

Niko Kiviniemi

# TIETOMALLINTAMISEN HYÖDYT JA HAASTEET RAKENNUKSEN KÄYTTÖ- JA YLLÄPITOVAIHEESSA

Kandidaatintutkielma  
Rakennetun ympäristön tiedekunta  
Kesäkuu 2024

# TIIVISTELMÄ

Niko Kiviniemi: Tietomallintamisen hyödyt ja haasteet rakennuksen käyttö- ja ylläpitovaiheessa (Benefits and challenges using BIM for operation and maintenance phase)  
Kandidaatintyö  
Tampereen yliopisto  
Rakennustekniikka  
Kesäkuu 2024

---

Työn tarkoituksena on syventyä tietomallintamisen hyötyihin ja haasteisiin rakennuksen käyttö- ja ylläpitovaiheessa. Tietomallit ovat saavuttaneet keskeisen roolin osana rakennusalan digitalisaatiota ja niiden avulla voidaan saavuttaa kallisarvoista hyötyä. Rakennusten tietomallit tarjoavat mahdollisuuden esittää rakennuksen fyysisiä ja toiminnallisia ominaisuuksia digitaalisesti ja kolmiulotteisesti. Tietomalleihin kerätään tiedot rakennuksen rakentamisen ja suunnittelun ajalta. Kattava tietomalli, jota päivitetään rakentamisen alkamisesta ylläpitoon, mahdollistaa paremman tiedonhallinnan rakennuksen elinkaaren aikana. Tietomallin ideana on varastoida kaikki tieto samaan malliin, joka helpottaa tiedon löytymistä ja sen hyödyntämistä.

Tavoitteena on selvittää tehtyjen tutkimuksien ja kirjallisuuden avulla tietomallien mahdollistamia hyötyjä, niiden vaikutuksia ja haasteita. Tutkielmassa pyritään selvittämään, miten tietomallintamista hyödynnetään käyttö- ja ylläpitovaiheessa tällä hetkellä ja miten niiden käytöstä voitaisiin tehdä tehokkaampaa tulevaisuudessa. Tällä hetkellä käyttö- ja ylläpitovaiheessa esiintyy useita haasteita, jotka vaikeuttavat tietomallien hyödyntämistä. Suurimmat haasteet liittyvät koulutukseen, yhteistyöhön ja datan käsittelyyn. Tutkielmassa käsitellään näiden haasteiden ratkaisemista ja potentiaalisten hyötyjen saavuttamista. Tutkielman tuloksien perusteella esitetään ratkaisuja haasteisiin ja tietomallien tehokkaampaan hyödyntämiseen käyttö- ja ylläpitovaiheessa.

Tutkielmassa tukeudutaan aiheeseen liittyvään tutkimuskirjallisuuteen. Sitä hyödyntämällä pyritään löytämään käyttö- ja ylläpitovaiheeseen liittyvät hyödyt ja haasteet, sekä avaamaan niiden juurisyitä. Lopuksi vertaillaan tietomalleihin kuluneita resursseja ja niiden mahdollistamia hyötyjä. Tutkimusmenetelmänä on käytetty kirjallisuustutkimusta.

Lähteet tutkielmaan on etsitty Tampereen yliopiston kirjasto Andor-hakupalvelusta ja Google Scholarista.

Avainsanat: Tietomalli, BIM, Rakennuksen tietomalli, rajapinta

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

# SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO .....	1
2. TIETOMALLIEN HYÖDYNTÄMINEN KÄYTTÖ- JA YLLÄPITO VAIHEESSA.....	3
3. TIETOMALLIEN HYÖDYNTÄMISEN HAASTEET KÄYTTÖ- JA YLLÄPITO VAIHEESSA .....	4
3.1 Erilaiset tietomalliohjelmistot ja pelisäännöt .....	4
3.2 Koulutuksen ja perehdytyksen puute .....	5
3.3 Huonolaatuiset tietomallit ja tekniset ongelmat .....	5
3.4 Tietomallien ja ohjelmistojen kustannukset .....	6
4. TIETOMALLIEN MAHDOLLISTAMAT HYÖDYT .....	8
4.1 Kustannussäästöt .....	10
4.2 Ajantasainen tilannekuva kiinteistöstä.....	11
4.3 Hyödyt eri osapuolille.....	11
5. TIETOMALLIEN TEHOKKAAMPI HYÖDYNTÄMINEN KÄYTTÖ- JA YLLÄPITOVAIHEESSA .....	14
5.1 Digital Twinin käyttö ja sen mahdollistamat hyödyt .....	14
5.2 Koulutus ja yhteistyö.....	15
6. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET .....	16
LÄHTEET .....	17

# LYHENTEET JA MERKINNÄT

BIM  
YTV2012

Building Information Modeling  
Yleiset tietomallivaatimukset 2012

# 1. JOHDANTO

Rakennusalan digitalisaatio on tuonut mukanaan uuden aikakauden rakentamisessa. Ala tunnetaan hitaasti muuttuvana, mutta digitalisaatio on lisännyt nopeutta tapahtuviin muutoksiin. Uudet teknologiat esimerkiksi uudet digitaaliset alustat ja työkalut pakottavat rakennusalankin sopeutumaan ympäröivään maailmaan. Tietomallien yleistyminen on keskeinen esimerkki tästä. Tietomallintaminen on ollut jo useiden vuosien ajan rakentamisen trendi. BIM (Building Information Modeling) on systeemi, joka perustuu digitaalisiin tietomalleihin. Se sisältää rakennuksen fyysisiä ja toiminnallisia ominaisuuksia, joiden avulla mahdollistetaan rakennuksen elinkaaren aikainen tiedonhallinta. Tämän myötä ennen käytetyt 2-ulotteiset piirustukset ovat syrjäytymässä ja tilalle saapuu tietomalleja. (Pirttinen, 2020)

Tietomallien avulla saavutettavia hyötyjä on useita. Rakentamisen aikana luodaan monia eri suunnitelmia ja useat eri osapuolet suunnittelevat osia kokonaisuuteen. Tietomallin avulla insinöörien, arkkitehtien ja suunnittelijoiden käsittelemät tiedot voidaan varastoida samaan tietomalliin. Esimerkiksi suunnittelijan laatimat tiedot ovat rakennusurakoitsijan hyödynnettävissä. Rakennuksen valmistuttua tietomallin sisältö on laaja ja paljon informaatiota sisältävä. Vaikka tietomalleja hyödynnetään paljon rakentamisen aikana, käyttö- ja ylläpitovaiheen aikainen käyttö on vähäistä. (Volk et al. 2013)

Työssä tutkitaan tietomallintamisen hyödyntämistä rakennuksien käyttö- ja ylläpitovaiheessa. Tutkitaan tietomallien nykytilaa läpi rakennuksen elinkaaren, keskittyen kuitenkin käyttö- ja ylläpitovaiheeseen. Tarkoituksena yrittää löytää potentiaalisia hyötyjä ja juurisyitä tietomallien heikon hyödyntämisen selittämiseksi, sekä pohtia ja käsitellä haasteita ja löytää niihin mahdollisia ratkaisuja.

