

Jukka Tuomola

MAANALAISTEN LAITTEIDEN JA JÄR- JESTELMIEN TOTEUMAMALLIEN TIE- TOSISÄLLÖN KEHITTÄMINEN

Case: Tampereen raitiotie Pirkankatu-Sepänkatu

Diplomityö
Rakennetun ympäristön tiedekunta (BEN)
Kalle Vaismaa
Pauli Koliisoja
Huhtikuu 2022

TIIVISTELMÄ

Jukka Tuomola Maanalaisten laitteiden ja järjestelmien toteumamallien tietosisällön kehittäminen

Diplomityö
Tampereen yliopisto
Rakennustekniikka
Huhtikuu 2022

Tietomallien (BIM, Building Information Model) käyttö omaisuudenhallinnassa on vähäistä ja niiden hyödyntämismahdollisuudet omaisuudenhallinnassa ovat epäselvät. Epäselvyydet johtuvat tietomallien vähäisestä käytöstä ja käytön eroavaisuuksista verrattuna suunnitteluun ja rakentamiseen. Tietomallien keskeisiä hyötyjä suunnittelussa ja rakentamisessa ovat visualisoinnin parantuminen, koneohjaus ja törmäystarkastelut, kun taas omaisuudenhallinnassa suurimmat hyödyt kohdistuvat mallien tietosisältöön. Diplomityöllä onkin kehitetty kunnossapitomallin lähtötietona toimivan toteumamallin tietosisältöä siten, että se vastaa ominaisuuksiltaan mahdollisimman hyvin omaisuudenhallinnan tarpeita.

Tutkimuksessa selvitettiin mitä tietoja toteumamallit pitävät tällä hetkellä sisällään ja millaisia ohjeita niiden tekemiseen liittyy. Lisäksi tutkimuksessa selvitettiin millä tasolla omaisuudenhallinta tällä hetkellä on, mitä mahdollisuuksia tietomallit tuovat omaisuudenhallintaan ja mitä tietoja omaisuudenhallintaan tarvitaan. Toteumamallien tietosisältöä, ohjeita ja omaisuudenhallintaa tutkittiin kirjallisuustutkimuksen, haastatteluiden ja case-kohteen avulla. Kirjallisuustutkimus perustui aikaisempiin tutkimuksiin ja selvityksiin, olemassa oleviin ohjeisiin ja aiheeseen liittyvään kirjallisuuteen. Haastattelututkimuksessa oli mukana eri toimialojen edustajia mm. Tampereen infraomaisuudenhallinnan keskeisimmistä organisaatioista. Case-kohteena oli Tampereen raitiotien Sepätkadun ja Pirkankadun maanalaisiin rakenteisiin liittyvät luovutusaineistot ja ohjeet.

Tutkimuksessa tunnistettiin maanalaisten rakenteiden toteumamalleihin ja omaisuudenhallintaan liittyvät haasteet ja mahdollisuudet. Työn tarkoituksena oli tunnistaa mitä tietoa toteumamalleista tulisi siirtyä ylläpitovaiheeseen, mutta työssä ei tutkittu miten tietoa tulisi siirtää. Tunnistettujen tietojen perusteella määriteltiin kehittämistoimenpiteet toteumamallien tietosisältöön, ohjeistukseen ja omaisuudenhallintaan. Ohjeita olisi hyvä pyrkiä kehittämään selkeämmiksi ja niiden tulisi sisältää pakollisina määrittäjinä vain hyödyllistä tietoa. Toteumamallien tietosisällölle määritettiin minim tiedot, jotka toteumamallin tulisi aina sisältää. Näiden tietojen lisäksi tutkimusten perusteella kerättiin muita mahdollisia tietoja omaisuudenhallintaa varten. Kerättyjen tietojen perusteella omaisuuden omistajan on helpompi määrittää, mitä tietoja rakentamis- ja suunnitteluvaiheista olisi saatava ja miten organisaation omaisuudenhallintaa voisi kehittää tulevaisuudessa.

Avainsanat: Toteumamalli, metatieto, ominaisuustieto, omaisuudenhallinta, kunnossapitomalli

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

ABSTRACT

Jukka Tuomola Development of data content for as-built models of underground equipment and systems.

Master's thesis in engineering
Tampere University
Civil engineering
April 2022

The usage of building information models (BIM) in asset management is limited and BIM use in asset management is unclear. Uncertainties are due to low use of BIM and usage differences in design and construction. The biggest benefits of BIM in design and construction are improved visualization and collision review, while the greatest benefits in asset management are in the data content of models. In this master's thesis the data content of as-built models has been developed so that it meets the needs of asset management as closely as possible.

This study found out what information as-built models currently contain and what instructions are involved in making them. In addition to clarifying the level of as-built models and instructions, the study examined the level current level of asset management. what benefits BIM brings to asset management and what information is needed for asset management. The data content of as-built models, instructions and asset management were examined through literature research, interviews study and example case. The literature search was based on previous research and studies, existing instructions, and related literature. The interview study included interviewees from several different organizations and diverse work assignments. The case concerned digital handover material and instructions related to the underground structures of Tampere tramway Sepänkatu and Pirkankatu.

The study identified the challenges and opportunities related to BIM and asset management. Based on the identified data, development measures were defined for the instructions, data content of as-built models and BIM based asset management. The instructions should be developed to be clearer and should contain only useful information as mandatory specifications. Minimum information that the actual model should always contain was defined. In addition to this information, study found out other potential information for asset management. Based on the information gathered, it is easier for the asset manager to determine what information about the construction and design phases would be good to collect and how the organization's asset management could be developed in the future.

Keywords: As-built model, metadata, attribute data, asset management, maintenance model

The originality of this thesis has been checked using the Turnitin OriginalityCheck service.

ALKUSANAT

Tutkimuksen oli tarkoitus lisätä tietomallien käyttöä omaisuudenhallinnassa ja parantaa sen myötä myös tulevaisuudessa suunnittelun ja rakentamisen lähtötietoja. Diplomityön mahdollistivat Tampereen raitiotieallianssin, Tampereen kaupungin ja Swecon halu kehittää tietomalleihin liittyvää toimintaa. Kiitokset Tampereen raitiotielle ja Tampereen kaupungille rahoituksesta ja Swecolle mahdollisuudesta tehdä tutkimusta suunnittelu-työn ohessa.

Diplomityön ohjaajina toimivat Tampereen yliopistolta Kalle Vaismaa ja Pauli Kolisoja ja Swecolta Tero Mäkinen. Ohjausryhmässä mukana olivat myös Eija Prittinen ja Pekka Raukola Swecolta sekä Eelis Ylitalo Tampereen kaupungilta. Kiitokset hyvästä työn ohjauksesta kaikille. Haluan lisäksi kiittää avusta myös Tampereen raitiotieallianssin henkilöstöä sekä kaikkia haastatteluihin osallistuneita.

Tampereella, 15.4.2022

Jukka Tuomola

SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO	1
1.1 Tutkimuksen tausta	1
1.2 Tutkimusongelma ja tavoitteet	1
1.3 Tutkimusmenetelmät	3
2. MAANALAISTEN LAITTEIDEN OMAISUUDENHALLINTA JA TOTEUMAMALLIT 5	
2.1 Raitiotien maanalaiset laitteet ja järjestelmät	5
2.2 Omaisuu denhallinta	12
2.2.1 Infraomaisuudenhallinta lyhyesti	13
2.2.2 Infraomaisuudenhallinnan kehitys	16
2.3 Toteumamallit	21
2.3.1 Toteumamallin muodostaminen	23
2.3.2 Toteumamalleihin liittyvä ohjeistus	24
3. TIETOMALLIT OMAISUUDENHALLINNASSA	28
3.1 Tietomallipohjainen omaisuudenhallinta	28
3.1.1 Tietomallien tarjoamat mahdollisuudet	30
3.1.2 Tietomallien haasteet	32
3.1.3 Tietomallipohjainen omaisuudenhallinta maailmalla	35
3.1.4 Tietomallien käyttökohteet muilla tekniikka-aloilla	36
3.2 Toteumamallin tietosisältö	38
3.2.1 Tieto toteumamallissa	38
3.2.2 Tiedon kulku eri hankevaiheissa	44
3.2.3 Toteumamallien ja tietosisällön taso tällä hetkellä	51
3.2.4 Kunnossapitomallien tietotarpeet	59
4. TUTKIMUSTULOKSET	65
4.1 Case-kohde	65
4.1.1 Case kohteen kuvaus	65
4.1.2 Mallintaminen, tiedon tallennus ja luovutus	65
4.1.3 Havaintoja mallinetuista laitteista ja järjestelmistä	69
4.1.4 Yhteenveto case kohteesta	74
4.2 Haastattelututkimus	74
4.2.1 Lähtökohta	75
4.2.2 Inframallit omaisuudenhallinnassa	75
4.2.3 Mallien tietosisältö	81
4.2.4 Ohjeistuksen kehittäminen	85
4.2.5 Toteumamallien ja omaisuudenhallinnan kehittäminen	87
4.3 Tulosten vertailu kirjallisuustutkimukseen	90
5. TOTEUMAMALLIEN JA NIIDEN OHJEISTUKSEN KEHITTÄMINEN	94
5.1 Tietosisällön kehittäminen	94
5.2 Ohjeistuksen kehittäminen	96
5.3 Omaisuu denhallinnan ja prosessien kehittäminen	97
6. YHTEENVETO	99
LÄHTEET	102

KÄSITTEET, LYHENTEET JA MERKINNÄT

Digitaalinen kaksonen	Virtuaalinen malli, joka vastaa ominaisuuksiltaan ja tietosisällöltään todellista kohdetta.
Industry foundation classes (IFC)	Kansainvälinen avoin tiedonsiirtostandardi rakentamisen ja kiinteistöpidon tuotetietojen tiedonsiirtoon. Sen avulla voidaan siirtää tuotetietoa eri ohjelmien välillä.
Infamodel (IM)	Suomessa infra-alalla käytettävä avoin tiedonsiirtoformaatti, joka perustuu kansainväliseen LandXML-formaattiin.
Kaupunkimalli	Malli, joka kuvaa kaupungin 3D-muodossa. Sen avulla voidaan tarkastella kaupungin sen hetkistä tilaa.
Koneohjausmalli	Toteutusmalli, joka on viety koneohjausjärjestelmään tai muokattu sille sopivaksi.
Kunnossapitomalli	Kunnossapidon toimiin tarkoitettu inframalli. Kunnossapitomallin avulla voidaan hallinnoida omaisuutta ja kunnossapitoa.
LandXML	Kansainvälinen maarakentamisen XML-pohjainen tiedonsiirtoformaatti infra- ja maanmittaustiedolle.
Lähtötietoaineisto	Kohteen mitatut tai saadut digitaaliset lähtötiedot suunnittelua varten. Sisältää raaka-aineen ja lähtötiedon sekä lähtöaineistoluettelon.
Ominaisuustieto (metatieto)	Aineistoa itseään kuvaava tieto. Antaa tarkemman kuvan mallin sisällöstä ja sen ominaisuuksista.
Piste	Käytetään mallinnuksessa sellaisissa kohteissa, jossa yksittäinen piste riittää kuvamaan rakenneosan sijainnin ja korkeustason vaatimusten mukaisella tarkkuudella.
Paikkatieto	Tietoa kohteista, joiden sijainti Maan suhteen tunnetaan.
Pinta	Infran tietomallintamisessa pinnat koostuvat yleensä kolmioverkoista, pisteistä tai taiteviivoista, jotka muodostavat rakenteen pinnan. Kuvataan yleensä tietyn rakenneosan ylä- tai alapintaa.
Suunnitelmamalli	Malli, joka sisältää suunnittelijoiden suunnitteluratkaisut. Yleensä viittaa suunnitteluohjelmassa olevaan malliin sen natiiviformaatissa.
Taiteviiva	Kaksi- tai kolmiulotteinen viivaketju, joka muodostuu useammasta kuin kahdesta taitepisteestä. Mallissa tiettyä aluetta tai taitetta rajaava viiva, jonka suhteen malli rakentuu.
Tarkemittaus	Erillisellä mittalaitteella, kuten takymetrillä tehtävää rakenteen mittatarkkuuden todentavaa mittausta
Tietomalli	Rakenteen digitaalinen 3D muotoinen esitys, joka sisältää kohteen ominaisuustiedot

Toteumamalli	Malli, joka kuvaa rakenteen sellaisena, kuin se on kohdekohtaisesti laatuvaatimukset huomioon otettuna toteutettu.
Toteutusmalli	Suunnittelijoiden luoma malli, jota käytetään työn toteutuksessa.

1. JOHDANTO

1.1 Tutkimuksen tausta

Toteumamallien tekeminen on yleistynyt infrarakentamisessa, mutta yleensä ne tehdään vain uusista rakenteista. Kun rakennetaan uutta infraa olemassa olevien rakenteiden päälle, alle tai ympärille, kohdataan usein kaivaessa vanhoja jo rakennettuja putkia, joh-toja ja muita rakenteita. Näitä aiemmin rakennettuja rakenteita ei ole mallinnettu, eikä niiden tarkasta sijainnista ole välttämättä tietoa. Nykyiset rakenteet on usein esitetty vain karttaesityksen tarkkuudella, eikä esimerkiksi niiden korkeusasemasta ole yleensä tark-kaa tietoa.

Tampereella rakennetaan tällä hetkellä raitiotien toista osaa lännen suuntaan. Rakenta-misen yhteydessä nykyiset katualueet kaivetaan esiin. Kaivetuista näkyvissä olevista ra-kenteista päästään mittaamaan nykyisten rakenteiden sijainti-, koko-, materiaali- ja kun-totietoja sekä muita ominaisuustietoja, joita rakenne pitää sisällään. Mittausten avulla myös nykyisistä rakenteista voitaisiin tehdä kunnossapitomalleja. Mallit voisi sitten lisätä rakenteen omistajien omiin tietokantoihin sekä tarvittaessa sisällyttää kaupunkimalliin.

Vanhojen rakenteiden mittausta ja mallinnusta ei nähdä tällä hetkellä hyödyllisenä, koska rakenteiden mittaus maksaa ja vie ylimääräistä aikaa. Rakenteiden kunnossapi-tomallien käyttötarkoitus on tällä hetkellä epäselvä, eivätkä kaikki infraomaisuudenhalti-jat koe malleja tärkeäksi osaksi omaisuuden hallintaa. Jos mallia ei oteta käyttöön omai-suudenhallinnassa, mallin elinkaari päättyy ja tieto ei välity tuleviin vaiheisiin. Diplomi-työn tarkoitus on tutkia millä tasolla tämän hetken toteumamallien tietosisältö on ja miten sitä voi kehittää. Tietosisällön kehittäminen lisää toteumamallien hyödynnettävyyttä lai-teomistajien ja kunnossapidon kannalta. Tietosisältöä kehittämällä myös mallien käyttö parantuu tulevaisuudessa ja mallin avulla on helpompi seurata rakenteen koko elinkaarta aina käytöstä poistoon saakka.

1.2 Tutkimusongelma ja tavoitteet

Kunnossapitomallin lähtötietona käytetään toteumamallia, joten toteumamallin sisältä-män tiedon kattavuus ja tarkkuus vaikuttavat suoraan kunnossapitomallin hyödynnettä-

vytteen. Tällä hetkellä toteumamallien tieto ei ole kaikilta osin kattavaa, eikä toteumamallien hyödyllisyyttä nähdä siksi omaisuuden omistajien kannalta riittävänä. Epäselvyys toteumamallien hyödyntämisestä hidastaa niiden laaja-alaisempaa käyttöönottoa. Toinen toteumamalleihin liittyvä ongelma on, että toteumatietojen mittaus, mallin tarkkuus, formaatti ja tietosisältö saattavat vaihdella paljon eri hankkeiden ja yritysten välillä, eikä niiden tekemiseen ole olemassa tarkempaa ja yksiselitteistä ohjetta.

Toteumamallin tieto rakentuu monesta eri tasosta. Mitä syvemmälle tasohierarkiassa mennään, sen tarkempaa tietoa kohteesta saadaan. Yleiset inframallivaatimukset palvelevat lähinnä maarakentamista eikä ohjeistuksella päästä tarpeeksi syvälle tiedon rakenteeseen ja yksityiskohtaisiin ominaisuustietoihin, jotta toteumamalli palvelisi kattavasti laitteiden omistajia ja kunnossapitoa. Tämä taas johtaa siihen, etteivät kaikki laitteiden omistajat saa toteumamallin sisällöstä tarpeeksi irti ja sen käyttötarkoitus jää epäselväksi.

Diplomityöllä pyritään kehittämään toteumamallien tietosisältöä niin, että toteumamallit sisältäisivät laitteenomistajille hyödyllisiä tietoja kunnossapitomallin pohjaksi. Kun kunnossapitomalleista saadaan laadukkaampia, on omistajien helpompi siirtyä kohti tietomallipohjaista omaisuudenhallintaa. Tietomallipohjaisen omaisuudenhallinnan yleistyessä laitteiden omistajat olisivat varmasti halukkaampia saamaan toteumamallit uusista ja olemassa olevista rakenteista. Toteumamallien tekemiseen ja niiden sisältämiin tietoihin tulisi tehdä selkeämpi ohjeistus, jotta mallit palvelisivat paremmin kunnossapitoa ja laitteiden omistajia. Jos laitteiden omistajat olisivat kiinnostuneempia satsaamaan toteumamalleihin, helpottaisi se myös Tampereen kaupunkia ja muita infran omistajia esimerkiksi saneeraustöiden suunnittelussa.

Tutkimuksen tavoitteena on saada vastaus tutkimuskysymykseen: Miten toteumamallien tietosisältöä tulee kehittää, jotta se palvelee Tampereen raitiotieympäristön maanalaisien laitteiden ja järjestelmien omaisuudenhallintaa? Jotta tähän kysymykseen saadaan vastaus, niin tarvitaan vastaus myös kysymyksiin:

- Mitä maanalaisia laitteita ja järjestelmiä on ja kuka niitä hallinnoi?
- Mitä tietoa tarvitaan, että omaisuutta voidaan hallita?
- Mitä tietosisältöä toteumamalleissa esitetään tällä hetkellä, miten tietosisältö pitäisi esittää ja mitä sen pitäisi sisältää, jotta se palvelisi omaisuudenhallintaa?
- Miten ja missä tietosisältöjä voidaan hyödyntää kunnossapidossa ja omaisuuden hallinnassa?

Tutkimus rajautuu kadun alla sijaitseviin rakenteisiin kuten putkiin, kaivoihin, kouruihin, betonikanaaleihin, turva- ja sähkölaitteisiin ja ratasähköpylvään perustuksiin. Työssä keskitytään toteumamallien tietosisällön kehittämiseen ja tutkitaan mitä tietoa pitäisi liikkua, mutta työ ei käsittele sitä, miten ja missä muodossa tiedon tulisi liikkua. Työssä ei myöskään syvennytä tiedonhallinnan ja mittausmenetelmien yksityiskohtiin.

1.3 Tutkimusmenetelmät

Diplomityön tutkimusstrategiana käytetään laadullista tutkimusta. Laadullinen tutkimus eli kvalitatiivinen tutkimus on tutkimuksen menetelmäsuuntaus, jossa pyritään ymmärtämään kohteen laatua, ominaisuuksia ja merkityksiä kokonaisvaltaisesti (Koppa 2021). Aineistonkeruumenetelminä käytetään kirjallisuustutkimusta, haastatteluja ja laadullista sisällönanalyysiä. Aineistonkeruumenetelmät ovat tapoja ja periaatteita, joilla tutkimuksen aineisto hankitaan (Koppa 2021).

Teoria- ja kirjallisuustutkimusosuuksissa selvitetään toteumamallien ja omaisuudenhallinnan nykytaso ja niitä koskevan ohjeistuksen tämänhetkinen tarkkuus ja selkeys. Teoriaosuuden tutkimusmenetelmänä käytetään kirjallisuustutkimusta ja se kattaa luvut 2 ja 3. Luvussa 2 tarkastellaan erilaisia maanalaisia järjestelmiä, niiden omaisuudenhallintaa sekä toteumamalleja ja niihin liittyvää ohjeistusta. Luvussa 3 tutkitaan toteumamalleja ja tietomallipohjaista omaisuudenhallintaa tarkemmin. Case-kohteen tutkiminen ja haastattelut esitellään luvussa 4 ja niiden avulla selvitetään toteumamallien tämänhetkistä tilaa sekä tulevaisuuden näkymiä.

Kirjallisuustutkimuksen avulla tutkimus rajataan tiettyyn teoriasuuntaukseen, määritellään keskeiset käsitteet ja asetetaan mahdolliset hypoteesit. Teoria pyrkii selittämään säännönmukaisuudet ja antaa tarkemman kuvauksen käsiteltävänä olevasta aiheesta. Teoriaosuuden avulla voidaan tehdä hypoteeseja, joiden toteutumista tutkitaan vertailemalla niitä haastattelu- ja tapaustutkimuksien tuloksiin. (Hirsjärvi et al. s. 136–140)

Haastattelututkimuksen avulla tutkimuksen aiheeseen saadaan laajasti erilaisia näkökulmia ja haastateltavilla on mahdollisuus kertoa aiheesta yksityiskohtaisesti. Diplomityössä käytetään tutkimushaastattelun muotona teemahaastattelua, joka on lomake- ja avoimen haastattelun välimuoto. Haastattelun aihepiirit eli teemat ovat tiedossa, mutta tarkkoja kysymyksiä ja niiden järjestystä ei ole valmiiksi päätetty. Teemahaastattelun aikana voidaan tehdä helposti tarkentavia kysymyksiä, joiden avulla päästään syvemmälle aiheeseen. Haastattelututkimus toteutetaan ryhmähaastatteluna, jossa haastateltavia on kerrallaan kahdesta kolmeen henkilöä (Hirsjärvi et al. s. 199–206).

Laadullisen sisällönanalyysin tarkoituksena on luoda sanallinen ja selkeä kuvaus tutkitavasta ilmiöstä. Työtapana sisällön analyysissä käytetään koodausta. Koodauksen avulla aineistosta etsitään, kerätään ja yhdistetään sellaisia asioita, jotka kertovat tutkitavasta asiasta. Koodauksen avulla saadusta aineistosta pyritään tekemään tutkimuksellisesti kiinnostavia johtopäätöksiä. (Vuori 2021) Diplomityössä menetelmää käytetään toteumamallien ominaisuustietojen ja ohjeiden sisällön tutkimiseen. Sisällönanalyysillä pyritään selvittämään mitä mittaus- ja mallinnusohjeita kohteessa käytetään ja mitä ominaisuustietoja toteumamallit sisältävät tai eivät sisällä.

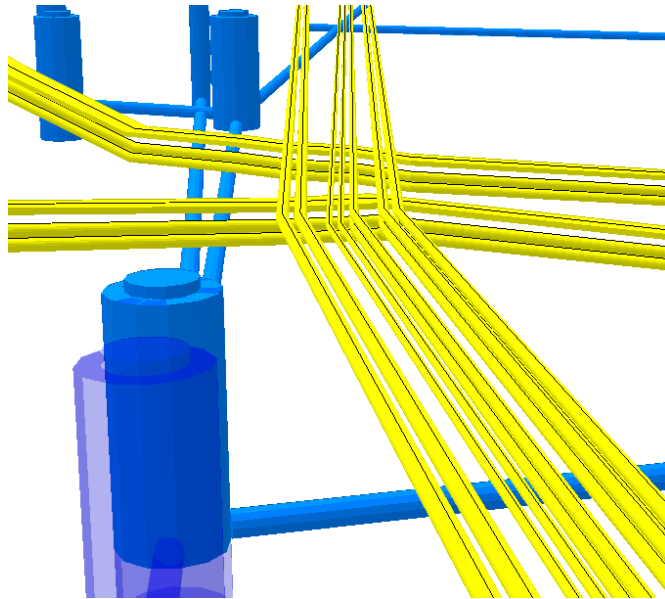
2. MAANALAISTEN LAITTEIDEN OMAISUUDEN- HALLINTA JA TOTEUMAMALLIT

2.1 Raitiotien maanalaiset laitteet ja järjestelmät

Näkyvässä olevan infrastruktuurin lisäksi maan alle on sijoitettu paljon erilaisia laitteita ja järjestelmiä, jotka ovat tärkeitä osia yhteiskunnan toimimisen kannalta. Kaupungeissa lähes jokaisen kadun alle on sijoitettu mm. vesihuoltoon, energiaan ja liikenteeseen liittyviä rakenteita. Yleisimpiä rakenteita ovat erilaiset putket ja johdot, kaivot sekä rakenteiden perustukset. Muita mahdollisia rakenteita ovat mm. ilmaisimet sekä ohjaus-, turva- ja sähkölaitteet. Raitiotieympäristössä maanalaisten laitteiden ja järjestelmien määrä kasvaa entisestään erilaisten sähkö- ja turvalaitteiden takia.

Raitiotiealueilla maanalaisten rakenteiden vaatima tilantarve voi olla jopa suurempi kuin kadun liikennöitävän osuuden tilantarve. Maanalaisia laitteita ja rakenteita ei voida asentaa kiinni toisiinsa, vaan ne vaativat asennus- ja turvaetäisyyksien vuoksi kokoonsa nähden suuremman tilavarauksen. Turvaetäisyyttä tarvitaan muun muassa rakentamista ja laitteiden huoltoa varten. Myös monet maanpinnalla näkyvät rakenteet vievät maan alaista tilaa perustuksien vuoksi. Keskusta-alueilla raitiotieradan ja sitä ympäröivien liikennealueiden yhteyteen tehdään usein puu- tai pensasistutuksia, joiden juuristot tarvitsevat myös maanalaisista tilaa.

