hyödyntää koko rakennuksen elinkaaren ajan. [19.]



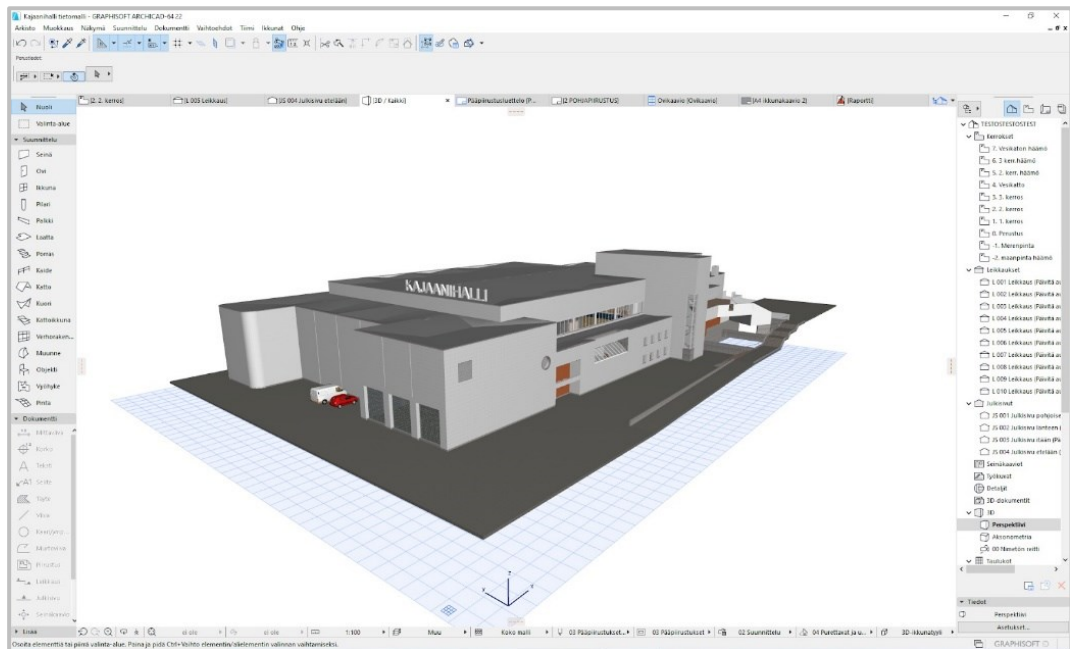
Kuva 10. Archicad 24 -version arkkitehtisuunnittelutyökalut

Archicadilla luodussa tietomallissa voidaan liikkua sekä 2D- että 3D-ikkunoissa tarvittaessa myös mobiililaitteilla. Ohjelma tarjoaa suunnittelijalle työkalut luoda tarkkoja ja älykkäitä suunnitelmia, sekä valokuvamaisia havainnekuvia samassa ohjelmassa, mikä helpottaa hankkeen suunnittelua eri tahojen välillä ja sen esittelyä tilaajalle. [19.]

Kuvassa 11 on esitetty Archicadin perussuunnittelunäkymä 2D-tasolla sekä kuvassa 12 on kuvattuna sama projekti 3D-näkymässä. Haluttaessa ohjelmalla voidaan luoda mukautetuin asetuksin esimerkiksi eri vuorokauden aikoina kuvattuja havainnekuvia tietomallista (kuva 13). Kuvat on otettu Kajaanin kaupungin käyttöön tehdystä tietomallista.



Kuva 11. Archicad 22, 2D-suunnittelunäkymä [20].



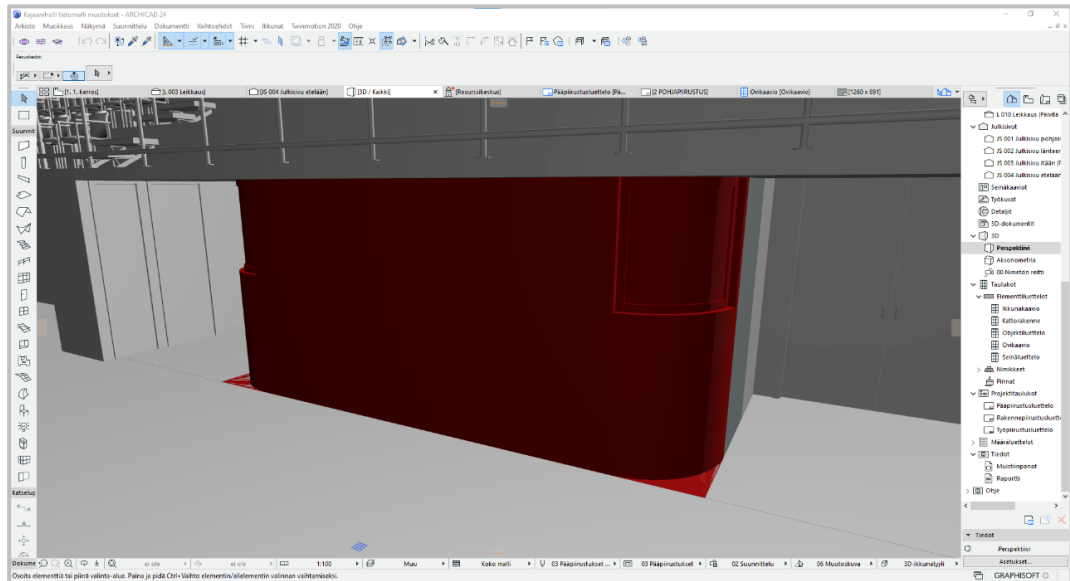
Kuva 12. Archicad 22, 3D-suunnittelunäkymä [20].