Tutkimustyylinä on kirjallisuustutkimus. Tietomallien yleistymisen myötä, aiheesta löytyy paljon erilaisia lähteitä ja kirjallisuutta. Lähteitä etsitään Tampereen yliopiston kirjastosta Andorista, Scopuksesta ja Google Scholarista. Rajataan lähteiden hakua koskemaan vain rakennuksien käyttö- ja ylläpitovaihetta.

Tutkimuksen pääkysymys on:

- Miten tietomalleja hyödynnetään rakennuksien käyttö- ja ylläpitovaiheessa?

Alatutkimuskysymyksiä:

- Mitkä ovat tietomallien hyödyntämiseen liittyviä haasteita?
- Mitkä ovat potentiaalisia hyötyjä?
- Miten mahdollistetaan tietomallien tehokkaampi hyödyntäminen?

## 2. TIETOMALLIEN HYÖDYNTÄMINEN KÄYTTÖ- JA YLLÄPITO VAIHEESSA

Vaikka tietomallien mahdollisuudet käyttö- ja ylläpitovaiheessa tunnetaan, niitä käytetään usein vain rakennus- ja suunnitteluvaiheessa. Rakennusalan digitalisaation myötä, tietomallien hyödyntäminen rakennusten käyttö- ja ylläpitovaiheessa on kuitenkin lisääntynyt. Se tarjoaa nopeutta ja sujuvuutta kerätyn datan käsittelyyn ja hyödyntämiseen. Kerätyn datan ja nykyajan tietomallien avulla on mahdollista muodostaa rakennuksesta päivittyvä virtuaalinen malli. Sen avulla rakennusta voidaan seurata ja huoltaa läpi sen elinkaaren. (Leygonie et al. 2022)

Kiinteistöjen ja rakennuksien mallinuksen tavoite on suunnittelun ja rakentamisen laadun, tehokkuuden, turvallisuuden ja kestävä kehityksen mukaisen hanke- ja elinkaari-prosessintukeminen. Tietomallit mahdollistavat investointipäätösten tuen vertailemalla ratkaisujen toimivuutta, laajuutta ja kustannuksia. Niiden avulla voidaan esimerkiksi vertailla energia-, ympäristö- ja elinkaarianalyysien ratkaisuja, ylläpidon tavoiteseuranta varten. Suunnitelmia voidaan tietomallin avulla havainnollistaa ja rakennettavuutta pysyttää analysoimaan. Näin varmistetaan laadusta, tiedonsiirron paranemisesta, sekä suunnitteluprosessin tehokkuudesta. (YTV. 2012. Osa 12.).

Yksi tietomallintamisen hyvistä puolista on sen luoma mahdollisuus yhdistää eri suunnittelualojen osamallit yhdeksi yhdistelmämalliksi. Yhdistelmämallit mahdollistavat kokonaisuuksien ja eri osien yhteensopivuuksien testaamisen ja varmistamisen. Tämän ansiosta virheet ja päällekkäisyydet huomataan ajoissa ja niihin voidaan puuttua. (Pirttinen, 2020)

Rakennuksen tai kiinteistön mukaan tietomallien luomista varten, asetetaan hankekohdaiset painopistealueet ja tavoitteet. Näiden pohjalta määritetään ja dokumentoidaan projektikohtaiset vaatimukset. Tärkeimpiä tavoitteita käyttö- ja ylläpitovaiheen kannalta ovat tuki hankkeen kustannus- ja elinkaarianalyysijä varten ja tuki hankkeen tietojen siirtämistä käytön ja ylläpidon aikaiseen tiedonhallintaan. (YTV. 2012. Osa 12.)

### **3. TIETOMALLIEN HYÖDYNTÄMISEN HAASTEET KÄYTTÖ- JA YLLÄPITO VAIHEESSA**

Tietomallien hyödyntäminen käyttö- ja ylläpitovaiheessa on nykypäivänä jo yleistä ja sen potentiaaliset hyödyt tiedostetaan. Niiden käyttöönottoaminen ja ylläpitäminen on kuitenkin osoittautunut haasteelliseksi. Tämän myötä potentiaaliset hyödyt menetetään tai niiden vaikutus pienenee.

Käyttöönoton ja ylläpitämisen yleisiä haasteita ovat esimerkiksi kustannukset, tietomallien ajantasaisuus tai henkilöstön koulutus. Tietomallien hyödyntämiseen liittyvät haasteet usein kytkeytyvät toisiinsa. Jos esimerkiksi henkilökunta ei omaa oikeanlaista koulutusta, vaikeuttaa se tietomallien päivittämistä ja ylläpitämistä ja näin ollen kustannukset usein nousevat. Tietomallit luodaan suunnittelun ja rakentamisen aikana, jolloin tietomalli usein sisältää turhaa tietoa käyttö- ja ylläpitovaiheeseen. Ylimääräinen data tietomallissa puolestaan vaikeuttaa sen käyttöä ja voi tehdä ohjelmasta liian suuren. Haasteiden tiedostamisen ja ymmärtämisen myötä, tietomalleista voidaan saada suurempi hyöty ja niiden epäkohtia voidaan kehittää. (Leygonie et al. 2022)

#### **3.1 Erilaiset tietomalliohjelmistot ja pelisäännöt**

Kiinteistön rakentamisen aikana eri suunnittelijat ja urakoitsijat usein hyödyntävät erilaisia tietomalleja ja standardeja. Ongelmaksi muodostuu näiden yhteensopivuus ja tiedon siirtäminen ja yhdistäminen. Tästä seurauksena voi olla tiedon vääristyminen tai hukkuminen, joka johtaa ylimääräisiin työtunteihin ja lisää kustannuksia. Jo rakentamisvaiheessa esiintyneet tietomallien käyttöön liittyvät ongelmat konkretisoituvat käyttö- ja ylläpitovaiheessa. Epäselkeät mallit, jotka sisältävät vääristynyttä informaatiota haittaavat käyttö- ja ylläpitovaiheeseen liittyvien töiden ja korjauksien tehokkuutta.