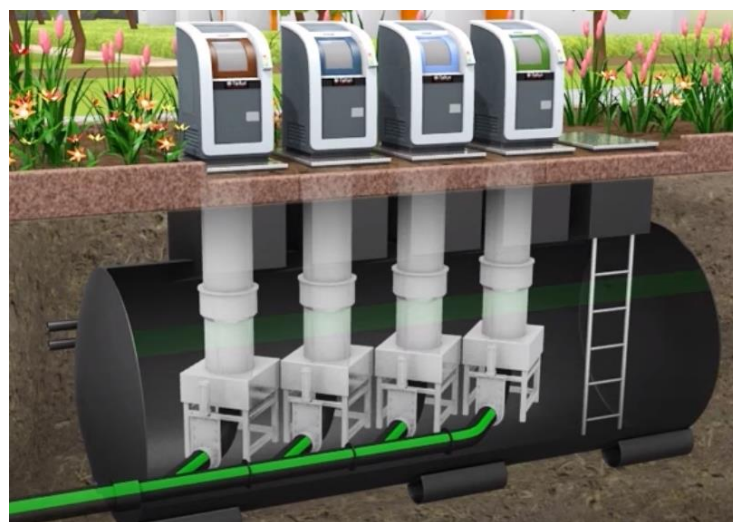
Koska laitteita ja järjestelmiä on paljon, olisi niiden mallintaminen yhteensovituksen kannalta tulevaisuudessa tärkeää. Kun eri rakenteiden tarkka sijainti ja koko mallinnetaan, saadaan mallin avulla helposti selville mahdolliset yhteentörmäykset. Kuvassa 1 on esitetty ei kokoisia putkia ja johtoja mallinnettuna. Johdot ja putket on mallinnettu vastaamaan niiden todellista kokoa, jolloin niiden yhteensovitus on helpompaa. Jotta kaikkien maanalaisten laitteiden ja järjestelmien toteumamalleja saadaan kehitettyä, pitää kaikki mahdolliset raitiotiealueella sijaitsevat rakenteet tunnistaa. Seuraavissa kappaleissa onkin eritelty mahdollisia raitiotiealueella sijaitsevia laitteita ja järjestelmiä.



Kuva 1. Mallinnettuja putkia ja johtoja. Kuva: Jukka Tuomola

Jätteen putkikeräysjärjestelmät

Jätteen putkikeräysjärjestelmä on melko uusi järjestelmä Suomessa. Sitä on kuitenkin käytetty esimerkiksi Helsingin Jätkäsaarella ja Kalasatamassa sekä Tampereen Vuoreksessa. Jätteen putkikeräysjärjestelmä koostuu jätepisteistä, paineilmalla toimivista putkistoista sekä jätteenkeräysasemasta. (Harju 2015) Kuvassa 2 on esitetty jätteen putkikeräysjärjestelmän jätepisteet ja putket. Maahan asennettavan jätteen putkikeräysjärjestelmän vaakasuuntainen tila poikkileikkauksessa on yleensä halkaisijaltaan noin 1,1–1,2 m (Helsingin kaupunki 2014). Järjestelmää hallinnoivat yleensä jäteyhtiöt tai niiden tytäryhtiöt.

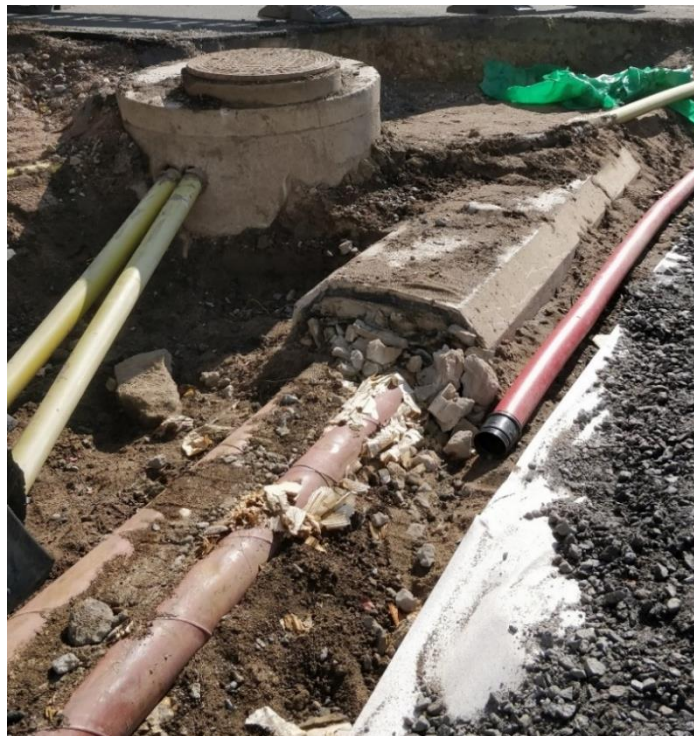


Kuva 2. Jätteen putkikeräysjärjestelmän jätepisteet ja putket (Vuoreksen jätteen putkikeräysjärjestelmä (Neuvonta2PJOY 2012))

Kaukolämpö ja kaukojäähdytys

Kaukolämpöä tuotetaan yhteistuotantovoimalaitoksissa ja lämpölaitoksissa. Yhteistuotantolaitoksissa voidaan tuottaa esimerkiksi sähköä, jonka tuotannossa syntyvä hukkalämpö hyödynnetään kaukolämmön tuotannossa. Lämpö siirretään veden avulla kaukolämpöverkoston pitkin asiakkaille. Kaukojäähdytyksen toimintaperiaate on melko samanlainen kuin kaukolämmön. Siinä ylimääräinen lämpö siirretään veden avulla kaukojäähdytysverkostoa pitkin kaukojäähdytysveteen. (Energiamailma 2021) Suomessa kaukolämpö ja kaukojäähdytys verkostoa hallinnoivat yleensä kuntien sähkölaitokset, kuten Helen (Helsinki), Fortum (Espoo) ja Tampereen sähkölaitos (Tampere).

Kaukolämpö ja -jäähdytysjärjestelmän koostuu pääosin putkista. Kaukolämpöputkia on yleisesti kahdenlaisia, toinen on yksiputkirakenne (2Mpuk) ja toinen kaksiputkirakenne (Mpuk). Ne eroavat toisistaan siten, että yksiputkirakenteessa on kaksi erillistä putkea, joissa polyeteenisuojakuoren sisään on liitetty yksi teräksinen virtausputki. Kaksiputkirakenteessa yhden polyeteenisuojakuoren sisään on liitetty molemmat virtausputket. Putkien lisäksi kaukolämpöverkoston laitteita ja rakenteita ovat mm. kaivot, venttiilit ja haaroitukset. (Energiateollisuus ry 2013 s.9 ja s. 25) Kaukolämpöputken ympärillä voi olla myös suojausrakenteita, kuten suojaputkia tai betonikanaaleja. Kaukolämpöputki betonikanaalissa on esitetty kuvassa 3.



Kuva 3. Kaukolämpöputki ja sen ympärillä oleva betonikanaali. Kuva Jukka Tuomola

Liikenteenohjaus-, turvalaite- ja opastusjärjestelmät

Tieliikennelain mukaan liikenteenohjauslaitteella tarkoitetaan liikennevaloa, liikenne-merkkiä tai tiemerkinä (Tieliikennelaki 10.8.2018/728 1 luku 2 §). Liikenteenohjauksella huolehditaan siitä, että tien käyttäjillä on mahdollisuus liikkua turvallisesti paikasta toiseen. Suurin osa liikenteenohjauslaitteista ovat maanpäällisiä rakenteita, mutta esimerkiksi liikennevalojen ja -merkkien jalustat ja liikennevalojen kaapelit ja ilmaisimet ovat maanalaisia rakenteita.

Maanalaisilla rakenteilla varmistetaan, että maanpäälliset rakenteet toimivat ja pysyvät pystyssä. Liikennemerkkien ja -valojen jalustat ovat yleensä elementtivalmisteisia betonijalustoja, mutta ne voivat olla pehmeämmässä maaperässä myös teräksisiä. Liikennevaloilla toteutettu liikenteen ohjaus vaatii toimiakseen liikennevalojen lisäksi ohjauskeskuksen (ohjauskojeen) ja erilaisia ilmaisimia sekä kaapeloinnin niiden välille. Kaapeleita käsitellään tarkemmin sähkö- ja tietoliikenneverkon yhteydessä. Ilmaisimet koostuvat yleensä ilmaisinyksiköstä, ilmaisinkaapelista ja ilmaisun tuottavasta anturista. Anturi voi toimia esimerkiksi induktiosilmukalla, painonapilla, infrapuna-, mikroaalto- tai radioviestilaisimella tai liikennekameralla, joka on liitetty kuvantulkintalaitteistoon. (InfraRYL 32600 2021)

Turvalaitteet liittyvät lähinnä rauta- ja raitiotieihin, mutta niitä ovat myös esimerkiksi nopeuskamerat ja kaiteet. Raitiotieympäristössä turva- ja ohjausjärjestelmillä mahdollistetaan raitiotien ja muun liikenteen turvallisuus ja luotettavuus. Turvalaitteiden avulla voidaan varmistaa, että raitiovaunut kulkevat oikeaa nopeutta ja että tietyllä rataosuudella on vain yksi vaunu kerrallaan. Turvalaitteiden ja liikenneohjauslaitteiden avulla voidaan hallita myös risteysalueiden liikennettä liikennevalojen kautta. Raitiotiellä käytettäviä turvalaitteita ovat muun muassa asetinlaite ja opastin. Asetinlaite turvaa raitiotien kulkutien ja ohjaa vaihteiden ja opastimien toimintaa. Opastimet ovat turvalaite-elementtejä, joilla voidaan välittää käskyt radalla liikkuvalla kalustolle. (Liikennevirasto 2014). Muuhun liikenteeseen liittyviä opastuslaitteita ovat esimerkiksi valaistusrakenteet ja ääniopasteet.

Liikenteenohjauslaitteiden hallinnoinnista vastaavat kunnat ja väylävirasto tai niiden omistamat yhtiöt. Turvalaitteita ja opastuslaitteita hallinnoivat yleensä kunnat tai kuntien omistamat yhtiöt.

Maakaasu

Maakaasumarkkinalain mukaan maakaasuverkolla tarkoitetaan toisiinsa liitetyistä maakaasuputkista- ja putkistoista sekä kaikista niihin kuuluvista säiliöistä ja muista laitteistoista, joiden sisältönä on maakaasu, muodostettua kokonaisuutta, joka on tarkoitettu

maakaasun siirtoon tai jakeluun. (Maakaasumarkkinalaki 25.8.2017/587 1 luku 3 §) Maakaasuverkosto koostuu siirto-, jakelu- ja käyttöputkistosta. Kuvassa 4 on esitetty maakaasun siirtoputki. Siirtoputkistojen tarkoitus on siirtää kaasu korkeapaineisena jakeluputkistoihin, josta se siirtyy pienemmällä paineella käyttöputkistojen kautta käyttöön. (Suomen kaasuyhdistys 2014 s. 24)



Kuva 4. Maakaasuputki Inkoon alueella (Tukes 2020)

Maakaasuverkoston rakenteita ovat pääosin maakaasuputket ja -putkistot. Putkien on kestävä tavanomaisessa käytössä aiheutuvat paineen ja lämpötilan aiheuttamat rasitukset. Mahdollisia putkimateriaaleja ovat teräs, muovi ja kupari. Raskaasti liikennöidyn väylän alituksessa tai muun vastaavan alueen alituksessa maakaasuputken ympärille voidaan tehdä suojaputki. Suojaputki tehdään myös raitiotien alituskohdissa, jotta putki voidaan vaihtaa rataa rikkomatta. Suojaputki ei saa aiheuttaa rasitusta maakaasuputkeen ja erityisesti suojaputken loppukohdassa on hyvä varmistaa rasitusten jakautuminen esimerkiksi apusuojaputken tai suojarenkaiden avulla. Muita mahdollisia maakaasuverkoston maanalaisia rakenteita ovat sulkuventtiilit, joilla varmistetaan putkiston käyttö, huolto ja käyttöturvallisuus. (Suomen kaasuyhdistys 2014 s. 24–44)

Suomessa kaasuverkoston siirtoverkon omistaa Gasgrid Finland Oy. Jakelu- ja alueverkkoja hallinnoivat sähkö- ja kaasuverkkoyhtiöt. Suomessa kaasun jakeluverkonhaltijoita ovat muun muassa Auris kaasu- ja kaasunjakelu Oy, Neste Oyj ja Tampereen sähkölaitos Oy. (Energiavirasto 2021)

Perustusrakenteet

Perustusrakenteet ovat rakenteita, jotka tukevat muita rakenteita ja siirtävät niistä aiheutuvat rasitukset laajemmalle alueelle tai kantavaan maapohjaan. Niitä voivat olla esimerkiksi paalut, laatat, arinarakenteet ja anturat. Laatta, arina ja anturaperustukset jakavat

niihin kohdistuvat kuormitukset laajemmalle alueelle kantavaan maapohjaan. Perustuksen tai paalulaatan kuormat voidaan siirtää paalujen avulla syvemmälle kantavaan maapohjaan. Paalulaatat ovat teräsbetonisia laattoja, jotka on perustettu paalujen varaan. (InfraRYL 13000 2021) Kuvassa 5 on esitetty valaisin pylvään jalusta.



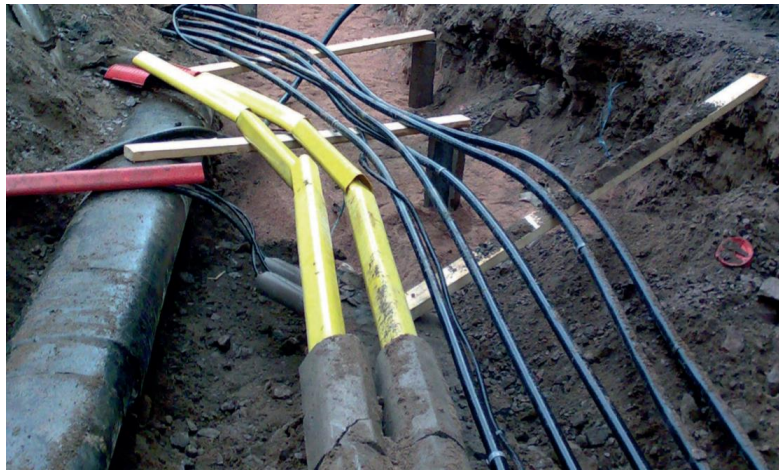
Kuva 5. Valaisinpylvään jalusta Tampereen Sepänkadulla. Kuva: Jukka Tuomola

Sähköverkko

Sähköverkolla tarkoitetaan sähkömarkkinalain nojalla toisiinsa liitetyistä sähköjohdoista, sähköasemista sekä sähköverkon käyttöä ja sähköverkkopalveluiden tuottamista palveluista muista sähkölaitteista ja sähkölaitteistoista, järjestelmistä ja ohjelmistoista muodostettua kokonaisuutta, joka on tarkoitettu sähkön siirtoon tai jakeluun (VNa 588/2013 1 luku 3 §). Sähköverkko koostuu voimalaitoksista, kantaverkosta, alueverkosta ja jakeluverkosta. Sähkö siirretään ensin voimalaitoksista kantaverkkoon, jossa jännitteet ovat 110, 220 tai 400 kilovoltia. Kantaverkosta sähkö siirretään muuntamojen kautta alue- ja jakeluverkkoon. Alueverkko koostuu niistä 110 kV voimajohdoista, jotka eivät kuulu kantaverkkoon. Jakeluverkkoihin taas kuuluvat kaikki alle 110 kV sähköverkot. Sähköä siirtävät johdot sijaitsevat joko pylväiden varassa ilmassa tai maahan upotettuina. (STUK) Tässä työssä käsitellään vain maahan upotettuja johtoja.

Sähköverkostoon kuuluvia maan alle joko kokonaan tai osittain asennettavia rakenteita ovat kaapelinsuojaputket, halkaistut kaapelinsuojaputket, kaapelisuojakourut, kaapelit, varoitusnauhat, muuntamot ja jakokaapit. Kaapelinsuojaputket ja kourut ovat materiaalil-

taan joko muovia tai betonia. Standardi SFS 5608 määrittää sähkökaapelien suoja-putkien ja kourujen olevan väritykseltään keltaisia. Sähkökaapeleita suoja-putkessa ja ilman suoja-putkea on esitetty kuvassa 6. Enintään 20 kV kaapelien tulee täyttää standardin SFS 5636 vaatimukset ja enintään 1 kV kaapelien standardien SFS 4879 ja SFS 4880 vaatimukset. (Infraryl 33000 2021) Varoituss nauha on väritykseltään keltainen ja sen tulee täyttää standardin SFS 5608 vaatimukset. Jakokaappi on maahan asennettu kaapeleiden kytkentäkaappi ja sen tulee täyttää SFS 2533 ja SFS 2534 vaatimukset. (InfraRYL 33000 2021) Muuntamoita ei käsitellä työssä tarkemmin, mutta niihin liittyvät ohjeet ja standardit on esitetty InfraRYL luvussa 33410 Sähkön jakelun muuntamot.



Kuva 6. Sähkökaapelikaivanto (Helen 2016)

Suomessa sähköverkon kantaverkon omistaa Fingrid Oyj. Jakelu- ja alueverkoja hallinnoivat sähköverkkoyhtiöt, joita on Suomessa noin 80. Suomen suurimpia sähköverkkoyhtiöitä ovat esimerkiksi Caruna Oy, Elenia verkko Oyj ja Helen Sähköverkot Oy. (Energiavirasto 2021)

Tele- ja viestintäverkostot

Viestintäverkolla tarkoitetaan viestintämarkkinalain (VML) mukaan järjestelmää, joka koostuu toisiinsa liitetystä johtimista ja laitteista ja joka on tarkoitettu viestien siirtoon tai jakeluun johtimella, radioaalloilla, optisesti tai muulla sähkömagneettisella tavalla. (VNa 393/2003 1 luku 3 §) Tele- ja viestintäverkoston osittain tai kokonaan maan alle asennettavia rakenteita ovat kaapelit, kaapelinsuoja-putket, halkaistut kaapelinsuoja-putket, varoituss nauhat ja kaapelikaivot. Telekaapeleiden suoja-putket ja kourut vastaavat ominaisuuksiltaan sähköverkon kaapeleita, mutta niiden väriksi on määritelty punainen. (Infraryl 33000 2021)

Tele- ja viestintäverkon kaivuhankkeista vastaavat kaupalliset teleoperaattorit, kunnat ja maakuntaliitot (Liikenne ja viestintäministeriö 2010 s. 3). Suomen suurimpia tele- ja viestintäverkostojen yhteydessä toimivia teleoperaattoreita ovat DNA Oyj, Elisa Oyj, Finnetliitto ry ja Telia Finland Oyj.

Vesihuolto

Vesihuolto kattaa vesihuoltolain mukaan veden johtamisen, käsittelyn ja toimittamisen talousvetenä sekä jäteveden poisjohtamisen ja käsittelyn. (VNa 1192001 1 luku 3 §). Talousvesi on puhdasta vettä, jota käytetään juomavetenä, ruuan valmistuksessa, hygienian ylläpitämisessä ja muissa kotitaloustarkoituksissa. Talousvedellä tarkoitetaan myös vettä, jota käytetään elintarvikkeiden valmistuksessa, jalostuksessa, säilytyksessä ja markkinoille saattamisessa. (VNa 763/1994 5 luku 16 §). Jätevedellä tarkoitetaan sellaista käytöstä poistettua vettä, josta voi aiheutua ympäristön pilaantumista. Jätevedeksi luokitellaan myös pilaantuneelta alueelta johdettava vesi sekä ympäristön pilaantumisen vaaraa aiheuttamien toimintojen sijaintialueelta johdettu vesi, jos vedestä voi aiheutua ympäristön pilaantumista. (VNa 527/2014 1 luku 5 §) Hulevesillä tarkoitetaan katolle tai rakennetun alueen maanpinnalle tai muulle pinnalle kertyvän sade- ja sulamisvesiä. (VNa 132/1999 13 luku 103 a §).

Vesihuoltoverkosto koostuu kolmesta eri järjestelmästä, jotka ovat vesijohto-, hulevesi- ja jätevesiverkosto. Näistä vesijohtoverkosto toimii paineella, kun taas hulevesi- sekä jätevesiverkosto toimivat pääosin painovoimaisesti. Vesijohtoverkostoon kuuluvia rakenteita ovat vesijohtoputket, sulku- ja säätöventtiilit, muut venttiilit, mittarit, laitekaivot, palopostit sekä huuhtelu- ja tyhjennyshaarat. Hulevesi- ja jätevesi verkostoon kuuluvia rakenteita ovat putket, tarkastuskaivot, tarkastusputket, kansistot, liityntärakenteet, ilmanvaihtoputket, kaasunpoistorakenteet ja ylivuotorakenteet. (RIL 237-2-2010, s. 68–114)

Vesihuoltojärjestelmiä hallinnoivat vesihuoltolaitokset. Berninger et al. mukaan Suomessa on noin 1500 eri vesihuoltolaitosta, joista 20 suurinta hoitaa 80 % koko Suomen vesihuollosta (Berninger et al. 2018). Helsingin alueella vesihuoltoverkostoja hallitsee HSY (Helsingin seudun ympäristöpalvelut), Tampereella Tampereen vesi ja Turussa turun vesihuolto.

2.2 Omaisuudenhallinta

Omaisuudenhallinnalle on annettu määritelmiä useissa teoksissa. Esimerkiksi The British Standards Institution (BSI) on antanut omaisuudenhallinnalle (engl. asset management) PAS 55 -standardissa määritelmän:

”Systemaattiset ja koordinoitut toiminnot ja käytännöt, millä organisaatio optimaalisesti ja kestävästi hallitsee omaisuuttaan ja omaisuusjärjestelmiään, näiden keskinäistä toimintaa, riskejä ja kustannuksia koko tarkoituksenmukaisen elinkaaren ajan saavuttaakseen organisaation strategiset tavoitteet.” (PAS 55-1 2008.)

Ja kansainvälisessä ISO 55000 -standardissa omaisuudenhallinnalle on annettu määritelmä:

”Omaisuudenhallinta on organisaation koordinoitu toiminta, jolla hyödynnetään omaisuuden arvo.” (SFS-ISO 55000 2014.)

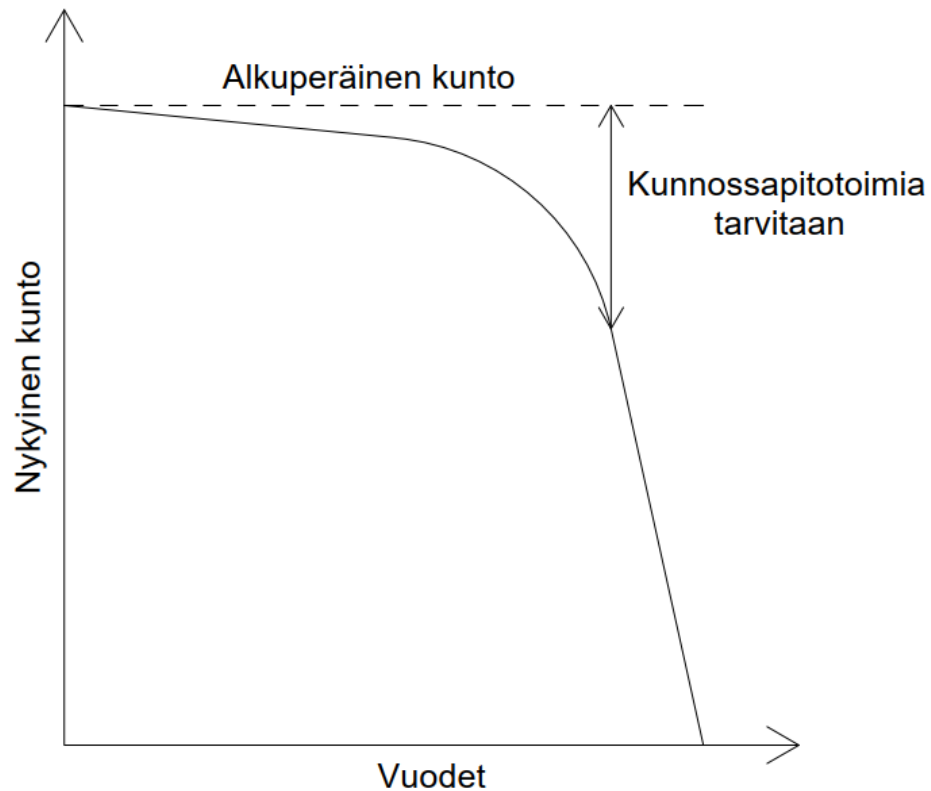
Omaisuudenhallintaan liittyviä standardeja ja ohjeita ovat PAS 55 (Publicly Available Specification), ISO 55000 -standardisarja ja IIMM (International Infrastructure Management Manual). PAS 55 ja ISO 55000 määrittelevät tehokkaan omaisuuden hallinnan vaatimuksia ISO 55000 pohjautuu PAS 55 standardiin, mutta on laajuudeltaan sitä kattavampi. IIMM on IPWEA:n julkaisema ohjekirja, joka kertoo standardien soveltamisesta käytännössä. (Saarnikko 2016 s. 21)

ISO 55000 standardissa omaisuudenhallinta, yleiskuvaus, periaatteet ja termit määrittelevään omaisuudenhallinnan mahdollistavan kustannusten, riskien ja toiminnan tason hallittu tasapaino. Omaisuudenhallinnan avulla organisaatio voi selvittää omaisuuteensa liittyvät tarpeet ja niiden toiminnallisen tason. Tämän lisäksi omaisuudenhallinnalla voidaan soveltaa analyyttisiä malleja omaisuuden elinjakson eri vaiheisiin liittyen. (SFS-ISO 55000 2014)

2.2.1 Infraomaisuudenhallinta lyhyesti

Infraomaisuus koostuu lähes täysin passiivisista rakenteista, jotka palvelevat käyttäjiä. Näitä ovat esimerkiksi väylät, virkistysalueet, tekniset verkostot, sillat ja tunnelit. Koska infraomaisuutta on paljon, on sillä myös lukuisia omaisuudenhallinnoijia, kuten kunnat ja eri verkostojen omistajat. Rakennettu infrastruktuuri muodostaa merkittävän osan kunnan kiinteästä omaisuudesta. Infran käyttäjät pysyvät tyytyväisinä, kun infra toimii ja siksi omaisuudenhallinnoijien tulee pitää omaisuutensa toimintakelpoisena. Toimintakelpoisuuden varmistamiseksi on oltava tietoinen infraomaisuuden ajantasaisuudesta ja laadusta sekä mahdollisista riskeistä aiheuttavista kohteista, jotta ne ehditään korjaamaan jo ennen niiden hajoamista. Infraomaisuudenhallinta onkin osittain myös riskienhallintaa. (Van Der Lei et.al 2012 s. 33, Kuntaliitto 2019)

Infraomaisuudenhallinnan merkityksen ymmärtämiseen voidaan käyttää kuvan 7 diagrammia. Vaikka kuvan diagrammia onkin yleensä käytetty teiden kunnon seuraamisessa ja niiden hoidossa, pätee se myös yhtä hyvin muihin infrarakenteisiin. Kuvaajasta voidaan nähdä, että toimenpiteiden ajankohdalla on merkitystä siihen, kuinka paljon kunnossapito maksaa. Ensimmäisinä vuosina rakenne yleensä kestää hyvin, mutta vuosien kuluessa kunto alkaa heikkenemään kiihtyvällä tahdilla. Jotta omaisuudenhallinnassa ja kunnossapidossa selvittää mahdollisimman vähillä kustannuksilla, tulee rakenne uusita ennen, kun sen kunto alkaa heikkenemään radikaalisti. (Grigg 2012 s. 9) Ennakoivalla kunnossapidolla eli kun kunnossapito tai korjaustoimenpiteet tehdään jo ennen vikojen syntymistä tai niiden alkuvaiheessa, rakenteen saaminen alkuperäiseen kuntoon vaatii huomattavasti pienemmän investoinnin, kuin jos huoltotoimenpiteet tehtäisiin myöhemmin.