Kuva 13. Havainnekuva tietomallista [20].

Archicadilla onnistuu uudisrakenteiden lisäksi luonnollisesti myös korjaushankkeiden mallintaminen ohjelman eri työkaluja hyödyntämällä. Mikäli korjaushankekohteesta on olemassa jo aikaisemmin laadittu inventointimalli, voidaan sitä hyödyntää korjaussuunnittelussa. Jos valmista tietomallia voidaan hyödyntää, nopeutuu todennäköisesti koko hankkeen suunnittelu [21, s. 5]. Tapauksissa, joissa kohteesta ei ole aikaisempaa tietomallia, ei yleensä mallinneta lähtötilannetta erikseen. Tavallisesti arkkitehti- ja rakennesuunnittelijat voivat mallintaa rakennuksesta vain ne osat, joihin tulee muutoksia. [21, s. 9.]

Archicadilla suunnittelija voi hyödyntää *muutosvaihe* toimintoa, jonka avulla rakenteet ja objektit voidaan määritellä joko uusiksi, purettaviksi tai pysyviksi. Kun koko malli on toteutettu noudattamalla todenmukaisilla muutosvaiheasetuksilla, saadaan ohjelmassa nopeasti näkyville sekä tasokuviin että 3D-malliin uudet, purettavat ja pysyvät rakenteet (kuva 14). Korjaussuunnittelun yhteydessä suunnittelija voi määrittää rakenteille U-arvot, jolloin myös energialaskenta ja analyysit ovat mahdollista toteuttaa Archicadin avulla.



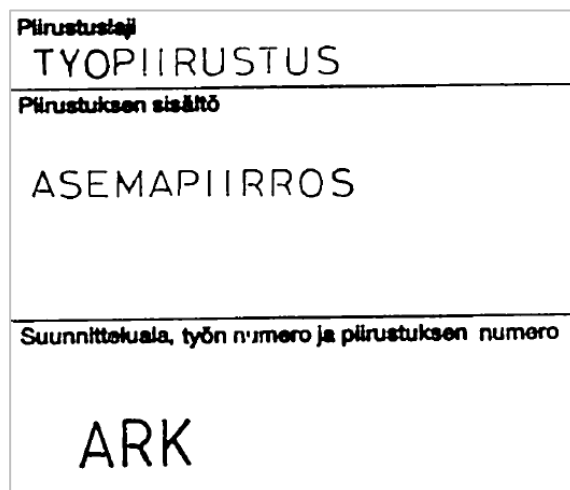
Kuva 14. Esitystapaa muuttamalla voidaan visualisoida purettavat rakenteet [20].

4.2 Archicadilla toteutettu korjausrakentamisen suunnittelu

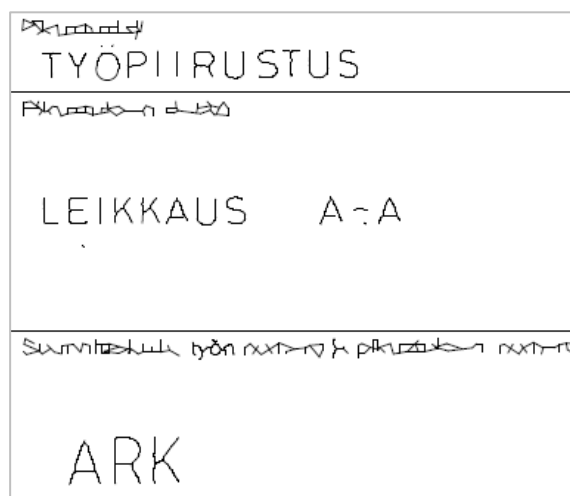
Tässä luvussa käytetään korjausrakentamisen suunnittelun esimerkkinä syksyllä 2020 Insinööri- toimisto Savolainen Oy:n tekemää korjaussuunnitelmaa. Kohde on kolmikerroksinen kerrostalo, johon suunniteltiin käyttövesiputkiston uusiminen. Sen yhteydessä asuinhuoneistoihin tehtiin muutostöitä. Kohteesta ei ollut olemassa olevaa tietomallia, eikä tilaaja ollut tilannut sellaista tehtäväksi. Suunnittelun lähtötietoina olivat alkuperäiset arkkitehtikuvat sekä ajantasaisia valokuvia. Koska suunniteltavat muutostyöt eivät koskeneet koko rakennusta, ei laajan tietomallin laatiminen ollut tarpeen myöskään suunnittelun kannalta.