Tietomalleihin liittyvänä haasteena koetaan myös pelisääntöjen puute. Selvää linjausta tai suunnitelmaa ei ole tietomallien sisällöstä, ohjelmistosta ja mallintamisen tarkkuudesta. Kun rakennuksen rakentamisen aikana tietomallien käyttö ja luominen on sekavaa ja ristiriitaisaa, käyttö- ja ylläpito vaiheessa tietomallin hyödyntäminen muodostuu vaikeaksi. (Korpela, 2011)



### 3.2 Koulutuksen ja perehdytyksen puute

Suuri tietomalleihin liittyvä epäkohta on heikko tai vähäinen koulutus. Rakennusalan työntekijöillä ei usein ole riittävää perehdytystä tai koulutusta tehokkaaseen tietomallien hyödyntämiseen. Ongelma korostuu käyttö- ja ylläpitovaiheen työntekijöillä, joilta tekninen koulutustausta usein puuttuu. Saatavilla olevaa tietoa ei pystytä tulkitsemaan tai sitä ei osata käyttää. Vaikka tietomallia osattaisiin käyttää, sen päivittäminen muodostuu usein ongelmaksi. Päivittämätön tietomalli ei ole ajantasainen ja ajan kuluessa sen mahdollistamat hyödyt vähenevät. Kun tietomalli luovutetaan suunnittelijoilta ja rakentajalta rakennuksen omistajille, sen sisältö voi olla turhaa käyttö- ja ylläpitovaiheeseen. Tärkeää olisi luovutusvaiheessa laatia tarkat ohjeet minkälaista dataa tarvitaan ja antaa selkeät käyttöohjeet käyttö- ja ylläpitohenkilökunnalle. (Leygonie et al. 2022)

Työntekijöiden vähäiset tietotekniset taidot tuottavat myös lisäkuluja. Tietomallintamisen osaamisen opetteluun kuluu aikaa ja rahaa, ja täten tietomallien hyödyntäminen vähenee. Osaamisen puute johtaa negatiivisiin asenteisiin tietomallintamista kohtaan. Negatiivinen asenne ja huonot kokemukset johtavat haluttomuuteen tietomallien käytön opetteluun suhteen. (Korpela, 2011)

### 3.3 Huonolaatuiset tietomallit ja tekniset ongelmat

Laajan tietomallitarjonnan myötä, markkinoilta löytyy myös huonoja vaihtoehtoja. Tietomallien laatu voi siis vaihdella suuresti. Usein ongelmaksi muodostuu se, että tietomallit eivät sisällä riittävästi yksityiskohtaista tietoa tai saatavilla oleva tieto ei ole ajantasaista. Kerättyjen tietojen puutteellinen dokumentointi, sekä niiden sisältämät virheet heikentävät myös tietomallien hyödyntämistä. Edellä mainitut ongelmat, heikot ja puutteelliset tietomallit voivat johtaa siihen, että tietomallien sijasta joudutaan turvautumaan manuaalisiin tarkastuksiin ja 2-uloitteisiin piirustuksiin. Tämä puolestaan vähentää tietomallien tuomia hyötyjä ja niiden hyödyntämistä jatkossa. (Leygonie et al. 2022)

Rakennuksen sisältämiä tietoja ja tiedostoja yhdistäessä yhdeksi tietomalliksi, tietomallin tiedostokoko kasvaa helposti hyvinkin suureksi. Suuret tiedostot koot aiheuttavat hankaluuksia niiden toiminnassa. Tietokoneiden ohjelmistojen hidastuessa, ongelmia ja hidastuksia syntyy työnteolle (Pirttinen, 2020).

Usein ongelmaksi nousee myös tietomallien tekniset rajoitukset. Tietomalleja hyödyntämällä ei pystykään suunnittelemaan niin tarkasti kuin suunnittelijat haluaisivat. Tekniset rajoitukset myös haittaavat tai estävät muiden suunnittelijoiden suunnitelmien hyödyntämistä. Teknisiin ongelmiin lukeutuu myös heikot datayhteydet ja ongelmat palvelimessa ja synkronoinnissa. (Korpela, 2011)

Monien ongelmien ja teknisten vikojen takia, voi tietomalli olla kokonaisuudessaan hyvin sekava ja pätkivä. Tämän myötä mallin hyödyntäminen tai päivittäminen vaikeutuu. Huonosti toimivan tietomallin myötä kustannukset nousevat, aikataulut venyvät sekä käyttäjien asenne tietomalleja kohtaan heikentyy.

### **3.4 Tietomallien ja ohjelmistojen kustannukset**

Tietomallien käyttöönotto ja ylläpito edellyttää investointeja tarvittaviin laitteistoihin, ohjelmistoihin sekä henkilöstön koulutukseen. Jos henkilöstön koulutustausta ei tarjoa tietomalli osaamista, on työnantajan koulutettava työntekijöitään kursseilla. Tarvittavien ohjelmistojen, laitteiden ja koulutuksen myötä, tietomallien hyödyntämistä varten vaadittava alkusijoitus voi nousta hyvinkin korkeaksi. Tietomallien kustannuksia arvioidessa, mietitään tietomallien tuomaa hyötyä strategiaan tavoitteisiin. Kustannuksien ja saatavien hyötyjen arviointi voi olla haastavaa varsinkin pienempien kiinteistöjen tai yritysten kohdalla. (Gharaibeh et al. 2024)

KIRA-digin vuonna 2018 toteuttamassa tietomallit ylläpitoon-olosuhdemallin pilotoinnissa selvisi, että tietomallin toteutuskustannukset ovat luotettavasti arvioitavissa etukäteen ja, että sen kustannus on kohtalainen kuluihin ja tuottoihin verrattuna keskikokoisissa tai suuremmissa kiinteistöissä. Pilotoinnin päätteeksi tehdyn raportin mukaan merkittävimmät kustannukset syntyvät itse tietomallin laatimisesta ja päivittämisestä, mitaustietojen keräämisestä, rajapintojen toteutuksesta sekä tietomallipalvelimen perustamisesta. Tämän lisäksi käyttö- ja ylläpitovaiheessa ylläpitokulut ovat jatkuvia. (Halmetoja, 2018)

