

# INFRAN TIETOMALLINTAMINEN JA SEN TULEVAISUUS SUOMESSA

Niko Parkkali

Opinnäytetyö

Rakennus ja yhdyskuntatekniikan ammattikorkeakoulututkinto  
Insinööri (AMK)

2023

---

<b>Tekijä</b>	Niko Parkkali	<b>Vuosi</b>	2023
<b>Ohjaaja(t)</b>			
<b>Toimeksiantaja</b>	Janne Poikajärvi		
<b>Työn nimi</b>	Infran tietomallintaminen ja sen tulevaisuus Suomessa		
<b>Sivu- ja liitesivumäärä</b>			

---

Opinnäytetyön aiheena oli infran tietomallintaminen ja sen tulevaisuuden näkyvät Suomessa. Infran tietomallintaminen on noussut merkittävään asemaan rakennus- ja infrastruktuurialalla, ja sen sovellusmahdollisuudet ovat laajentuneet nopeasti. Tietomallintaminen tarjoaa tehokkaan tavan suunnitella, toteuttaa ja ylläpitää monimutkaisia infrastruktuuriprojekteja digitaalisen kolmiulotteisen mallin avulla.

Suomessa infrastruktuurin tietomallintaminen on saanut yhä enemmän huomiota, ja sen käyttöönotto on edennyt sekä julkisella että yksityisellä sektorilla. Tietomallintamisen avulla voidaan parantaa suunnittelun tarkkuutta, havaita mahdolliset ongelmat ennakkoon ja vähentää virheiden riskejä. Lisäksi tietomallintaminen edistää eri osapuolten välistä yhteistyötä ja tiedonjakamista infrastruktuuriprojektien eri vaiheissa.

Opinnäytetyön tavoitteena oli tarkastella infran tietomallintamisen nykytilaa Suomessa sekä arvioida sen tulevaisuuden näkymiä. Tutkimuksessa analysoitiin nykyisiä käytäntöjä ja haasteita, jotka liittyvät tietomallintamisen käyttöönottoon Suomen infrarakentamisessa. Lisäksi tutkimuksessa tarkasteltiin teknologisia innovaatioita ja kehityssuuntia, jotka voivat vaikuttaa infran tietomallintamisen tulevaisuuteen Suomessa.

Tulosten perusteella voidaan arvioida tietomallintamisen potentiaalia ja hyötyjä Suomen infrastruktuuriprojekteissa sekä tunnistaa tarvittavat toimenpiteet sen edistämiseksi. Näillä näkymin tulevaisuus tietomallintamisen kanssa näyttää hyvältä. Koko ajan kehitellään uutta teknologian kanssa, joka johtaa myös infra-alan kehittymiseen. Tällä hetkellä ollaan vielä varhaisessa vaiheessa, mutta uskon että kun katsotaan vuosikymmen eteenpäin, on tekoäly ottanut haltuun koko teknologia alan. Tulevaisuuden näkymien arviointi auttaa hahmottamaan, miten tietomallintaminen voi kehittyä ja millaisia vaikutuksia sillä voi olla suomalaiseen infrarakentamiseen. Opinnäytetyön tulokset voivat tarjota arvokasta tietoa päätöksentekijöille, alan ammattilaisille ja tutkijoille, jotka ovat kiinnostuneita infran tietomallintamisen kehityksestä Suomessa.

---

<b>Author</b>	Niko Parkkali	<b>Year</b>	2023
<b>Supervisor</b>	Janne Poikajärvi		
<b>Commissioned by</b>			
<b>Subject of thesis</b>	Infrastructure modelling and its future in Finland.		
<b>Number of pages</b>			

---

The topic of the thesis was information modelling of infrastructure and its future prospects in Finland. Infrastructure information modelling has become an important part of the construction and infrastructure sector, and its application possibilities have expanded rapidly. Information modelling offers an efficient way to design, implement and maintain complex infrastructure projects using a digital three-dimensional model.

In Finland, infrastructure information modeling has received increasing attention, and its implementation has progressed in both the public and private sectors. Information modeling can enhance design accuracy, detect potential issues in advance, and reduce the risks of errors. Additionally, information modeling promotes collaboration and information sharing among various stakeholders during different phases of infrastructure projects.

The aim of the thesis was to examine the current state of infrastructure information modelling in Finland and to assess its future prospects. The study analyzes existing practices and challenges related to the adoption of information modeling in Finnish infrastructure construction. Furthermore, the research explores technological innovations and trends that may impact the future of infrastructure information modeling in Finland.

The results will help to assess the potential and benefits of information modeling in Finnish infrastructure projects and to identify the necessary measures to promote it. In this perspective, the future of information modelling looks bright. New technologies are being developed all the time, which will also lead to the development of the infrastructural sector. It is still early days at the moment, but I believe that when we look a decade ahead, AI will have taken over the whole technology sector. Assessing the future outlook will help us to understand how information modelling can develop and what impact it can have on Finnish infrastructure construction. The results of the thesis can provide valuable information for decision-makers, industry professionals and researchers who are interested in the development of information modelling of infrastructure in Finland.

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	5
2	INFRARAKENTAMINEN.....	7
2.1	Inframallinnus .....	7
3	TIETOMALLINTAMINEN .....	9
3.1	Tietomalli .....	9
3.2	Koneohjaus.....	10
3.2.1	Koneohjauksen hyödyt .....	11
3.3	Yleiset inframallivaatimukset YIV .....	12
3.4	Laadunvarmistus .....	13
4	TIEDONSIIRTO .....	14
5	TIETOMALLINNUKSEN TULEVAISUUS.....	15
5.1	Historia .....	15
5.2	Nykyhetki.....	15
5.3	Tietomallinnus Suomessa.....	16
5.4	Tietomallintamisen ongelmat.....	17
5.5	Tulevaisuus .....	18
6	TEKOÄLY TIETOMALLINTAMISESSA .....	21
6.1	Laajennettu todellisuus XR .....	22
6.2	Virtuaalitodellisuus VR.....	22
6.3	Lisätty todellisuus AR .....	23
6.4	Hololens.....	24
7	BIM:N TULEVAISUUS .....	26
7.1	Kestävän kehityksen korostaminen .....	27
7.2	Automaattiajaminen tulevaisuudessa .....	27
8	YHTEENVETO .....	29
9	LÄHTEET.....	30

## 1 JOHDANTO

Infran tietomallintaminen on kehittyvä lähestymistapa, joka on saavuttanut merkittävän aseman rakennus- ja infrastruktuurialalla. Se tarjoaa tehokkaan tavan suunnitella, toteuttaa ja ylläpitää monimutkaisia infraprojekteja. Tietomallintaminen perustuu digitaaliseen kolmiulotteiseen malliin, joka sisältää kaikki infrastruktuurin osat ja niiden keskinäiset suhteet. Tämä mahdollistaa tiedon jakamisen eri osapuolten välillä, tehokkaan suunnittelun ja simuloinnin sekä projektin paremman hallinnan.

Infran tietomallintamisen tulevaisuus näyttää lupaavalta, sillä sen hyödyt ja sovellusmahdollisuudet ovat laajentuneet nopeasti. Ensinnäkin tietomallintaminen parantaa suunnittelun tarkkuutta ja auttaa havaitsemaan mahdolliset ongelmat jo ennen rakentamisen alkua. Kolmiulotteisen mallin avulla voidaan simuloida erilaisia skenaarioita ja testata erilaisia suunnitteluratkaisuja, mikä vähentää virheiden riskiä ja parantaa projektin tehokkuutta.

Toiseksi tietomallintaminen helpottaa eri osapuolten välistä yhteistyötä. Infraprojektit ovat usein monialaisia, ja eri asiantuntijat ja sidosryhmät tarvitsevat yhteisen viitekehyksen ja tiedonjakamisen alustan. Tietomallintaminen mahdollistaa reaaliaikaisen tiedon jakamisen eri osapuolten kesken ja edistää yhteistyötä suunnittelun, rakentamisen ja ylläpidon eri vaiheissa.

Kolmanneksi tietomallintamisen avulla voidaan parantaa infran elinkaaren hallintaa. Tietomalli toimii keskitettynä tietovarastona, johon tallennetaan kaikki projektiin liittyvä tieto. Tämä mahdollistaa tietojen päivittämisen ja ylläpidon helposti, mikä puolestaan parantaa infrastruktuurin ylläpidon ja korjausten tehokkuutta. Lisäksi tietomalliin voidaan liittää reaaliaikaista sensoridataa, jolloin voidaan seurata rakenteiden kuntoa ja suorittaa tarvittavia huoltotoimenpiteitä ajoissa. (Raitanen 2019.)