Tapauksissa, joissa tilaaja ei ole erikseen tilannut mallinnusta, jää suunnittelijan ratkaistavaksi, miten suunnitelmat laaditaan. Suunnittelun tavoitteena on luonnollisesti saada laadittua tilatut suunnitelmat mahdollisimman tarkasti ja kustannustehokkaasti. On järkevää välttää turhaa toistoja ja hyödyntää lähtöaineistoa mahdollisimman laajasti. Esimerkiksi olemassa olevia pohjakuvia voidaan käyttää myös muutostöiden suunnitelmissa, mikäli ne ovat riittävän tarkkoja. Digitaalisen lähtöaineiston tarkkuus riippuu käytännössä käytetystä tiedostomuodosta ja alkuperäisten suunnitelmien tarkkuudesta, johon vaikuttaa keskeisesti niiden ikä ja miten ne ovat tallessa. Vanhemmista, usein käsin piirretyistä kohteista ei ole monestikaan saatavilla tarkkoja piirustuksia digitaalisessa muodossa. Usein kohteista on saatavilla pelkästään paperilta skannatut pdf-muodossa olevat piirustukset, ellei niitä ole digitoitu aikaisempien muutos- tai korjaustöiden yhteydessä.

Pdf-kuvat voidaan tarvittaessa kääntää esimerkiksi dwg-muotoon, jolloin ne voidaan tuoda esimerkiksi Archicad projektin pohjalle. Usein näin käännetyt piirustukset menettävät kuitenkin tarkkuutta, jolloin niitä ei voida käyttää sellaisenaan tarkoissa suunnitelmissa. Kuvissa 15 ja 16 on havainnollistettu piirtoviivan tarkkuus pdf- ja siitä käännetyn dwg-tiedoston välillä. Kuvista voi nähdä, ettei käännettyjä dwg-kuvia ole välttämättä suotavaa tai tehokasta käyttää suunnitelmien pohjana, sillä hajonneiden piirtoviivojen muokkaaminen on työlästä, eikä kovinkaan mittatarkkaa. Myös pdf-tiedostoja voidaan teoriassa käyttää projekteissa 2D-suunnitelmien pohjalla, jos olemassa olevia rakenteita ei tarvitse poistaa tai muokata. Koska pdf-tiedostoja ei ole suunniteltu muokattavaksi suunnitteluohjelmissa, ohjelmat eivät osaa purkaa niitä yksittäisiksi ja muokattaviksi osiksi, kuten dwg-tiedostoja. Täten pdf-tiedostojen käyttäminen pohjalla korjauskohteissa ei mahdollista kovinkaan tarkkoja suunnitelmia, jotka ovat tärkeitä korjausrakentamisen kannalta.



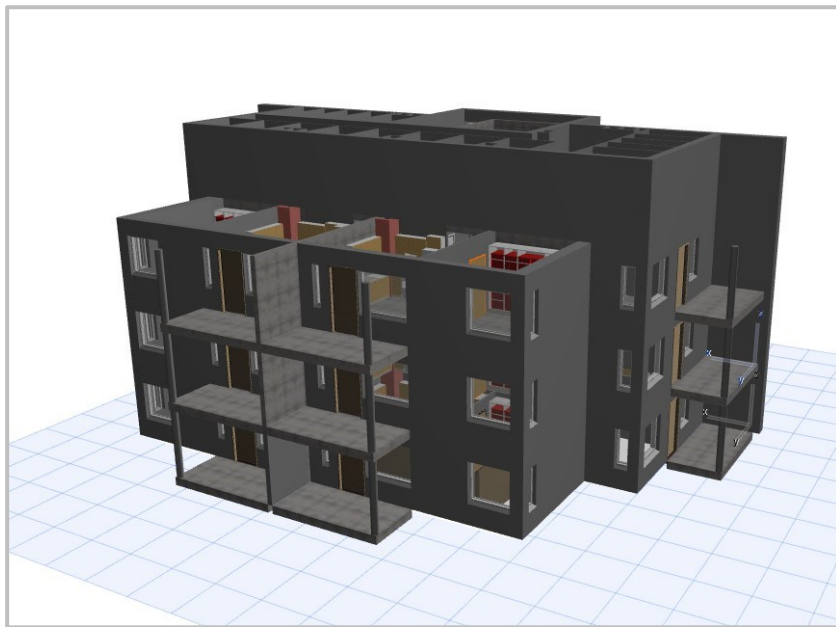
Kuva 15. Pdf-muodossa skannattujen piirustusten pienikin teksti säilyy luettavana [22].



Kuva 16. Dwg-muodossa tietokone kääntää pienen tekstin tunnistamattomaksi [22].

Vaikka kohteesta ei ollut tilattu varsinaista mallinnusta, oli tilat tarpeen piirtää uudelleen, jotta muutostöiden suunnittelu olisi mahdollisimman tarkkaa. Käytännössä rakennus mallinnettiin pääpiirteittäin, koska se oli nopeampi ja tarkempi tapa esittää tiloihin tehtävät muutossuunnitelmat verrattuna alkuperäisten piirustusten muokkaamiseen. Lähtötietojen pohjalta uudelleen piirretyt kuvat toimivat pohjana myös erikoissuunnittelijoille sekä ovat valmiina rakennuksen ylläpitoa ja tulevia muutostöitä varten.