Kuva 7. Rakenteen kunnon alenema vuosien kuluessa (Muokattu lähteestä Grigg 2012 s. 9)

IIMM:n (The International Infrastructure Management Manual) mukaan infraomaisuuden hallinnan tulisi keskittyä palveluiden tuottamiseen ja siihen, että palvelutaso vastaa nykyisten ja tulevien käyttäjien tarpeita ja siihen, miten palvelut tuotetaan mahdollisimman kustannustehokkaasti. Infraomaisuutta voidaan hallita perustekijöiden avulla, joita ovat

- nykyisten omaisuusosien tunnistaminen
- määritellyn palvelutason tuottaminen ja suorituskyvyn mittaaminen
- kasvun ja kehityksen vaikutusten hallinta kysynnän hallinnan (demand management) ja investointien (korjaus ja uusinvestoinnit) avulla
- kustannustehokkaiden hallintastrategioiden kehittäminen pitkällä aikajänteellä
- omaisuusosien palvelutasojen ylläpito koko elinkaaren ajan
- riskien tunnistaminen ja niiden kontrolloitu hallinta
- omaisuusosiin kohdennetut pitkän aikavälin taloussuunnitelmat. (Metsävuoto 2015 s.5 mukaan IIMM 2011)

Jotta perustekijät voidaan saavuttaa, tarvitaan organisaatiolta osaavaa henkilöstöä, tehokkaita työkaluja ja järjestelmiä sekä sitoutumista omaisuudenhallinnan kehittämiseen. Omaisuutta tulee hallita aina suunnitteluvaiheesta käytöstä poistoon asti ja siksi on tärkeä keskittyä rakenteen koko elinkaaren kustannuksiin jo investointivaiheessa. (Metsävuoto 2015 s. 5 mukaan IIMM 2011)

Maanalaisten laitteiden ja järjestelmien omaisuudenhallinta on erilaista kuin maanpäällisten laitteiden omaisuudenhallinta ja se vaatii siksi erityistä tarkastelua omaisuudenhallinnan kehittämiseksi. Maanpäällisistä rakenteista ei välttämättä samalla tavalla tarvita inframalleja omaisuudenhallintaan niiden helpon saavutettavuuden ansiosta, mutta tilanne on toinen maan alle sijoitettujen rakenteiden kohdalla. Maan alle rakennetuista rakenteista ei niiden rakentamisen jälkeen saada tietoa muulla tavalla kuin kaivamalla ne esiin.

Myös omaisuuden käytön vaikutukset eroavat huomattavasti muista teollisuudenaloista. Infraomaisuuden rikkoutuessa harmia syntyy omistajien lisäksi myös käyttäjille. Infraomaisuutta ei mielletä yhteiseksi omaisuudeksi ja käyttäjät saattavat ajatella omaisuuden kuuluvan jollekin jota ei ole olemassa ja sen vahingoittumisella ei ole väliä. Tällöin ylimääräiset kunnostuskustannukset koituvat omistajan maksettavaksi. Infraomaisuuden hallintaan kohdistuu siis paljon epävarmuuksia ja riskejä, jotka on hyvä ottaa huomioon. (Van Der Lei et.al 2012 s. 32–33)

Eri maanalaisilla järjestelmillä on myös erilaisia ohjeita omaisuudenhallintaan liittyen. Esimerkiksi vesihuollon omaisuudenhallintaan liittyy vesihuoltolaki, jossa määritellään vesihuoltolaitokselle selvilläolo ja tarkkailuvollisuus ”Vesihuoltolaitoksen on oltava selvillä käyttämänsä raakaveden määrään tai laatuun kohdistuvista riskeistä sekä laitteistonsa kunnosta. Tässä tarkoituksessa vesihuoltolaitoksen on tarkkailtava käyttämänsä raakaveden määrää ja laatua, laitteistonsa kuntoa sekä vuotovesien määrää laitoksen vesijohto- ja viemäriverkostoissa. Tiedot verkostojen sijainnista on saatettava sähköiseen muotoon.” (Vesihuoltolaki 119/2001 3 luku 15 §) Lisäksi vesihuollon verkosto-omaisuuden hallinnasta on julkaistu standardi ISO-24516, joka on toistaiseksi saatavilla vain englannin kielellä ja ohjeistus vesihuoltolaitoksen omaisuudenhallinnan käsikirja. Sähköverkon omaisuudenhallintaan ja kunnossapitoon liittyviä lakeja ja ohjeistuksia ovat sähkömarkkinalaki, sähköturvallisuuslaki ja verkkosuositushojeet sähköalalle.

2.2.2 Infraomaisuudenhallinnan kehitys

Historia

Omaisuudenhallintaa on tarvittu siitä asti, kun omaisuutta ollaan omistettu, mutta se on vuosien varrella vaatinut paljon kehitystä ja toimintatapojen muuttamista. Ennen yhdyskuntateknisten järjestelmien tieto talletettiin paperisiin johtokarttoihin, joihin kirjoitettiin vain se tieto, mikä karttaan mahtui ja oli sillä hetkellä olennaista. Nykyisten elin- ja liiketoimintatapojen muuttuminen on korostanut entisestään omaisuudenhallinnan tärkeyttä ja kehitystarvetta. Infra-alan omaisuudenhallinta vaatii jatkuvaa kehitystä muun muassa laatu-, turvallisuus-, ja ympäristövaatimusten lisääntyessä, omaisuusjärjestelmien ikäännyessä sekä kilpailun kasvaessa. (Van Der Lei et.al 2012, Trimble 2017)

Omaisuudenhallinnan varhaisessa vaiheessa investoinneissa keskityttiin lähinnä vain senhetkiseen investointikustannukseen samalla kun rakenteen kestävyteen, laatuun ja elinkaareen liittyvät ominaisuudet saattoivat jäädä vähäiselle huomiolle. Kun rakenteen kestävyden, laadun ja elinkaaren merkitys ymmärrettiin, omaisuudenhallinta alkoi kehittyä nopeasti. Vaikka kustannuksilla on nykyäänkin suuri vaikutus omaisuudenhallinnassa, vaatii nykypäivän ympäristö omaisuudenhallinnoijalta enemmän huomioitavia asioita kilpailun kiristyessä. (Van Der Lei et.al 2012)

Ensimmäisiä kehityskohteita omaisuudenhallinnassa oli sosioekonomisten asioiden kehittäminen. Sosioekonomisiin asioihin kuuluu muun muassa työllisyyden turvaaminen, ympäristöystävällisyys sekä taloudelliset ja poliittiset vaikutteet. Osakeomistajien myötä päätöksentekoprosessi on herkempi sosiaalisille vaikutuksille ja kustannustehokkuuden

ratkaisun sijaan voi keskeisimpään asemaan päätöksenteossa nousta esimerkiksi hiili-neutraalisuus. Omaisuuden omistajien on siis oltava entistä tietoisempia oman omaisuutensa vaikutuksista yhteiskuntaan ja politiikkaan. Omistajan on hyvä tietää mistä materiaalista omaisuus koostuu sekä miten se on valmistettu ja jalostettu. (Van Der Lei et.al 2012 s. 17)

Teknologian kehittyminen vauhdittaa monien alojen kehittymistä ja myös omaisuudenhallinta on kehittynyt ja tulee kehittymään teknologian kehittymisen myötä. Hyvä omaisuudenhallinta vaatii hyvää tiedonhallintaa ja teknologian kehityksen myötä tiedon jakaminen, siirtäminen ja säilytys on helpompaa. Ensimmäiset verkkotietojärjestelmät omaisuudenhallintaa varten otettiin käyttöön 1980-luvulla. Verkkotietojärjestelmien käyttöönotto on parantanut toimintatapoja, järjestelmiä ja organisaatioiden tietotarpeita. (Van Der Lei et.al 2012 s. 19, Trimble 2017)

Nykytila

Vaikka yleiset omaisuudenhallinnan toimintatavat ovat käytössä lähes kaikissa omaisuudenhallinnan muodoissa, on infraomaisuudenhallintaa syytä tutkia erikseen. Tähän syytä ovat infraomaisuuden erittäin pitkä suunniteltu käyttöikä, joka voi olla yli 50–100 vuotta. Tässä ajassa vaatimukset ja suositukset ovat saattaneet vaihtua useaan kertaan, joka lisää epävarmuutta tulevia investointeja ajatellen. Lisäksi infraomaisuudella ei yleensä ole käytöstä poiston jälkeen jälleenmyyntiarvoa eli siitä on hyötyä vain niin kauan, kun se pysyy toimintakuntoisena. Infraomaisuuden kustannukset riippuvat lähes täysin suunnittelusta ja huoltotoimenpiteillä on vaikutusta vain pieneen osaan kustannuksista. (Van Der Lei et.al 2012 s. 32–33)

Pitkän käyttöikänsä takia infran hallintajärjestelmät ovat vanhoja ja osa tiedosta on saattanut hukkua, joten infraomaisuuteen liittyy nykypäivänä paljon epävarmuuksia. Kuten infrastruktuurin rakentaminen, myös infraomaisuudenhallintajärjestelmät ovat kehittyneet hitaasti ajan myötä. Järjestelmiin on tehty pieniä lisäyksiä aina vain tarpeen tai uusien vaatimusten sitä edellyttäessä. (Van Der Lei et.al 2012 s. 32)

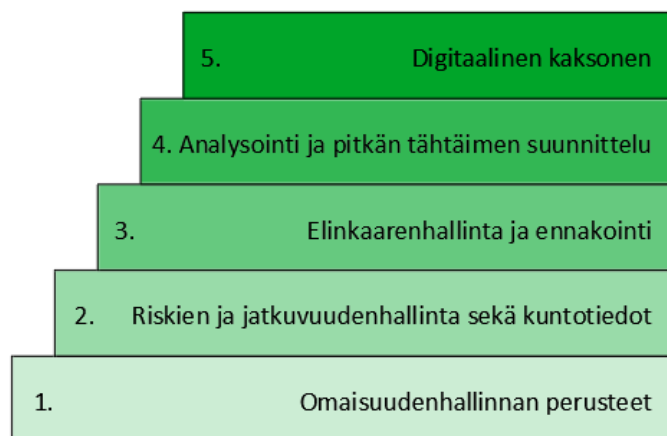
Vesilaitosyhdistyksen mukaan vuonna 2017 suurimmalla osalta kunnista ja laitoksista ei ollut kehittämisstrategiaa. Kun kehittämisstrategiaa ei ole, tulevaisuuden muutoksiin ei pystytä varautumaan eikä toiminta kehity. Tämän lisäksi lähes kaikilta kunnilta ja laitoksilta puuttui pohdinta kestävien palvelutasojen määrittelystä, mahdollisista muutoksista ja niiden kustannusvastaavuudesta. Vesilaitosyhdistys onkin pyrkinyt parantamaan palvelutasojen liittämistä toimintatapoihin ja strategiaan sekä helpottanut muutoksiin liittyvien resurssitarpeiden tunnistamista. (Vesilaitosyhdistys 2019 s. 1)

Vesihuoltoyhdistyksen omaisuudenhallinnan käsikirjassa määritellään, että omaisuudenhallinnan menettelyjä tarkasteltaessa ja kehityskohteita suunniteltaessa vesihuoltolaitoksen tulisi osata vastata alla oleviin kysymyksiin.

- 1) Mitä omaisuutta meillä on?
- 2) Mikä on omaisuuden kunto?
- 3) Mikä on omaisuuden arvo?
- 4) Mitä omaisuudella pitäisi tehdä tai saavuttaa?
- 5) Mitä omaisuudelle pitäisi tehdä?
- 6) Milloin toimenpiteet tulisi tehdä?
- 7) Mikä on toimenpiteiden kustannus?
- 8) Miten teemme toimenpiteet? (Vesilaitosyhdistys 2019 s. 3)

Kysymykset liittyvät pääosin nykyisen omaisuuden hallintaan ja tieto nykyisestä omaisuudesta onkin avainasemassa hyvään omaisuudenhallintaan. Kun tiedetään nykyisen omaisuuden tarkat tiedot, on helpompi keskittyä tulevaisuuden investointeihin, riskeihin ja korjaustarpeisiin.

Hyvä tuntemus nykyisestä omaisuudesta kuuluukin omaisuudenhallinnan perusteisiin. Vesihuoltolaitosyhdistys on määritellyt omaisuudenhallinnan tilalle viisiportaisen asteikon, jossa ensimmäisellä portaalla on omaisuudenhallinnan perusteet. Omaisuudenhallinnan strateginen portaikko on esitetty kuvassa 8. Vaikka portaikko on luotu vesihuoltolaitosta ajatellen, voidaan sen perusteita soveltaa myös muiden yhdyskuntateknisten järjestelmien kohdalla.



Kuva 8. Omaisuidenhallinnan strategiset tavoitteet portaittain (Pohjana, Vesilaitosyhdistys 2020 s. 19)

OmaisuuDENhallinnan perusteiden avulla luodaan pohja omaisuudENhallinnan kokonaisuuden hahmottamiseksi ja ymmärtämiseksi. Kun kokonaisuus ymmärretään, voidaan muodostaa tahtotila ja tavoitteet. Ensimmäisen tason omaisuudENhallintaan kuuluvia asioita ovat muun muassa selvittää omaisuuden nykytila, taso ja kunnossapitotarpeet, ymmärtää miten omaisuudENhallintaa tällä hetkellä toteutetaan ja miten se toteutetaan tulevaisuudessa. (Vesilaitosyhdistys 2020 s. 20–28)

OmaisuuDENhallinnan toinen taso on riskien- ja jatkuvuudENhallinta sekä kuntotiedot. Taso 2 perustuu vahvasti tasoon 1, mutta siinä omaisuudENhallintaan lisätään mm. riskienhallinnan toteutuminen ja häiriötilanteiden hallinta. Taso 2 siis lisää organisaation toimintavarmuutta ja sen avulla voidaan ennaltaehkäistä riskejä ja käyttökatkoja. Tasolle 2 kuuluvia toimenpiteitä ovat kuntotietojen hallinta, riskienhallintajärjestelmien käyttöönotto, jatkuvuudENhallinta ja häiriötilanteiden hallinta. (Vesilaitosyhdistys 2020 s. 29)

OmaisuuDENhallinnan tasolla 3 aikaisempien toimienpiteiden lisäksi keskitytään pitkäaikaiseen kehitykseen, elinkaarenhallintaan ja ennakkointiin. Tällä hetkellä Suomessa ei ole tiedossa vesihuoltolaitoksia, jotka täyttäisivät kaikki tason 3 vaatimukset. Energiatotalialta kuitenkin ainakin Elenia Oy ja Fingrid Oyj ovat päässeet tasolle kolme ja saaneet omaisuudENhallinnan sertifikaatit. Tasolla 3 kaikki paperiset tiedot on viety verkkotietojärjestelmään ja verkkotietojärjestelmässä kaikki omaisuus on viiva- tai pistetiedostona. Kuntotiedot kerätään systemaattisesti ja niiden perusteella tehdään ennakoivia kunnossapito tehtäviä. Investointi- ja saneeraussuunnitelmia mietitään 10 vuoden päähän ja tuleville suunnitelmille osataan antaa vertailevia kustannusarvioita ja tarkastella niiden kannattavuutta laskentamalleja hyödyntämällä. Tällä tasolla voidaan tarkastella, onko kaikki ISO 55000-55002 ja ISO-55010-standardien vaatimukset täytetty ja on mahdollista hakea sertifikaattia. (Vesilaitosyhdistys 2020 s. 31–35)

OmaisuuDENhallinnan tasolla 4 ja 5 otetaan käyttöön edistyneitä tekniikoita ja työkaluja ja niitä hyödynnetään omaisuudENhallinnassa. Tasolle 4 ja 5 liittyviä asioita ovat mm. automaattinen analysointi, 25 vuoden hankesuunnitelmat, kehittyneiden tekniikoiden pilotointi ennakoiva kunnossapito arkipäivää, ennusteet ja simulaatiot, täydellinen digitaalinen kaksonen ja hyväksytty ISO 55000-sertifikaatti. (Vesilaitosyhdistys 2020 s. 36–37)

OmaisuuDENhallintaan vahvasti liittyvä tiedonhallinnan kehittäminen on omaisuudENhallinnan ohella tärkeää. Myös tiedonhallinnalle on tehty viisiportainen asteikko, jolla voidaan määritellä tiedonhallinnan taso. Ensimmäisissä vaiheissa keskitytään tiedon keruuseen ja toiminnan oleellisimpiin prosesseihin, josta kehitytään hitaasti tiedolla johtamiseen ja tietomassojen jäsentelyyn metatietojen avulla. (Vesilaitosyhdistys 2020 s. 20)

Kaupungeilla ja kunnilla omaisuudenhallintajärjestelmänä toimivia järjestelmiä on useita ja niiden välillä voi toimia tietoportaaaleja tai olla rajapintoja, joiden kautta tietoa siirretään eri järjestelmien välillä. Järjestelmiä voivat olla ylläpitojärjestelmät, kaupunkimallijärjestelmät, tietomallien tarkistamiseen käytettävät järjestelmät ja johtotietopalvelut. Espoon kaupungin tavoitteena on kehittää tietomallipohjaista omaisuudenhallintaa. Helsingin kaupungilla on tavoitteena saada kaikki uudet projektit tietomallipohjaisiksi ja lisätä tietomallinnukseen liittyvää tietoisuutta. Vantaan kaupungilla hankkeet toteutetaan jo pääosin mallintamalla ja mallit viedään suoraan kaupungin palvelimelle, josta ne päivittyvät kaupunkimalliin. Malleja voidaan tutkia putkien ja kaivojen tarkkuudella ja halutuista kohteista voidaan tarkastella ominaisuustietoja. (Keitaanpää 2021)

Huttunen ja Takkinen ovat tutkineet millä tasolla vesihuoltolaitosten omaisuudenhallinnan tämänhetkinen tila on. Molemmat totesivat, että digitaalisten perustietojen kerääminen on suurimmalla osalla laitoksista hyvällä mallilla. Myös taso 2 on suurimmalta osalta laitoksista hyvässä mallissa ja kunto ja häiriötietoja kerätään vähintään jollain tavalla yli puolilla laitoksista. Tasolla 3 olevia vesihuoltolaitoksia todettiin olevan jonkun verran. Suomessa ei toistaiseksi ole neljännellä tai viidennellä tasolla olevia vesihuoltolaitoksia. Takkisen tutkimuksesta voidaan havaita, että mitä suurempi laitos on, sitä paremmalla tasolla sen omaisuudenhallinta yleensä on. (Huttunen 2021 s. 41–44, Takkinen 20 s. 27–42)

Muiden yhdyskuntateknisten laitteiden kannalta tutkimusta ei ole tehty yhtä laajasti. Tapauskohtaisia tutkimuksia on kuitenkin tehty ainakin kaukolämmön ja sähköverkon omaisuudenhallinnan nykytilan tasosta. Tutkimuksissa todettiin, että ainakin käsiteltävissä laitoksissa nykyistä omaisuutta koskeva tieto on kerätty digitaalisiin verkkotietojärjestelmiin. (Heinonen 2015 s. 37–41, Virtanen 2016)

Omaisuudenhallintajärjestelmä on osa omaisuudenhallintaa ja sen avulla voidaan parantaa riskienhallintaa ja tavoitteiden saavuttamista. Omaisuudenhallinta vaatii tarkkaa tietoa omaisuudesta ja omaisuudenhallintajärjestelmä auttaa sen hallinnassa. Järjestelmä ei kuitenkaan ole pelkästään hallinnan tietojärjestelmä, vaan sillä on vuorovaikutuksia useiden organisaation toimintojen, kuten suunnittelun, tavoitteiden saavuttamisen ja toimintaperiaatteiden luomisen kanssa. (SFS-ISO 55000 2014)

Tulevaisuus

Eri yhdyskuntateknisillä järjestelmillä on erilaisia vaatimuksia ja tavoitteita, joten niiden omistajilla on myös erilaisia tapoja hoitaa omaisuutta. Suomessa vesilaitosyhdistys on tehnyt käsikirjan vesihuoltolaitoksen omaisuudenhallinnasta. Käsikirjan avulla vesilaitos-

yhdistykset voivat siirtyä kohti tietomallipohjaista omaisuudenhallintaa. Myös muille yhdyskuntateknisille järjestelmille olisi hyvä luoda prosessi, miten tietomallipohjaista omaisuudenhallintaa saadaan kehitettyä tulevaisuudessa.