Heikko laatuiset tai liikaa turhaa informaatiota sisältävät tietomallit lisäävät rakennuksen ylläpitoon kuluvaan aikaa ja rahaa. Tärkeää olisi jo rakentamisen aikana ottaa tilaajan tietomallien hyödyntämiseen liittyvät suunnitelmat huomioon. Täten voitaisiin varmistua

tietomallien yhteensopivuudesta, hyödyllisen tiedon keräämisestä ja näiden myötä tietomalleihin kohdistuvan investoinnin kannattavuudesta. (Leygonie et al. 2022)

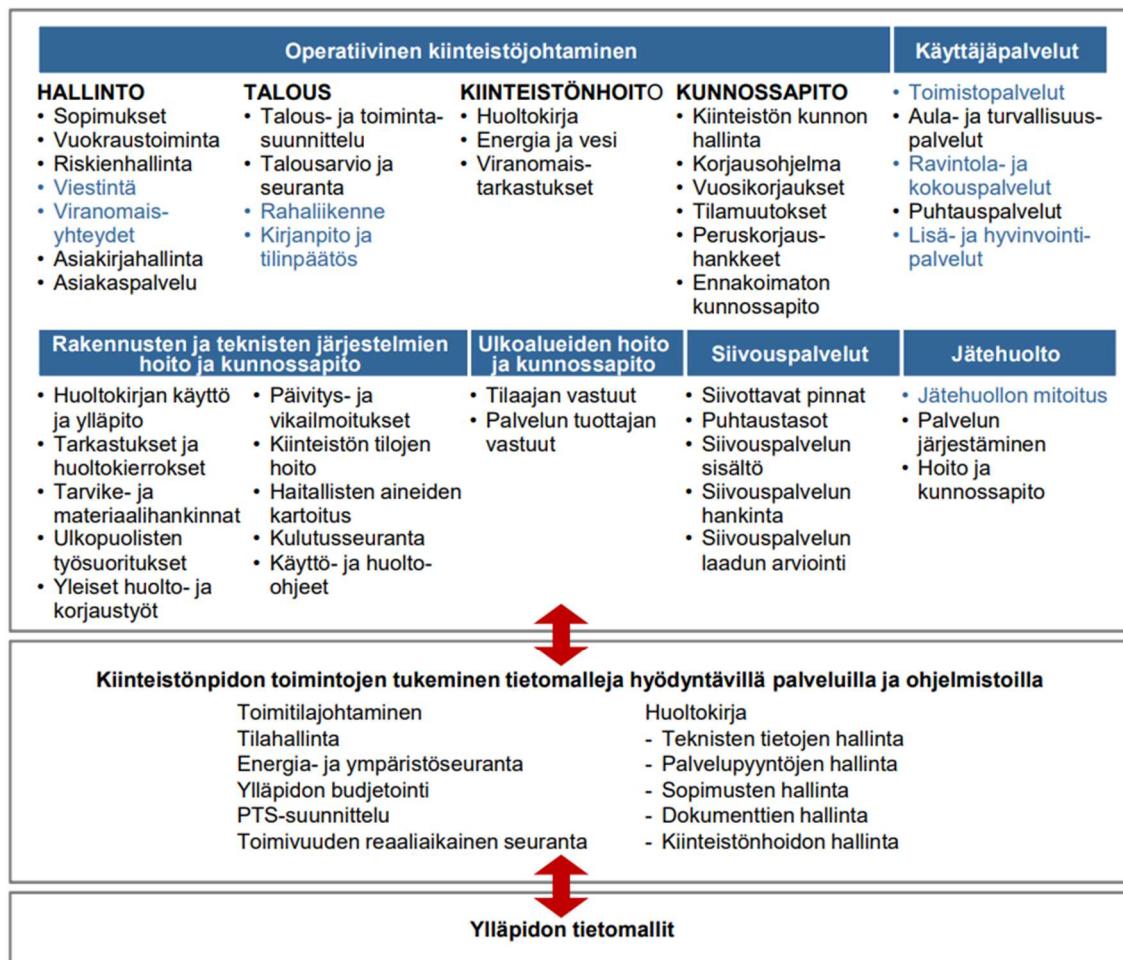
## 4. TIETOMALLIEN MAHDOLLISTAMAT HYÖDYT

Tietomallien avulla on mahdollista muodostaa rakennuksesta päivittyvä virtuaalinen malli. Sen avulla rakennusta voidaan seurata ja huoltaa läpi sen elinkaaren. Esimerkiksi energiatehokkuuteen voidaan kiinnittää huomiota ja sitä voidaan optimoida rakennuksen elinkaaren eri aikoina. Käyttäjät voivat tietomallien avulla suunnitella ja optimoida rakennuksen ja tilojen käyttötarkoitusta ja toimivuutta. Käyttö- ja ylläpitovaiheen kannalta myös tärkeä hyöty on tietomallien sisältämä data. Tietomalleja hyödyntäessä rakennuksen tietomallista voidaan tulostaa rakennuksen määrätiedot. Esimerkiksi rakennuksessa käytetyt rakennusmateriaalit, kalusteet ja varusteet. Määrätiedot helpottavat rakennuksen käytön monipuolistamista ja muutoksiin sopeutumista. Uudet hankinnat tai remontit on helpompi toteuttaa tietomallista saatavien tietojen avulla. (Pirttinen, 2020)

Tietomallit helpottavat myös huoltotoimen piteitä. Ne tuovat saataville reaaliaikaisen tilannekuvan, jonka avulla saadaan tarkkaa tietoa rakennuksen komponenteista, sekä järjestelmistä. Paremman informaation avulla huoltotoimenpiteet voidaan suunnitella ja toteuttaa tarkasti. Myös ennakoivat toimenpiteet ovat mahdollisia, niiden avulla saadaan vähennettyä odottamattomia korjauksia.

Tietomallien avulla saadaan myös tietoa rakennuksien käyttöasteesta, esimerkiksi kulunvalvontajärjestelmän kautta. Tämän tiedon avulla rakennuksen käyttöä voidaan optimoida ja hallita. Esimerkiksi kauppakeskuksissa ihmismassoja voidaan ohjata hissien ja liukuportaiden avulla, kun ne voidaan optimoida sopiville ihmismäärille. Tietomallin mahdollistaman kulunvalvontajärjestelmän avulla kiinteistössä asioivan kulkua voidaan rajoittaa esimerkiksi niin, että hissi nousee vain kerrokseen, johon käyttäjällä on tarve ja lupa mennä.