Piirtäminen tapahtuu Archicadilla käytännössä mallintamalla työkaluilla yksittäisten viivojen piirtämisen sijaan, jolloin rakenteista muodostuu myös karkea 3D-malli, kun rakennusosien mitat ja kerroskorkeudet määritellään oikein (kuva 19). Syntynyt malli voidaan tulevaisuudessa tilaajaan niin toivoessa viimeistellä tietomalliksi ja liittää siihen halutut tiedot. Tässä projektissa rakennusta ei ollut järkevää mallintaa yksityiskohtaisesti esimerkiksi julkisivujen osalta, koska niihin ei kohdistunut muutoksia, joten olemassa olevat kuvat olivat edelleen kurantteja.



Kuva 19. Rakennuksesta muodostunut 3D-geometria Archicadilla tehtynä [22].

Suunnittelutyö on usein tasapainoilua parhaan ja tehokkaimman työtavan löytämisen kanssa. Jos kohteeseen on suunniteltu sen elinkaaren aikana useita muutos- sekä korjaustöitä alkuperäisten kuvien päälle, tulee suunnitelmista usein epäselviä, koska piirustuksissa esitettyä tietoa on vaikeampi käsitellä. Pdf-kuvista on verrattain työlästä poistaa suunnitellun työn kannalta turhia mittaviivoja ja tekstejä, toisin kuin tietomallista saatavista tasokuvista. Toisaalta pdf-kuvien päälle on nopeaa tehdä muutospiirustuksia, mutta jatkossa kuvien ajantasaisuus ja tulkittavuus kärsii, kun kohteesta säilötään alkuperäiskuvien lisäksi erilaisia muutoskuvia eri ajankohdilta.

Tietomallin etuna on tarkempi versionhallinta, kun purettavat ja säilyvät rakenteet voidaan molemmat mallintaa rakennukseen, mutta esittää ne vain tarvittavissa kuvissa. Tietomallista saatavat piirustukset ovat myös ainakin teoriassa millintarkkoja, toisin kuin pdf-kuvat, joissa pelkästään piirtoviivojen vaihteleva paksuus heikentää suunnitelmien tarkkuutta. Vaikka muokkausten tekeminen pdf- tai dwg-kuviin saattaa alussa vaikuttaa nopeimmalta keinolta toteuttaa suunnitelmat, on niiden muokattavuus jatkossa usein hitaampaa verrattuna tietomalliin, jossa objektit ja rakeneosat ovat älykkäitä ja yhteensovitettuja. Suunnittelijan tulee kuitenkin kohdekohtaisesti harkita, mikä työtapana on kokonaisuuden kannalta paras.

Alussa mallintamisen aloittaminen tyhjälle pohjalle voi vaikuttaa turhalta ja liian aikaa vievältä, mikä vähentää sen houkuttavuutta. Kuitenkin on hyvä tiedostaa, että mikäli lähtötiedot ovat tarkkoja, ei ohjelman hallitsevalla suunnittelijalla vie paljoa aikaa tehdä niiden mukaisia karkeita malleja suunniteltavista tiloista. Kun tilat on kerran mallinnettu ajantasaisesti YTV ohjeiden mukaan, on muutosten tekeminen niihin varsin nopeaa muillekin suunnittelijoille myös jatkossa. Myös muutosten esittäminen on verrattain helppoa, kun halutuille objekteille voidaan määrittää tietoja, joiden avulla purettavat rakenteet saadaan nopeasti visualisoitua niin 2D- kuin 3D-kuvissa (kuva 20).



Kuva 20. Kuvassa 14 näkyvä purettava seinä näkyy punaisena myös 3D-mallissa [22].

5 Johtopäätökset

Rakentaminen on Suomen kaltaisessa valtiossa kallista, mihin yksi syy ovat neljä vuodenaikaa ja niiden asettamat vaatimukset rakennuksille. Muun muassa huomattavat lämpötilavaihtelut ja niiden aiheuttamat lieveilmiöt rasittavat rakenteita niiden elinkaaren aikana. Ulkoisten, kuten myös sisäisten rasitusten takia rakennuksia tulee ylläpitää, jotta niiden käyttökelpoisuus taataan tulevaisuudessakin. Kuitenkin kalliita huolto- ja ylläpitotöitä valitettavan usein karsitaan, kun yllättävät taloustilanteet asettavat prioriteetteja uusiksi. Korjausrakennushankkeiden siirtäminen tulevaisuuteen tai pahimmillaan niiden unohtaminen kokonaan johtaa kuitenkin lähes poikkeuksetta ongelmien kasaantumiseen, mikä näkyy kustannuksissa ennemmin tai myöhemmin. Kumuloituneet ongelmat rakennuskannassa ja sen ylläpitämisessä rasittavat yksittäisten alueiden sijaan yhteiskuntaa kokonaisuudessaan.