Vesilaitosyhdistyksen (2019) mukaan omaisuudenhallinnan kehittyminen ei myöskään tulevaisuudessa saa olla liian nopeaa ja radikaalia, jotta uudet toimintatavat pystytään omaksumaan. Kehitys tulee ottaa askel kerrallaan ja ensimmäinen askel kehitykselle on määrittää tavoitteet ja toimintasuunnitelma tavoitteiden saavuttamiseksi. Järjestelmällisellä työllä saadaan edistettyä menettelyjen, omaisuudenhallintajärjestelmän ja asiakirjojen kehitystä. (Vesilaitosyhdistys 2019)

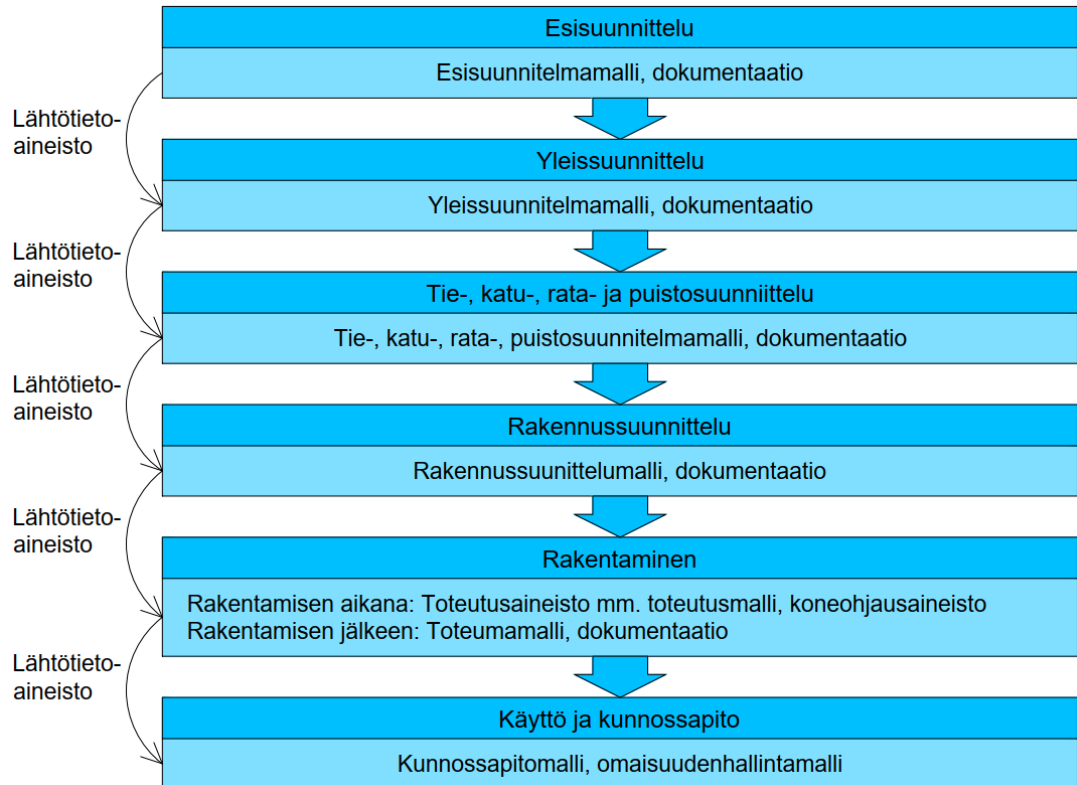
Tietomallintamisen yleistymisen johdosta malleja aletaan käyttää yhä varhaisemmassa vaiheessa projekteja. Tämä lisää eri osapuolia projekteihin ja projektit vaativat alusta asti mm. kunnossapitopuolen mielipidettä eri ratkaisuihin. Puuperän (2015) mukaan tällä hetkellä tietomallintamisessa keskitytään vielä pääosin teknisiin asioihin, mutta tulevaisuudessa kehitys siirtyy enemmän toimintatapojen ja kommunikoinnin muuttamiseen. Toimintatapojen muuttaminen vaatii uudenlaisia sopimusmalleja, joissa kustannukset, riskit ja voitot jaetaan eri tavalla kuin nykyisin. (Puuperä 2015 s. 30)

Grigg (2012) pohti, mitä ongelmia omaisuudenhallintaan tulevaisuudessa liittyy. Tulevaisuudessa väkiluvun kasvaessa ja vaatimusten lisääntyessä infrarakenteiden omaisuudenhallinta hankaloituu. Kasvavan väkiluvun ja kehitysmaiden kehittymisen myötä, myös rakenteiden hankintakustannukset nousevat, kun yhä useammat maat tarvitsevat niitä. (Grigg 2012)

2.3 Toteumamallit

Rakennushanke voidaan tehdä, joko alusta asti mallintamalla tai mallipohjainen rakentaminen voidaan aloittaa myöhemmässä hankevaiheessa. Mitä aikaisemmin mallipohjainen rakentaminen aloitetaan, sen enemmän sitä voidaan hyödyntää hankkeen eri vaiheissa. Suurimmat hyödyt saadaan aikaiseksi, kun mallia ei luoda joka suunnitteluvaiheessa uudestaan, vaan mahdolliset päivitykset tehdään vanhaan malliin. (BSF 2019 a)

Kuvassa 9 on esitetty yleisellä tasolla infrahankkeen kulku ja mallit eri hankevaiheissa. Kuvasta voidaan nähdä, miten mallin nimi ja sisältö muuttuvat jokaisessa hankevaiheessa. Kuvasta nähdään, että jokaisen edellisen suunnitteluvaiheen tulokset siirtyvät seuraavan vaiheen lähtötiedoiksi. Lopulta käyttö ja kunnossapitomallista tulee uuden hankkeen lähtötietomalli esisuunnitteluvaiheesta alkaen.



Kuva 9. Infraprojektin kulku ja eri hankevaiheissa tuotettavat mallipohjaiset aineistot (Muokattu lähteestä BSF 2019 a s. 13)

Tällä hetkellä malliaineistojen lisäksi on mukana toimitettava myös perinteisiä dokumentteja. Pelkät tietomallit eivät ole vielä tarpeeksi kattavia tai niitä ei pystytä hyödyntämään työmaalla. Mallit voivat tapauskohtaisesti jo nykyään korvata esimerkiksi paalukohtaisia poikkileikkauksia, mutta korvaamisesta sovitaan hankekohtaisesti. Tulevaisuudessa malleja olisi tarkoitus kehittää entisestään ja niiden on tarkoitus korvata mahdollisimman paljon perinteisiä dokumentteja. (BSF 2019 a s. 13)

Tämän työn tarkoituksena on kehittää rakennusvaiheen mallinnuksen lopputuotetta eli toteumamallia. Toteumamalli on malli, joka kuvaa infrarakenteen sellaisena kuin se on vaatimukset huomioiden toteutettu. Toteumamallia tulee kehittää, jotta sen siirtäminen kunnossapitomalliksi olisi vaivattomampaa. Koska eri omistajilla on erilaisia ohjelmistoja, tarpeita ja vaatimuksia, on tärkeää, että löydetään tarpeelliset tietosisällön lisätarpeet eri laitteille ja järjestelmille.

Toteumamalleja käytetään tällä hetkellä pääosin laadunvarmistuksessa ja vaatimusten mukaisuuden todentamisessa. Toteumamalleja voidaan käyttää lisäksi myös infraomaisuuden hallinnassa ja kunnossapidossa. (Liikennevirasto 2017 s.32) Tulevaisuudessa toteumamallien käyttö tulee varmasti yleistymään entisestään omaisuudenhallinnassa ja kunnossapidossa tietomallipohjaiseen omaisuudenhallintaan siirtymisen myötä. Toteumamallien käytöstä omaisuudenhallinnassa kerrotaan tarkemmin kappaleessa 3.1.

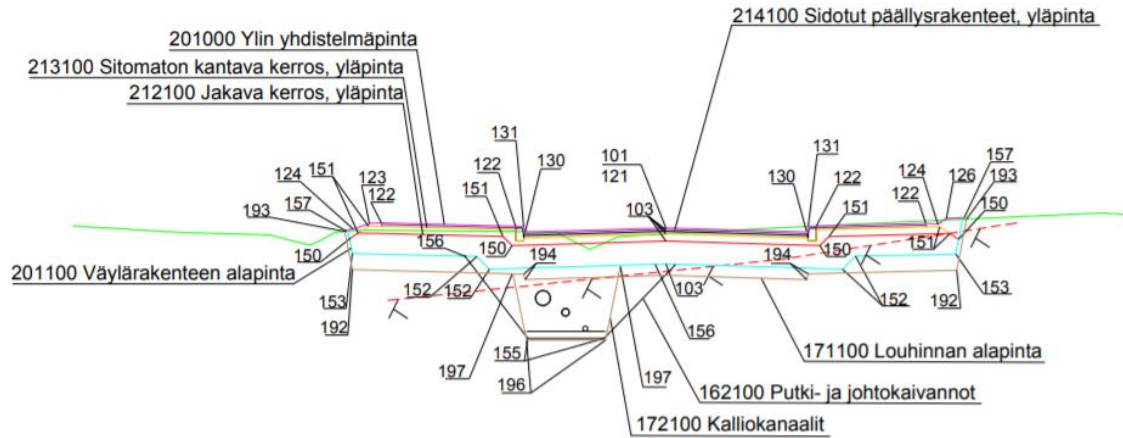
2.3.1 Toteumamallin muodostaminen

Toteumamallit voidaan tehdä alusta asti mallintamalla tai muokkaamalla lähtö-, suunnitelma- tai toteutusmallia siten, että se vastaa lopullista toteumaa (BSF 2019 a, s.12). Koska rakentaminen ei ole täysin tarkkaa, on toteumamallin päivittäminen tärkeää. Lopullinen toteumatieto saadaan tarkemittaamalla olemassa oleva tai uusi rakenne. Jos tarkemittauksen perusteella saatu tulos vastaa tarkkuudeltaan toteutusmallia, muuttuu toteutusmalli suoraan toteumamalliksi. Jos taas ei, tehdään toteutusmalliin muutoksia niin, että sen sijainti ja geometria ovat lopullisen toteutuksen mukaisia. Toteumamallin tarkkuusvaatimukset vaihtelevat eri hankkeiden välillä ja lopulliseen tarkkuuteen vaikuttaa mallin tarkkuuden lisäksi myös mittaustarkkuus. Esimerkiksi vesihuoltoverkoston mitausohjeen mukaan mittaustarkkuuden tulee olla xy-tasossa ± 2 cm ja z-tasossa ± 2 cm (Vesihuoltolaitos 2021 s. 39). Toteumamallien muokkaus tapahtuu samassa ohjelmistossa, jossa toteutusmalli on luotu tai muussa muokkausta tukevassa ohjelmistossa. Toteumamalleja voidaan tehdä tällä hetkellä muutamalla eri ohjelmalla, kuten Novapointilla, AutoCAD:illa, 3D-winillä ja Tekla Civilillä.

Rakennetun kohteen toteumamalli koostuu monesta yksittäisestä toteumamallista, jotka muodostavat yhdessä kohteen kokonaisuuden. Yksittäiset toteumamallit taas koostuvat rakenneosista, jotka voidaan esittää pintoina, pisteinä, viivoina tai alueina. (Palviainen 2015) Rakenneosat on jaettu pääosin nelinumeroisiin pääryhmiin, jotka koostuvat rakenteista ja järjestelmistä. Pääryhmiä rakennusosa- ja hankenimikkeistön mukaan ovat:

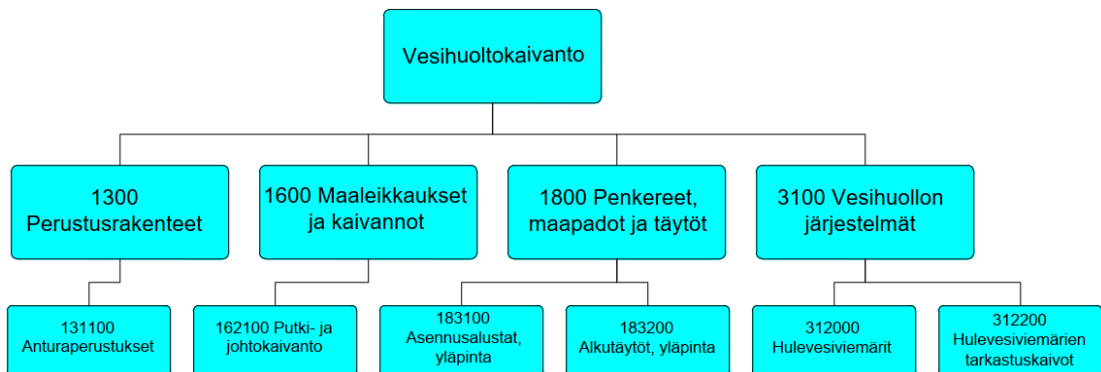
1. Maa-, pohja- ja kalliorakenteet
2. Päälyys- ja pintarakenteet
3. Järjestelmät
4. Rakennustekniset rakennusosat
5. Hanketehtävät

Pääryhmissä olevien rakenteiden ja järjestelmien pinnat nimetään ja koodataan yleisten inframallivaatimusten mukaisesti kuusinumeroisella koodilla. (Palviainen 2015) Pintojen lisäksi myös taiteviivat, maastomallit ja pisteet sekä muut mitatut aineistot nimetään yleisten inframallivaatimusten mukaisesti. Kuvassa 10 on esitetty kadun rakennepintoja ja taiteviivoja, joiden avulla toteumamalli saadaan luotua.



Kuva 10. Kadun rakennepinnat ja taiteviivat nimettynä nimikkeistön mukaisella tavalla (BSF 2019 c, s. 17)

Valmiista toteumamallista voidaan muodostaa rakenneosiin jaoteltu hakemistorakenne. Hakemistorakenne koostuu rakennusosa- ja hankenimikkeistön mukaisista rakenneosista, joiden sisältöön kuuluvat toteumamallien lisäksi tarke- ja toteumatiedot erillisinä tiedostoina. (Palviainen 2015) Esimerkiksi vesihuoltokaivantorakenteen toteumamallin hakemistorakenne voi sisältää kuvan 11 mukaiset rakennusosat.



Kuva 11. Mahdollinen vesihuoltokaivannon toteumamallin hakemistorakenne.
Kuva: Jukka Tuomola

2.3.2 Toteumamalleihin liittyvä ohjeistus

Historia

Suomessa rakennusalle luotiin ensimmäinen kansallinen ohjekirja tietomallinnukseen liittyen vuonna 2012. Ohjeessa päivitettiin vuoden 2007 senaattikiinteistöjen luomia tietomallivaatimuksia ja lisäksi siihen lisättiin uusia osioita. Päivityksen seurauksena syntyi yleiset tietomallivaatimukset 2012. Ohjeet syntyivät COBIM-hankkeen tuloksena, jossa olivat mukana Senaatti-kiinteistöt, Suomen johtavat suunnittelutoimistot, kiinteistön

omistajat ja urakoitsijat. Hankkeen taustalla oli halu lisätä tietomallintamista rakennus-alalla. Tärkeää ohjeen luomisessa oli, että vaatimukset määrittivät ohjeet kaikille rakennusprojektin vaiheille ja että kaikki sitoutuivat noudattamaan luotuja vaatimuksia. (TEKLA 2012)

Ensimmäiset infra-alalle suunnatut ohjeet julkaistiin vuonna 2015. Myös infra-alalla ohjeistuksen tarve johtui alan suurien toimijoiden halusta lisätä tietomallintamista rakennushankkeissa. Rakennustietosäätiön erityistoimikunta BuildingSMART Finland (BSF) julkaisi yleiset inframallivaatimukset 2015. BSF on yhteisöfoorumi, jossa ovat mukana suomalaiset kiinteistö- ja infra-alan omistajat ja palvelun tuottajat, suunnittelijat, urakoitsijat, ohjelmistotalot, yliopistot ja korkeakoulut sekä muut rakennusalan yritykset. (BSF 2021)

Inframalleihin liittyvät ohjeet Suomessa ja maailmalla

Suomessa käytössä olevia alan yleisiä mallinnusohjeita ovat *Yleiset inframallivaatimukset*, *InfraBIM-nimikkeistö* ja *inframodel-tiedonsiirtoformaatti*. Mallivaatimukset, nimikkeistö ja formaatit ovat riippuvaisia ja vuorovaikutuksessa keskenään. Siksi niiden kaikkien pitää olla kunnossa ja yhteneväiset, jotta tiedonhallinta toimii. Eli kun yhtä osiota päivitetään, tulee päivittää myös muita osioita. Tämä johtaa jatkuvaan ohjeistuksien kehitykseen ja pitää kaikki osiot ajantasaisina. (BSF 2019 a)

Yleiset inframallivaatimukset kattavat mallinnusvaatimukset rakennushankkeen koko elinkaaren ajalle. Mallinnusohjeen tavoitteena on ohjata, yhtenäistää ja kehittää koko infra-alan mallinnuskäytäntöjä. Ohjeessa on kerrottu vaatimusten lisäksi myös suosituksia ohjaavista käytännöistä. (BSF 2019 a)

Yleiset inframallivaatimukset 2019 koostuu viidestä eri osasta, jotka ovat:

- Osa 1. Yleinen osa, joka pitää sisällään perusasioita mallinnusta hyödyntävään infrahankkeen toimintamalliin liittyen. Lisäksi osassa 1 kuvataan mallinnuksen perusasiat ja -käsitteet sekä mallien tuottamiseen ja hyödyntämiseen liittyvät vaatimukset yleisellä tasolla.
- Osa 2. Lähtöaineistoluettelo, joka määrittää infrahankkeita varten tarvittavan lähtöaineiston sisällön ja muodostusprosessin vaatimukset.
- Osa 3. Suunnittelu, joka antaa ohjeistusta mallipohjaiseen suunnitteluun ja määrittää inframalleille vaatimuksia suunnittelun osalta.

- Osa 4 Rakentaminen, jossa kuvataan mallipohjaisen rakentamisen vaatimukset ja ohjeet. Osa kattaa tiedonhallinnan, mallien tarkastuksen, työmaan perustamisen, toteutuksen eri vaiheet sekä työnaikaisen laadunvarmistuksen ja digitaalisen luovutusaineiston tietosisällön.
- Osa 5 Kunnossapito

InfraBIM nimikkeistö määrittää infrarakenteiden ja -mallien nimeämis- ja numerointikäytännöt hankkeen eri vaiheissa. Nimikkeistö perustuu infra2015-rakennusosanimikkeistöön. Nimikkeistön tarkoitus on tuottaa yhtenäiset numerointi- ja nimeämiskäytännöt infrarakenteille ja -malleille ja täten helpottaa mallintamista lähtötietojen hankinnasta kunnossapitoon saakka. Nimikkeistö pitää sisällään väylärakenteiden ja järjestelmien rakennepintojen numerointi- ja nimeämiskäytännöt. Rakennepinnat kuvataan numeroiduilla taiteviivoilla tai pisteillä. (BSF 2019 c)

Inframodel-tiedonsiirtoformaatti on kansainväliseen LandXML-standardiin perustuva avoin menetelmä infratietojen siirtoon. Inframodel-tiedonsiirtoformaatin on tarkoitus toimia koko alalla suunnitteluohjelmistoissa, mittaus- ja koneohjaussovelluksissa. Tämän hetken viimeisin versio on inframodel 4. (BSF 2019 d)

Muita mahdollisia alalla käytettäviä mallinnukseen liittyviä ohjeita ovat väyläviraston tie- ja ratahankkeiden inframalliohje, suurien hankkeiden kuten Tampereen raitiotien tai Raide-jokerin tietomalliohjeet ja suurien kaupunkien tietomalliohjeet. Nämä kaikki perustuvat YIV-ohjeistuksiin, mutta niiden sisältöä on saatettu muokata soveltuvammaksi rakentajille ja tilaajalle.

Eri mailla on omia ohjeitaan mallinnukseen liittyen. Esimerkiksi Ruotsissa käytössä on CoClass, Isossa-Britanniassa Uniclass 2015, Tanskalla CCS ja Yhdysvalloissa Omni-Class system. Vaikka eri mailla on omat ohjeensa, perustuvat ne pääosin kansainvälisiin standardeihin. Suurin osa eri maiden käyttämistä ohjeistuksista perustuu joko ISO-standardiin 12006 tai standardiin 81346. Myös Suomessa käytettävä yleiset inframallivaatimukset perustuvat standardiin ISO-12006. (Jackson 2020)

ISO 12006-2 Building construction on toiminut rakennetun ympäristön nimikkeistöjärjestelmän pohjana viimeiset 15 vuotta. Vuoden 2015 päivityksen myötä se laajentui käsittelemään koko rakentamisen elinkaarta ja digitaalisen tiedon vaatimuksia. (Jackson 2020)

Mittaukseen liittyvät ohjeet

Mallinnusohjeiden lisäksi toteumamalleihin liittyy vahvasti myös mittausohjeet. Myös mittausohjeita on useita ja eri organisaatioilla, kaupungeilla ja hankkeilla voi olla omat ohjeensa mittaamisesta. Esimerkiksi vesilaitosyhdistys on tehnyt ohjeen vesihuoltoverkostojen mittauksesta ja dokumentoinnista. Mittausohjeissa ohjataan lisäksi yleensä myös tietojen muodostamista ja toimittamista. Ohjeistuksen lisäksi verkkotietojen ja verkon rakentamissuunnitelmien toimittamisesta on tehty määräys, joka koskee viestintä-, energia-, vesihuolto- ja liikenneverkkotoimijoita. Määräyksessä kerrotaan mm. toimitettavista tiedoista ja niiden tarkkuudesta.

3. TIETOMALLIT OMAISUUDENHALLINNASSA

3.1 Tietomallipohjainen omaisuudenhallinta

Kuten edellisistä kappaleista on voinut tulkita, on kunnossapitomallien käyttö omaisuudenhallinnassa vasta varhaisessa vaiheessa ja niiden laaja-alaisempi käyttöönotto vaatii vielä paljon kehitystä. Mallien käyttö tulee kuitenkin varmasti tulevaisuudessa lisääntymään niiden tuomien mahdollisuuksien myötä.

Jotta tietomallien käyttö omaisuudenhallinnassa ja kunnossapidossa lisääntyisi, olisi niiden tuotettava käyttäjille enemmän hyötyä. Partanen on tutkinut diplomityössään väyläviraston Velho-järjestelmää, joka pitää sisällään suunnitelma-, toteumatietovarastot ja tiestötietojärjestelmän. Toteumamallien tietoa voidaan siirtää tiestötietojärjestelmään, josta se saadaan kunnossapidon käyttöön. Jos kunnossapitoon tarvittavat yksityiskohdalliset tiedot saataisiin selville, olisi toteumamalleja helpompi luoda suoraan tai pieniä muutoksia tekemällä kunnossapidon käyttöön. (Partanen 2019 s. 47)

Tietomallien vähäiseen käyttöön omaisuudenhallinnassa liittyy myös paljon muita haasteita. Omistajan voi olla vaikea päästä käsiksi malliin ja sen tietoihin osaamisaavutteen vuoksi. Tietomalli ei välttämättä päädy rakennusvaiheen jälkeen ylläpitoon, kun ylläpito ei tiedä mitä sillä tekisi. Eli tietomallien ja niiden tietosisällön kehittämisen lisäksi tarvittaisiin myös osaamisen kehittämistä. (Tampereen yliopisto & Solita 2021)

On myös monia muita haasteita, minkä takia tietomallien tuonti osaksi omaisuudenhallintaa koetaan haastavaksi. Haasteita ovat muun muassa erilaiset ohjelmistot, tietokoneen suorituskäyvyn riittämättömyys BIM-ohjelmistojen käytössä, epäselvyydet käyttömahdollisuuksissa, mallien vähäinen päivitys ja se, että tietomallit koetaan vielä uusiksi eikä niihin osata luottaa samalla tavalla kuin vanhoihin paperisiin dokumentteihin. (Tampereen yliopisto & Solita 2021, Partanen 2019, Halmetoja 2016)

Tällä hetkellä tietomallien käyttö omaisuudenhallinnassa rajautuu pääosin työn seuramiseen ja laadunvarmistukseen. Tietomallien avulla voidaan nähdä paremmin mitä ollaan rakentamassa ja näin ollen tehdä suunnitelmiin mahdollisia muutoksia ennen rakentamista. Laatu taas pystytään seuraamaan paremmin, kun rakennetuista kohteista luodaan toteumaa vastaavat toteumamallit. (Keitaanpää 2020) Vaikka maan alle rakennetuilla rakenteilla on selvät vaatimukset ja ohjeet, eivät toteutuneet kohteet aina ole ohjeiden mukaisia. Jos tilaaja ei vaadi rakennetusta kohteesta sijaintitietoja, jäävät niiden lopulliset rakentamisen jälkeiset tiedot epäselviksi. Jos rakennetuista kohteista ei vaadita

toteumatietoja, saatetaan niiden rakentamisessa lipsua ja rakentaminen tehdä ohjeiden ja määräysten vastaisesti liian lähelle maanpintaa. Tällainen tilanne on ainakin ollut sähkökaapeleiden asentamisessa maan alle. Kun maakaapeloinnilla on kiire, saattaa laatu kärsiä ja työtä joudutaan korjaamaan jälkikäteen. Tämä ei ole kenenkään osapuolen kannalta hyödyllistä ja aiheuttaa hankkeen kaikille osapuolille ylimääräisiä kustannuksia. (Turpeinen 2020)

Muita tietomallien käyttökohteita ovat kaupunkimallit, verkkotietojärjestelmät ja niiden käyttö tiedonhallinnassa. Kaupunkimalleja käyttäviä kaupunkeja ovat ainakin Espoo, Helsinki, Vantaa ja Tampere. Tiedonhallinnassa malleja voidaan käyttää niiden metatietojen avulla. Perinteisen kansiorakenteen sijaan tietoa voidaan etsiä ja jaotella metatietoja hyödyntämällä. Tietomallien olisi myös hyvä pystyä tarjoamaan omaisuudenhallinnoijalle kaikki ne tiedot, jotka normaalisti löytyvät paperisista dokumenteista. Tietojen löytäminen tulisi olla vaivatonta ja luotettavaa. Koska tietotarpeet ovat usein epäselvät, jäävät toteumamallien metatiedotkin vähäisiksi tai sisältävät epäolennaisia tietoja.

Tietomallien tietosisältö ja esitystapa olisi siis hyvä saada yhtä hyvälle tai paremmalle tasolle kuin mitä paperisilla dokumenteilla voidaan saavuttaa. Tietosisällön tarpeita omaisuudenhallinnalle on tutkittu tarkemmin kappaleessa 3.2.4. Partasen (2019) tutkimuksessa selvisi, ettei kolmiulotteinen esitystapa ole aina optimaalinen kaikkiin käyttötarkoituksiin. Tietomallien esitystapaan olisikin hyvä saada aina mahdollisuus 2D-näky-mään, jotta mallia voidaan tarkastella kaikissa tilanteissa optimaalisella tavalla.

Mallien tarkasteluun tarvitaan aina joku verkkotietojärjestelmä, jossa mallia säilytetään ja ylläpidetään. Verkkotietojärjestelmällä tarkoitetaan järjestelmää, joka sisältää tietoa digitaalisessa muodossa. Aluksi verkkotietojärjestelmään olisi hyvä saada tietomalli, joka sisältää aluksi perustietoja, jonka jälkeen sitä voitaisiin päivittää lisätiedon kertyessä. Omaisuudenhallinnassa ja kunnossapidossa käytettävään malliin olisi hyvä saada lisättyä tietoja mm. vioista, saneerauksista ja tarkastuksista. Verkkotietojärjestelmään voidaan tarvittaessa lisätä rajapintoja, joilla verkkotietojärjestelmään saadaan liitettyä ulkoisia tietojärjestelmiä, kuten asiakastietojärjestelmät, laskutusjärjestelmät ja sähköinen työmaapäiväkirja. (Huttunen 2021 s. 38)

Mahdollisia verkkotietojärjestelmiä on useita. Esimerkiksi KeyPro oy:llä on verkkotietojärjestelmät energia-, kaasu-, tele-, vesi-, kaukolämpö- ja -kylmäverkoille sekä katuvalaistukselle. Lisäksi KeyPro:lla on järjestelmä, jossa kaikki alueen vesi-, viemäri-, tele-, kaasu-, kaukolämpö- ja sähköverkot voidaan yhdistää samaan karttaan. Toinen verkkotietojärjestelmä tuottava yritys on Trimble, joka tarjoaa Trimble NIS järjestelmän avulla

verkkotietojärjestelmiä sähkö-, kaukolämpö- ja vesihuoltoverkostoille. Lisäksi Trimble:llä on erikseen Trimble DMS, joka on tarkoitettu kytkentätilanteen ylläpitoon ja valvontaan.