Tietomallien potentiaalisia hyötyjä ja käyttökohteita käyttö- ja ylläpitovaiheessa löytyy mm. operatiivisessa kiinteistöjohtamisessa, rakennusten teknisten järjestelmien hoidossa ja kunnossapidossa, käyttäjäpalveluissa ja siivouspalveluissa. Kuvassa 1 on esitettyinä esimerkkejä toiminnoista, joita voitaisiin potentiaalisesti tukea tietomallipohjaisten ohjelmistojen avulla. (YTV. 2012. Osa 12.)



Kuva 1. Kiinteistönpidon toimialueet ja esimerkkejä toiminnoista. (YTV. 2012. Osa 12.)

Kun kiinteistöä tuetaan tietomallilla, saavutetaan hyötyjä niin hallinnossa, taloudessa, kiinteistönhoidossa kuin kunnossapidossakin. Kiinteistöjen hallinto muodostuu selkeämmäksi, kun asiakirjat ja sopimukset on säilytetty samaan paikkaan. Niiden käyttö muodostuu selkeäksi ja kaikki asiakirjat ovat aina tallessa. Talouspuolella kiinteistön menot ja tulot voidaan selkeästi laskea. Kun kiinteistöön liittyvä rahaliikenne tiedetään, voidaan sen kannattavuus varmistaa. Kiinteistönhoidossa ja kunnossapidossa tietomalli takaa huoltohistorian säilymisen ja oikea-aikaisten huoltojen ja tarkastuksien tapahtumisen. Näin kiinteistö pysyy toimivana ja sen käyttötarkoitukseen sopivana.

Useita tietomallipohjaisia sovelluksia on tehty tukemaan ja kehittämään rakennuksien käyttö- ja ylläpitovaihetta. Esimerkiksi kiinteistönpidon sovelluksia on tarjolla ja kehitteillä toimitilajohtamiseen, tilahallintaan, energian ja ympäristövaikutusten seurantaan, ylläpidon budjetointiin ja PTS-suunnitteluun. (YTV. 2012. Osa 12.)

## 4.1 Kustannussäästöt

Kun kiinteistöjen valmistumisesta alkaa kulua aikaa, alkaa huolto ja korjaustoimenpiteiden tarve kasvamaan. Näiden toimenpiteiden takia muodostetaan usein lyhyen ja pitkän aikavälin suunnitelmia rakennuksen toiminnan ylläpitämiseksi. Kun ensimmäisten korjauksien aika tulee, usein huomataan, että rakennuksesta ei ole kerätty tietoa sen elinkaaren ajalta. Usein tässä vaiheessa teetetään useita eri selvityksiä ja remonttien koko on kasvanut suuremmaksi kuin millä olisi voitu selvitä. Selvitykset ja eskaloituneet remontit aiheuttavat suuria kustannuksia. Tietomallien avulla kiinteistön elinkaaren aikana kertynyt tieto on tallessa ja hyödynnettävissä. Tulevat huollot ja remontit voidaan ennakoita ja niihin voidaan varautua. Rakennuksen elinkaaren kustannuksista 85 % syntyy käyttö- ja ylläpitovaiheessa. Tietomallin mahdollistama tehokas kiinteistönylläpito voi siis tuottaa suuret säästöt kiinteistön omistajille. (Leygonie et al. 2022)

Perinteisien tiedonhallintamenetelmien käyttö usein johtaa projektikustannuksien yllättäviin muutoksiin. Tietomallien avulla rakennushankkeen eri vaiheiden tiedot voidaan integroida samaan malliin. Tämä edistää projektin osapuolien yhteistyötä ja mahdollistaa kustannuksien tehokkaamman hallinnan. Kustannuksien hallinta voidaan tietomallien avulla aloittaa jo ennen rakentamisvaihetta ja sitä pystytään jatkamaan käyttö- ja ylläpitovaiheessa. Tietomallin avulla kustannuksia pystytään valvomaan yksityiskohtaisesti, eikä projektin osien kustannukset mene sekaisin. Tutkimuksissa on huomattu useiden prosenttien säästöjä, kun rakennushankkeiden elinkaaren aikana hyödynnetään tietomalleja. (Xiu et al. 2022)

Täsmällinen tieto, selkeässä tietomallissa auttaa estämään edellä mainitut ongelmat ja voi johtaa mittaviin säästöihin. Tietomallien sisältämä tarkka ja selkeä tieto auttaa nopeuttamaan huoltotoimenpiteitä kiinteistöissä. Sen avulla huoltomies voi tutustua kohteeseen etukäteen, paikantaa ongelma ja miettiä siihen parhaan ratkaisun. Esimerkiksi vesivahingon sattuessa tietomallin avulla voitaisiin selvittää vahingon laajuus ja vaikutukset. Tietomallin avulla voitaisiin esimerkiksi arvioida mihin rakenneosiin vesi on voinut päätyä 3D-piirrustuksien avulla. Remonttien yhteydessä tapahtuvat rakenteelliset muutokset voitaisiin päivittää tietomalliin ja täten tieto olisi tallessa tulevaisuutta varten. Tämä tieto mahdollistaisi tulevaisuudessa säästöjen kertymisen, sillä turhaa työtä tiedon etsimiseen ei tarvitsisi tehdä. Ajantasainen tietomalli pitää tulevan työnteon tehokkaana, parantaa kiinteistön käyttökokemuksia ja lisää sen elinkaaren pituutta. (Boström. 2021)

## 4.2 Ajantasainen tilannekuva kiinteistöstä

Tietomalleihin kerätyn informaation avulla kiinteistön tarpeet kuten huoltojen ajankohta pystytään arvioimaan tarkemmin. Kun kaikki tieto on yhdessä paikassa, sitä voidaan hyödyntää tehokkaammin. Esimerkiksi eri laitteistoiden toimintaa yhdessä voidaan optimoida ja arvioida. Tämän ansiosta ongelmien tai vaurioiden korjaus nopeutuu. Ajantasainen tieto siitä mitkä osat tai huoltotoimenpiteet on suoritettu, auttaa paikallistamaan uudet viat. Tämä taas helpottaa työntekijöiden työtä ja vähentää kustannuksia.