Tulevaisuudessa infrastruktuurin tietomallintaminen saattaa edetä entistäkin pidemmälle. Teknologiset innovaatiot, kuten kehittyneemmät simulointi- ja visualisointiteknologiat, tekoäly ja automaatio, voivat tuoda uusia mahdollisuuksia tietomallintamisen soveltamiseen. Esimerkiksi virtuaalitodellisuus ja lisätty todellisuus voivat mahdollistaa entistä immersioisemman suunnittelun ja rakentamisen kokemuksen.

Lisäksi digitalisaation ja tiedonhallinnan kehittyessä infrastruktuurin tietomallintaminen voi yhdistyä muihin teknologioihin, kuten Internet of Things (IoT) ja big data -analytiikkaan. Tällainen integraatio voi tuoda lisää älykkyyttä infrastruktuuriin ja mahdollistaa reaaliaikaisen tiedon hyödyntämisen päätöksenteossa ja toiminnan optimoinnissa.

Yhteenvetona voidaan todeta, että infran tietomallintaminen tarjoaa lukuisia etuja infrastruktuuriprojektien suunnittelussa, toteutuksessa ja ylläpidossa. Sen tulevaisuus näyttää lupaavalta, kun teknologiset innovaatiot ja digitalisaatio jatkavat kehitystään. Infrastruktuurin tietomallintaminen voi parantaa suunnittelun ja yhteistyön tehokkuutta, infrastruktuurin elinkaaren hallintaa ja mahdollistaa älykkäämpien ja kestävämpien ratkaisujen kehittämisen.

Opinnäytetyön tarkoituksena on antaa hyvän kuvan siitä, miltä infra rakentaminen ja mallintaminen voi näyttää tulevaisuudessa, ja miltä Suomen tilanne näyttää globaalisti. Tavoitteena opinnäytetyössä on vastata kysymyksiin kuten; miten tietomallintaminen on kehittynyt lähivuosina, mitä hyötyjä ja haittoja tietomallintamisen kehittymisestä voi olla ja miten voidaan hyödyntää tekoälyä tulevaisuuden projekteissa.

## 2 INFRARAKENTAMINEN

Infrarakentaminen viittaa toimenpiteisiin ja prosesseihin, joilla rakennetaan ja ylläpidetään infrastruktuuria. Infrastruktuuri kattaa erilaiset järjestelmät ja rakenteet, jotka ovat välttämättömiä yhteiskunnan toiminnan kannalta. Tällaisia infran osa-alueita voivat olla esimerkiksi tiet, sillat, raideliikenne, lentokentät, satamat, vesihuoltoverkostot, energiaverkostot ja viestintäverkostot. Infrarakentaminen sisältää monia eri vaiheita, kuten suunnittelun, rakentamisen, ylläpidon ja korjaukset. (Lapin AMK, Infran luennot 2020.)

### 2.1 Inframallinnus

Infran yleiset mallinnusvaatimukset kattavat koko suunnittelun elinkaaren: lähtöaineiston, suunnitteluvaiheet, rakentamisen ja rakennetun infrastruktuurin todentamisen sekä tulevaisuudessa myös käytön ja ylläpidon. Mallinnusohjeiden tavoitteena on opastaa, yhtäläistää sekä parantaa mallinnuskäytäntöjä koko infrastruktuurialalla. Ohjeistukset perustuvat uusimpiin ja parempiin käytäntöihin, ja niitä päivitetään jatkuvasti tiedon ja välineiden kehittyessä.

Hankkeen työjohto vastaa mallipohjaisen laadunvarmistuksen toteutuksen aika-  
tauluttamisesta, valvonnasta, toteuttamisesta ja hallinnoinnista sekä hankkeen valmistumisen, toteutuksen ja laadunvarmistuksen säännöllisestä seurannasta ja hankkeen loppudokumentoinnista. Projektipäällikkö on myös vastuussa työmaaorganisaation perehdytyksestä mallipohjaiseen tuotantoon ja mallipohjaiseen laadunvalvontamenettelyyn sekä laadunvarmistusmittausten tarkastamisesta ja hyväksymisestä (Partanen 2016.)

Mallipohjainen laadunvarmistusmenetelmä on inframallinnusta ja työkoneautomaatiota hyödyntävä maarakentamisen työn aikaisen laadunvarmistuksen menetelmä, jolla tuotetaan laatu- ja toteumatietoa urakoitsijan ja tilaajan tarpeisiin. Mallipohjainen rakentamismenetelmä vähentää hukkaa työmaalla, kun tarkat määrät saadaan suoraan mallista. Valmiin rakenteen sisällön määrittämiseen ei enää tarvita yhtä paljon aikaa, ja rakenteen hoito- ja huoltotoimenpiteet voidaan

määrittää varmemmin. Nykyaikaisessa rakentamisessa tietomallit ovat arkipäivää talonrakennushankkeissa, ja infrapuoli on seurannut perässä.

Rakennushankkeiden perinteinen laadunvalvontaraportointimenetelmä on mitata rakennetut pinnat totaaliaseman tai GNSS-roverin avulla ja tuottaa sen jälkeen CAD-ohjelmiston avulla poikkileikkauskuvia, joista käy ilmi mitattujen pisteiden ja suunniteltujen 3D-pintojen välinen ero. Poikkileikkauskuvat tulostetaan sitten paperille ja tallennetaan (Kivimäki 2015.)

Tämä raportointimenetelmä vaatii paljon manuaalista työtä CAD-ohjelmiston avulla, ja siksi raportit laaditaan usein viikkoja tai jopa kuukausia rakennustyön valmistumisen jälkeen. Viiveet laadukkaiden raporttien tuottamisessa johtavat virheisiin ja estävät tehokkaan viestinnän rakentajan ja hankkeen omistajan välillä.

Kun pilvipalvelut ovat yleistyneet muilla toimialoilla, on syntynyt myös pilvipalveluja infran rakennushankkeiden hallintaan BIM:n avulla. Tällaista palvelua kutsutaan "yhteistyöpilveksi". Ehdotetussa uudessa menetelmässä 3D-suunnittelupinnat tuotetaan ja tallennetaan keskitettyyn yhteistoiminnalliseen pilvipalvelujärjestelmään. Kaikki työmaalla käytettävät mittauslaitteet liitetään pilveen internet-yhteyden kautta.



### 3 TIETOMALLINTAMINEN

#### 3.1 Tietomalli

Tietomalli on digitaalinen esitys tai kuvaus kohteesta tai järjestelmästä, joka sisältää sen ominaisuudet, rakenteen ja suhteet muihin kohteisiin. Tietomallit ovat tärkeä osa tietomallintamista ja tietomallipohjaista suunnittelua eri aloilla, kuten rakennus- ja infrastruktuuriprojekteissa, teollisuudessa, suunnittelussa ja tietotekniikassa. (Väylävirasto, 2020.)

Tietomallit voivat olla hyvin yksityiskohtaisia ja sisältää suuren määrän tietoa kohteesta. Ne voivat sisältää esimerkiksi geometrinen tietojen lisäksi materiaalitiedot, mittoja, toiminnallisuustietoja, kustannustietoja, aikataulutietoja ja muita tarvittavia ominaisuuksia. Tietomalli toimii digitaalisena tietopohjana, johon tallennetaan kaikki relevantit tiedot kohteesta.

Tietomallit mahdollistavat monipuolisen tiedon jakamisen ja yhteistyön eri osapuolten välillä, mikä on erityisen hyödyllistä monimutkaisten projektien suunnittelussa ja toteutuksessa. Ne myös auttavat havaitsemaan mahdolliset ongelmat ja ristiriidat ennen rakentamisen alkua, mikä vähentää virheiden riskejä ja parantaa projektien tehokkuutta (Lintunen, 2019.)

Tietomallit ovat siten voimakas työkalu monilla aloilla, ja niiden merkitys kasvaa digitalisaation ja tiedonhallinnan kehittyessä entisestään.



Kuvio 1 Tietomallintamisen elinkaari. (Sweco PM Oy, SWECO@BIM, 2017.)

### 3.2 Koneohjaus

Koneohjaus viittaa teknologiaan, jossa tietokoneet tai automaattiset järjestelmät ohjaavat laitteita, koneita tai prosesseja ilman ihmisen jatkuvaa tai suoraa toimintaa. Koneohjaus voi olla osa automaatiota, jossa tavoitteena on tehdä tietyt tehtävät tai päätökset ilman ihmisen väliintuloa. (Novatron 2019.)

Yksinkertaisin koneohjausjärjestelmä koostuu vain laserin ja konevastaanottimen. Kauhaan tai koneen terään asennetaan vastaanotin, riippuen täysin ohjattavasta koneesta, jotta laserin lähettämä säde voidaan havaita koneen ohjauksessa. Laite näyttää kuljettajalle, mihin suuntaan kauhaa tai terää on siirrettävä suunniteltujen korkeustietojen mukaan. Järjestelmässä koneen kuljettaja tekee manuaalisesti tarvittavat toimenpiteet koneen ohjaamiseksi. Järjestelmiä voidaan käyttää esimerkiksi puskutraktoreissa, tiehöylissä ja kaivinkoneissa. (Ahonen 2015.)