Kehitysaskelia yhä paremman rakentamisen eteen tehdään tasaisesti, ja esimerkiksi Suomessa korjausrakentamista kartoitetaan säännöllisesti. Kuitenkin on selvää, että suhteessa rakennusalan taloudelliseen ja yhteiskunnalliseen merkittävyyteen sen sisällä käytetään huomattavan vähän varoja alan kehittämiseen: EU:n arvion mukaan rakennusalalla vain yksi prosentti sen nettotuotosta käytetään tutkimukseen ja tuotekehitykseen [18, s. 46]. Yksittäisiä poikkeuksia lukuun ottamatta rakennusala ei perinteisesti ole innovatiivinen, joten tulevaisuudessa yhä paremmille, terveellisemmille, ympäristöystävällisemmille ja taloudellisemmille ratkaisuille on varmasti tilaa – sekä kysyntää. Ratkaisujen kehittäminen ei kuitenkaan voi nojata pelkästään yksittäisten hajautuneiden toimijoiden harteille, vaan suuret kehitysaskleet vaativat yhteistyötä yritysten välillä sekä kehityksen mahdollistamista ja tukemista valtion tasolla.

Teknologian kehittymisen myötä syntyneet innovaatiot ovat murtautuneet jokaiselle alalle ja mullistaneet toimintatapoja merkittävästi tehokkaampaan ja digitaalisempaan suuntaan. Rakennus- ja suunnittelualalla tietomallintaminen on keskeinen osa tulevaisuuden mahdollisuuksia. Tietomallintaminen on yksi työkalu, joka yhä yleistyessään ja sen toimintatapojen vakiintuessa mahdollistaa uusien käyttötarkoitusten kehittymisen niiden ympärille. Tietomallinnusohjelmistot ovat nykypäivänä yhä useamman toimijan tärkein työkalu ja kehityksen suuntaviivoista voidaan päätellä, että tietomallintaminen ja sen tuomat toimintatavat muodostuvat tulevaisuudessa säännöksi poikkeuksen sijaan.

Suomi on ollut teknologian tuomien innovaatioiden omaksumisessa maailman kärkimaita, eikä tietomallintaminen ole siinä poikkeus. Senaatti-kiinteistöt ovat olleet keskeinen yksittäinen tekijä

tietomallintamisen lisäämisessä ja sen käytäntöjen yhtenäistämässä Suomessa. Sen luoman toiminnan herättämänä useat toimijat ovat yhdistäneet resurssiaan kehittäessään ja luodessaan uutta tietomallihankkeita tukevaa materiaalia. Ohjeiden ja asetettujen yhteisten vaatimusten avulla tietomallintamista kehitetään yhdessä eteenpäin, tutkitaan sen käyttösovellusmahdollisuuksia ja ohjataan sen oikeanlaisessa hyödyntämisessä. Siitä huolimatta tietomallintamisen omaksuminen on vielä lapsen kengissä ja tänä päivänä vain murto-osaa sen hyödyntämispotentiaalista käytetään.

Suurten muutosten laaja omaksuminen vaatii luonnollisesti aikaa ja tietomallintamisen tapauksessa erityisesti digitaalisten valmiuksien sekä osaamisen parantumista eri osapuolten välillä. Pelkäästään se, että rakennus tai siihen tehtävä korjaustyö suunnitellaan tietomallivetoisesti, ei yksin tarkoita, että se on hyödyllistä ja kannattavaa. Tietomallintamisen ei tulisi olla itseisarvo – sen sijaan sen tulisi olla suunnitelmallista ja keskeinen työkalu kiinteistöjen ylläpidossa sekä suunnittelussa.

Tietomallintamisen omaksumisessa on havaittavissa useita kipukohtia, eikä sillä saavutettavia etuja osata vielä viestiä kaikille rakennushankkeiden osapuolille tehokkaasti, vaikka sen teoreettiset hyödyt ovat olleet jo pitkään tiedossa. Mikään uusi työkalu tai innovaatio ei kuitenkaan vakiinnu paikalleen yhdessä yössä, vaan siihen tulee suhtautua pitkäjänteisesti ja toimijoilta vaaditaan rohkeutta sitoa toimintojen kehittämiseen resurssiaan. Kipukohdistaan huolimatta tietomallintamisen mahdollistamat lukemattomat mahdollisuudet rakennusalalla tekee siitä yhden mielenkiintoisimmista yksittäisistä asioista rakentamisen tulevaisuudessa.

Opinnäytetyön aiherajauksessa oli hankala vetää rajaviivaa sille, mistä näkökulmasta tietomallintamista tarkastellaan. Korjausrakentamista käsittelevän teorian tarkoituksena oli pohjustaa korjausrakentamista keskeisten tilastojen ja ilmiöiden kautta, minkä avulla teoria johdateltiin itse työn ydinaiheeseen; tietomallintaminen korjausrakentamisen suunnittelun työkaluna. Tietomalli-projekteissa korostuu kaikkien osapuolten tiivis yhteistyö ja avoin kommunikaatio, jotka ovat edellytyksenä onnistuneelle projektille. Tämän opinnäytetyön teoriaa olisi voinut rikastuttaa muiden, kuten LVIAS-suunnittelijoiden haastattelut, joiden avulla olisi voitu etsiä ja löytää niitä yhteisiä tekijöitä, jotka erityisesti korostuvat tietomallisuunnittelussa eri suunnittelualoilla.