3.1.1 Tietomallien tarjoamat mahdollisuudet

Tietomallien hyödyt suunnittelussa ja rakentamisessa on tunnistettu ja tietomalleja käytetäänkin jo paljon suunnittelun ja rakentamisen apuna. Tietomallien avulla muun muassa suunnitelmien yhteensovitus, esittely ja vaihtoehtovertailu ovat helpottuneet. Rakentamisvaiheessa koneohjaus ja suunnitelmien sekä laadun tarkastus on helpottunut. Omaisuudenhallinnan ja kunnossapidon apuna mallien käyttö on vähäisempää eikä kaikkia mallien tuomia hyötyjä vielä tiedetä. Hyödyntämismahdollisuuksia on kuitenkin tutkittu ja monet tietomallien tuomat mahdollisuudet on tunnistettu.

Yksi selkeä useassa tutkimuksessa ilmennyt tietomallien tuoma etu on tiedon hallinnan, jaon ja tallennuksen helpottuminen. Tiedonsiirron parantumisen seurauksena vältetään moninkertainen työ tiedon keräämisessä ja tallentamisessa. Kun tietoa ylläpidetään yhdessä päätietokannassa, jonka kautta voidaan päästä muihin tietokantoihin, ei synny päällekkäistä tietoa eri järjestelmien välillä. Päätietojärjestelmä mahdollistaa myös tiedon helpon löytämisen, kun ei tarvitse arvuutella mistä tieto mahdollisesti löytyy. Tiedon löytäminen on helpompaa, kun tietoja voidaan jaotella ja hakea järjestelmästä metatietojen avulla. Kun tieto on helposti löydettävissä, vähenee tiedon etsimiseen ja huoltotehtävien suorittamiseen kuluva aika merkittävästi. (Puuperä 2015 s. 18, Munir 2020 b)

Tiedon parempaan järjestelyyn ja löytämiseen liittyy myös paljon muita etuja. Kun kaikki tieto on sidottuna sijaintiin, voidaan riskikohteet määritellä ja samalla alueella olevia rakenteita valvoa ja tarkastaa paremmin. Sijaintitiedon avulla kohteet on myös helpompi tunnistaa ja niistä saadaan lisätietoja helpommin. Tietomallien avulla voidaan havaita ja tunnistaa ongelmia ja huoltotarpeita. Huoltotarpeita voidaan analysoida ja ajoittaa tarkemmin sekä analysoida ja ajoittaa paremmin, kuin perinteisillä dokumenteilla. (Point Group 2021, Munir 2020 b, Durdey et al. 2022)

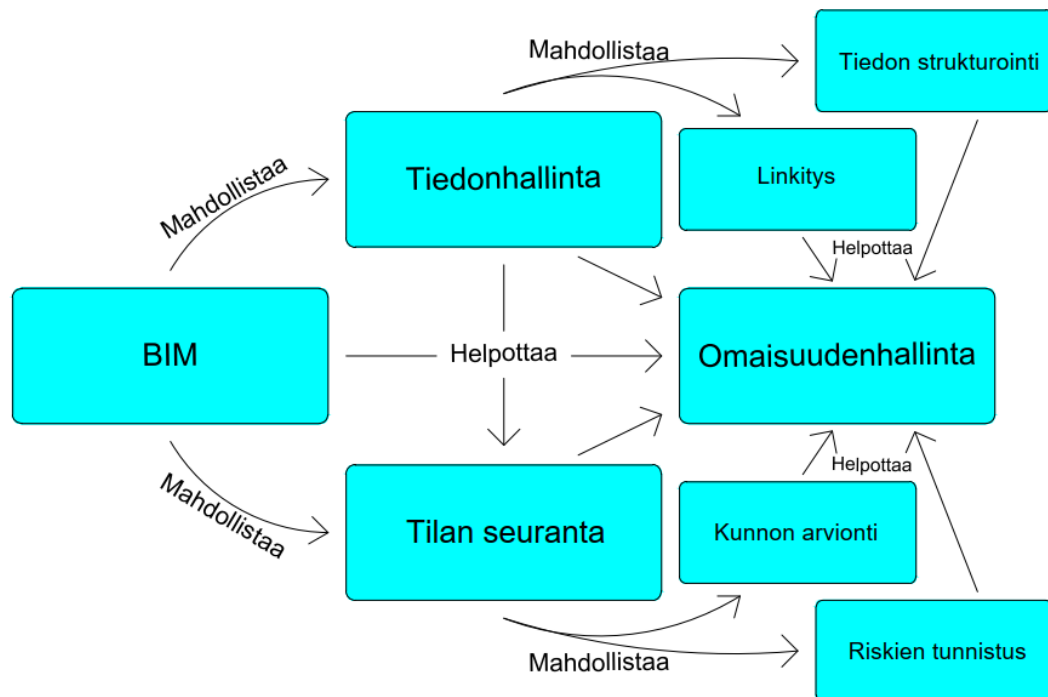
Tietomallipohjaisen päätietojärjestelmän avulla myös reaaliaikaisen datan käyttäminen on helpompaa ja tieto voidaan linkittää eri järjestelmien välillä. Reaaliaikaisen datan seuraaminen mahdollistaa mm. energiakäytön seurannan ja valvonnan. Linkittämisen avulla kaikki tieto on mahdollista löytää samasta paikasta joko suoraan tai linkin kautta. (Munir 2020 b, Durdey et al. 2022)

Rakentamisen aikana todettuja tietomallien tuomia etuja ovat olleet suunnitelmien virheiden väheneminen ja parempi yhteistyö suunnittelun ja rakentamisen välillä. (Puuperä

2015 s. 19) Tietomallien tuominen osaksi omaisuudenhallintaa vaatisi suunnittelulta ja rakentamiselta enemmän ylläpidon huomioimista ja kommunikaation lisäämistä koko projektin aikana. Paremmalla kommunikaatiolla voidaan saada aikaan parempia suunnitteluratkaisuja kunnossapidon ja omaisuudenhallinnan kannalta. Paremmalla kommunikaatiolla voidaan ymmärtää paremmin myös rakenteen koko elinkaaren aikaiset kustannukset ja vaikutukset ympäristöön. (Tapanila 2021 s. 50 & s. 58)

Tietomallintamisen tuomat hyödyt jo pelkässä rakennusvaiheessa tuovat tilaajalle kustannussäästöjä uusien investointien kohdalla. Berg (2014) on tutkinut inframallintamalla tehtyjen projektien ja perinteisillä tavoilla tehtyjen projektien kustannuseroja. Tutkimuksessa vertailtiin kuutta väylähanketta, joista 4 tehtiin Norjan kansallisten mallinnusohjeiden mukaisesti ja 2 perinteisillä ei-mallipohjaisilla menetelmillä. Projektien ennakoimattomia kustannuksia, kuten virheiden, muutostöiden ja puutteiden osuutta vertailtiin keskenään. Tutkimuksista kävi ilmi, että perinteisillä menetelmillä tehdyissä projekteissa ennakoimattomia kustannuksia projektin kokonaiskustannuksista oli 18,1 % ja 18,9 %, kun taas mallintamalla tehdyissä projekteissa ennakoimattomat kustannukset vaihtelivat 4,2–9,8 % välillä. (Berg 2014) Tutkimuksen perusteella voidaan todeta, että mallintamisella saavutettiin huomattavia kustannus- ja aikasäästöjä. Myös Durdyev et al. (2022) tutkimuksessa todettiin tietomallien parantavan rakennushankkeen laatua, aikataulusta, kustannustehokkuutta ja kestävyyttä. Vaikka tutkimus on tehty rakennusvaiheen kustannuksista, voidaan ajatella, että tulokset ovat samankaltaisia myös kunnossapitoimien kohdalla.

Tietomallien omistaminen ja käyttäminen omaisuudenhallinnassa kasvattaa myös yrityksen digitaalisen omaisuuden arvoa (Munir 2020 b). Yhteenvetona voidaan todeta, että tietomallit mahdollistavat paremman tiedonhallinnan ja omaisuuden tilanseurannan. Nämä taas helpottavat mm. tietojen järjestelyä, linkitystä, kunnon arviointia ja riskien tunnistamista. Kaikki edellä mainitut tiedot helpottavat omaisuudenhallintaa ja tuovat siihen mahdollisuuksia. Kooste tietomallien hyödyistä omaisuudenhallinnassa on esitetty kuvassa 12.



Kuva 12. Tietomallin hyödyntäminen omaisuudenhallinnassa. Kuva: Jukka Tuomola

3.1.2 Tietomallien haasteet

Vaikka tietomallien tuomia hyötyjä on tunnistettu, eivät ne ole vielä kovinkaan yleisiä omaisuudenhallinnassa. Tietomallien käyttöönottoon liittyy vielä paljon haasteita ja ongelmia, joiden tunnistaminen ja ratkaisu on tärkeää, jotta tietomallipohjainen omaisuudenhallinta voi kehittyä. Tietomallien haasteista omaisuudenhallinnassa on tehty tutkimuksia ja selvityksiä. Munir et al. (2020b), Durdyev et al. (2022) ja Oraee et al. (2019) ovat tutkineet millaisia haasteita tietomallipohjaiseen omaisuudenhallintaan siirtyminen tuo omaisuuden omistajalle. Prodigial-tutkimusohjelmassa, vesihuollon BIM-tiekartta 2025 kehityshankkeessa ja Puuperän (2015) diplomityössä on tutkittu tietomallintamisen haasteita yleisesti.

Munir et al. (2020) tutkimuksessa haasteet oli jaettu kolmeen kategoriaan, joita olivat ihmiset, prosessi ja teknologia. Ihmisillä tarkoitetaan tässä yhteydessä inhimillisiä ihmisestä riippuvia tekijöitä, kuten tietämys, taidot, motivaatio ja olosuhteet organisaation toimintojen suorittamiselle. Prosessilla tarkoitetaan niitä toimintoja ja käytäntöjä, jotka säätelevät ja koordinoivat organisaation toimintaa liiketoimintaprosessien kautta. Tekniikalla tarkoitetaan teknologiaa, kuten laitteita ja ohjelmistoja. Tutkimuksessa tunnistettiin 15 ongelmaa tietomallipohjaiseen omaisuudenhallintaan siirtymisessä. Ongelmat on esitetty kuvassa 13. (Munir et al. 2020 b)

Ihmiset	<ol style="list-style-type: none"> 1. Työkuormitus omaisuudenhallinnassa tarvittavien tietojen syöttämisessä 2. Vaikeudet käyttäjien sitouttamisessa tietomallijärjestelmiin 3. Muutoksenhallintastrategian puuttuminen
Prosessi	<ol style="list-style-type: none"> 4. Ongelmia ihmisten ja järjestelmien välisten riippuvuuksien kuvaamisessa 5. Omaisuusmallin tietojen hallintaan liittyvä monimutkaisuus 6. Vaikeus mitata BIM liiketoiminnan arvoa 7. Toimialan standardien ja omaisuusvaatimusten puute 8. Tietomamallien perustamiseen ja ylläpitoon liittyvät ongelmat 9. Datan käyttöön liittyvät monimutkaisuudet ja tiedon laatu 10. Vaikeudet operatiivisten ilmentymien kääntämisessä 11. BIM:in käyttöä tukevien liiketoimintamallien puute
Teknologia	<ol style="list-style-type: none"> 12. Eri versiot tietomalliohjelmistoista 13. Järjestelmäintegraation puute 14. Teknologian kypsyyssaste 15. Tekniset rajoitukset

Kuva 13. Ongelmat tietomallipohjaisen omaisuudenhallinnan käyttöönotossa (muokattu lähteestä Munir et al. 2020 b)

Kuvasta 26 voidaan huomata, että yli puolet ongelmista johtuu prosessista. Tämä tarkoittaa, että omaisuudenomistajat eivät pysty ratkaisemaan kaikkia ongelmia, jotka liittyvät tietomallipohjaiseen omaisuudenhallintaan. Suurimmat ongelmat eivät myöskään liity teknologiaan, vaan nykyisiin työprosesseihin ja organisaatorakenteeseen. (Munir et al. 2020 b)

Myös Durdyev et al. (2022) ja Oraee et al. (2019) löysivät useita haasteita tietomallipohjaiseen omaisuudenhallintaan liittyen. Suurin osa molempien tutkimuksien haasteista oli samoja kuin kuvan 13 haasteet, mutta tutkimuksissa havaittiin myös uusia haasteita. Oraee et al (2019) havaitsi lisää haasteita mm. datan yksityisyyteen, koulutuksen puutteeseen, roolien epäselvyyteen sekä organisaatioiden, kulttuurien ja ympäristön erilaisuuksiin liittyen. Durdyev et al. (2022) havaitsi lisähaasteiksi mm. tietämättömyys mahdollisuuksista, BIM-markkinointi kohdennettu rakentamiseen, BIM-omaisuudenhallinnan heikko kehitys, korkeat laitteisto- ja koulutuskustannukset, kannustimien puuttuminen poliittisten päättäjien taholta sekä kokemuksen puute.

Durdyev et al. (2022) tutkimuksessa haasteet järjestettiin niiden vaikutuksien mukaan. Tutkimuksessa viideksi suurimmaksi haasteeksi nousivat suuret järjestelmäkustannukset, suuret koulutuskustannukset, tietomallien vierastus omaisuudenhallinnassa, ohjelmistojen määrä (ei tiedetä mitä pitäisi käyttää) ja kokemuksen puute. Tutkimuksen perusteella suurimmat haasteet liittyvät kustannuksiin, koulutukseen ja kokemukseen. (Durdyev et al. 2022)

Myös vesihuollon BIM-tiekartta 2025 kehityshankkeessa prosessiin liittyvät ongelmat huomattiin. Vakiintuneet käytänteet johtavat siihen, ettei vanhoista totutuista tavoista ole suurta tarvetta luopua. Myöskään kommunikaatiota muiden toimijoiden välillä ei ole riittävästi, joten muiden tarpeita ei ymmärretä. Muita kehityshankkeen selvitystyön yhteydessä havaittuja ongelmia olivat ohjelmistojen rajapintojen implementoinnin eli toteutusten taso ja osaamisen puute. Standardien ja nimikkeistöjen kehittämistä tarvittaisiin myös, koska niiden nykyinen taso ei ole riittävä. (BSF et al. 2021)

Prodigial-tutkimusohjelmassa on selvitetty yleisiä haasteita tietomallintamiseen liittyen. Suurin osa tietomallintamiseen liittyvistä haasteista koskee koko alaa ja siten myös omaisuudenhallintaa. Tutkimusohjelmassa todettiin, että kehitystä tarvitaan muun muassa ohjelmistojen, osaamisen, formaattien, standardien ja ohjeiden kohdalla. Tietomallien eriytyminen perinteisistä dokumenteista nousi esiin myös yhtenä ongelmana. (Point Group 2021) Tietomallien olisi tarkoitus tukea ja edistää suunnittelua ja omaisuudenhallintaa, mutta mallien eriytyminen muista dokumenteista aiheuttaa lisätyötä, kun samat tiedot ovat järjestelmässä useassa muodossa ja useassa eri paikassa.

Puuperä (2015) on tutkinut inframalleihin liittyviä virheitä ja puutteita, jotka tekevät inframallien käyttöönotosta haastavaa. Puuperä (2015) on todennut, että mallien laadussa on paljon virheitä ja puutteita. Virheet ja puutteet heikentävät tietomallien käytettävyyttä ja luotettavuutta. Puuperä (2015) on havainnut puutteita IM-formaatissa muun muassa varusteiden ja laitteiden määrityksissä. Suunnitteluohjelmistossa havaittuja ongelmia ovat tiedostojen sisäänluvussa ja uloskirjoituksessa esiintyneet virheet. Osa ohjelmistoista saattaa kirjoittaa mallin uloskirjoittamisen yhteydessä malliin tuplapisteitä, päällekkäisiä pisteitä sekä katkoa taiteviivoja. Tällaiset virheet on vaikea paikantaa ja siksi suunnitelmamalleja saatetaan joutua muokkaamaan useammassa ohjelmassa, jonka yhteydessä tiedonsiirrossa tapahtuvat virheet voidaan poistaa. (Puuperä 2015 s. 58) Tämä lisää mallien tekemiseen kuluvaa aikaa, eikä se edistä suunnittelua, joten mallien virheiden korjaamiseen kuluvaa aikaa saatetaan pitää ylimääräisenä työnä, jota ei olisi, jos malleja ei olisi tehty. Siksi siitä ei olla halukkaita maksamaan.

Samankaltaisia virheitä saattaa esiintyä myös omaisuudenhallinnan kunnossapitomalleissa, joka heikentää mallien luotettavuutta ja vähentää niiden käyttöönottoa. Uuden opettelu ja vanhojen toimintatapojen muuttaminen tuottaa jo itsessään muutosvastarintaa ja ennakkoluulot malleja kohtaan lisääntyvät, kun malleissa havaitaan virheitä.

3.1.3 Tietomallipohjainen omaisuudenhallinta maailmalla

Yleisesti voidaan todeta, että mitä suurempi projekti on, sitä varmemmin siinä käytetään apuna tietomallinnusta ja suurimmissa projekteissa on yleensä myös tarkimmat vaatimukset tietomallien tarkkuudelle, esitystavalle ja sisällölle. Laadukkaat tietomallit ovat lähtökohta niiden käyttämiselle; jos tietomallin taso on heikko, ei sitä voida hyödyntää yhtä laajasti kuin korkeatasoista tietomallia.

Tutkittaessa tietomallien käyttökohteita eri maissa voidaan huomata lukuisten lähteiden toteavan, että niitä käytetään suunnittelun ja rakentamisen apuna, mutta omaisuudenhallinnassa ja kunnossapidossa mallien käyttö on harvinaisempaa. Vähäisen käytön omaisuudenhallinnassa selittävät samat asiat kuin mitä tutkimuksessa on todettu myös Suomen osalta. Näitä ovat muun muassa yhtenäisten standardien, normien ja ohjeistuksen puuttuminen tai niiden tuntemuksen puute, asiantuntijoiden ja ammattitaidon riittämättömyys, teknologian alhainen kysyntä asiakkaiden keskuudessa sekä konservatiivinen kulttuuri (O'Malley 2021). Tutkimukset tietomallien käytöstä omaisuudenhallinnassa ovat kuitenkin lisääntyneet ja aiheen tärkeys on huomattu useassa maassa.

Ranskassa on tehty tutkimus mallinnuksen vaikutuksista raitotieympäristön kunnossapidon kustannuksiin. Tutkimuksessa todettiin, että mallinnuksella voidaan säästää raitotieprojektin rakentamisessa koko elinkaari huomioiden 8,4 % ja rakentamisen jälkeisessä kunnossapidossa noin 10 %. Rakentamisen jälkeisessä kunnossapidossa ja omaisuudenhallinnassa mallinnus auttoi parantamaan prosessienhallintaa, käyttöönottoa ja tietoa laitteistojen kunnosta sekä parantamaan laitteiston kunnossapitoa. (Bensalah et. al 2017)

Myös vesihuollon omaisuudenhallintaa on tutkittu ja tutkimuksissa todettiin mallinnuksen olevan lähes välttämätöntä tulevaisuuden omaisuudenhallinnassa. Muuttuvat sääolot, ennalta arvaamattomat tapahtumat ja kestävien ratkaisujen toteuttaminen vaativat mallipohjaisia tarkasteluja ja laskentoja. Vesihuollon putkistojen kapasiteettista ja kunnosta saadaan parhaiten tietoa mallin liitettävien reaaliaikaisten anturien avulla. (Pathirana 2021)

Tutkimuksia on tehty myös automatisoidusta toteumamallin luonnista. Toteumamalli koostuu pääasiassa rakennetun objektin tiedosta ja tietoa sisältävästä 3D-mallista. 3D-mallin luominen ilman suunnitelmamallia on työlästä ja siksi olisi hyvä, että toteumamalli pystyttäisiin luomaan automatisoidusti mittauksien perusteella. Automatisoidusta toteumamallista ei ole mahdollista saada sisällöltään yhtä kattavaa kuin suunnitelmamalli,

mutta sijainti ja kokotietojen automatisoiminen helpottaisi mallin tekemistä. Tämä vähentäisi huomattavasti toteumamallin luomiseen kuluvaan aikaan, joka taas vähentäisi toteumamallin luontiin kuluvaan kustannuksia. Automatisaatiota kehitetään jatkuvasti ja artikkelin perusteella mittauksista automaattisesti rakentuva toteumamalli voi olla realistista lähitulevaisuudessa. (Patraucean et. al 2015)

3.1.4 Tietomallien käyttökohteet muilla tekniikka-aloilla

Jos verrataan rakennusalaan muihin teollisuusaloihin, ei työn tuottavuus ole kehittynyt vuosikymmeniin samalla tavalla kuin muilla teollisuudenaloilla. Yksi syy tuottavuuden heikkoon kehitykseen on vähäinen uusien teknologioiden ja digitaalisten ratkaisujen käyttö. Yleensä mietitään, että rakennusala on jäänyt teknologiassa jälkeen ja teknologian tulo osaksi rakentamisalaa on hidasta. Teknologian suhteen Infra-ala on vielä hiekkalaatun rakennusta jäljessä, joten hyviä ja edistyksellisiä käytäntöjä muilta aloilta löytyy varmasti. Tämän kappaleen tarkoituksena onkin tarkastella, miten tietomalleja käytetään omaisuudenhallinnassa muilla teollisuusaloilla.

Teknologian kehittymisen myötä suunnittelu, omaisuudenhallinta ja kunnossapito on saanut lukuisia uusia työkaluja, joilla voidaan vähentää kustannuksia ja saavuttaa parempi tuottavuus. 3D-mallien viimeistellyimmät mallit, digitaaliset kaksoiset, tarjoavat lukuisia uusia tapoja hallita tietoja ja omaisuutta. Digitaalisten kaksosten lisäksi myös muiden teknologioiden, kuten lisätyn todellisuuden (Augmented Reality, AR), virtuaalitodellisuuden (Virtual Reality, VR) ja sekatomellisuuden (Mixed Reality, MR) käyttö tuo paljon uusia mahdollisuuksia mm. suunnittelulle ja omaisuudenhallinnalle (Subhankar 2020).