Tietomallipohjainen koneohjaus pohjautuu työkoneen sijainnin paikkatiedon sekä virtuaalisesti tehdyn maastomallin yhdistämiseen



Kuvio 2. GNSS-satelliittivastaanottimet työkoneessa. (Ahonen, T 2015)

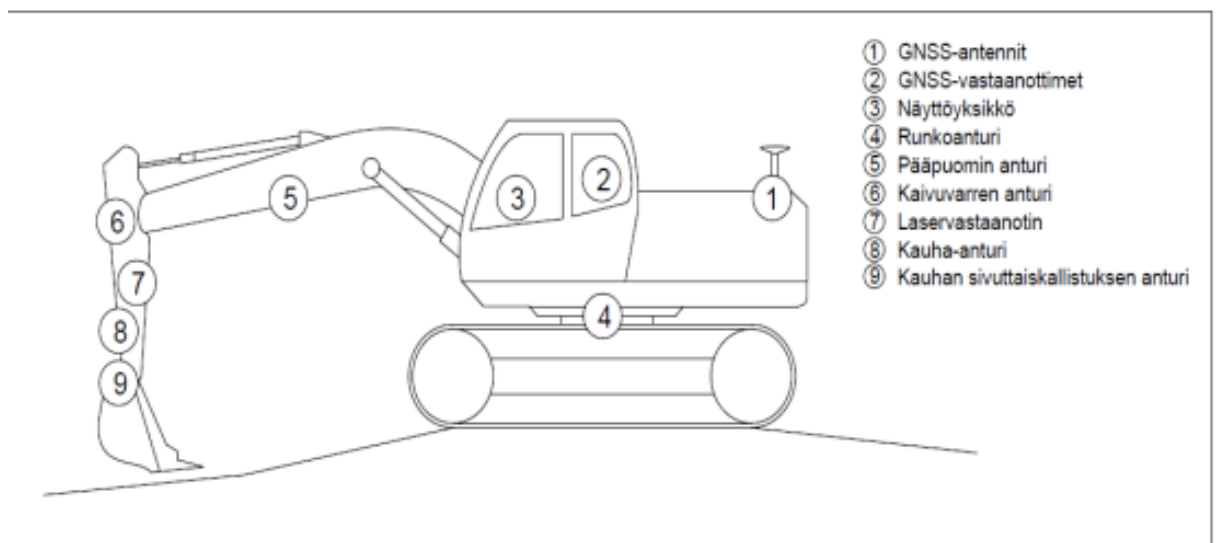
### 3.2.1 Koneohjauksen hyödyt

Jokaisessa kaivinkoneen työvaiheessa voidaan työtehoa lisätä jopa kymmeniä prosentteja vanhaan menetelmään verrattuna. Materiaalihäviön väheneminen ja työn tehokkuuden lisääntyminen nopeuttavat läpimenoaikoja ja kustannusten enustettavuutta töissä, mikä on erityisen tärkeää työympäristöissä, joissa perinteinen maaston merkintä kepeillä on haastavaa tai jopa mahdotonta, kuten vedenalaiset louhintatyöt. (Ahonen 2015.)

Työskentelytarkkuuden parantamisen lisäksi on mahdollista työskennellä myös ilman rajoituksia, kuten yöllä tai sumuisella säällä. Samalla työturvallisuus lisääntyy huomattavasti, kun koneen läheisyydessä ei tarvita avustajaa ilmoittamaan kuljettajalle riskeistä. Toisaalta koneenohjausjärjestelmät ovat hankintavaiheessa melko kalliita, ja kustannuksia lisäävät erilaiset ohjelmistolisenssimaksut sekä laitteiston kalibrointi- ja ylläpitokustannukset. (Kaski 2017.)

Pienten toimijoiden haasteena voikin olla laitteistosta syntyvien kulujen kattaminen. Mutta tulevaisuudessa järjestelmällä on selkeä kilpailuetu muihin kaivinkoneisiin verrattuna.

Koneen ohjausmallin täydellisyys edellyttää tehokasta yhteistyötä suunnittelijan kanssa. Projektin huolellinen suunnittelu ja materiaalien oikea-aikainen valmistuminen mahdollistivat järjestelmän täyden hyödyntämisen. (Ahonen 2015.)



Kuvio 3. Novatronin järjestelmälle tyypillinen rakenne. (Ahonen, 2015)

### 3.3 Yleiset inframallivaatimukset YIV

Yleiset inframallivaatimukset kehitettiin tarpeesta saada yhteinen näkemys tilaajien ja palveluntarjoajan välillä siitä, mitä ja miten mallinnetaan projektin eri vaiheissa. Mitä lähtötietomalli, suunnittelumalli, yhdistelmämalli ja esitysmalli sisältävät.

Yleisten inframallivaatimusten ehdoton vaatimus on käyttää avointa ja tietomallinnusta tukevia standardeja ja formaatteja infrastruktuurimalleja tallennettaessa. Avointen formaattien ehdottomuus kyseenalaistetaan, koska infrastruktuurisektorin ohjelmistojen sisäiset tietomallit eroavat toisistaan peruseriaatteiltaan. Avoimet standardit ja formaatit varmistavat, että suunnittelua voidaan jatkaa, kun siirrytään tekniikasta toiseen. Ohjelmiston perusvaatimus on, että se pystyy hyödyntämään ja generoimaan tietomalleja avoimessa muodossa. Ohjeita on viimeksi päivitetty vuonna 2019.

(BuildingSMART Finland, 2019.)

Yleiset inframallivaatimukset 2019, luettelo käyttöön hyväksytyistä ohjeista

1. tietomallipohjainen hanke
2. yleiset mallinnusvaatimukset
3. lähtötiedot
4. inframalli ja mallinnus hankkeen eri suunnitteluvaiheissa
5. rakennemallit; Maa-, pohja- ja kalliorakenteet, päälly- ja pintarakenteet ja maarakennustöiden toteutusmallin (koneohjausmalli) ja toteutumamallin laadinta-ohje
6. rakennemallit; Järjestelmät
7. rakennemallit; Rakennustekniset rakennusosat
8. inframallin laadunvarmistus
9. määrälaskenta, kustannusarviot
10. havainnollistaminen
11. infran hallinta
12. inframallin hyödyntäminen eri suunnitteluvaiheissa ja infran rakentamisessa

### 3.4 Laadunvarmistus

Tietomallin laadunvarmistuksen päätavoitteena on varmistaa koko toimintaprosessin sujuva eteneminen. Tämä saavutetaan parantamalla infrastruktuurimallien tiedonsiirtokykyä elinkaaren eri vaiheiden välillä. Tietomalleista puhuttaessa laadulla tarkoitetaan digitaalisesti esitettävän tiedon tasoa ja sitä, kuinka hyvin se vastaa asiakkaiden tarpeita. Laadukas suunnittelupaketti lisää aikataulujen ja kustannusten ennustettavuutta ja vähentää rakennustyömaan aikaista korjaustyötä. Lisäksi prosessin läpinäkyvyys ja seuranta auttavat saavuttamaan tavoitteiden mukaisen lopputuloksen. Materiaalin kelpoisuutta arvioitaessa mallien tietosisältöä voidaan tarkastella kolmesta näkökulmasta:

Mallin tekninen sisältö voidaan tarkastaa läpi eli tutkitaan, onko tiedot luotu oikein ja käytetty suunnitelmaohjelman mukaisia standardeja.

Toinen vaihtoehto on, että tarkastetaan tietosisällön oikeellisuus; löytyykö mallista kaikki vaadittava suunnittelu-, rakentamis- ja ylläpitovaiheeseen tarvittava tieto.

Viimeinen vaihtoehto on arvioida mallin laatua ja ratkaisun toimivuutta. Tämä onnistuu esimerkiksi törmäystarkasteluilla. Törmäystarkastelulla voidaan esimerkiksi varmistaa, etteivät eri rakenteet törmää toisiinsa ja riittävät suojaetäisyydet komponenttien välillä säilyvät. (Ahonen 2015.)

Tilaajan näkökulmasta projektin edistymisen seuranta ja asetettujen tavoitteiden saavuttaminen ovat laadukkaan prosessin avaintekijöitä. Päätavoitteena on havaita prosessin epäjohton mukaisuudet ja puutteet ajoissa, jotta ne voidaan ratkaista ennen kuin niistä tulee ongelmia.