Se miten esimerkiksi LVI-suunnittelijat kokevat tietomallien hyödyn, voi merkittävästi poiketa rakennussuunnittelun näkökannasta. Aihe on toki varsin olennainen arkkitehtisuunnittelun näkökulmasta, sillä erikoisalojen suunnittelijat käyttävät yleensä pohjalla arkkitehtisuunnittelijan tekemää mallia tai kuvia. Eri suunnittelualojen tarpeet tietomallille poikkeavat osittain, erityisesti

korjausrakentamisessa, jolloin eri suunnittelijoiden näkökulmat olisivat mahdollistaneet erilaiset huomiot.

6 Yhteenveto

Opinnäytetyön tavoitteena oli toimia yleisenä tietopakettina tietomallintamisesta korjausrakentamisen työkaluna ja tässä luvussa tiivistettyjen tulosten perusteella lukija voi saada käsityksen niistä keskeisistä tekijöistä, jotka tulisi vähintään olla selvillä tietomallipohjaiseen hankkeeseen lähdettäessä. Teorian pohjalta voidaan nostaa alla luetellut viisi kohtaa, jotka korostavat, mihin asioihin eri hankeosapuolten tulee ainakin kiinnittää huomiota korjausrakentamishankkeissa, kun sen toteutusta harkitaan tietomallipohjaisena tehtäväksi. Keskeisiä havaintoja ovat seuraavat:

- 1) **Tietomallien periaatteet tutuksi hankeosapuolille:** Aluksi tilaajan on hyvä perehtyä tietomallintamisen periaatteisiin sekä mallien mahdollisiin käyttösovelluksiin kiinteistön ylläpidon aikana. Tarvittaessa suunnittelijoiden, jotka toimivat roolissaan tietomalliasiantuntijoina, olisi hyvä osata esittää asiakkaalle tietomallin hyödyt ja samaan aikaan kertoa myös sen riskeistä, jotta niihin voidaan varautua hankkeen aikana. Keskeisiä hyötyjä ovat tiedon kerääminen yhteen, jolloin riskien todennäköisyys pienenee ja korjaushankkeen taloudellinen kannattavuus voi parantua. On keskeistä muistaa, ettei tietomallia kannata laatia vain tiettyä projektia varten, sillä suurin hyöty ja taloudellinen etu siitä saadaan koko elinkaaren aikana. Tietomalli parantaa todennäköisesti kaikkien tulevien kiinteistön huoltoon ja ylläpitoon liittyvien töiden kannattavuutta, kun siihen liittyvä tieto ja suunnitelmat ovat osana yhtä laajaa kokonaisuutta.
- 2) **Tietomallipohjaiselle suunnittelulle asetetut tavoitteet:** Suunnittelijatahon tulisi yhdessä tilaajan kanssa keskustella siitä, mitä konkreettisia etuja tietomallilla haetaan hankkeessa. Kun mallintamisen tavoitteet on määritelty, sen perusteella selviää mallintamisen tarkkuus. Kannattavuuden näkökulmasta mallia ei tulisi tehdä tarkempaan kuin on tarpeen, minkä takia tavoitteet ja mallinnustarkkuus on hyvä rajata tarkasti heti hankkeen alkuvaiheessa.
- 3) **Korjausrakentamisen suunnittelun riskit:** Osapuolten on hyvä tiedostaa, että korjausrakentamisen suunnitteluun liittyy aina epävarmuustekijöitä, joiden vaikutus tulee tiedostaa hankkeen aikana. Esimerkiksi ylimääräiset tarkemittauskäynnit kohteessa nostavat suunnittelun hintaa, mutta ovat tärkeä osa suunnittelun onnistumisen kannalta. Hankkeen kannalta tarvittavien lähtötietojen kerääminen on ensiarvoisen tärkeää erityisesti

tietomallihankkeessa, sillä kaikki suunnitelmat tulostetaan tietomallista. Näin ollen tietomallin tarkkuus määrittää suoraan kaikkien siitä tulostettavien suunnitelmien tarkkuuden.

- 4) **Osaaminen ja edellytykset:** Kun hankkeessa sovitaan tietomallintamisesta, osapuolten tulee varmistua, että heiltä löytyy tekniset edellytykset ja riittävästi osaamista niin luoda kuin hyödyntääkin asetettujen vaatimusten mukaista tietomallia. Vaikka tilaajataho tilaa-kin suunnittelun tietomallipohjaisena, jää sen hyödyntäminen usein vajaaksi, kun tarvittavia ohjelmistoja tai laitteita tietomallien käsittelyyn ei ole.
- 5) **Vastuut:** Tietomallihankkeissa tulee aikaisessa vaiheessa sopia siitä, kenen vastuulla tietomalleihin liittyvän datan hallinta ja ajan tasalla pito on. Suunnitteluvaiheessa mukana on usein tietomallikoordinaattori, joka hallitsee tietomallikokonaisuutta ja huolehtii suunnitelmien yhteensopivuudesta. Mikäli tietomallista tavoitellaan hyötyä myös arkisessa ylläpidossa, tulee käyttäjän olla selvillä, kuka vastaa tietojen ylläpitämisestä ja muutosten päivittämisestä tietomalliin. Roolissa tulee olla henkilö, jolla on edellytykset hallita tietomallia YTV:n tai muiden sovittujen vaatimusten mukaisesti.