Ajantasaisen tilannekuva kiinteistöstä ja toimiva tietomalli mahdollistavat työntekijöiden kattavamman perehdyttämisen kiinteistön toimintaan ja huoltamiseen. Työntekijöiden tietoisuus huoltoa vaativista kohteista ja laitteistoista, nostaa kykyä reagoida, jos joku kiinteistön osa rikkoutuu. Tietomallien sisältämä ajankohtainen tieto auttaa esimerkiksi kiinteistön huoltomiestä huomaamaan ja paikallistamaan vian etäyhteyden avulla, ilman turhaa tarkastuskäyntiä kohteeseen. (Boström. 2021)

## 4.3 Hyödyt eri osapuolille

Tietomallintamista voidaan hyödyntää käytön ja ylläpidon aikana eri tasoilla. Esimerkiksi kiinteistöjohtamisessa, palveluiden tuottamisessa ja kiinteistöhoidossa. Rakennuksen omistajan näkökulmasta tietomallintamisen avulla voidaan hallita energia-, olosuhde- ja ympäristötavoitteita simuloinnin avulla. Tietomallien ja simulaatioiden tuottamien laajuustietojen ja menekkien perusteella voidaan toteuttaa onnistunut kilpailutus eri palveluiden tarjoajien välillä. Palveluiden tuottajat ja toimittajat voivat hyötyä tietomalleista saamalla kilpailuetuja liiketoimintaansa tehokkaan tiedonhallinnan avulla. Kiinteistöjen käyttäjien ja palveluiden ostajien kannalta tietomallien avulla pystytään ennakoimaan ja reagoimaan ongelmiin ja asiakkaan toiveisiin, samalla säilyttäen palveluiden laatu hyvänä.

Rakennushanke						Käyttö ja ylläpito		
Rakennushankkeen tiedot	Dokumentit	Ohjelmistojen alkuperäismallit		Avoimen tiedonsiirron mallit (IFC)		Tietomallien täydentäminen ylläpidon ohjelmistojen avulla	Havainnollistaminen tietomallien avulla	Ylläpidon toimintojen tukeminen
	PDF/Excel	Suunnitelma	Ylläpidon täyd.	Vaatimukset	Suunnitelma			
<b>Tilat ja tilaryhmät (alueet)</b>								
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 Viranomaistarkastukset 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)				
Kulutustasot (TATE)	Min.			Proj.				
Kulutustavoitteet	Proj.			Proj.				
Ympäristöluokitus	Proj.			Proj.				
<b>Rakennusosat, järjestelmät ja laitteet</b>								
Rakennusosamalli (ARK)		Min.			Min.	Ennakkohuoltosuunnitelma Huolto- ja korjaushistoria Palvelupyyntöt	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 suunnitelmätiedot (kaikki)	Min.			Proj.				
Urakoitsijan tuotetiedot	Min.			Proj.				
Mittaus- ja tarkastustiedot	Min.			Proj.				
Käyttö- ja huolto-ohjeet	Min.							
<b>Rakennushankkeen luovutusasiakirjat</b>								
Suunnitelma-asiakirjat	Min.					Asiakirjojen arkistointitiedot		Takuutarkastukset ja -korjaukset Muutos- ja korjaushankkeiden suunnittelu
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 2. Rakennushankkeen tietojen hyödyntämismahdollisuuksia ylläpidon toimintojen tukena. (YTV. 2012. Osa 12.)

Kuvassa 2 on esiteltyä rakennushankkeen tietojen hyödyntämismahdollisuuksia ylläpidon toimintojen tukena. Kaaviota voidaan käyttää tietomallituksen tavoitteiden määrittämisessä. Sen avulla voidaan myös suunnitella ohjelmistohankintoja, jotta ne vastaisivat kunkin kiinteistön tarpeita ja saavutettavat hyödyt maksimoitaisiin. (YTV. 2012. Osa 1)

Rakennushankkeen aikana tietomalliin on kerätty informaatiota itse rakentamiseen liittyvistä suunnitelmista ja toteutuksista. Tämä tieto on hyödyllistä myös käyttö- ja ylläpito-vaiheessa mutta tietomallia tulee täydentää ylläpidon ohjelmistojen avulla. Kuvassa 2 on listattu tietomalliin lisättäviä tietoja. Kiinteistön tilat ja niiden käyttötarkoitukset on lisättävä tietomalliin. Tilat ja tilaryhmät osiosta tärkeitä ovat esimerkiksi työpisteet, olosuhdemittaukset, viranomaistarkastukset ja kulutustiedot. Näitä osia voidaan havainnollistaa tietomallissa värikarttojen avulla. Värikarttojen avulla eri tilat, tilaryhmät ja attribuuttitiedot voidaan hahmottaa selkeämmin. Edellä mainitut asiat mahdollistavat esimerkiksi tehokkaamman vuokraustoiminnan, palveluiden kilpailutuksen, muutos- ja korjaushankkeiden suunnittelun, sekä kunnossapidon suunnittelun ja budjetoinnin.

Käyttö- ja ylläpito-vaihe vaatii myös lisäyksiä rakennusosiin, järjestelmiin ja laitteisiin. Järjestelmiin tulee kirjata osakohtaiset ennakkohuoltosuunnitelmat, huolto- ja korjaushistoria ja palvelupyyntöt. Tietomallit mahdollistavat näiden kirjaamisen ja havainnollistami-



sen 2D/3D grafiikan avulla. Sen avulla voidaan havainnollistaa eri rakennusosat, järjestelmät ja laitteet. Näiden avulla pystytään helpommin hallitsemaan muun muassa palveluiden kilpailutusta, palvelupyynnöjä, korjaushankkeiden suunnittelua, sekä ennakko- huollon suunnittelua ja seuranta. Tietomallin avulla pystytään myös takaamaan rakennushankkeenluovutuskirjojen säilyminen. Kun asiakirjat ovat tallessa, käyttö- ja ylläpito- vaiheessa tapahtuvien takuutarkastuksien ja -korjauksien toteuttaminen on helpompaa. Myös muutos- ja korjaushankkeet vaativat rakennushankkeen aikaisia asiakirjoja, jotta ne pystytään suunnittelemaan ja toteuttamaan laadukkaasti.