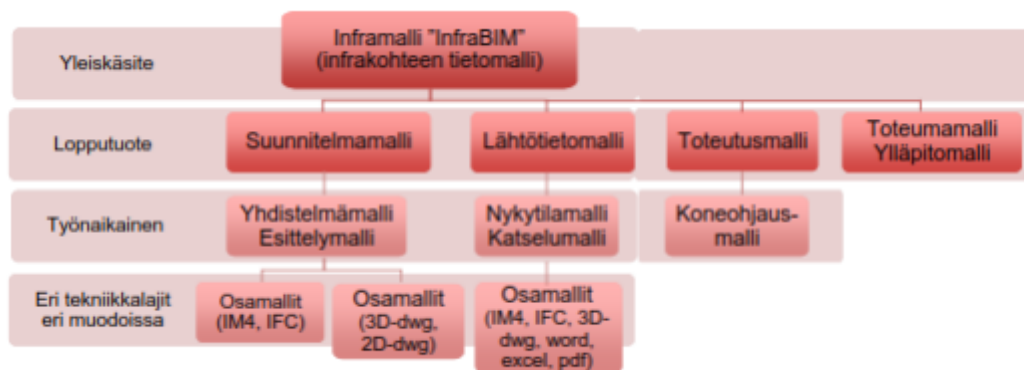
Prosessin sisällä olevien työvaiheiden päällekkäisyyttä tulee välttää. Tietomallin-  
nusvaatimusten tarkoituksena ei ole aiheuttaa lisäkustannuksia hankkeelle, vaan ne ovat lähtökohtana hahmotella toiminnallisia muutoksia osana infrastruktuurihankkeen toteuttamista. Asianmukainen tiedonkulku ja muutosten hallinta osapuolten välillä voivat poistaa tarpeettoman päällekkäisyyden työvaiheiden välillä.

## 4 TIEDONSIIRTO

Tiedonsiirrolla tietomallintamisessa tarkoitetaan digitaalisten tietomallien käyttöä tiedon siirtämiseen ja jakamiseen eri osapuolten välillä. Tietomallinnus on prosessi, jolla luodaan digitaalinen esitys rakennustyömaalta tai infrastruktuuriprojektista. Digitaalinen malli sisältää erilaisia tietoja, kuten geometrisia tietoja, materiaaleja, komponentteja, aikatauluja, kustannuksia ja muita ominaisuuksia. (Partanen 2016.)

Tiedonsiirto tiedon mallintamisessa on tärkeä osa prosessia, koska sen avulla eri tahot, kuten arkkitehdit, insinöörit, urakoitsijat, asiakkaat ja ylläpitäjät voivat tehdä yhteistyötä ja jakaa tietoa projektin eri vaiheissa. Tiedonsiirrolla varmistetaan, että kaikki osapuolet käyttävät samaa ajantasaista tietoa ja voivat tehdä päätöksiä luotettavan ja johdonmukaisen tiedon perusteella.

Tiedonsiirrolla pyritään edistämään tiedonkulkua, parantamaan projektin tehokkuutta sekä vähentämään virheitä ja ristiriitoja eri vaiheissa. Se tukee myös monipuolista analysointia ja simulointia, jota voidaan käyttää suunnittelun, rakentamisen ja huollon optimointiin.



Kuvio 4. Inframalliin liittyvät peruskäsitteet (Kylmälä, 2015)

## 5 TIETOMALLINNUKSEN TULEVAISUUS

### 5.1 Historia

Tietomallinnus on kehittynyt ja laajentunut merkittävästi ajan myötä. Se sai alkunsa jo 1960-luvulla, kun tietokoneiden käyttö rakentamisessa ja suunnittelussa alkoi yleistyä. Aluksi tietomallinnus rajoittui yksinkertaisiin 2D-piirustuksiin ja -malleihin, jotka edustivat rakennusten ja infrastruktuurin perusgeometriaa.

(Leppanen, 2013)

1970- ja 1980-luvuilla tietokonetehtäväpohjainen suunnittelu (Computer-Aided Design, CAD) yleistyi. Tämä mahdollisti tarkempien ja monimutkaisempien 2D-piirustusten luomisen. CAD-mallit edustivat edelleen 2D-näkymää, mutta tarjosivat parempaa tarkkuutta ja suunnittelun tehokkuutta.

1990-luvulle tultaessa alettiin siirtyä kohti kolmiulotteista tietomallintamista (Building Information Modeling, BIM). BIM toi mukanaan valtavan harppauksen suunnittelun ja rakentamisen tehokkuudessa. BIM-mallit ovat 3D-malleja, jotka sisältävät myös tietoja rakennusosien ominaisuuksista, materiaaleista, mitoista ja toiminnallisuuksista. (Leppanen 2013)

2000-luvulla BIM tuli yhä laajemmin käytetyksi rakennusalalla ja infrastruktuuri-projekteissa. Samalla tietomallintaminen laajeni myös muihin teollisuuden aloihin, kuten tuotantoteollisuuteen ja energiateollisuuteen. BIM:n edut, kuten parempi yhteistyö, vähentynyt virheiden riski ja optimoitu suunnittelu, saivat yritykset ja organisaatiot ymmärtämään sen merkityksen projektien tehokkaassa hallinnassa.

### 5.2 Nykyhetki

2020-luvulla tietomallinnus ja BIM ovat edelleen laajentuneet ja kehittyneet. Digitalisaation ja teknologisten innovaatioiden myötä tietomallintamisen sovellusmahdollisuudet ovat kasvaneet entisestään. Esimerkiksi tekoälyn, IoT:n ja lisätyn todellisuuden hyödyntäminen tietomallinnuksessa ovat tuoneet uusia älykkäitä ja

innovatiivisia ratkaisuja suunnitteluun, rakentamiseen ja ylläpitoon. (Junnonen 2018.)

Infra-alan tietomallinnus eroaa talonrakentamisesta siinä, että mallinnettavat rakenteet koostuvat eri elementeistä. Infra-alalla ei ole vielä sovittu yhteisestä suunnasta tiedonsiirtostandardeissa, mutta joitain formaatteja kehitetään rinnakkain eri maissa. Kansainväliseen LandXML-standardiin perustuen on Suomessa kehitetty kansallinen Inframodeeli laajennus. Se ei kuitenkaan sisällä siltoja eikä muita vastaavia rakenteita, vaan niihin tarvitaan IFC-standardia. (Puuperä 2015.)

Mallintaminen nykyaikaisilla suunnitteluohjelmistoilla yksinkertaistaa suunnittelu-prosessia verrattuna esimerkiksi 2D-suunnitteluun, sillä suunnittelijat voivat helposti muuttaa väylän suuntaparametreja. Muutoksiin liittyvät elementit, jotka liittyvät muutettuihin parametreihin, päivittyvät automaattisesti ja vaikutukset näkyvät välittömästi.

### 5.3 Tietomallinnus Suomessa

Infran tietomallinnus, eli BIM (Building Information Modeling), on noussut viime vuosina merkittäväksi tekijäksi Suomen rakennusalalla. Digitaalisen teknologian nopea kehittyminen on mahdollistanut entistä tehokkaamman tiedonhallinnan ja yhteistyön eri rakennusprojektien välillä. Infran tietomallinnus edistää suunnittelun, rakentamisen ja ylläpidon sujuvuutta sekä parantaa rakennusalan kannattavuutta ja kilpailukykyä.

Suomessa infran tietomallinnus on saanut vahvan jalansijan sekä julkisella että yksityisellä sektorilla. Julkisissa hankinnoissa BIM on yleistynyt ja useat suuret rakennushankkeet toteutetaan nykyään tietomallipohjaisesti. Myös yksityissektorilla rakennusalan toimijat ovat ottaneet tietomallinnuksen käyttöön ja huomanneet sen tuomat hyödyt.





Kuvio 4. YIT:n toteuttama täysin tietomallinnettu silta

Tietomallinnuksen käyttöönottoon liittyy kuitenkin myös haasteita. Osalle alan toimijoista uuden teknologian käyttöönotto voi olla vaativa prosessi, ja tarvitaan investointeja niin ohjelmistoihin kuin henkilöstön koulutukseen. Lisäksi tietomallinnus edellyttää toimivaa tiedonvaihtoa eri osapuolten kesken, mikä vaatii avointa yhteistyötä ja standardoitujen käytäntöjen noudattamista.

Kaiken kaikkiaan infran tietomallinnus on kuitenkin selvästi kasvattanut suosiotaan Suomessa. Sen avulla rakentamisen prosesseista on tullut sujuvampia, kustannustehokkaampia ja kestävämpiä. Digitalisaatio ja teknologian hyödyntäminen rakentamisessa ovat tärkeitä askeleita kohti älykkäämpää ja kestävämpää tulevaisuutta Suomen rakennusallalla. (Junnonen 2018.)

#### 5.4 Tietomallintamisen ongelmat

Tietomallintamiseen vielä tänä päivänäkin liittyy useita haasteita, jotka voidaan jakaa Jäväjän ja Lehtoviidan mukaan teknisiin, juridisiin ja johtamiseen liittyviin ongelmiin.