Työssä tarkasteltujen tilastojen ja julkaisujen perustella on selvää, että korjausrakentamisen määrä tulee lisääntymään lähitulevaisuudessa. Korjausrakentamisen lisääntyessä ja taloustilanteen ollessa epävakaa kaikki korjausrakentamista tehostavat menetelmät ovat alalle tervetulleita. Tietomallintaminen on huomattava tekijä, jota hyödyntämällä korjausrakentamisesta ja rakennuksen ylläpidosta voidaan saada taloudellisesti kannattavampaa, kun suunnitelmat ovat keskitetyksi saatavilla ja manuaalinen tiedonsiirto sekä siinä syntyvät virheet vähenevät.

On kuitenkin selvää, ettei kaikkea tietomalleista saatavaa hyötyä hyödynnetä tänä päivänä tehokkaasti esimerkiksi teknisten edellytysten ja riittävän osaamisen puuttuessa. Syynä on esimerkiksi se, että tietomallin laatiminen korjausrakentamisen suunnitteluvaiheessa saattaa vaikuttaa turhalta kuluerältä. Tämän takia erityisesti tilaajat eivät välttämättä koe tietomallintamista tarpeellisenä, jolloin tietomalleja ei tänäkään päivänä laadita kohteista, joissa tietomallista olisi saatavilla hyötyä rakennuksen elinkaaren aikana.

Tietomallintaminen valtaa alaa ja on selkeästi vakiinnuttanut paikkansa suunnittelupuolella. Sen laaja käyttöönotto edellyttää kuitenkin tilaajatahojen aktivoitumista. Välttämättä tilaajatahot eivät tiedä tietomallintamisen tarjoamia mahdollisuuksia, minkä takia myös suunnittelijoilla olisi tilaa tuoda sen hyötyä ja erilaisia käyttösovelluksia tilaajien tietoon ja näin edesauttaa tietomallintamisen käyttöönottoa sekä kehitystä.

Archicad ja muut suunnitteluohjelmat parantavat koko ajan ohjelmistojaan ja lisäävät niihin suunnittelutyötä helpottavia työkaluja sekä ominaisuuksia. Pelkästään ohjelmistokehittäjien innovoinnilla tietomallintamisen uusista työkaluista ei kuitenkaan päästä hyötymään, jos rakennusala kokonaisuutena tai yksittäiset toimijat eivät lisää resursseja, joilla mahdollistettaisiin suunnittelijoiden koulutus ja sen mahdollistama laajempi osaaminen. Toisaalta myös päättävien tahojen rakennus- ja suunnittelualalla tulisi olla kehittyvän teknologian kanssa jatkuvasti ajan hermolla, mikä voi olla työlästä normaalin työnteon ohessa. On kuitenkin työnantajien vastuulla kehittää toimintonsa ja tarjota organisaatiolle resursseja, joilla tietomallintamista kehitetään kouluttamisen ja teknisten edellytysten kautta. Uusien innovaatioiden omaksuminen edellyttää laajaa kaikkien osapuolten välistä yhteistyötä ja ennen kaikkea halua kehittyä.

Tietomallintaminen on mielenkiintoinen kokonaisuus, joka mahdollistaa lukuisia tarkempia käyttösovelluksia kaikille rakennusalan toimijoille ja kiinteistöjen käyttäjille, eikä kaikkia sen mahdollistamia hyötyjä vielä varmasti edes ole tunnistettu. Suomessa kehitys on muihin maihin verrattuna varsin hyvällä mallilla ja toimijat osaavat pääasiassa noudattaa yhteisiä pelisääntöjä, kuten YTV:n ohjeistuksia tietomallihankkeissa. Yhteiset pelisäännöt ovat avainasemassa tietomallintamisen kehittymisessä, sillä mallien toimivuus ja käytettävyys eri käyttäjien välillä perustuu siihen, että kaikki työvaiheet tehdään samoihin periaatteisiin nojaten. Mallien yhdenmukaisuus mahdollistaa sen, että tietomalleista saadaan irti maksimaalinen hyöty eri suunnittelualoilla sekä kiinteistön elinkaaren aikana.