Tietomallien käyttö rakennusten omaisuudenhallinnassa kohtaa melko samanlaisia ongelmia kuin infraomaisuudenhallintakin. Ongelmia ovat muun muassa tiedon identifiointi, tietotaidon puuttuminen, saavutettavuus ja tietotarpeiden epäselvyys. Alalla on kuitenkin huomattu, että ylläpitomallin käytöllä on lukuisia mahdollisuuksia. Tietomallit helpottavat muun muassa asioiden paikantamista, tulevien muutosten suunnittelua, vikojen syiden paikannusta, kulutuksen seuraamista ja niiden avulla voidaan tehdä esimerkiksi palo-simulointeja ja parantaa turvallisuutta. (Halmetoja 2016 s. 21)

Rakennusten ylläpidossa tietomallien käyttömahdollisuudet eivät rajoitu ainoastaan passiivisiin tietoihin. Rakennuksen tilaa voidaan seurata myös aktiivisten tietojen avulla. Passiivinen tieto tarkoittaa käytännössä muuttumatonta tietoa ja aktiivinen tieto antureista ja mittareista saatavaa muuttuvaa tietoa. Ylläpidon kannalta hyödyllistä aktiivista tietoa voivat olla esimerkiksi lämpötila, kosteuspitoisuus, energiakulutus, vikatiedot ja

kokoustilojen varaustilanne. Halmetoja esittää, että aktiivisia tietoja ei välttämättä kannatta tuoda jo valmiiksi raskaaseen ylläpitomalliin, vaan niille olisi järkevä tehdä oma tietojärjestelmänsä, johon olosuhdemalli voitaisiin tallentaa. Mallien olisi kuitenkin hyvä olla linkitettyinä toisiinsa, jotta molempien mallien sisältämää tietoa saataisiin hyödynnettyä samanaikaisesti. (Halmetoja 2016)

Standardointi ja vakiointi helpottaa huomattavasti mallien käyttöä omaisuudenhallinnassa. Kun mallit on koodattu oikein, voivat mallit päivittyä automaattisesti tai järjestelmään saadaan lisättyä tietoa automaattisesti. Mallien oikeanlainen koodaus olisikin yksi mahdollinen tapa, jolla suunnittelu voi edistää mallien käyttöä omaisuudenhallinnassa rakennusosalalla. (CADmatic 2021)

Teollisuudessa tietomallien käyttö on korkeammalla tasolla kuin rakennusosalalla ja sieltä rakennusosalalla olisi paljon opittavaa. 3D-malleja käytetään esimerkiksi laivan tilanseurannassa, tehtaan prosessien hallinnassa ja öljynporauslaittojen kunnossapidossa. Esimerkiksi paperitehtaassa voidaan hallita kaikkea tehtaan prosesseihin liittyvää dataa yhden käyttöliittymän avulla. Järjestelmässä voidaan tutkia automaatiolaitteen 3D-mallia ja siitä edelleen esimerkiksi piirikaaviota 2D-näkymässä. Piirikaaviosta järjestelmää voidaan vielä tarkentaa yksittäisiin komponentteihin. (CADmatic 2021)

3D-mallien käyttö on edistyksellistä esimerkiksi laivan tilan seurannassa. Laivateollisuudessa tietomallien taso on digitaalisten kaksosten tasolla eli kaikki laivan tiedot ovat saatavissa digitaalisesti. Näin laivasta voidaan saada esimerkiksi kestävyystietoja, aikatie-toja, sensoreiden ja mittareiden tuottamaa tietoa, analyttisiä malleja ja järjestelmän hallintaan liittyviä tietoja. Nämä tiedot vähentävät muun muassa kunnossapitokustannuksia ja riskejä, parantavat suorituskykyä ja vähentävät asennukseen kuluva-aikaa, kun asennus voidaan suunnitella mallia hyödyntämällä. Sensoreiden avulla voidaan myös tutkia laivaan kohdistuvia kuormia eri olosuhteissa, jolloin voidaan välttää tilanteet, jossa laivaan kohdistuu liian suuri rasitus. (Smogeli 2017)

Digitaalisia kaksosia hyödynnetään myös suurissa kohteissa, kuten öljynporauslaitoilla. Sabbaghin mukaan 74 % öljyn ja kaasun tuottajista ottaa digitaaliset kaksoset käyttöön vuoteen 2025 mennessä. Digitaalisen kaksosen avulla voidaan nähdä, miten prosessi toimii ja voidaan luoda ”mitä jos” arviointimalli onnettomuuksien varalta. Digitaalisen kaksosen liittyy paljon samankaltaisia etuja kuin muillakin tekniikka-aloilla, mutta niiden lisäksi juuri öljy- ja kaasualalla hyödyllisiä asioita ovat muun muassa: kokoaikaisen spesiaaliosaamisen vähenevä tarve, voidaan suorittaa lähes mikä tahansa prosessi etänä, auttaa seuraamaan laivan suorituskykyä ja parantaa turvallisuutta. (Sabbagh 2021)

Digitaalisia kaksosia voidaan hyödyntää myös tuulienergian tuotannossa. Digitaalisten kaksosten käyttö tuulienergian tuotannossa on kuitenkin vielä vähäistä, mutta sen käytöllä on valtavasti potentiaalia ja sen yleistyminen on todennäköistä. Niiden avulla tuuliturbiinien tuotanto, asennus ja huolto voidaan automatisoida tehokkaan tuotannon saavuttamiseksi. Sen sijaan, että vian tullessa aina lähetettäisiin ryhmä paikanpäälle arvioimaan vikaa, voidaan ongelmat analysoida etänä ja lähettää korjausryhmä paikalle vain tarvittaessa. Lisäksi digitaalisen kaksosen ja VR- tai AR-tekniikan avulla voidaan hoitaa koulutuksia ja perehdytyksiä. Tuulienergian tuotannon kannalta suurin hyöty digitaalisten kaksosten käyttöönotossa on turbiinikaluston kunnan seuraaminen maantieteellisestä sijainnista riippumatta. Tulevaisuudessa digitaalisten kaksosten avulla voidaan tutkia optimaalisia tuuliolosuhteita ja seurata ja ennustaa sähkön hinnan vaihtelua. (Smogeli 2017, Sabhankar 2020)

3D-malleja voidaan siis hyödyntää lähes missä tahansa ja niiden käyttö helpottaa tiedonhallintaa, parantaa oikea-aikaista kunnossapitoa ja vähentää riskejä. Digitaalisten kaksosten avulla prosessien toiminta on varmempaa ja ongelmatilanteet voidaan havaita jo ennen varsinaista onnettomuutta. Mallien käyttö helpottaa myös osien vaihtoa ja asennuksia, kun työ voidaan suunnitella etänä mallien avulla.

3.2 Toteumamallin tietosisältö

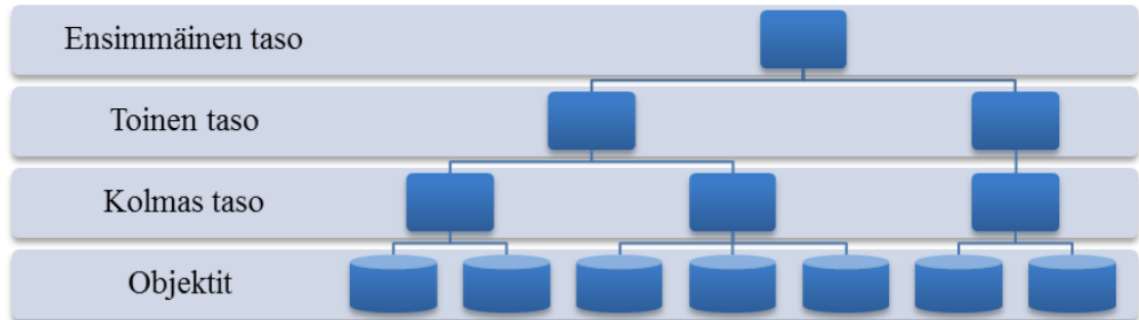
Edellä olevissa osioissa käsiteltiin mikä toteumamalli on, miten se muodostetaan ja mitkä ohjeet vaikuttavat toteumamallin tekemiseen. Tässä kappaleessa tutkitaan toteumamallin rakennetta ja sen tietosisältöä. Toteumamallin tiedon rakenne koostuu erilaisista sijaintitiedoista (x , y , z), geometriasta ja ominaisuustiedoista (metatiedoista). Metatiedot voidaan jakaa sisällön perusteella eri luokkiin, jotka tarkentuvat pienempiin alaluokkiin. Mitä tarkempi ja kattavampi toteumamalli on, sitä enemmän siinä on luokkia ja alaluokkia. Ominaisuustiedot taas saattavat koostua tarkemmista metatiedoista, jotka antavat tarkempaa tietoa ominaisuustiedosta. Tällaista voi olla esimerkiksi tiedon tarkkuus, tekijä ja mittaustapa.

3.2.1 Tieto toteumamallissa

Avoimen BIM:in rakenne

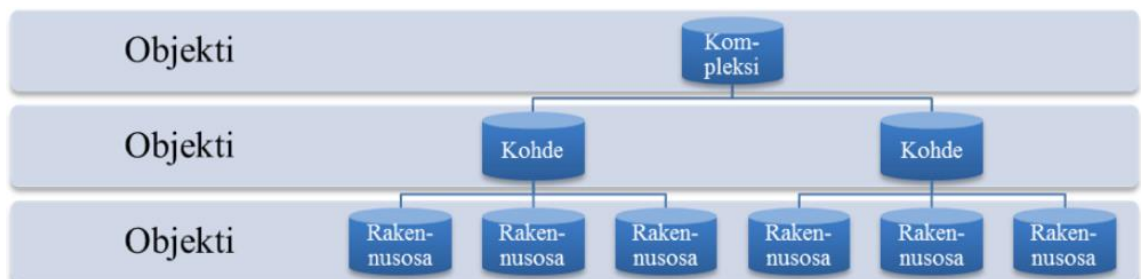
ISO 12006-2 Standardissa rakenteet määritetään rakennusobjekteina, jotka sisältävät ominaisuustietoja. Rakennusobjektit taas on jaoteltu luokkiin, joissa on ominaisuuksil-

taan samanlaisia objekteja. Luokittelu voidaan tehdä portaittain, niin että alimmalla tasolla on johonkin ryhmään kuuluva objekti, ryhmä kuuluu johonkin alaluokkaan, joka taas kuuluu johonkin luokkaan. Tätä kutsutaan myös nimellä "type-of-relation" -luokitteluksi ja sitä on kuvattu kuvassa 14. (Perttula & Saarnikko 2016)



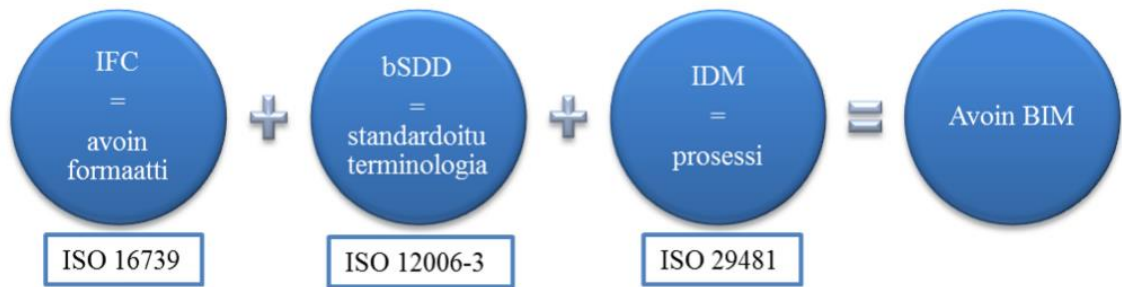
Kuva 14. Rakennusobjektin luokittelu (Perttula & Saarnikko 2016)

Luokittelun lisäksi nimikkeistössä objektien välillä voi olla rakennehierarkia ("part-of relation" -hierarkia). Siinä rakennusosat voivat muodostaa yhdessä kohteita ja kohteet taas komplekseja. Kompleksit ovat siis objekteja, jotka sisältävät useita eri objekteja. Tätä luokittelua on havainnollistettu kuvassa 15. "Part-of-relation" -hierarkian avulla nimikkeistöä voidaan käsitellä useilla eri tarkkuuksilla. (Perttula & Saarnikko 2016)



Kuva 15. Objektien välinen rakennehierarkia (Perttula & Saarnikko 2016)

ISO 12006-3 Building construction – Organisation of information about construction works tarjoaa linkin tietomallintamisen ja edellä kerrotun nimikkeistörakenteen välille. Standardissa käytetään yhteensopivaa kieltä buildingSMART IFC formaatin kanssa, mikä mahdollistaa tiedon kulun niiden välillä. Kun formaatin ja terminologian lisäksi yhdistetään vielä ISO-29481-1-standardissa määritelty ohje tiedon hallintaan tietomallipohjaisissa hankkeissa, saadaan aikaan avoin BIM. (Perttula & Saarnikko 2016) Tämä on esitetty kuvassa 16. Vaikka IFC-formaattia käytetään infra-alalla vain lähinnä siltojen ja taitorakenteiden mallinuksissa, voidaan esimerkiksi YIV-ohjeissa käytetyissä yleisissä inframalliohjeissa havaita yhtäläisyyksiä inframalleihin. Siinä Yleiset inframallivaatimukset antavat ohjeistuksen, InfraBIM-nimikkeistö terminologian ja Inframodel-tiedonsiirtoformaatti avoimen formaatin.



Kuva 16. Avoimen BIMin muodostuminen (Perttula & Saarnikko 2016)

Metatieto

käsitteenä metatieto on uusi, mutta vastaavaa tietoa on käytetty ennen sanan syntymistä esimerkiksi kirjastoissa tiedon lajittelussa. Samaa tietoa sisältävät kirjat on laitettu vierekkäin luokkiin, jolloin tiettyä tietoa hakeva kävijä pystyy helposti löytämään kaikki aiheetta käsittelevät aineistot kerralla. Metatiedon käyttö on kehittynyt paljon ja siitä on tullut vakiintunut osa nykypäivän tietoympäristöä. Nykyään metatietoa käytetään mm. sosiaalisessa mediassa, tietokonejärjestelmissä ja ohjelmistotuotteissa. (Haynes 2018 s. 4–8)

Yksinkertaisimmillaan metatiedolle voidaan antaa kuvaus ”tietoa tiedosta”. Tämä kuvaus ei kuitenkaan ole kovin laaja, eikä siitä saa selville mitä metatieto oikeastaan on, mistä se rakentuu ja mitä se pitää sisällään. Metatiedolle on annettu useita eri kuvauksia, joilla on pyritty selittämään metatiedon tarkoitusta. Eri kuvauksia vertailemalla voidaan todeta, että metatietoa voidaan käyttää resurssien etsimiseen, keräämiseen ja ylläpitoon. Metatieto ei siis pelkästään ole tietoa tiedosta vaan myös tietoa, joka kuvaa tietoa. (Haynes 2018 & Amy S. et al. 2013)

Metatieto antaa tietoa kohteesta. Metatiedon voidaan ajatella olevan esimerkiksi ruokapaketin ravintosisältö tai sosiaalisen verkoston oman profiilin tiedot, kuten nimi ja asuinpaikka. Metatieto voi kuvata monenlaista tietoa, kuten:

- hallinnollista (miten tietoa johdetaan ja hallitaan)
- kuvaavaa (tiedon tunnistus, todennus ja kuvaus)
- säilyttämistä (tiedon säilyttämiseen liittyvää metatietoa)
- teknistä (miten tieto käyttäytyy)
- käyttöä. (millä tasolla ja miten tietoa tulee käyttää) (Haynes 2018 & Amy S. et al. 2013)

Metatiedon tietue koostuu kolmesta osasta, jotka ovat syntaksi, rakenne ja semantiikka. Syntaksi on koodausstandardi, joka toimii rakenteen ja semantiikan säilönä ja se määrittää säännöt tiedon tulkinnalle. Esimerkkejä koodausstandardeista ovat RDF, XML, XHTML ja DHTML. (Amy S. et al. 2013) Näistä XML-standardia käytetään inframalleissa käytettävän Inframodel-tiedonsiirtoformaatin pohjana. Alla olevassa esimerkissä on näytetty, miten kaapelin koodaus tapahtuu Inframodel-formaatilla.

```
<Feature code="IM_cable" source="inframodel">
  <Property label="label" value=e.g. "1"/>
  <Property label="owner" value=e.g. "Helsingin energia" />
  <Property label="networkType" value=e.g. "electricity" />
  <Property label="cableType" value=e.g. "AXMK 4x25S" />
  <Property label="radiusAround" value=e.g. "0.2" />
  <Property label="widthRight" value=e.g. "0.2" />
  <Property label="HeightAbove" value=e.g. "0.2" />
  <Property label="widthLeft" value=e.g. "0.2" />
<Property label="heightBelow" value=e.g. "0.2" />
</Feature> (muokattu lähteestä BSF 2019 d)
```

Esimerkin perusteella saadaan käsitys siitä, miten metatiedot esiintyvät inframallin sisällä. Kun koodausstandardi antaa tietokonejärjestelmälle ohjeet tietueen tulkitsemiseen, rakenne antaa ihmiselle ohjeet yksittäisten tunnisteiden, kuten nimen, omistajan ja tyyppin sisältämien tietojen tulkitsemiseen. (Amy S. et al. 2013) Esimerkissä rakenteita ovat esimerkiksi "owner", "networkType" ja "cableType".

Metatietotietueen viimeinen osa semantiikka eli sisältöstandardi antaa määrittelyn sille, miten tunnisteiden tiedot tulee muotoilla. Muotoiluohjeet sisältävät mihin pisteitä ja pilkkuja tulee sijoittaa ja miten otsikot tulee muotoilla. Sisältöstandardien käyttäminen varmistaa tunnisteiden sisältämän tiedon yhdenmukaisuuden. (Amy S. et al. 2013) Semantiikkaan liittyviä kohtia esimerkissä ovat esimerkiksi "Helsingin energia", "electricity" ja "0.2".

Metatiedoilla on useita käyttötarkoituksia ja ne ovat välttämätön osa toimivaa tietomallia. Niiden avulla voidaan hallita helposti projektin tietojen hallintaa ja jaotella tiedot haluttuihin osioihin. Oikeanlaisella nimeämisellä tietoa voidaan järjestellä, suodattaa ja luokitella samojen metatietojen perusteella. Tämä helpottaa muun muassa tietojen löytämistä, rakennusosien tilaamista ja tietojen muokkausta. (Weygant 2011 s. 99)

Mallin metatiedot voidaan jakaa parametreihin ja attribuutteihin, joita voidaan pitää käytännössä samana. Weygant (2011) mukaan parametrit ovat graafisia tai visuaalisia arvoja ja attribuutit informaatioluonteisia arvoja, jotka eivät suoraan vaikuta objektin ulkonäköön. Esimerkiksi pituus muuttaa mallin ulkonäköä, joten se on parametri ja paino ei muuta, joten se on attribuutti. Yleisimpiä materiaaleihin liittyviä parametreja ja attribuutteja ovat niiden koko ja materiaalitiedot. Muita yleisimpiä parametrien ja attribuuttien arvoja ovat pinta-ala, kulma, teksti, totuusarvomuuttuja (kyllä/ei), numero, kokonaisluku ja hyperlinkki. Parametrit vaihtelevat paljon kohteesta riippuen, esimerkiksi rakennusmateriaalin ominaisuudet voivat olla voimaan, massaan ja kuormitukseen liittyviä arvoja, kun taas valaistuskomponentteihin liittyvät ominaisuudet voivat olla värilämpötilaan ja tehoon liittyvät arvot. (Weygant 2011 s. 25–27)

Metatiedot helpottavat suunnittelua, rakentamista ja omaisuuden hallintaa. Tarkimpien ja yksityiskohtaisimpien tietojen avulla voidaan valita sopivimpia ratkaisuja kohteeseen. Suunnittelun kannalta tärkeimpiä ominaisuustietoja ovat kohteen toimintaan ja sen rakenteellisiin ominaisuuksiin liittyvät tiedot. Rakentamisen kannalta tärkeimmät tiedot liittyvät asennukseen ja rakentamiseen. Omaisuudenhallinnan kannalta tärkeimpiä tietoja ovat hallintaan ja kunnossapitoon liittyvät tiedot. Yleisimmät objekteihin liittyvät metatiedot voidaan jaotella karkeasti

- identifiointitietoihin (mikä tuote on?)
- toimintatapatietoihin (miten tuote toimii?)
- asennustapatietoihin (miten tuote asennetaan?)
- ulkonäköä kuvaaviin tietoihin (miltä tuote näyttää?)
- elinkaari- ja kestävyystietoihin. (miten tuotetta hallitaan?) (Weygant 2011 s. 20)

Identifiointitietojen avulla objekti voidaan tunnistaa helposti ja nopeasti nimen perusteella. Identifiointitietojen perusteella saadaan selville mikä objekti on ja lyhyt kuvaus sen mahdollisesta sisällöstä. Nimeämiskäytäntöjen tulisi olla yhteneväisiä, jotta tietojen hakeminen ja löytäminen on helppoa. (Weygant 2011 s. 105–108) Suomessa nimeämiseen voidaan käyttää esimerkiksi infraBIM-nimikkeistöä. Nimeämisen avulla objekti saadaan luokiteltua tiettyyn osajoukkoon. Esimerkiksi nimikkeistössä 31 alkuisen koodin perusteella voidaan heti tietää kohteen kuuluvan vesihuollon järjestelmiin. Weygant (2021) mukaan käyttämällä yksityiskohtaisia nimiä ja valmistenumeroita, voidaan materiaali liittää valmistajaan, jonka kautta siitä voidaan saada lisätietoja valmistajan sivujen kautta. Tällä tavalla kaikkea tietoa ei tarvitse lisätä malliin, vaan ne saadaan kysytyä eri tieto-

kannoista esimerkiksi internetin välityksellä. (Weygant 2011 s. 108) Eli käytännössä yksinkertaisella tarpeeksi yksityiskohtaisella nimeämisellä kohteesta on mahdollista saada kaikki tarvittava tieto.

Toimintatapaa kuvaavat tiedot kertovat miten materiaali toimii ja kestää sekä auttavat selvittämään onko materiaali tai rakenne käyttötarkoitukseen soveltuva ja täyttääkö se sille asetetut vaatimukset. Jos jokaisen mahdollisen materiaalin ominaisuustiedot on selvitetty, voidaan tietojen perusteella ja laskentaohjelmaa käyttäen valita sopivin mahdollinen ratkaisu kohteeseen. (Weygant 2011 s. 103) Toimintatapaa kuvaavat tiedot parantavat myös mallin oikeanlaista käyttäytymistä. Tietomalleista voidaan tehdä monimutkaisia ja ne saattavat sijaita mittakaavattomissa ja epätodellisissa ympäristöissä. Ilman fyysikkään ja olennaisuuksiin perustuvia toimintatapatietoja tietomalli ei vastaisi todellisuutta. (Kensek 2014 s. 9)

Asennustapatietoihin liittyviä asioita ovat sijaintitiedot ja muut asentamisen kannalta merkittävät tiedot kuten perustamistapa- ja asennustarkkuustiedot. Ulkonäköön liittyviä ominaisuustietoja voivat olla muun muassa muotoihin, pituuteen ja väriin liittyvät tiedot. Ulkonäköön liittyvät tiedot auttavat kohteen suunnittelussa ja ne vaikuttavat myös rakenteen visuaaliseen ulkonäköön. Kensekin (2014) mukaan myös tietojen visualisointitavalla voi olla suuri vaikutus päätöksen tekoon. Kun kohdetta voidaan tarkastella eri näkökulmista, voidaan löytää parhaat ratkaisut kohteeseen. (Kensek 2014 8)

Elinkaari- ja kestävyystiedot liittyvät enimmäkseen omaisuudenhallintaan ja kunnossapitoon. Hyödyllisiä metatietoja kunnossapidon kannalta saattavat olla tuotteen takuuajan, kunnossapitoväliin ja -tapaan sekä elinikään liittyvät tiedot. Kun tiedetään kuinka kauan tuote kestää, voidaan tätä tietoa käyttää vertailuna esimerkiksi halvemmän heikommin kestävä ja kalliimman kauemmin kestävä tuotteen valinnassa. Onnistuneimman ratkaisun aikaansaamiseksi elinkaareen liittyviä tietoja onkin hyvä miettiä jo suunnitteluvaiheessa. (Weygant 2011 s. 109)

Inframallin objektilla voi siis olla käytännössä lähes rajattomasti ominaisuustietoja. Tietoja voi olla esimerkiksi objektin kestävydestä, asennustavasta, hinnasta, ulkomuodosta ja omistajasta. Mahdollisia tulevaisuuden kannalta olennaisia ominaisuustietoja saattavat olla kestävään kehitykseen liittyvät asiat, kuten valmistuksen päästöt ja kierrätysominaisuudet (Weygant 2011 s. 103).

Mitä laajemmin tiedot on määritelty, sitä tarkemman kuvan objektista saa ja sitä paremmin kohteeseen saadaan sopivin mahdollinen ratkaisu. Ominaisuustietojen määrittäminen ja lisääminen vie kuitenkin ylimääräistä aikaa ilman automaatiota ja siksi malleihin

on hyvä kerätä vain suunnittelun, rakentamisen ja omaisuudenhallinnan kannalta hyödylliset ominaisuustiedot. Ominaisuustietoja lisättäessä onkin hyvä pitää mielessä mihin lisättävää tietoa tarvitaan.

3.2.2 Tiedon kulku eri hankevaiheissa

Tietomalli ei saa lopullista muotoaan siinä kohtaa, kun se luodaan eikä sen ole tarkoitukseen sisältää hankkeen alussa samoja tietoja kuin hankkeen lopussa. YIV-ohjeissa ja ohjeen liitteessä 3.1 luovutusaineiston tiedonsiirron vaatimuksissa on annettu ohjeistusta siitä, mitä mallinnetaan ja mitä tietoa mallien tulee sisältää eri hankevaiheissa.

Tarpeet mallinnuksen tasolle vaihtelevat paljon eri hankkeiden ja hankevaiheiden välillä. Vaikka mallintamisesta on hyötyä kaikissa hankevaiheissa, ei malleista ole tarpeen tehdä esi- ja tarveselvitysvaiheeseen yhtä tarkkoja ja laajoja kuin rakennussuunnitelmavaiheeseen. Tällä hetkellä tietomalleja hyödynnetään eniten suunnittelussa ja niiden käyttö on lisääntynyt myös toteutusvaiheessa koneohjauksen yleistyessä. Tietomallien käyttö ylläpidossa on kuitenkin vielä vähäistä. Koska tietomalleista ei vielä toistaiseksi jalosteta ylläpidon tarpeita vastaaviksi, ne ovat yleensä kopioita suunnittelumalleista. Suunnitelmamallien kopiot sellaisinaan eivät tue omaisuudenhallintaa, eikä niitä pystytä hyödyntämään ylläpidossa. (Tampereen yliopisto & Solita 2021) Kuvassa 17 on esitetty tietomallin elinkaari ja elinkaaren aikainen tietomallin tyyppi.