Teknisillä ongelmilla viitataan digitaalisiin laitteisiin ja ohjelmistoihin liittyviä puutteita ja epäpätevyyttä. Haittoja ovat esimerkiksi tietomallitiedostomuotojen yhteensopimattomuus eri mallinnussovellusten välillä sekä tietomallien virheellinen toiminta haastavissa olosuhteissa, kuten rakennustyömailla. Suunnittelijat

omaksuvat avoimesti tietomallinnuksen ja heillä on korkeatasoinen asiantuntemus. Tämä ei pidä paikkansa työmailla, joissa valmiudet ovat usein heikkoja ja asenteet vastustavat muutosta. (Jäväjä & Lehtoviita 2016)

Juridiset ongelmat luovat haasteita malliomistuksen ja vastuullisuuden kannalta, minkä vuoksi pelisäännöt on selitettävä huolellisesti kaikille projektin osapuolille. Tietomallinnukseen liittyvä lainsäädäntö on tärkeä osa tietomallinnuksen tulevaa kehittämistä. (Jäväjä & Lehtoviita 2016.)

Johtamiseen liittyvät ongelmat keskittyvät kohteille, joissa tietomallien käyttöä ei ole ohjattu riittävästi, mikä johtaa ongelmiin tietomallin käynnistyksessä ja käytössä. Tietomallinnus tarvitsee tukevampaa tiedonkulkua kuin mitä rakennus-alalla tyypillisesti käytetään. Tämä johtaa ongelmiin, kun työtehtävien sisällöstä ja mallinnuksen tarkkuudesta ei ole vielä sovittu tarpeeksi kattavia ja tarkkoja pelisääntöjä. (Lammi 2019.)

## 5.5 Tulevaisuus

Infran tietomallintaminen, eli BIM, on muuttanut merkittävästi infrastruktuurin suunnittelua, rakentamista ja ylläpitoa viime vuosikymmeninä. (Eastman 2008) Tietomallintaminen mahdollistaa eri osapuolten, kuten suunnittelijoiden, rakentajien ja tilaajien, yhteisen työskentelyn digitaalisessa ympäristössä, jossa kaikki hankkeeseen liittyvät tiedot ovat saumattomasti saatavilla. Tulevaisuudessa infra-alan digitalisaatio ja tietomallintaminen tulevat kehittymään entisestään ja vaikuttamaan alan toimintatapoihin monin tavoin. (Lammi 2019.)

1. Älykäs suunnittelu ja optimointi: Tietomallintamisen kehittyessä suunnittelutyökalut tulevat sisältämään älykkäitä ominaisuuksia, jotka mahdollistavat esimerkiksi paremman liikennesuunnittelun, energiatehokkuuden optimoinnin ja ympäristöystävällisemmän rakentamisen. Virtuaalisen suunnittelun ja simulaatioiden avulla voidaan testata erilaisia ratkaisuja ennen fyysisen rakentamisen aloittamista, mikä johtaa parempaan lopputulokseen ja kustannussäästöihin.
2. Lisätty todellisuus ja virtuaalitodellisuus: Infra-alalla lisätty todellisuus (AR) ja virtuaalitodellisuus (VR) ovat jo nyt käytössä esimerkiksi

suunnitteluvaiheessa ja työmaiden turvallisuuskoulutuksessa. Tulevaisuudessa näitä teknologioita voidaan hyödyntää entistä laajemmin esimerkiksi infrarakenteiden ylläpidossa ja kunnossapidossa. Lisätyn todellisuuden avulla työntekijät voivat nähdä reaaliaikaisia tietoja ja ohjeita työmaalla käyttämällä älylaseja tai muita vastaavia laitteita.

3. Big data ja tekoäly: Infrastruktuurin tietomallintaminen tuottaa valtavia määriä dataa, jota voidaan hyödyntää entistä tehokkaammin tekoälyn avulla. Tekoälyllä voidaan analysoida suuria tietomassoja, tunnistaa kuviota ja ennakoita esimerkiksi rakenteiden kulumista ja huoltotarpeita. Tämä auttaa paremman päätöksenteon tekemisessä ja mahdollistaa ennakoivan ylläpidon, mikä vähentää kustannuksia ja parantaa infrastruktuurin elinkaaren hallintaa.
4. Digitalisaatio rakentamisessa: Rakennusteollisuus tulee digitalisoitumaan yhä enemmän, ja tietomallintaminen on tässä keskeisessä roolissa. Tulevaisuudessa kaikki rakennustyömaalla käytettävät tiedot ja resurssit ovat digitaalisessa muodossa, mikä tehostaa työskentelyä, parantaa projektien aikataulutusta ja vähentää virheitä. Rakentamisen modulaarisuus ja prefabricointi lisääntyvät, mikä edesauttaa tietomallintamisen hyödyntämistä.
5. Kaiken kaikkiaan infran tietomallintaminen kehittyy jatkuvasti ja tarjoaa lukuisia mahdollisuuksia alan kehitykselle. Digitalisaatio, tekoäly, lisätty todellisuus ja yhteistyön lisääntyminen ovat keskeisiä elementtejä, jotka vaikuttavat alan tulevaisuuteen. Innovaatiot tietomallintamisessa parantavat infrastruktuurin suunnittelua, rakentamista ja ylläpitoa, mikä puolestaan edistää kestävää ja älykästä kaupunkikehitystä ympäri maailmaa. (ChatGPT, 2023).

BuildingSMART Finland on kehittänyt vision Suomen teollisuuden kehityksestä seuraavan kymmenen vuoden aikana. Sen mukaan vuoteen 2025 mennessä infra-alan projekteissa olisi otettava täysin käyttöön ohjelmistosta riippumattomat avoimet inframallit. Infran suunnittelu ja tuotantoprosessit tulee digitalisoida. Tällä

on potentiaalia lisätä koko Suomen talouden ja infrastruktuurisektorin tuottavuutta ja kilpailukykyä. (Puuperä 2015.)

Tavoitteena olisi olla mukana myös kansainvälisellä tasolla ja mahdollisesti osallistua infra-alan standardien kehittämiseen. Inframodel on myös herättänyt kiinnostusta ympäri maailmaa, mutta myös muita tiedonsiirtomuotoja on kehitteillä. Tulevien vuosien aikana selviää, mikä formaateista yleistyy maailmanlaajuisesti. Uusimmat innovaatiot, kuten 3D-tulostus, tekoäly ja robotiikka, voivat yhdessä digitalisaation kanssa tuoda ennennäkemättömiä uusia sovelluksia rakennus- alalle. (Puuperä 2015.)

## 6 TEKOÄLY TIETOMALLINTAMISESSA

Tekoälyn käyttö tietomallintamisessa tarjoaa monia etuja ja mahdollisuuksia, kun pyritään ymmärtämään ja analysoimaan monimutkaisia tietoja. Tietomallintaminen on prosessi, jossa tietoa kerätään, järjestetään ja esitetään, jotta siitä voidaan saada arvokasta tietoa päätöksenteon tueksi. Teollisuudessa, tieteessä, taloudessa ja monilla muilla aloilla tekoälyn sovellukset tietomallintamisessa ovat laajentuneet huomattavasti. Alle listasin tapoja, joilla tekoälyä voidaan käyttää tietomallintamisessa:

1. Tietojen analysointi ja ennustaminen: Tekoäly pystyy analysoimaan massiivisia tietomääriä nopeasti ja tehokkaasti. Se voi havaita monimutkaisia kuvioita ja suhteita tietojen välillä, mikä auttaa ennustamaan tulevia trendejä ja tapahtumia. Tekoäly voi käyttää koneoppimista ja tilastollisia menetelmiä tehdäkseen ennusteita tulevista tapahtumista.
2. Mallien kehittäminen ja optimointi: Tekoäly voi auttaa kehittämään monimutkaisia matemaattisia malleja, jotka vastaavat todellista maailmaa. Lisäksi se voi optimoida näitä malleja ja auttaa parantamaan niiden tarkkuutta ja suorituskykyä.
3. Tiedon visualisointi: Tekoälyn avulla voidaan luoda monipuolisia ja helpokäyttöisiä visualisointeja monimutkaisista tietomalleista. Tämä auttaa ihmisiä ymmärtämään tietoja paremmin ja havaitsemaan kätkeytyjä kuvioita ja trendejä.
4. Luonnollisen kielen käsittely: Tekoälyn luonnollisen kielen käsittely (NLP) -kyvykkyudet voivat auttaa tietomallintamisessa, kun on tarpeen käsitellä ja ymmärtää suuria määriä tekstipohjaista tietoa. NLP:llä voidaan analysoida asiakaspalautteita, sosiaalisen median kommentteja ja muita tekstidataa.
5. Tietokantojen ja tietovarastojen hallinta: Tekoäly voi auttaa optimoimaan tietokantojen rakennetta ja parantamaan tietovarastojen suorituskykyä. Se

voi myös tunnistaa tietojen laadullisia ongelmia, kuten puuttuvia tai virheellisiä tietoja.