## 5. TIETOMALLIEN TEHOKKAAMPI HYÖDYNTÄMINEN KÄYTTÖ- JA YLLÄPITOVAIHEESSA

Kiinteistöjen käyttö- ja ylläpitoon on kehitelty erilaisia tapoja ja suunnitelmia. Yksi näistä on reaktiivinen ylläpito. Reaktiivisessa ylläpidossa ongelmiin reagoidaan vasta esimerkiksi jonkun laitteen vahingoittuessa tai rikkoutuessa. Reaktiivinen ylläpito toimii kiinteistöihin ja tiloihin, joissa tietyn laitteen rikkoutuminen ei esimerkiksi aiheuta mittavia pysähdyksiä tuotantoon. Reaktiivinen ylläpito voi koitua kuitenkin kalliiksi ja raskaaksi järjestelmäksi. Reaktiivisen ylläpidon tilalla usein parempi vaihtoehto olisikin ennakoiva ylläpito. Tietomallien avulla ennakoivan ylläpidon saisi sujuvaksi ja kustannustehokkaaksi.

Tietomalleja hyödyntämällä rakennuksesta saatavaa reaaliaikaista tietoa voidaan hyödyntää huoltotoimenpiteiden suunnittelussa. Kaikki tieto rakennuksen ominaisuuksista esimerkiksi lämpötila, kosteus ja ilmanlaatu, voivat vaikuttaa tarvittaviin toimenpiteisiin ylläpidossa. Kaikki nämä tiedot voidaan kerätä sensoreilla ja erilaisilla mittareilla. Sensoreiden keräämä data voidaan siirtää tietomalliin, jonka avulla voidaan arvioida ja optimoida tulevat huoltotoimenpiteet. Oikeanlaisella välineistöllä, koulutuksella ja toimivalla yhteistyöllä kiinteistöiden huoltaminen, sekä ylläpito saadaan nostettua korkealle tasolle tietomallien avulla. (Errandonea et al. 2020)

### 5.1 Digital Twinin käyttö ja sen mahdollistamat hyödyt

Yksi keino tehokkaammin hyödyntää tietomallintamista rakennuksien käyttö- ja ylläpito-vaiheessa on luoda rakennuksesta digitaalinen kaksonen. Digitaalinen kaksonen koostuu kolmesta osasta, fyysisestä ja virtuaalisesta tuotteesta ja niiden välisestä kommunikoinnista. Digitaalinen kaksonen sisältää paljon tietoa rakennuksesta. Se pitää sisällään esimerkiksi mittatiedot, toleranssit, komponenttien ja materiaalien tiedot. Virtuaalinen malli saa reaaliaikaista tietoa fyysisestä osasta eli rakennuksesta anturien, sensorien ja testituloksien perusteella. (Errandonea et al. 2020)

Digitaalista kaksosta on hyödynnetty teollisuudessa ja konetekniikassa jo pitkään. Rakennusalalla sen hyödyntäminen on ollut puutteellista mutta lisääntymässä. Rakennuksien käyttö- ja ylläpidossa digitaalisesta kaksosesta voisi olla enemmän hyötyä kuin pelkästä tietomallista. Sen sisältöön voi lisätä rajapintojen kautta paljon erilaista informaati-

tiota. Esimerkiksi kiinteistön huoltokirjan ja kulunvalvontajärjestelmän. Digitaalinen kaksosen voi käyttö- ja ylläpitovaiheessa mahdollistaa kustannussäästöjä, vähentää takuuvaiheen riitoja, helpottaa tietojen saatavuutta ja oikeellisuutta sekä parantaa dokumentointia. Täten mahdollistaen paremman kiinteistön tietojen hallinnan vähentäen turhaa ja kallista selvitystyötä. (Boström. 2021)

Digitaalisen kaksosen käyttö vaatii toimiakseen kattavan perehdytyksen ja koulutuksen sen toiminnasta ja hyödyntämisestä. Kaikille osapuolille tulee olla selkeät pelisäännöt sen käytöstä ja päivittämisestä. Jos digitaalista kaksosta käytetään toimivalla yhteistyöllä, selkeästi kommunikoiden, sen avulla voidaan saavuttaa mittavia säästöjä ja vähentää turhaa työtä.

## 5.2 Koulutus ja yhteistyö

Tavoitellessa tehokkaampaa tietomallien hyödyntämistä, koulutuksen ja yhteistyön merkitys korostuu. Jotta tietomallit toimivat, tulee niiden sisältää tarvittavat tiedot kohteesta, esimerkiksi rakennuspiirustukset, teknisiä tietoja ja huoltokirjan. Tämä vaatii käyttäjiltä tietotaitoa lisätä tietoa tietomalliin ja päivittää sitä. Kun ajantasaiset tiedot ovat ladattu tietomalliin, voidaan sen avulla nopeuttaa ylläpidon tehtäviä ja tehdä kiinteistön käyttökokemuksesta laadukkaampi.

Rakennusten ylläpidosta vastaavien ammattilaisten tulee hallita ja tiedostaa tietomallien käyttöominaisuudet ja kouluttaa itseään sen käyttöön. Tämä vaatii yrityksiltä ja työntekijäiltä kattavaa perehdytystä ja kurssien tarjoamista työntekijöille. Käyttämiseen liittyviä toimintatapa ohjeita ja käytäntöjä on jaettava, jotta kaikilla on selvät ja samat ohjeistukset. Myös kaikkien oppilaitosten on otettava huomioon nykyajan työmaiden ja rakennuksien vaatimukset osaamisen ja tiedon suhteen. Tietoteknisten taitojen tulee olla kunnossa, jotta tietomallien käyttö onnistuu. Tämä takaa tietomallien selkeyden ja sen, että työntekijät osaavat lukea ja jakaa tärkeää tietoa tietomallista. (Salman. 2011)

Tietomallia käyttää moni eri taho läpi rakennuksen elinkaaren. Esimerkiksi arkkitehdit, insinöörit, urakoitsijat ja kiinteistöhuoltajat. Kun kaikki käyttäjät ovat informoituja, on kaikille tietomallista hyötyä ja kerätty tieto saadaan talteen kiinteistön tulevaisuutta varten. Suurimpia etuja on helppo kommunikointi ja tiedonkulku läpi eri osapuolien. Näin väärin ymmärrykset ja virheet vähenevät ja lopputulos on mahdollisimman hyvä.