Kuva 17. Tietomallin elinkaari ja tietomallityypit eri vaiheissa. (Tampereen yliopisto & Solita 2021)

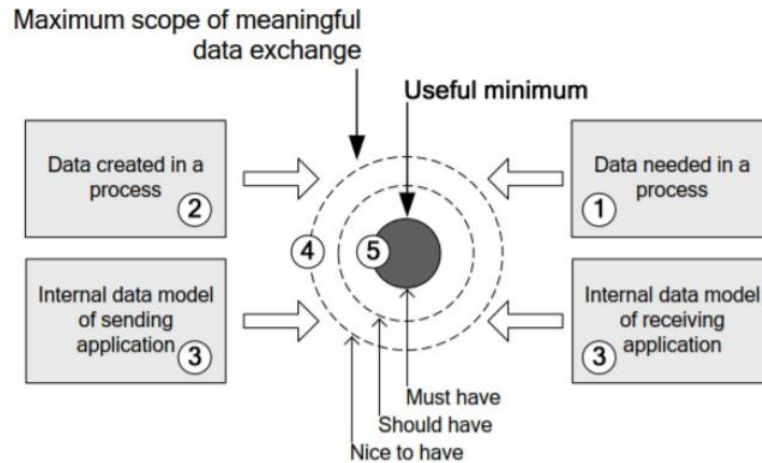
Tällä hetkellä lähes kaikki malliin tuleva tieto lisätään suunnitteluvaiheessa. Suunnittelumallien pohjalta tehdään toteutusmalli ja rakentamisen jälkeen suunnitelmamallit päivitetään mahdollisesti toteumatiedolla. Toteumatiedon lisäyksen jälkeen ne ovat valmiita arkistoitavaksi ja luovutettavaksi ylläpitoon. Rakentamisen aikana tietoa kuitenkin tuotetaan enemmänkin, mutta on epäselvää, mitkä tiedot olisi hyvä luovuttaa ylläpidolle. Ti-

laajan tulisi siis tietää missä formaatissa, mitä tietoa ja millä tarkkuustasolla tieto halutaan, jotta kaikki tarpeellinen suunnittelu- ja rakennusvaiheen tieto saataisiin lisättyä yläpitomalliin. (Tampereen yliopisto & Solita 2021)

Tieto kulkee eri vaiheiden välillä hyvin ST- (suunnittele ja toteuta) ja allianssihankeissa. Tieto liikkuu hyvin edellä mainituissa kohteissa, koska suunnittelu ja rakentaminen tehdään yhdessä, jolloin tiedon lähteeseen voidaan luottaa ja epäselvyyksiin saadaan helposti vastaus. Muun tyyppisissä hankkeissa tietoa on vaikeampi saada ja jos siinä on epäselvyyksiä, on epäselvyyksiin vaikeaa saada vastauksia. Jos mallissa on arvioituja tai epävarmoja tietoja, mallin käytettävyys ja arvo pienenee. Siksi olisikin hyvä merkitä epävarmat tiedot selkeästi näkyviin, jotta voidaan tietää, että muut mallin tiedot ovat varmoja, eikä kaikkia tietoja tarvitse pitää epäluotettavina. (Tampereen yliopisto & Solita 2021 ja Partanen 2019 s. 46)

YIV määrittelee ohjeen liitteissä 3.1 ja 3.2 luovutusaineiston tiedonsiirron vaatimukset ja luovutusvaiheen tietosisällön vaatimukset. Ohjeissa määritellään mallin muoto eri hankevaiheissa, mutta ohjeissa ei käsitellä mitä tietoa tulisi siirtyä eri hankevaiheesta toiseen. Kun ei tiedetä mitä tietoa hankevaiheiden välillä tulisi liikkua on mahdollista, että malli sisältää koko elinkaaren ajan jotain turhaa tietoa tai sieltä puuttuu jotain olennaista tietoa. Siksi olisikin hyvä ymmärtää, mikä tieto on tärkeää ja mikä vähemmän tärkeää eri hankevaiheissa.

Tiedon lisäämisen haasteita ovat tiedon tärkeyden ja tarvittavan tiedon ymmärtäminen. Kaikkien hankkeen osapuolten tulisi tietää, mitä tietoa tarvitaan aina ja mitä tietoa vain tietyssä hankevaiheessa. (Partanen 2019 ja Tampereen yliopisto & Solita 2021) Partanen (2019) mukaan Hietanen ja Lehtinen ovat määritelleet ”useful minimum” -periaatteen, jossa tavoitteena on karsia tietomallin sisältö minimiin ennen sen luovuttamista seuraavaan hankevaiheeseen. Periaate on esitetty kuvassa 18. Tietosisällön pienentäminen tulisi tehdä siten, että se sisältäisi kuitenkin kaikki tiedot, joita tarvitaan seuraavassa hankevaiheessa. (Partanen 2019: 46 mukaan Hietanen & Lehtinen 2006)



Kuva 18. Useful minimum-periaate (Partanen 2019: 47 mukaan Hietanen & Lehtinen 2006)

Joka hankevaiheessa ja kaikkien maanalaisten rakenteiden varmasti tarvittavia tietoja ovat ainakin sijainti- (x, y, z), koko- ja omistajatiedot. Muut tarvittavat tiedot riippuvat rakenteesta ja hankevaiheesta. "Useful minimum" -periaatteen etu olisi se, että malli ei sisältäisi turhia tietoja, jolloin sitä on kevyempi ja helpompi käsitellä. Kun toimintatavat tietomallien tietosisällöstä kehittyvät, voidaan tietomallin sisältämää tiedon määrää kasvattaa hallitusti. (Partanen 2019 s. 47)

Suunnittelun lähtötiedot ja yleis-/esisuunnittelu (lähtötietomalli)

Yleis-/esisuunnitteluvaiheessa selvitetään vaihtoehtoja hankkeen toteuttamiselle ja määritellään alustavat sijainnit ja kytkennät nykyiseen maankäyttöön. Esisuunnitteluvaiheessa päätetään myös perusratkaisut suunnitelmien pohjaksi ja arvioidaan hankkeen vaikutuksia ympäristöön. Tarkkuustason tulee olla sellainen, että sovittujen ratkaisujen tekninen, taloudellinen ja ympäristöllinen toteuttamiskelpoisuus voidaan varmistaa. (Liikennevirasto 2010 s. 6)

Yleissuunnitelmavaiheessa kaikki merkittävästi hankkeeseen vaikuttavat lähtötiedot selvitetään. Lähtötietojen määrä ja laatu riippuu suunnittelukohteesta. Yleissuunnitelman lähtötietoja ovat mm. aikaisemmat tutkimukset ja selvitykset, liittyvät suunnitelmat, valmisteilla tai vireillä olevat kaavat selostuksineen, kartta- ja ilmakuva-aineisto, maastomalli, omistajatiedot, nykyisten laitteiden ja järjestelmien tiedot. (Liikennevirasto 2010 s. 11–13) Lähtötietoaineisto jaotellaan muokkaamattomaan raaka-aineeseen ja muokattuun raaka-aineeseen eli lähtötietoon ja se dokumentoidaan metatietoineen lähtöaineistoluetteloon. (BSF 2019 a s. 50)

Koska suunnitteluprosessin laadukkuus on vahvasti riippuvainen lähtötietojen laadusta, tulee lähtötietojen selvityksessä keskittyä erityisesti aineiston laatuun, tarkkuuteen ja luotettavuuteen. Lähtöaineistosta on tärkeää dokumentoida riittävät alkuperä- ja metatiedot sekä aineistolle tehtävät muokkaustoimenpiteet. Lähtötietoaineiston on tarkoitus olla riittävä suunnitteluprosessin alkaessa ja sen olisi hyvä päivittyä hankkeen aikana uusien ja tarkempien lähtötietojen osalta. (BSF 2019 a s. 49)

Lähtötietoihin liittyviä metatietoja, jotka tulee kirjata lähtöaineistoluetteloon ovat

- tiedon alkuperä, tuottaja ja käyttöoikeus
- luomis-, muokkaamispäivämäärä ja versio
- käytetty koordinaatti- ja korkeusjärjestelmä
- tiedon tarkkuustaso ja laatu
- rakenteiden tyyppi, rakennusvuosi ja materiaali. (Liikennevirasto 2017 s. 17)

Lähtöaineistojen kohdalla rakenteen metatiedot tulee kirjata ylös lähtöaineistoluetteloon. Kaikki tiedossa oleva metatieto on kirjattava ja jos jotain metatietoa ei ole saatavilla, merkitään sen kohdalle ruksi. Kuvassa 19 on esitetty esimerkki mahdollisesta maastomallista, johon on kerätty metatietoja. (BSF 2019 a s. 59)

1. tason alaluokka	2. tason alaluokka - koodi	2. tason alaluokka - nimi	3. tason alaluokka - koodi	3. tason alaluokka - nimi	4. tason alaluokka - koodi	4. tason alaluokka - nimi	Tiedostonimi	Aineiston kuvaus
A Maastomalli	A20	Maastomalli	A21	Laserkeilaus	x	x	L14565.laz, L14567.laz	MML:n automaattiluokiteltu kellaus vuodelta 2015.

Saatu (pvm)	Vastaanottaja	Alkuperäislähde	Keneltä saatu	Koordinaatisto	Formaatti	Lisätiedot / erityishuomiot / riskit
1.6.2018	N.N.	Maanmittauslaitos	N.N.	TM35 / N2000	laz	Ei korjattu stereomallivusteisesti.

Kuva 19. Esimerkki metatietoa sisältävästä lähtöaineistoluettelosta (BSF 2019 a s. 58)

Hankkeen edetessä rakenteen metatietoja voidaan lisätä tai päivittää. Päivityksiä tehdessä tulee kirjata, kuka päivitykset on tehnyt, mitä päivityksessä on tehty ja mihin versioon päivitykset on tehty. (BSF 2019 a s. 64)

Tie-, katu tai ratasuunnittelu ja rakennussuunnittelu (suunnittelumalli)

Tie-, katu ja ratasuunnitelma vaiheessa mallien tulee olla riittävän tarkkoja, että suunnitellut ratkaisut saadaan sovitettua ympäristöön ja niistä voidaan laskea alustavia rakennusosien määriä kustannusten arvioimiseksi. Mallien ei kuitenkaan tule olla vielä viimeistelyjä vaan riittää, että niistä saa selville kaiken suunnittelun kannalta oleellisen tiedon lopullista päätöksentekoa varten. (BSF 2019 a s. 84)

Rakennussuunnitelmavaiheessa määritellään mitä, minne, miten ja millä materiaalilla rakenteet rakennetaan. Rakennussuunnitelmavaiheessa hankkeen kaikki rakentamisessa tarvittavat osat mallinnetaan. Mallit tulee tehdä sillä tarkkuudella, että rakentaminen voidaan toteuttaa mallin avulla. Tässä vaiheessa rakennusosat tulee määritellä YIV 2019 liitteen 3.1 luovutusaineiston tietosisällön vaatimusten mukaisesti. (BSF 2019 a s. 85)

Vesilaitosyhdistys on antanut suosituksia suunnitteluvaiheen tiedoista, jotka olisi hyvä siirtää tuleviin elinkaaren vaiheisiin ja verkkotietojärjestelmään. Näitä tietoja ovat

- pohjarakennustapa: pilaristabilointi, paalulaatta
- pohjaveden rakentamisen aikainen pinnankorkeus
- kairaustulokset ja maaperätiedot
- muhvilukot, vesijohtojen kulmatuennat, lukitut liitokset, lukitustapa
- erityisrakenteiden detaljit; suojaputket, laitekaivot, betonirakenteet raudoituksi-neen yms.
- tasaus- ja täyttökerrokset ja näiden materiaali
- lämpöeristeet
- kevennysmateriaalit. (Vesilaitosyhdistys 2021)

Rakentaminen (toteutus ja toteumamalli)

Suunnitelmamalleista saadaan materiaalien hankintaan ja rakentamiseen liittyviä lähtötietoja. Suunnittelijoiden tekemät toteutusmallit tulisi tehdä niin tarkasti, että rakentaminen niiden pohjalta on mahdollista. Rakennussuunnittelusta jalostettuja toteutusmalleja voidaan hyödyntää työsuunnittelussa, koneohjauksessa ja laadunvarmistuksessa. Rakentamisen aikana kerätään tietoa, joka luovutetaan rakentamisen jälkeen tilaajalle. (BSF 2019 a s. 111)

Traficom on tehnyt määräyksen verkkotietojen ja verkon rakentamissuunnitelman toimitamisesta. Määräyksessä ei kerrota varsinaisesti tietomalleja koskevia tietosisältövaati-

muksia, mutta jotta tietomalleista voi tulla pääasiallinen luovutusaineisto, olisi sen sisältävä määräyksen määrittelemät tiedot. Määräystä sovelletaan viestintä-, energia-, vesihuolto- ja liikenneverkkoja koskevien tietojen toimittamiseen ja rakentamiseen (Traficom 2020)

YIV:n tiedonsiirron vaatimukset ja Traficomien määräys rakentamissuunnitelmien toimitamisesta pitävät sisällään paljon samoja tietoja, mutta eroavat tietosisällöltään jonkin verran toisistaan. Traficomien määräyksessä on esitetty tarkempia lähinnä mittaukseen ja näyttöön liittyviä tietoja. Kaikkia näitä tietoja ei ole järkevää viedä ylläpitomalliin, mutta esimerkiksi rakentamisajankohta olisi hyvä olla lisättynä ylläpitomalliin.

Rakennusvaiheessa tietojen kerääminen on helpointa ja sen aikana kohteesta saadaan luotettavimmat tiedot. Rakentamisen aikainen tiedonhankinnan tulisi olla tarkkaa ja kaikki rakenteen tulevien elinkaaren vaiheiden osalta hyödyllinen tieto olisi hyvä saada dokumentoitua. Vesilaitosyhdistys on myös listannut tietoja, jotka olisi hyvä ottaa talteen rakennusvaiheesta. Näitä ovat

- rakennettujen kohteiden toteutunut sijainti (x, y, z)
- rakentamisen kustannukset
- tarvittavat tiedot ympäröivistä kiinteistä rakenteista ja muusta infrasta
- saneerauskohteissa
 - o saneerauksen syy
 - o saneeratun putken ikä
 - o saneeraushetken arvioitu tai todettu kunto. (Vesilaitosyhdistys 2021 s. 22)

Edellä mainitut tiedot auttavat tulevien saneerauskohteiden suunnittelussa ja niiden perusteella voidaan arvioida saneerausajankohtaa ja hintaa. Edellä mainittujen tietojen lisäksi rakenteesta voidaan ottaa myös kuvia, jotka havainnollistavat tilanteita paremmin. Myös mahdolliset suunnitelmista poikkeavat muutokset tulee dokumentoida, ettei tulevaisuudessa tule yllätyksiä. (Vesilaitosyhdistys 2021 s. 23)

Rakentamisen jälkeen rakenne mitataan ja toteutusmalli päivitetään toteumamalliksi. Toteutusmallista voi tulla suoraan toteumamalli, jos rakentaminen on tehty toleranssien vaatimalla tarkkuudella. Toteumamallin hakemistorakenne sisältää toteumamallit, laatumittaukset ja erityiset kartoitustiedot. Toteumamallin avulla voidaan varmistaa rakentamisen laatu ja vaatimustenmukaisuus. Se toimii myös lähtötietona tilaajan kunnossapitomallille. (Liikennevirasto 2017 s. 34)

Toteumamallille ei ole suoraan määritelty tarkkuusvaatimuksia yleisissä inframallivaatimuksissa, mutta YIV 2019 liitteessä 3.1 on kerrottu luovutusaineiston vaatimuksista. Toteumamalli on osa digitaalista luovutusaineistoa, joten ohjetta voidaan käyttää toteumamallin tarkkuuden määrittämisessä. Jos toteutusmallia käytetään toteumamallina määräytyvät tarkkuusvaatimukset rakennussuunnitelmavaiheen mukaisesti. Rakennussuunnitelmavaiheessa malli tulee tehdä tarpeeksi tarkasti niin, että sen avulla voidaan toteuttaa rakentaminen. Mallissa tulee esittää yksityiskohtaisesti rakennettavien kohteiden rakennusosien geometria ja ominaisuustiedot YIV 2019 liitteen 3.1 luovutusaineiston tiedonsiirron vaatimukset osoittamalla tarkkuudella ja laajuudella. Jos toteumamalli perustuu kartoitettuun tietoon, kaikkien taitepisteiden on oltava näkyvillä ja mittauksen tulee olla riittävän tarkka määrälaskennan tarpeisiin. (BSF 2019 a s. 88 & s. 137)

YIV-ohje määrittelee, että toteumamallin dokumentoinnin yhteydessä tulisi laatia toteumamalliselostus. Selostuksessa esitetään toteumamallin perus- ja tunnistetiedot, joita ovat:

- rakennushankkeen nimi ja sijainti
- toteumamallin laatija
- ohjelmisto/ohjelmistot, jolla toteumamalli on tuotettu
- toteumamallin poikkeamat toteutusmalliin perusteluineen
- toteumamallin formaatti
- käytetty koordinaatti- ja korkeusjärjestelmä
- toteumamallin tiedostojen nimet
- toteumamallin sisällön kuvaus (BSF 2019 a s. 138).

Kunnossapito ja omaisuudenhallinta (ylläpitomalli)

Kun toteumamalli ja sen tiedot luovutetaan tilaajalle, voidaan sitä käyttää kunnossapitomallina. Kun kunnossapitomalliin viedään kaikki tarpeelliset kunnossapidossa tarvittavat tiedot, voidaan sitä käyttää kohteen tietovarastona ja huoltokirjana. (BSF 2019 a s. 19) Toteumamallista voidaan myös poistaa kunnossapidon kannalta epäolennaisia tietoja, jolloin mallia saadaan kevennettyä ja sen käyttöä helpotettua.

YIV ohjeistus ei määrittele kunnossapitomallin tietosisällölle vaatimuksia ja jos vaatimuksia määriteltäisiin, tulisi ne tehdä yksityiskohtaisesti jokaiselle järjestelmälle. Suurimasta osasta maanalaisia laitteita ja järjestelmiä ei ole määritelty kunnossapitomallin kannalta hyödyllisiä tietoja, mutta Vesihuoltolaitosyhdistys on tehnyt vesihuollon laitteille

omaa selvitystään. Vesihuoltolaitosyhdistyksen (2021) mukaan kunnossapitotoimet edellyttävät verkoston sisällölle

- verkoston sijainti- ja ominaisuustiedot (etenkin materiaali, halkaisija, ikä)
- kohteen kriittisyys
- kohteen erityispiirteet kuten asiakkaan tyyppi (esim. teollisuusjätevesikohde)
- kuntotiedot, havainnot, toteutuneet häiriöt, tehdyt kunnossapitotoimet
- detaljitiedot, valokuvat
- tarvittavat tiedot ympäröivistä rakenteista ja muusta infrasta
- pohjaveden pinnankorkeustiedot, vedenkulutustiedot, virtaamatiedot (laitoksen omat tiedot) (Vesilaitosyhdistys 2021 s. 12 ja s. 24).

Jos kohdetta saneerataan, olisi hyvä kirjata ylös muun muassa saneerauksen syyt, seuraukset, ajankohta, korjaustapa ja kustannukset. Kun tietoja ylläpidetään, voidaan varmistua kohteen kunnosta paremmin. (Vesilaitosyhdistys 2021 s. 25)

3.2.3 Toteumamallien ja tietosisällön taso tällä hetkellä

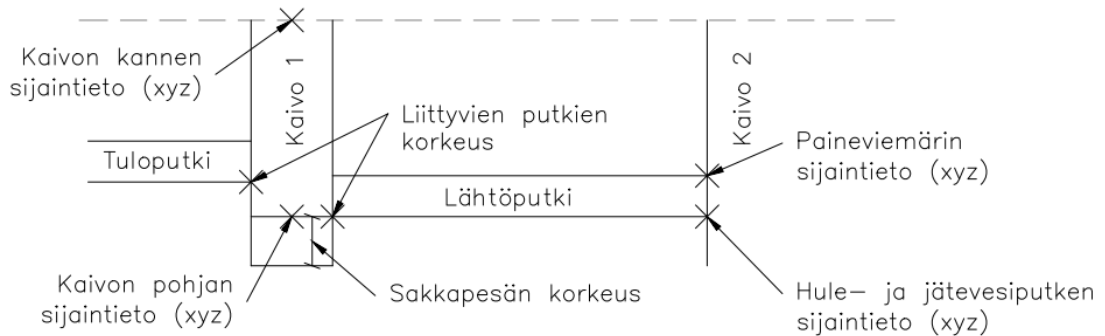
Tietomallien tietosisällölle on annettu ohjeistusta YIV 2019 osan liitteessä 3.1. Ohje määrittelee mitä ominaisuustietoja tulee liittää mihinkin rakenteeseen. Ohjeistus sisältää tietoja, jotka voidaan siirtää IM4-formaatilla ja tietoja, joita ei voi siirtää IM4-formaatilla. Ohjeesta tutkitaan mitä vaatimuksia se antaa luovutettavalle geometrialle, ominaisuuksille ja tiedonsiirrolle. Koska tutkimus keskittyy maanalaisiin laitteisiin ja järjestelmiin, keskitytään seuraavaksi järjestelmiä käsitteleviin nimikkeisiin.

3100 Vesihuollon järjestelmät

Vesihuollon järjestelmiin kuuluvat jäte-, hulevesiviemärit ja vesijohdot. Vesihuollon järjestelmien sijainti mallinnetaan yleensä piste- tai viivatietona. Putket mallinnetaan 3D-taiteviivana aloituskaivon tai varusteen liitynnästä lopetuskaivon tai varusteen liityntään. Taiteviivan tulee sisältää x, y, z tiedot ja sen korkeustieto z annetaan hule-, ja jätevesiviemäreillä putken vesijuoksusta ja vesijohdoilla putken laesta. (YIV 2019 b s. 100–110) Kuvassa 18 on esitetty mallinnettavan putken tarkepisteiden kohdat.

Vesihuoltoverkostojen kaivot, tarkastuskaivot ja tarkastusputket mallinnetaan 3D-pistetietona, pohjan ja kannen keskipisteistä (x, y, z). Lisäksi kaivon toteumamallin olisi hyvä pitää sisällään tulevien ja lähtevien putkien sijaintitiedot. Kuvassa 20 on esitetty mallin-

nettavan kaivon tarkepisteiden kohdat. Vesijohtoihin liittyvät laitteet ja varusteet mallinnetaan yleensä pistetietona laitteen ylä- ja alapinnasta poikkileikkauksen keskeltä. Tapauskohteisesti laitteita voidaan mallintaa myös taiteviiva- tai aluetietona. (YIV 2019 b s. 102–111)



Kuva 20. Putkien ja kaivojen mallinnukseen käytettävät tarkepisteet (Pohjana BSF 2019 b)

Putkien, johtojen ja kaivojen sekä liitosrakenteiden ja laitteiden tiedonsiirrolle YIV-ohje antaa kuvan 21 mukaiset vaatimukset. Kuvassa keskellä olevat tiedot ovat kaikille yhteisiä ja muut tiedot ovat vain sille osalle määriteltyjä tietoja. Kuvassa mustalla on esitetty toteumamallin tiedot, jotka ovat pakollisia IM4 -määrityksen mukaan. Sinisellä toteumamallin tiedot, jotka eivät ole pakollisia, mutta ovat mahdollisia siirtää IM4-formaatin mukana. Ja punaisella tiedot, joita ei ole mahdollista siirtää IM4-formaatin mukana, jotka ovat normaalia muissa dokumenteissa esitettävää suunnitelmätietoa.

<p style="text-align: center;">Vesihuollon kaivojen toteumamallien tietosisältö</p> <p>Poikkileikkauksen 3D-keskipiste Pohjan korko Kaivon kannen korko Korkeusasema Pyöreä rakenne: sisähalkaisija Kaivon yksilöllinen tunnus Suorakulmainen rakenne: korkeus ja leveys Liittyvät putket Kannen keskipisteen koordinaatit Sakkapesän syvyys Kannen tyyppi Kannen materiaali Kaivon korjaustapa Kannen halkaisija Kannen kuormitusluokka Sakkapesän tilavuus Määrittely (esim. tarkastuskaivo, suorakulmainen, kartio)</p>	<p style="text-align: center;">Seinämäpaksuus Kuvaus Materiaali Poikkileikkauksen mitat</p>	<p style="text-align: center;">Vesihuollon putkien toteumamallien tietosisältö</p> <p>Putken alkua- ja loppupisteen yksilöllinen tunnus Pyöreä poikkileikkaus: sisähalkaisija Soikea poikkileikkaus: korkeus ja sisäjänne Suorakulmainen putki: korkeus ja leveys Putken yksilöllinen tunnus Kaltevuus (%) Asennussyvyys (2,5...3,4 m) Sallitut materiaalit (esim. muovi, betoni) Nimellissisähalkaisija (esim. 400 mm) Erityisvaatimukset: levyarina Putken paineluokka Putken pituus Alku- ja loppupisteen koordinaatit Saneeraustieto Vapaaehtoinen putkikoodi Putken liitostapa Korkeusaseman esitystyyppi (putken päältä, keskeltä, vesijouksusta)</p>
<p>Putkiviite Virtaussuunnat (tulo/lähtö) Rakennekoodi</p>	<p>Tila (esim. poistettu, nykyinen, suunniteltu) Vapaavalintainen nimi Objektin ID numero Saneeraus- ja rakentamisaikajankohta</p>	
<p>Putken ylä- ja alapinnan korko Kuvaus Putken 3D päätepiste Geometria</p> <p style="text-align: center;">Jäte- ja hulevesiputkien liitosrakenteiden ja laitteiden toteumamallien tietosisältö</p>	<p>Putkiviite Korkeusasema Yksilöllinen tunnus Saneeraustieto</p>	<p>Putken 3D päätepiste Geometria Putkiviite virtaussuunnat (tulo/lähtö) Kuvaus Putken ylä- ja alapinnan korko Rakennekoodi</p> <p style="text-align: center;">Jäte- ja hulevesiputkien liitosrakenteiden ja laitteiden toteumamallien tietosisältö</p>

Kuva 21. Vesihuollon rakenteiden toteumamallien tietosisällöt YIV 2019 liitteen 3.1 mukaan

3200 Turvallisuusrakenteet ja opastusjärjestelmät

Turvallisuusrakenteisiin ja opastusjärjestelmiin kuuluvat kaiteet, johteet ja törmäyssuojat, aidat puomit ja portit, reunapaalut ja pollarit, suoja- ja varoitusrakenteet, erityisrakenteet, opastus- ja ohjausjärjestelmät sekä muut turvallisuusrakenteet ja opastusjärjestelmät. Turvallisuusrakenteiden ja opastusjärjestelmien sijainti mallinnetaan tapauskohtaisesti piste- tai viivatietona (x, y, z). Sijaintitietoon voidaan liittää myös tiettyä rakennetta kuvaavien tietojen kooste eli objekti. Objekti on eri tiedoista koostuva kokonaisuus, jolla on oma sijaintinsa avaruudessa (x, y, z). (Palviainen 2015 s. 9) Koska tämä työ rajautuu maanalaisiin laitteisiin ja järjestelmiin, ei maanpäällisten turvallisuusrakenteiden ja opastusjärjestelmien mallinnusta käsitellä tarkemmin. Liikennemerkkien ja -valojen jalustojen sijainti mallinnetaan jalustan yläpinnan keskiosasta (Palviainen 2015 s. 14).