6. Automaattinen päätöksenteko: Tekoäly voi käyttää tietomallintamisen tuloksia tekemään automaattisia päätöksiä tiettyjen parametrien tai ohjeiden perusteella. Tämä voi olla hyödyllistä monissa sovelluksissa, kuten automatisoidussa valvonnassa, tuotantoprosessien hallinnassa ja kuljetusten suunnittelussa. (Perälä, H 2020).

On kuitenkin tärkeää muistaa, että tekoälyn käytössä tietomallintamisessa on myös haasteita, kuten tietoturva ja yksityisyyskysymykset sekä vastuullisen ja eettisen tekoälyn varmistaminen. Niiden ratkaisemiseksi tarvitaan huolellista suunnittelua, asianmukaista koulutusta ja läpinäkyvyyttä tekoälysovellusten toiminnassa.

### 6.1 Laajennettu todellisuus XR

"XR" on lyhenne, joka viittaa laajasti laajennettuun todellisuuteen (extended reality) ja se toimii kattokäsitteenä virtuaalitodellisuudelle (VR), lisätyn todellisuuden (AR) ja sekoitetulle todellisuudelle (MR). Nämä teknologiat liittyvät tietokonegraafikan käyttöön luodakseen vuorovaikutteisia ja immersivisiä kokemuksia. (Finnish Virtual Reality Association 2019).

Laajennetun todellisuuden (XR) - palvelut auttavat esittelemään suunniteltuja rakennusprojekteja virtuaalisesti sidosryhmille todellisessa ympäristössä. Esimerkiksi VR-teknologian avulla voimme tarkastella tulevaisuuden rakennuksia eri näkökulmista, mikä auttaa päättäjiä ymmärtämään hankkeen maisemavaikutuksia. (Viksilä 2018)

### 6.2 Virtuaalitodellisuus VR

Virtuaalitodellisuus (virtual reality, VR) on digitaalinen keinotekoinen ympäristö. Se mahdollistaa kolmiulotteisten tietomallien havainnoinnin ja virtuaaliset kierrokset suunnitelluissa tiloissa. Virtuaalitodellisuutta voidaan hyödyntää tietomallinnuksessa suunnitteluratkaisuiden arvioinnissa, osallistuvassa suunnittelussa ja

rakennuksen visualisoinnissa. Virtuaalitodellisuuden avulla voidaan tarkastella rakennuksen sisälle jo ennen rakennustöiden aloitusta tietomallia hyödyntämällä. Suunnitteluvaiheessa insinöörit voivat käyttää VR-ympäristöjä tarkastellakseen ja muokatakseen infrastruktuurisuunnitelmia kolmiulotteisesti, parantaen suunnitelmien havainnollisuutta ja auttaen havaitsemaan mahdollisia ongelmia. Liikennesuunnittelijat voivat simuloida ja analysoida liikennetilanteita VR:ssä, mikä auttaa optimoimaan liikenteen virtausta ja suunnittelemaan tehokkaampia liikennejärjestelmiä. (Lammi, 2019.)

VR helpottaa projektiryhmien yhteistyötä, parantaa asiakasvuorovaikutusta ja tarjoaa tehokkaan tavan visualisoida monimutkaisia tietoja. Näin ollen se lisää suunnitteluprosessin tehokkuutta, vähentää virheiden riskiä ja parantaa lopputuloksen laatua. Virtuaalinen ympäristö on mahdollista jakaa hankkeen muiden osapuolten, kuten tilaajan kanssa, minkä ansiosta yhteistyö hankkeen osapuolten välillä on huomattavasti helpompaa. (Kankkunen 2018, s 63.)

### 6.3 Lisätty todellisuus AR

Lisätty todellisuus (augmented reality, AR) on tekoäly ympäristö, jossa virtuaaliset elementit on yhdistetty oikeaan ympäristöön (Meža et al. 2014). Lisätty todellisuus eroaa virtuaalitodellisuudesta siten, että tutkittava rakennus tai huoneisto on lähes aito fyysinen objekti, johon on lisätty virtuaalisia elementtejä teknologian avulla. Lisätty todellisuus voi käyttää paikantamiseen kohteiden tunnistamista, sijaintia kartalla, kameran kulmaa ja oikeita valokuvia yhdistettynä virtuaalisiin valokuviin. (Palola 2020). Insinöörit voivat hyödyntää AR-sovelluksia suunnitelmiansa visualisointiin reaali maailman ympäristössä, mahdollistaen suunniteltujen rakenteiden sijoittamisen oikeille paikoilleen ja parantaen suunnitelmien havainnollisuutta. Kaupunkisuunnittelijat voivat käyttää AR:ää esittelemään suunniteltuja muutoksia kaupunkiympäristössä, helpottaen päätöksentekoa ja mahdollistaen asukkaille paremman käsityksen suunnitelmien vaikutuksista. Maastomallinnuksessa AR helpottaa tiedonkeruuta ja visualisoi digitaaliset keräystulokset reaaliaikaisesti. Yksi käyttökohte on rakennusten tarkastelu ikään kuin läpinäkyvänä hyödyntämällä tietomallia ja AR-teknologiaa, niin kuin kuviossa 5 voidaan nähdä.



Kuvio 5: Lisätty todellisuus AR mobiililaitteella (Affinity VR, 2016.)

#### 6.4 Hololens

Tulevaisuudessa voidaan jo kävellä talon tai rakennuksen sisällä ennen kuin se on rakennettu. Tarkistaa tehtaan sisustuksen tai sairaalan leikkaussalin tiladynamiikka. Tai tarkistaa teknisten asennusten tarkan sijainnin rakentamisen aikana ja sen jälkeen.

HoloLens on Microsoftin kehittämä laitteisto- ja ohjelmistokokonaisuus, joka tarjoaa käyttäjilleen lisätyn todellisuuden (AR) kokemuksen. Se on ns. älylasilaite, joka yhdistää virtuaalisen ja todellisen maailman elementtejä. HoloLens-lasit sisältävät useita antureita, kuten kameroita, antureita liikkeen seurantaan varten, mikrofoneja ja muita sensorijärjestelmiä.

BIM Holoview tarjoaa arkkitehdeille, insinööreille, rakennusalan ammattilaisille ja kiinteistökehittäjille edistyksellisimmän työkalun suunnittelukonseptien, tiladynamiikan ja rakenteen visualisointiin todellisessa fyysisessä ympäristössä. Käyttäjä voi nähdä digitaaliset elementit, kuten hologrammit tai virtuaaliset käyttöliittymät, "kiinnittyneenä" fyysiseen maailmaan. Käyttäjät voivat manipuloida ja hallita hologrammeja eleillä, äänellä ja liikkeillä. Laite on langaton ja itsenäinen, mikä antaa käyttäjille vapauden liikkua ympäristössään.



Hololens edustaa merkittävää edistysaskelta lisätyn todellisuuden sovelluksissa, tarjoten uudenlaisia mahdollisuuksia vuorovaikutukseen digitaalisen ja fyysisen maailman välillä. (Bim holoview, 2020.)



Kuvio 6 VisualLive AR paikan päällä tapahtuvaan tietojen visualisointiin.

## 7 BIM:N TULEVAISUUS

BIM-tekniologialla (Building Information Modeling, BIM, rakennuksen tietomalli) voidaan luoda digitaalisesti rakennuksen virtuaalinen malli, joka vastaa todellisuutta. Nämä mallit ohjaavat rakentamisen suunnittelua sen kaikissa vaiheissa ja mahdollistavat paremman analytiikan ja hallinnan kuin manuaaliset prosessit. Digitaalisesti koottu malli sisältää rakennuksen tarkan geometrian sekä rakentamisen, osien valmistuksen ja hankintaprosessin tukemiseen tarvittavat tiedot rakentamisvaiheessa. (Eastman, Teicholz, Sacks & Liston 2011.)

Rakennustietomallinnus (BIM) on jo vaikuttanut merkittävästi rakennusteollisuuden ja muuttanut tapaa, jolla hankkeita suunnitellaan, suunnitellaan ja toteutetaan. Kun tämä teknologia kehittyy edelleen, sen vaikutus alaan kasvaa entisestään. Yksi BIM:n merkittävimmistä eduista on sen kyky helpottaa saumatonta yhteistyötä eri sidosryhmien, kuten urakoitsijoiden, arkkitehtien, insinöörien ja tilaajien välillä. Tulevaisuudessa BIM:stä tulee todennäköisesti vieläkin integroidumpi, mikä mahdollistaa reaaliaikaisen viestinnän ja koordinoinnin projektiyhmien välillä. Tämä auttaa vähentämään virheitä, säästämään aikaa ja parantamaan hankkeen kokonaistehokkuutta.