Lähteet

- (1) Käsitteet, Korjausrakentaminen. Tilastokeskus. Saatavilla <https://www.tilastokeskus.fi/meta/kas/korjausrakentam.html> Viitattu 28.3.2021
- (2) Hietala M, Huovari J, Kaleva, H, et al. Asuinrakennusten korjaustarve. PTT raportteja 251. Helsinki: Pellervon taloustutkimus PTT; 2015. Saatavilla <https://www.ptt.fi/julkaisut-ja-hankkeet/kaikki-julkaisut/asuinrakennusten-korjaustarve.html> Viitattu 10.3.2021
- (3) Suomen virallinen tilasto (SVT): Korjausrakentaminen. ISSN=1799-2958. Rakennusyritysten Korjaukset 2019. Helsinki: Tilastokeskus. Saatavilla https://www.stat.fi/til/kora/2019/03/kora_2019_03_2020-12-10_tie_001_fi.html Viitattu 10.3.2021
- (4) Rakennusteollisuus verkkosivut: Korjausrakentaminen. Saatavilla <https://www.rakennusteollisuus.fi/Tietoa-alasta/Korjausrakentaminen1/> Viitattu 10.3.2021
- (5) Nippala E, Vainio T. Asuinrakennusten korjaustarve 2006–2035. Espoo: VTT Teknologian tutkimuskeskus; 2016. 37 p. (VTT Technology; No. 274). Saatavilla <http://www.vtt.fi/inf/pdf/technology/2016/T274.pdf> Viitattu 5.2.2021
- (6) Pitkän aikavälin korjausrakentamisen strategia 2020–2050. Ympäristöministeriö; 2020. Saatavilla <https://ym.fi/korjausrakentamisen-strategia>
- (7) Lehtoviita T. Tietomallien avulla kohti parempaa rakennushankkeen tiedonhallintaa; 2012. Saatavilla <https://docplayer.fi/7313198-Tietomallien-avulla-kohti-parempaa-rakennushankkeen-tiedonhallintaa-13-10-2012-timo-lehtoviita-taustaa.html> Viitattu 17.3.2021
- (8) Halmetoja E. Tietomallit ylläpidossa. Senaatti-kiinteistöt; 2016. Saatavilla https://www.senaatti.fi/app/uploads/2017/05/6099-Tietomallit_yllapidossa.pdf Viitattu 10.3.2021
- (9) Autodesk kotisivut: What are the benefits of BIM? Saatavilla <https://www.autodesk.com/solutions/bim/benefits-of-bim> Viitattu 20.1.2021

- (10) Helander D, Singh V. BIM in building renovation projects: What is the useful minimum information requirement? INTERNATIONAL JOURNAL OF PRODUCT LIFECYCLE MANAGEMENT. 2016 syys 1;9(1):65. Saatavilla <https://doi.org/10.1504/IJPLM.2016.078863> Viitattu 5.3.2021
- (11) Mannermaa J. Kuvankaappaukset törmäystarkastelusta. Insinööritoimisto Savolainen Oy; 2019.
- (12) Helander D. Assessing alternatives for using building information models to manage initial information in building renovation projects. Aalto-yliopisto; 2014. Saatavilla <http://urn.fi/URN:NBN:fi:aalto-201405221884> Viitattu 20.3.2021
- (13) Järvinen T, Laine T. Yleiset tietomallivaatimukset 2012, osa 9. Mallien käyttö talotekniikan analyyseissä. buildingSMART Finland; 2012. Saatavilla https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_9_tate_analysit.pdf Viitattu 28.3.2021
- (14) Tekla Campus verkkosivut. BIM maturity levels. Saatavilla <https://campus.tekla.com/bim-maturity-levels> Viitattu 5.3.2021
- (15) ProIt verkkosivu. Saatavilla: <http://virtual.vtt.fi/virtual/proi6/proit/> Viitattu 22.3.2021
- (16) Karjula J, Mäkelä E. Yleiset tietomallivaatimukset 2012, osa 11. Tietomallipohjaisen projektin johtaminen. buildingSMART Finland; 2012. Saatavilla https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_11_projektin_johtaminen.pdf Viitattu: 5.3.2021
- (17) Henttinen T. Yleiset tietomallivaatimukset 2012, osa 1. Yleinen osuus. buildingSMART Finland; 2012. Saatavilla https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_1_yleinen_osuus.pdf Viitattu 5.3.2021
- (18) Shaping the Future of Construction. World Economic Forum; 2016 http://www3.weforum.org/docs/WEF_Shaping_the_Future_of_Construction_full_report_.pdf Viitattu 10.3.2021
- (19) Archicad-tuotesivu, M.A.D. Finland. Saatavilla <https://www.mad.fi/tuotteet/archicad>. Viitattu 5.3.2021
- (20) Juntunen V. Kuvankaappaukset Archicad-projektista, Kajaanihallin tietomallinnusprojekti. Insinööritoimisto Savolainen Oy, 2020.

- (21) Henttinen T. Yleiset tietomallivaatimukset 2012, osa 3. Arkkitehtisuunnittelu. buildingSMART Finland; 2012. Saatavilla https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/ytv2012_osa_3_ark.pdf Viitattu 5.3.2021
- (22) Pulkkinen V, Juntunen V. Kuvankaappaukset Archicad-projektista. Insinööritoimisto Savolainen Oy; 2021.