## 6. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tietomallintaminen ja tietomallien käyttö on kehittynyt tärkeäksi osaksi rakentamista. Vaikka rakennuksien käyttö- ja ylläpito vaiheessa käyttö on vielä vähäistä, on odotettavissa suurta kehitystä tietomallien käyttöönotossa. Tällä hetkellä käyttö kohdistuu lähinnä asiakirjojen, kuten teknisten tietojen ja huoltokirjojen säilömiseen, sekä energiankäyttöön liittyvään optimointiin. Tutkielmassa esitetty digitaalinen kaksonen voisi olla tarvittava ominaisuus käyttö- ja ylläpitovaiheeseen. Sensorien ja anturien avulla rakennuksesta saataisiin kallisarvoista tietoa. Näin varmistuttaisiin tiedon ajantasaisuudesta ja sen avulla pystyttäisiin reagoimaan nopeammin rakennuksen tarpeisiin.

Tietomallien täysimittaisen hyödyntämisen mahdollistamiseksi rakennusalan ammattilaisten tulisi tehdä yhteistyötä oppilaitosten ja IT osaajien kanssa, jotta eri rakennusalan koulutuksien kautta saataisiin uusia ja päteviä tietomalliosaajia. Yrityksien tulisi varmistaa oikeaoppinen koulutus ja perehdytys työntekijöille tietomalleista ja niiden hyödyllisestä käytöstä, jotta rakennusvaiheessa kerätty tieto ei valuisi hukkaan. Tehokkaalla yhteistyöllä eri tahojen välillä pystytään varmistamaan tietomallien tehokas hyödyntäminen rakennushankkeiden eri vaiheissa. Käyttö- ja ylläpitovaiheessa voidaan tehdä mittavia kustannussäästöjä, pidentää rakennuksien elinkaarta, sekä varmistaa laadun ja käyttäjäkokemusten pysyminen hyvänä. Tietomallien kehittäminen ja hyödyntämisen opettelu käyttö- ja ylläpitovaiheessa vaatii yhteistyötä, koulutusta ja yhteisiä pelisääntöjä.

Tutkielmassa tutkimustyylinä oli kirjallisuustutkimus. Tietomallien hyödyntämisestä käyttö- ja ylläpidossa löytyi suhteellisen vähän kirjallisuutta. Usein käyttö- ja ylläpitovaihetta käsiteltiin vain rakentamisen aikaisen tietomallintamisen yhteydessä, eikä siihen syvennytty tarpeeksi. Tulevaisuuden kannalta olisi hyvä suorittaa tutkimuksia, joissa esimerkiksi digitaalinen kaksonen otettaisiin käyttöön juuri valmistuneessa kiinteistössä. Vaikutuksia kirjattaisiin ylös ja verrattaisiin aikaisempiin menetelmiin. Kun vertailtavaa dataa olisi kertynyt riittävästi, tietomallin vaikutuksia ja hyötyjä käyttö- ja ylläpitovaiheessa voitaisiin arvioida tarkemmin ja luotettavammin.

# LÄHTEET

- Boström, J. (2021). Tietomallin tietosisällön hyödyntäminen ylläpidon ja kiinteistöjohtamisen näkökulmasta, opinnäytetyö. Saatavilla: [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/495584/Bostrom\\_Ju-lianna.pdf?sequence=2](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/495584/Bostrom_Ju-lianna.pdf?sequence=2)
- Errandonea, I. Beltran, S. Arrizabalaga, S. (2020). Digital Twin for maintenance: A literature review. Computers In Industry 123. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.com-pind.2020.103316>
- Gharaibeh, L. Matarneh, S. Lantz, B. Eriksson, K. 2024. Quantifying the influence of BIM adoption: An indepth methodology and practical case studies in construction. Results in Engineering 23. DOI: 10.1016/j.rineng.2024.102555
- Halmetoja, E. (2018). KIRA-digi. Tietomallit ylläpitoon, loppuraportti olosuhdemallin pilotoinnista. Saatavilla: [https://www.kiradigi.fi/media/hankemateriaali/loppuraportit/senaatti\\_kira-digi-loppuraportti-olosuhdemallin-pilotointi.pdf](https://www.kiradigi.fi/media/hankemateriaali/loppuraportit/senaatti_kira-digi-loppuraportti-olosuhdemallin-pilotointi.pdf)
- Korpela, J. (2011). Diplomityö, Aalto-yliopisto. Tietomallintamisen hyödyt ja haasteet rakennushankkeen eri osapuolten näkökulmasta, diplomityö. Saatavilla: <https://docplayer.fi/2556079-Tietomallintamisen-hyodyt-ja-haasteet-rakennushankkeen-eri-osapuolten-nakokulmasta.html>
- Leygonie, R. Motamedi, A. Iordanova, I. 2022. Development of quality improvement procedures and tools for facility management BIM. Developments in the built environment 11. DOI: 10.1016/j.dibe.2022.100075
- Pirttinen, V. (2020). Tietomallit tuovat digitaalisuutta rakentamiseen, Lumen 2/2020 TEEMA-ARTIKKELI. Saatavilla: [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/335238/Tietomallit%20tuovat%20digitaalisuutta%20rakentamiseen%20Valtteri%20Pirttinen%20teema-artikkeli%20Lumen%202\\_2020.pdf?sequence=2](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/335238/Tietomallit%20tuovat%20digitaalisuutta%20rakentamiseen%20Valtteri%20Pirttinen%20teema-artikkeli%20Lumen%202_2020.pdf?sequence=2)
- Salman, A. (2011). Building information modeling (BIM): Trends, benefits, risks and challenges for the AEC industry. Leadership and Management in Engineering 11(3). Doi: 10.1061/(ASCE)LM.1943-5630.0000127
- Volk, R. Stengel, J. Schultmann, F. (2013). Building Information Modeling (BIM) for existing buildings - Literature review and future needs. Automation in Construction 38, 109-127. Doi: 10.1016/j.autcon.2013.10.023
- Xiu, L. Amar, J. (2022). Application of Computer BIM Software Technology in Building Information Model. Cyber security Intelligence and Analytics 123, 295-302. Doi: 10.1007/978-3-030-96908-0\_37
- YTV. 2012. Osa 12. Tietomallien hyödyntäminen rakennuksen käytön ja ylläpidon aikana, Rakennustieto. Saatavilla: [https://asiakas.kotisivukone.com/files/buildingsmart.kotisivukone.com/YTV2012/ytv2012\\_osa\\_12\\_yllapito.pdf](https://asiakas.kotisivukone.com/files/buildingsmart.kotisivukone.com/YTV2012/ytv2012_osa_12_yllapito.pdf)