Tulevaisuudessa BIM:n integroituminen muihin uusiin teknologioihin, kuten esineiden internetiin (IoT), tekoälyyn (AI) ja lisättyyn todellisuuteen (AR), lisääntyy entisestään. Yhdistämällä nämä teknologiat BIM:iin rakennushankkeet voivat hyötyä seuraavista eduista:

IoT-laitteet, jotka valvovat ja keräävät tietoja rakennuksen suorituskyvystä ja mahdollistavat tietoon perustuvan päätöksenteon ja ennakoivan kunnossapidon. Tekoälyohjatut algoritmit, jotka analysoivat BIM-malleista saatuja tietoja optimoidakseen suunnitelmia, havaitakseen mahdollisia ongelmia ja automatisoidakseen rutiinitehtäviä.

AR-työkalut, jotka asettavat BIM-mallit fyysisen ympäristön päälle ja auttavat projektiryhmiä visualisoimaan suunnitelmia, tunnistamaan ristiriitoja ja parantamaan yleistä ymmärrystä hankkeesta.

Vaikka BIM:ää on käytetty pääasiassa talonrakennushankkeissa, sen käyttöönotto on laajentumassa muille aloille, kuten infrastruktuuriin ja kiinteistöhallintoon.

Tulevaisuudessa BIM:ä voidaan odottaa käytettävän entistä laajemmin seuraavissa kohteissa:

Infrahankkeissa, kuten teissä, silloissa ja tunneleissa, mikä mahdollistaa paremman suunnittelun koordinoinnin, omaisuuden hallinnan ja kunnossapidon suunnittelun. Tilojen hallintasovellukset, joissa BIM-mallit voivat toimia kattavana tietokantana rakennusten omaisuudesta, mikä tehostaa ylläpito- ja käyttöprosesseja.

## 7.1 Kestävän kehityksen korostaminen

Kun huoli ilmastonmuutoksesta ja luonnonvarojen ehtymisestä kasvaa, rakennusteollisuuden on asetettava kestävyys etusijalle. BIM voi olla ratkaisevassa asemassa tässä muutoksessa mahdollistamalla kestävämmät suunnittelu- ja rakentamiskäytännöt. Esimerkiksi;

BIM voi auttaa arkkitehtejä ja insinöörejä optimoimaan rakennussuunnitelmat energiatehokkuuden kannalta, mikä vähentää käyttökustannuksia ja ympäristövaikutuksia. BIM:n elinkaarianalyysitoiminnot voivat helpottaa parempaa päätöksentekoa materiaaleista ja rakennusmenetelmistä, minimoida jätettä ja pienentää hankkeen kokonaishiilijalanjälkeä. BIM voi tukea vihreiden rakennusten sertifiointijärjestelmien, kuten LEED ja BREAM, käyttöönottoa virtaviivaistamalla dokumentointi- ja seurantaprosesseja. BIM:n tulevaisuus rakennushankkeissa on täynnä lupauksia ja mahdollisuuksia. Teknologian kehittyessä edelleen voimme odottaa, että BIM:stä tulee entistä olennaisempi osa hankkeiden suunnittelua, toteutusta ja hallintaa. Edistämällä yhteistyötä, integroimalla kehittyviä teknologioita, edistämällä kestävyttä ja laajentamalla sen käyttöä eri aloille BIM mullistaa edelleen rakennusalaa ja muokkaa rakennettua ympäristöä tulevina vuosina. (AI Khoory Solutions 2023)

## 7.2 Automaattiajaminen tulevaisuudessa

Vuosina 2017–2040 Suomi investoi väylien kunnossapitoon noin 70–100 miljardia euroa. Tätä pääomaa on tärkeää hyödyntää tehokkaasti ja harkiten henkilö- ja tavaraliikenteen sekä muun siihen liittyvän toiminnan kehittämiseen. Tulevaisuudessa melkein kaikki tärkeät muutokset tapahtuvat tietotekniikan kautta.

Moderni teknologia voi tuoda uusia ominaisuuksia väylille ja väylähuoltoon, mutta fyysistä liikettä tapahtuu silti pitkin katuja, teitä tai raiteita. On tärkeää tarkastella koko liikennejärjestelmää kunkin kehittämisen sisällä yksittäisten hankkeiden sijaan. On hyvä tietää, että vaikkakin rakentaminen ja investoinnit ovat tärkeässä asemassa, nykyisen liikenneinfrastruktuurin tehokas hyödyntäminen informaation, hoidon ja ylläpidon keinoin sekä liikennepalveluja kehittämällä. Tietomallintamiseen liittyvällä kehitystyöllä on mahdollista saada tästä rahoitussummasta enemmän hyötyä. (Nippala & Vainio, 2017.)

Tällä hetkellä pinnalla olevista kehitystavoitteista on automaattiajaminen. Tieliikenteen automatisoinnin uskotaan optimoivan tieliikenteen turvallisuutta ja sujuvuutta. Automaattiset ajoneuvot pystyvät tuottamaan ajantasaista tilannekuvaa toimintaympäristöstään erilaisten kameroiden, sensoreiden ja tutkien avulla. Lähitulevaisuudessa verkottuneet ajoneuvot kykenevät lähettämään ja vastaanottamaan häiriöviestejä keskustelemalla älykkään infran ja muiden verkottuneiden ajoneuvojen kanssa. Lähitulevaisuudessa ajoneuvon antureiden ja automaatiotekniikan kehittäminen ei riitä, vaan myös ajoneuvon käyttöympäristön eli infrastruktuurin on pysyttävä ajan tahdissa. Autonominen ajo edellyttää kattavia ja tarkkoja reittitietoja, riittävän hyvää fyysistä infrastruktuuria sekä tarkat sijainti- ja sijaintitiedot. Automaattiajamista onkin jo testattu Suomen vaikeissa olosuhteissa ennalta määritellyillä reiteillä. (Koskela 2018)

Automaation kasvu näkyy myös työkoneissa. Monissa tapauksissa myös työkoineiden automatisointi on helpompi toteuttaa kuin yleisessä liikenteessä liikkuvien autojen automaation kehittäminen. (Krug et al. (2019)) uskovat, että lainsäädäntö voi mahdollistaa automaation suuremman hyödyntämisen suljetuilla työmaa-alueilla jo nykyään paljon paremmin. Pikemminkin suurimpia esteitä ovat sopivien teknologioiden korkea hinta ja rajalliset tuottavuusedut. Kuitenkin vielä nykyäänkin monet kaivokset käyttävät edelleen ilman kuljettajaa toimivia ajoneuvoja. (Peralä, H 2020).

## 8 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia infrastruktuurin tietomallintamista ja sen tulevaisuudennäkymiä. Infrastruktuurin tietomallintaminen on noussut merkittäväksi aiheeksi rakennus- ja infra-alalla viime vuosina, sillä se tarjoaa mahdollisuuden tehokkaampaan suunnitteluun, rakentamiseen ja ylläpitoon.

Opinnäytetyössä tarkasteltiin ensin infrastruktuurin tietomallintamisen perusteita, kuten tietomallien käsitettä, hyötyjä ja sovellusalueita. Tietomallintaminen mahdollistaa tarkemman suunnittelun ja paremman näkyvyyden hankkeen eri vaiheisiin, mikä auttaa vähentämään virheitä ja lisäämään suunnittelun laadukkuutta. Lisäksi tietomallit voivat parantaa hankkeiden aikataulutusta ja kustannustehokkuutta. Työssä pohdittiin myös tietomallintamisen nykytilaa ja haasteita infrastruktuuriprojekteissa. Vaikka tietomallintaminen tarjoaa monia etuja, sen käyttöönotto voi olla haastavaa erityisesti vanhemmissa infrastruktuurihankkeissa. Yhteisten standardien ja käytäntöjen puute saattaa vaikeuttaa eri osapuolten välistä yhteistyötä, ja tietomallien päivittäminen ja ylläpito voivat aiheuttaa lisätyötä.

Opinnäytetyössä tarkasteltiin myös tietomallintamisen tulevaisuutta infra-alalla. Teknologiset edistysaskeleet, kuten tekoäly, pilvipalvelut ja IOT, tarjoavat mahdollisuuksia entistä älykkäämpään ja automatisoituneempaan tietomallintamiseen. Tulevaisuudessa tietomallit voivat sisältää entistä enemmän reaaliaikaista dataa esimerkiksi rakenteiden kunnan seurannasta ja ympäristötekijöistä.

Opinnäytetyössä esiin nousseiden havaintojen perusteella voidaan todeta, että infra-alan tietomallintaminen on ala, jolla on suuri potentiaali mutta myös haasteita. Jotta tietomallintamisen hyödyt voidaan saavuttaa täysimääräisesti, tarvitaan yhteistyötä eri osapuolten välillä sekä standardien ja käytäntöjen kehittämistä. Teknologian kehitys mahdollistaa kuitenkin entistä älykkäämmän ja tehokkaamman tietomallintamisen, mikä voi tuoda merkittäviä etuja infrastruktuuriprojekteille tulevaisuudessa.

On selvää, että tietomallintaminen ja koneohjaus on tullut jäädäkseen.

## 9 LÄHTEET

Affinity VR. 2016. Augmented Reality to be implemented in Construction. Viitattu 20.11.2023. <https://www.affinityvr.com/ar-in-construction/>.

Ahonen, T 2015 Tietomallipohjainen koneohjaus infratyömaalla, Metropolian Ammattikorkeakoulu, Insinööriyö Viitattu 5.9.2023

[https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/89599/Ahonen\\_Toni.pdf?sequence=1/](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/89599/Ahonen_Toni.pdf?sequence=1/).

AI Khoory Solutions 2023, The Future of BIM: Revolutionizing Construction Projects and Shaping the Industry. Viitattu 20.10.2023 <https://www.linkedin.com/pulse/future-bim-revolutionizing-construction-projects/>.

BIM holoview, 3D VISUALIZATION OF DESIGN MODELS. Viitattu 20.10.2023. <https://www.bimholoview.com/>.

BuildingSMART Finland, (2019a), Yleiset inframallivaatimukset YIV 2019/1, 147 s. Viitattu 1.10.2023 [https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2019/06/YIV-Yleiset-inframallivaatimukset-2019\\_1.pdf/](https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2019/06/YIV-Yleiset-inframallivaatimukset-2019_1.pdf/).

BuildingSMART Finland, 2019, InfraBIM-nimikkeistö, Viitattu 13.10.2023.

[https://wiki.buildingsmart.fi/fi/04\\_Julkaisut\\_ja\\_Standardit/infrabim\\_nimikkeisto/](https://wiki.buildingsmart.fi/fi/04_Julkaisut_ja_Standardit/infrabim_nimikkeisto/)

Eastman, C, Teicholz, P, Sacks, R. and Liston, K. (2008) BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors. Viitattu 25.2.2024.

Finnish Virtual Reality Association, 2019, Viitattu 24.2.2023, <https://fivr.fi/>.

InfraBIM ja Infran tietomallintamisen luennot ja materiaali, Lapin AMK.

Junnonen J-M 2018, 3+1 kysymystä digitalisaation roolista rakentamisessa, verkkosivu Viitattu 14.10.2023 <https://kirafoorumi.fi/31-kysymysta-digitalisaation-roolista-rakentamisessa/>.

Jävämä, P. & Lehtoviita, T. (2016). "Tietomallintaminen talonrakennustyömaalla", Helsinki: Rakennustieto Oy.

Kankkunen, T (2018), Rakennustuotannon digitaalinen työturvallisuus johtamisjärjestelmä, Tampereen Teknillinen Yliopisto, Viitattu 27.2.2024.

Kaski J (2017), Pihasuunnitelman laatiminen 3D-mallina. Tampereen Ammatti-  
korkeakoulu,opinnäytetyö. Viitattu 29.9.2023

[https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/130120/Kaski\\_Joni.pdf?sequence=1/](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/130120/Kaski_Joni.pdf?sequence=1/).

Kivimäki, T. & Heikkilä, R. Infra BIM based real-time Quality Control of Infrastructure Construction-Projects. Viitattu 27.11.2023

[https://www.researchgate.net/profile/Rauno\\_Heikkilae/publication/320388787\\_Infra\\_BIM\\_Based\\_Real-Time\\_Quality\\_Control\\_of\\_Infrastructure\\_Construction\\_Projects/links/5c35a3f2a6fdccd6b59d9ccd/Infra-BIM-Based-Real-Time-Quality-Control-of-Infrastructure-Construction-Projects.pdf/](https://www.researchgate.net/profile/Rauno_Heikkilae/publication/320388787_Infra_BIM_Based_Real-Time_Quality_Control_of_Infrastructure_Construction_Projects/links/5c35a3f2a6fdccd6b59d9ccd/Infra-BIM-Based-Real-Time-Quality-Control-of-Infrastructure-Construction-Projects.pdf/).

Koskela A., (2018), Automaattiajaminen, sujuvampaa ja turvallisempaa liikennettä kokeilujen kautta, Väylät & Liikenne 2018, esitelmä. Viitattu 1.10.2023.

Krug A, Seidel P, Knoblinger T, (2019), Autonomous machines in the fast lane, Arthur D. Little. Viitattu 25.2.2024.

Kylmä A., (2015), Tietomallien hyödyntäminen tien yleisuunnittelussa, Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä. Viitattu 25.1.2024.

[https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lts\\_2015-03\\_tietomallien\\_hyodyntaminen\\_web.pdf/](https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lts_2015-03_tietomallien_hyodyntaminen_web.pdf/).

Lammi J (2019), Tietomallintamisen nykykäytännöt ja tulevaisuudennäkymät, Tampereen Yliopisto, Kandidaatintyö, Viitattu 1.10.2023.

<https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/10024/115655/Lammi.pdf/>.

Leppanen T (2013), Tietomallinnus infra-alalla, Lahden ammattikorkeakoulu, opinnäytetyö. Viitattu 1.12.2023.

[https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/54381/Leppanen\\_Touko.pdf?sequence=1/](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/54381/Leppanen_Touko.pdf?sequence=1/).

Lintunen, T (2019), Tietomallinnuksen hyödyntäminen korjaussuunnittelussa, Kaakkois-Suomen Ammattikorkeakoulu. Viitattu 26.2.2024.

[https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/267409/Lintunen\\_Tero.pdf?sequence=2/](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/267409/Lintunen_Tero.pdf?sequence=2/).

Meža, S., Turk, Ž. & Dolenc, M. (2014). "Component based engineering of a mobile BIM based augmented reality system", Automation in Construction, vol. 42, pp. 1–12.

Nippala E., Vainio T., (2017), Liikenneinfrastrukturi 2040, VTT Technology 283, raportti, 56 s. Viitattu 20.10.2023 TECHNOLOGY 283 Liikenneinfrastrukturi 2040.

Novatron, (2019a), Mitä on koneohjaus, verkkosivu. Viitattu 18.10.2023.

<https://novatron.fi/mita-on-koneohjaus/>.

ChatGPT. (2023). OpenAI. GPT-3.5, Lokakuu 2023. Käytetty tietojen etsimiseen. Viitattu 26.2.2024, <https://chat.openai.com/>.

Palola, P (2020), Lisätty todellisuus ja sen mahdollisuudet. Viitattu 15.3.2024.

[https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/344185/Palola\\_Petrus.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/344185/Palola_Petrus.pdf?sequence=2&isAllowed=y)

Partanen A (2016), Tiedonhallinta ja tietomallinnus alianssihankeessa.

Viitattu 10.12.2023.

[https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/111206/Partanen\\_Antti.pdf?sequence=1/](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/111206/Partanen_Antti.pdf?sequence=1/).



Perälä H, (2020), Tietomallintamisen tulevaisuuden tarpeet infrarakentamisessa, Tampereen Yliopisto, Diplomityö. Viitattu 5.9.2023.

<https://trepo.tuni.fi/bitstream/handle/10024/120233/PeräläHenri.pdf?se-/>.

Puuperä S, (2015.), Infra-alan tietomallien laatutavoitteet ja hyväksymiskriteerit, Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä, Viitattu 9.12.2023.

[https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/121029/lts\\_2015-57\\_978-952-317-162-6.pdf?sequence=1&isAllowed=y/](https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/121029/lts_2015-57_978-952-317-162-6.pdf?sequence=1&isAllowed=y/).

Raitanen V, (2019), Tietomallien hyödyntämisen nykytila-analyysi sekä kehittämisen tiekartta rakennusyrityksille, Turun AMK, Opinnäytetyö, Viitattu 5.12.2023.

[https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/266614/Raitanen\\_Ville.pdf?sequence=2/](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/266614/Raitanen_Ville.pdf?sequence=2/).

Sweco PM Oy. 2013. SWECO@BIM, Visuaalisen johtamisen työkalu. Mainosite. Viitattu 27.2.2024.

Viksilä, M, (2018), Yhdistetty todellisuus rakennesuunnittelussa, Metropolian AMK, Insinöörityö, Viitattu 25.2.2023.

Väylävirasto 2020. Mikä on tietomalli. Viitattu 3.3.2024.

<https://vayla.fi/palveluntuottajat/inframallit/mika-on-tietomalli-/>.

YIT (2015). Silta S7 – tietomallinnettu taitorakenne. Viitattu 17.3.2024.

<https://www.yitgroup.com/fi/news-repository/uutiset/silta-s7--tietomallinnettu-taitorakenne>