3300 Sähkö-, tele ja konetekniset järjestelmät

Sähkö-, tele ja koneteknisiin järjestelmiin kuuluvat sähkön- ja tiedonsiirtorakenteet, kaapeleiden, putkien ja johtojen suojausrakenteet, pylväs ja tukirakenteet, muuntamot ja keskukset, laitetilat, kojut ja kaapit, valaistusrakenteet sekä sähkö-, tele- ja konetekniset laitteet. Myös tässä osiossa käsitellään vain maanalaisien rakenteiden mallinnusta.

Maakaapelit mallinnetaan omistajakohtaisesti 3D-taiteviivana, joka sisältää alku- ja loppupisteen sekä taitepisteiden x, y, z sijaintitiedot. Sen korkotieto z annetaan putken yläpinnasta. Maadoitukset, muut sähkön- ja tiedonsiirron rakenteet ja kaapeleiden, johtojen ja putkien suojausrakenteet mallinnetaan tapauskohtaisesti kolmiulotteisena sijaintitietona joko pisteinä tai viivoina. Putkirakenteissa korkeustieto mallinnetaan putken yläpinnasta. Muissa rakenteissa korkeustiedon sijainti määritetään tapauskohtaisesti ja se on kirjattava ominaisuustietoihin. Muuntamot, keskukset, laitetilat, kojut ja kaapit sekä sähkö-, tele- ja konetekniset laitteet mallinnetaan kolmiulotteisessa sijainnissa tapauskohtaisesti joko piste-, viiva- tai aluetietona. (Palviainen 2015 s. 16–20)

Sähkö- tele- ja koneteknisten järjestelmien rakenteiden tiedonsiirrolle ohje antaa kuvan 22 mukaiset vaatimukset. Kuvassa keskellä olevat tiedot ovat kaikille yhteisiä ja muut tiedot ovat vain sille osalle määriteltyjä tietoja. Kuvassa mustalla on esitetty toteumamallin tiedot, jotka ovat pakollisia IM4-määrittelyn mukaan. Sinisellä toteumamallin tiedot, jotka eivät ole pakollisia, mutta ovat mahdollisia siirtää IM4-formaatin mukana. Ja punaisella tiedot, joita ei ole mahdollista siirtää IM4-formaatin mukana, jotka ovat normaalia muissa dokumenteissa esitettävää suunnitelmätietoa.

Sähkön ja tiedonsiirron rakenteiden toteumamallien tietosisältö	Sähkö- tele- ja koneteknisten laitteiden toteumamallien tietosisältö	Muuntamoiden ja keskusten toteumamallien tietosisältö
Omistaja Suojaputki (ei, A, B tms.) Verkostotyyppi Asennussyvyys Tunnus/numero (Esim. 0,6...0,7 m) Kaapelityyppi	Omistaja Verkostotyyppi Tyyppi Materiaali Tunnus/numero Kaapelityyppi Korkeus Omistaja	Materiaali Tyyppi Korkeus Laitteen tarkenne Omistaja
Tilavaraus (oikea-, vasen-, ylä- ja/tai alapuoli) Geometria Vapaaehtoinen nimi Tilavaraus säteenä		
Omistaja Verkostotyyppi Korkeus Tunnus/numero Kaapelityyppi Materiaali	Omistaja Verkostotyyppi Materiaali Tunnus/numero Tieto siitä, mistä Kaapelityyppi korkeudesta z annettu	
Maadoitusten toteumamallien tietosisältö	Kaapeleiden, putkien ja johtojen suojausrakenteiden toteumamallien tietosisältö	

Kuva 22. Sähkö-, tele- ja koneteknisten järjestelmien toteumamallien tietosisällöt YIV 2019 liitteen 3.1 mukaan

3400 Lämmön- ja kaasunsiirtojärjestelmät

Lämmön- ja kaasunsiirtojärjestelmät koostuvat kaukolämpö- ja -jäähdytysjohdoista, sulanapitojärjestelmistä ja maakaasuputkistoista. Putket mallinnetaan viivatietona aloituskaivon keskeltä lopetuskaivon keskelle. Mallin tulee pitää sisällään alku- ja loppupisteet sekä taitepisteiden koordinaatit (x, y, z). Korkotieto (z) annetaan putken laesta. Lämmön- ja kaasunsiirtojärjestelmien kaivot mallinnetaan pistetietona pohjan tai kannen keskipisteestä, jonka sijaintitiedoksi otetaan kaivon kannen yläpinnan keskikohta (x, y, z). Varusteiden sijainnit taas mallinnetaan tapauskohtaisesti varusteesta riippuen joko piste-, viiva- tai aluetietona (x, y, z). (Palviainen 2015 s. 21)

Lämmön- ja kaasunsiirtojärjestelmien rakenteiden tiedonsiirrolle ohje antaa kuvan 23 mukaiset vaatimukset. Kuvassa mustalla on esitetty toteumamallin tiedot, jotka ovat pakollisia IM4- määrityksen mukaan. Punaisella tiedot, joita ei ole mahdollista siirtää IM4 formaatin mukana, jotka ovat normaalia muissa dokumenteissa esitettävää suunnitelmätietoa.

Lämmön- ja kaasunsiirtojärjestelmien maanalaisten rakenteiden toteumamallien tietosisältö	
Omistaja	Tyyppi
Geometria	Kannen tyyppi
Suojaetäisyys	Varusteen tiedot
Materiaalitiedot	Halkaisija

Kuva 23. Lämmön- ja kaasunsiirtojärjestelmien maanalaisten rakenteiden toteumamallien tietosisällöt YIV 2019 liitteen 3.1 mukaan

Vaikka kaikkea tietoa ei tällä hetkellä olekaan mahdollista siirtää IM4-formaatilla päivittyä se koko ajan ja tulee varmasti tarpeiden mukaan päivittymään. Formaatti ei siis juurikaan rajoita tietomallien tietosisällön mahdollisuuksia. YIV-ohjeistuksen tietosisällön vaatimukset järjestelmille parantuivat viime päivityksen myötä huomattavasti. IM4-formaatilla on nykyään mahdollista siirtää myös saneeraus- ja korjaustoimenpiteisiin liittyvää tietoa. Tämä helpottaa mallinnuksen kehittymistä omaisuudenhallinnan ja kunnossapidon kannalta.

YIV-ohjeen tietosisällönvaatimukset ovat sisällöltään jo melko kattavat ja niiden täyttäminen vaatii mallin laatijalta paljon työtä. Koska toteumamallien käyttö on vasta melko uutta, liian suuret tietosisällön vaatimukset saattavat tuntua hankalalta ja työläältä.

Koska tietomallien tietosisältö ei ole yleensä selvä, saattaa luovutusaineisto sisältää käyttäjän puolesta turhia tietoja ja sieltä vastaavasti saattaa puuttua käytettävyyden kannalta tärkeitä tietoja. Olisi siis tärkeä tietää, kuka mallia tulee käyttämään ja miten. Kun tiedetään mihin mallia käytetään, voidaan helpommin määritellä mallille juuri sen käyttöä vastaava tietosisältötaso. (Partanen 2019 s.46)

Kun tietosisällön tarpeet eivät ole selvillä, annetaan luovutusvaiheessa malli, joka sisältää kaiken mahdollisen tiedon. Ylimääräinen ”turha” tieto hankaloittaa mallin käytettävyyttä ja siksi olisikin tärkeä tietää millä mallin tiedoilla on oikeasti käyttöä sen elinkaaren seuraavissa vaiheissa. (Partanen 2019 s. 46)

Partanen (2019) on tutkinut tiehankkeen toteutumamallin olennaisia sisältöjä ja yksi tärkeä sisältö oli maanalaisten laitteiden ja järjestelmien tietomallintaminen. Maanalaisten rakenteiden sijainti-, geometria-, ja ominaisuustietojen tulisi olla yksityiskohtaisia, sillä niitä on vaikea tarkastella ja mitata rakentamisen jälkeen. (Partanen 2019 s. 47)

Tietomallien sisällöllä on suurta vaihtelua eri hankkeiden ja kohteiden välillä. YIV-ohjeistus antaa pohjan suurimmalle osalle eri ohjeistuksia, mutta ohjeistuksissa tarkkuudet ja vaatimukset voivat poiketa YIV-ohjeesta. Esimerkiksi Helsingin kaupungilla, raidejokerilla ja Tampereen ratikalla on omat ohjeistuksensa tietomallinnukseen ja tietosisällön esittämiseen. Ominaisuustietoihin liittyvää ohjeistusta on tehnyt myös vuonna 2020 lakautettu julkisen hallinnon suositukset (JHS). Kansainvälisiin standardeihin perustuvat JHS-ohjeistukset koskevat lähinnä paikkatietoa, mutta niitä voidaan hyödyntää myös infomallien kohdalla.

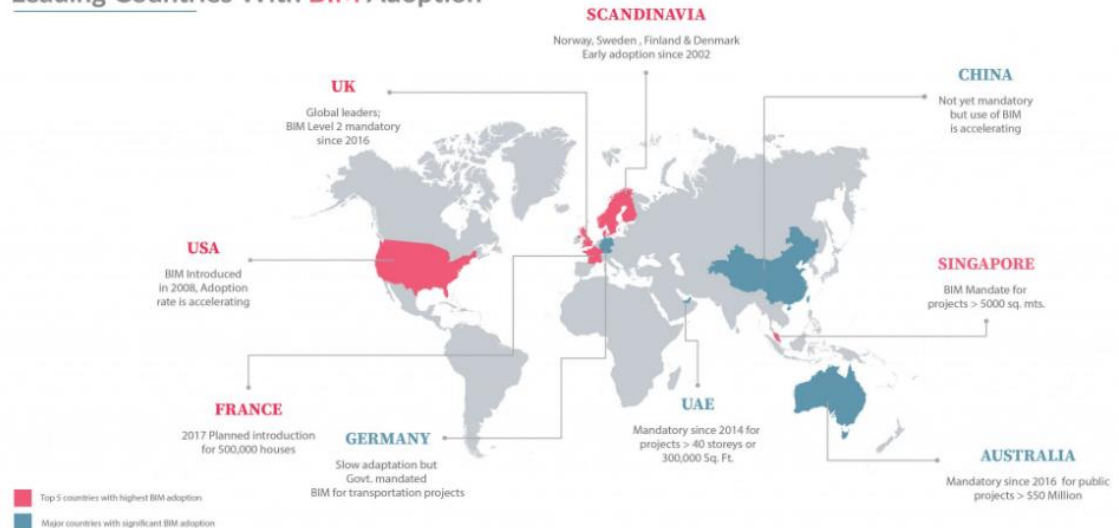
Jos tutkitaan YIV-ohjeistuksien tietomallien tietosisällön vaatimuksia sisältöjä, voidaan huomata, että kaikkien maanalaisten rakenteiden tietosisältöön on määritelty jollakin tavalla sijaintitieto (x, y, z) ja kokotieto (halkaisija, leveys). Suurimpaan osaan on määritelty tunnus, materiaali ja omistajatiedot. Kaikki edellä mainitut tiedot ovat hyödyllisiä rakentamisen ja suunnittelun kannalta. Ne ovat tärkeitä toki myös omaisuudenhallinnan kannalta, mutta omaisuudenhallinnan kannalta olennaisia tietoja, kuten rakennus- ja korjauspäivä puuttuu tai ne on määritelty ei pakollisiksi.

Tietomallinnuksen taso eri maissa

Teknologian kehittymisen myötä myös tietomallinnuksesta tulee koko ajan yhä yleisempää myös maailmanlaajuisella tasolla. Kaikissa maailman suurimmissa maissa tietomallintamiseen on alettu panostaa yhä enemmän ja sen kehittämiseen käytetään rahaa ja aikaa. Eri lähteissä määritellään eri maita maailman tietomallintamista johtaviksi maiksi, mutta jokaisessa arviossa Yhdysvallat, Iso-Britannia ja Pohjoismaat nostetaan johtavien

maiden joukkoon. Muita tietomallintamisen kannalta tärkeitä maita ovat muun muassa Saksa, Ranska, Kiina ja Singapore. Kuvassa 24 on esitetty maailman johtavimmat maat tietomallinnuksen kannalta United BIM:iin mukaan.

Leading Countries With BIM Adoption



Kuva 24. Tietomallintamisen johtavat maat (United BIM)

Infra-alalle on määritelty tasot tietomallintamisen kehitykselle ja ne on esitetty kuvassa 25. Suurimmassa osassa tietomallintamisen kannalta kehittyneissä maissa tietomallinnuksen taso on tällä hetkellä tasolla 2. Paikalliset viranomaiset Isossa-Britanniassa, Saksassa, Ranskassa, Puolassa, ja Italiassa pyrkivät kuitenkin pääsemään tietomallinnuksessa tasolle 3 vuoteen 2025 mennessä. Tasolla 3 tietomalleilla on yleinen jaettu keskusmalli ja mallissa olevilla objekteilla on ominaisuustietoja. (Trimble 2019)

Evolution of the Infrastructure Industry



Kuva 25. Tietomallintamisen tasot infra-alalla (O'Malley 2021)

Iso-Britannia on panostanut tietomallintamiseen selkeän kansallisen strategian ja hallituksen tuen avulla. Maan rakennusteollisuus on teknologialtaan ja edistyneisyydeltään yksi maailman kärkimaista. Hallitus asetti vuonna 2017 kaikille julkisille projekteille tavoitteeksi vähintään tason 2 tietomallintamisen. Tämä nopeuttaa alan toimijoiden siirtymistä tietomallipohjaisiksi, koska alle 2 tason toimijat eivät pääse käsiksi hallituksen hankkeisiin. (Singh 2017 & United-BIM 2021a) Isossa-Britanniassa tietomallinnuksen laatu on tällä hetkellä tasolla 2 ja vuonna 2020 tietomallinnusta käytti 73 % rakennusalan yrityksistä. (O'Malley 2021)

Yhdysvalloissa tietomallien kehitystyö on alkanut jo 1970-luvulla. Myös Yhdysvallat on ajanut hallituksen voimalla tietomallinnusta eteenpäin. Hallituksen lisäksi myös Yhdysvaltojen osavaltiot, yliopistot ja yksityiset organisaatiot ovat osana tietomallien kehittämistyötä. Yhdysvaltojen yleisten palveluiden hallinto muotoili kansallisen 3D-4D-BIM-ohjelman vuonna 2003. Ohjelman tarkoitus oli vaatia tietomallia kaikissa julkisissa hankinnoissa. Tietomallintamista ei kuitenkaan vaadita vielä pakolliseksi maan kaikissa hankkeissa vaan pakollisuus on osavaltiokohtaista. Wisconsinista tuli vuonna 2010 ensimmäinen osavaltio, joka vaati kaikkien yli 5 miljoonan dollarin projektien tietomallintamista. (Singh 2017, United-BIM 2021a)

Norjassa julkisten palvelujen ja kiinteistöjen virasto Statsbygg selvitti tietomallien käyttömahdollisuuksia HITOS pilottiprojektilla vuonna 2005. Tämän jälkeen Statsbygg julkaisi tietomalliohjeet vuonna 2008 ja vaati omien projektiansa toteutuksessa tietomalleja. Norjassa on kehitetty myös infra-alan ohjeistusta tietomalleihin liittyen jo vuodesta 2010 lähtien. Viranomaisten suositusten lisäksi norjalaiset yritykset ovat alkaneet käyttää tietomalleja myös projekteissa, joissa niitä ei ole vaadittu. (Naborczyk 2020)

Tanskassa jo vuonna 2006 puolet rakennusalan ammattilaisista käytti tietomallia projekteissaan. Vuonna 2007 Tanska edellytti tietomallien käyttöönoton valtionasiakkailta, kuten Palatsi- ja kiinteistövirastolta, yliopistokiinteistövirastolta ja puolustusrakennuslupa-palvelulta. Myös yksityiset organisaatiot ja yliopistot tekevät kehitystyötä tietomalleihin ja niihin liittyvään koulutukseen liittyen. (Singh 2017, United-BIM 2021a)

Ruotsissa tietomallien käyttö on erittäin yleistä. Ruotsin julkiset organisaatiot, kuten liikennehallinto ovat edellyttäneet tietomallintamista vuodesta 2015 lähtien. Jo ennen hallituksen ohjeistusta tietomallintamista on edistetty ohjeiden ja oppaiden avulla jo vuodesta 1991. (Singh 2017, United-BIM 2021a)

3.2.4 Kunnossapitomallien tietotarpeet

OmaisuuDENhallintaan tarvitaan monenlaisia tietoja nykyisestä omaisuudesta. Ohjeistuksia ja määräyksiä on käsitelty kappaleissa 2.3.1 ja 3.2.3. Ohjeistukset antavat jo kattavan kuvan mitä kunnossapitomallin olisi hyvä pitää sisällään, mutta jotta kunnossapitomallista saadaan omaisuudenhallintaan riittävän hyvä, tulee vielä tarkastella ovatko kaikki ohjeissa annetut tiedot tarpeellisia ja mitä olennaisia tietoja niistä vielä puuttuu.

Rakennushankkeen aikana tietoa syntyy suunnittelussa ja rakentamisessa. Rakentamisen jälkeen tietoa kertyy vielä kunnossapidosta. Kaikkea tietoa ei kuitenkaan ole järkevää kerätä, vaan tiedon tallentamisessa ja siirtämisessä olisi aina hyvä pitää mielessä mihin tietoa tullaan käyttämään, mitä tietoa kerätään, mikä tieto on olennaista ja mitä tietoa halutaan säilyttää. (Saarnikko 2016 s. 28) Toisen osapuolen tarkkoja tarpeita voi kuitenkin olla vaikea tietää. Jos tietoja ei määritellä, olennainen tieto ei välttämättä liiku halutulla tavalla.

ProDigial-tutkimusohjelman haastatteluiden yhteydessä selvisi, että tietotarpeet oman toiminnan kannalta ovat pääosin tiedossa, mutta muiden tietotarpeiden tunnistaminen ja varsinkin olennaisten tietotarpeiden tunnistaminen tuottaa haasteita. Tiedon ajantasaisuus ja laatu eivät myöskään aina ole hyvällä tasolla ja laatu voi vaihdella paljon eri toimijoiden välillä. Osittain edellisten ongelmien johdosta myös tiedon käyttö ja hyödyntäminen on vähäistä. Tiedon vähäiseen hyödyntämiseen liittyviä ongelmia ovat myös resurssien puute ja epäselvyydet vastuista. (Myllärniemi & Siuko 2021)

Huttunen (2021) on tutkinut mitkä ovat vesihuoltolaitosten kannalta kaikkein olennaisimpia tietoja rakentamisen yhteydessä. Kaikkein olennaisimmiksi tiedoiksi on määritelty sijainti- ja materiaalitiedot, putken dimensio ja rakennusvuosi. Huttusen (2021) tiedot vastaavat pääosin myös Berninger et al. määrittämiä perustietoja, mutta Berninger et al. on määritellyt lisäksi myös, miltä osin ne perustuvat asiantuntija-arvioon. (Huttunen 2021 s. 29 ja Berninger et al. 2018 s. 26) Kaikki nämä tiedot löytyvät ohjeistuksista, mutta niitä ei välttämättä ole nostettu esiin muiden tietojen joukosta. Ohjeita tulkittaessa voi olla vaikea tietää, mitkä tiedot ovat tarpeellisimpia.

Huttunen on myös selvittänyt mitä tietotarpeita vesihuoltolaitoksilla saattaa olla juuri rakennetusta verkostosta. Tiedot eivät välttämättä koske kaikkia vesilaitoksia tai kohteita, mutta ne ovat kuitenkin hyödyllisiä tulevaa kunnossapitoa varten. Tietotarpeita ovat

- valokuvat suuntineen haaroista ja muista kriittisistä kohdista
- asennusurakoitsija
- venttiilin valmistaja
- venttiilin tyyppi
- saneerauksista sujutusputken tiedot
- kaivojen pinnoitukset
- kesävesijohtojen x-, y-, ja z-koordinaatit
- väliaikaisten vedenjakelujohtojen x-, y-, ja z-koordinaatit
- liitososat
- kaivojen materiaalityypit
- kulmatuet
- maaperätiedot
- kallionpinta. (Huttunen 2021 s. 29)

Vaikka tietotarpeet onkin kerätty vesihuoltolaitoksilta, ovat ne kuitenkin sovellettuina hyödyllisiä myös muiden yhdyskuntateknisten järjestelmien omaisuudenhallinnassa. Tietotarpeita ilmeni myös jo rakennetun verkon kohdalla erityisesti karanjatkojen sijaintitietojen kohdalla. Muita rakennetun verkoston tietotarpeita ovat

- kaivon kannen ja pohjan sijainti ja korkotiedot
- kunnossapitotiedot (häiriön laatu, ja -päivänmäärä, korjauksen suorittaja ja tapa sekä ylivuodon määrä)
- kuntotutkimustiedot (viemärikuvaukset ja venttiilikoetukset)
- putkirikot
- putkitukokset
- tonttijohtojen vuodot
- savutustyöt
- rakentamiskustannukset. (Huttunen 2021 s. 30)

Näistä suurin osa liittyy vain vesihuollon laitteisiin, mutta niitä voidaan soveltaa myös muihin yhdyskuntateknisiin järjestelmiin. Huttunen (2021) selvitti myös mahdollisia lisätietotarpeita, joita ei tällä hetkellä kerätä. Mahdollisia lisätietotarpeita olivat

- tarkempi materiaalitieto
- tarkempi asennustapatieto
- tarkempi kuntotieto verkostosta ja toimilaitteista
- kriittisyysluokitustieto
- valokuvia
- viemärikuvaustulokset liitettynä verkkotietoon
- vanhojen vesijohtojen sijaintitieto
- vesijohtojen vuototiedot
- viemäreiden vuotovesitiedot
- venttiilikoestukset
- kaivonkorjaukset
- reaaliaikaiset toiminnallisuuden tiedot
 - o virtausmittaus
 - o virtaussuunnat
 - o verkoston painetieto
 - o veden lämpötila. (Huttunen 2021 s. 31)

Huttusen (2021) määrittämät tietotarpeet ovat melko laajat verrattuna Berninger et al. määrittämiin tarpeisiin. Berninger et al. (2018) on määrittänyt saneeraustarpeen arviointiin tarvittaviksi tiedoiksi verkoston perustiedot, liittyneiden kiinteistöjen määrän, saneeratun verkoston pituuden, saneerauksen tiedot, viemärikuvaukset ja niiden määrät sekä putkirikkotiedot materiaaleittain. Edellä mainituista tiedoista voidaan laskea tunnusluvut ja arvioida saneeraustarvetta ja saneerauksiin kuluvia investointeja. Tunnuslukuja ovat liittymämäärät eri verkostoille tietyllä pituudella ja verkon käyttöaste (toimitettu/johdettu vesimäärä per vedenjakeluverkoston pituus). (Berninger et al. 2018 s. 26–27)

Tietojen kerääminen pitäisikin aina olla osana jotain lopputuotetta, kuten kunnossapitoimia. Saarnikko (2016) on tutkinut infraomaisuudenhallintaan liittyvää nimikkeistöä ja nimikkeistön pohjalta kohteiden korjaus- ja huoltotoimenpiteitä. Esimerkiksi valaisimella on 7110 valaistusjärjestelmän hoito -nimikkeistö, joka sisältää erilaisia korjaus- ja kunnossapitotietoja. Tarkempi korjaus ja kunnossapitotietojen ajankohta voidaan määrittää kohteen attribuuttitietojen avulla. (Saarnikko 2016) Esimerkiksi valaisimen lampun korjaustoimenpiteitä ovat vaihto ja korjaus, kun taas hoitotoimenpiteitä ovat kiinnityksen ja

suuntauksen tarkistaminen sekä puhdistaminen. Lamppujen vaihtoväli riippuu lampun tyypistä, joka voidaan määritellä lampun attribuuttitietoihin. Tietoja yhdistelemällä olisi mahdollista saada jo ennakoon tieto, millaisia toimenpiteitä lamppu vaatii.

OmaisuuDENhallinnan kohteiden tiedot olisikin hyvä jakaa kuntoluokkiin, joista selviäisi mitä kunnostustoimenpiteitä eri kohteille on tulevaisuudessa odotettavissa. Kuntoluokan määrittäminen vaatisi sen, että omaisuudenhallintajärjestelmä osaisi sinne syötettyjen tietojen perusteella määritellä automaattisesti kohteen kuntoluokan. Maanalaisten laitteiden kuntoluokkaa voitaisiin arvioida esimerkiksi rakenteen ikää, riskejä ja mahdollisia rasisuskoh-teita seuraamalla. Omaisuudenhallinnan ja kunnossapidon kannalta samankaltaisia määrittämiä voitaisiin tehdä myös moniin muihin kohteisiin. Mitä tarkemmin tiedot on määritetty sen tarkemmin, voidaan arvioida myös investointeihin ja kunnossapitotoimiin kuluvia kustannuksia.


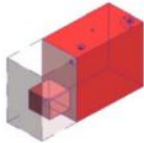



Mahdollisia tietotarpeita on erittäin paljon ja eri toimijat tarvitsevat erilaisia tietoja omaisuudenhallintaan. Munir et al. (2020) on tutkinut mitkä ovat tietomallipohjaisen omaisuudenhallinnan tietovaatimukset. Tutkimuksessa oli kolme tapausta, joista yksi hallinnoi putkia sekä mekaanisia ja sähköisiä laitteita. Toiset tapaukset hallinnoivat rakennuksia. Näiden tapausten tietovaatimuksia vertailtiin ja havaittiin, että eri omaisuudenhallinnoijilla on hyvin erilaiset tietotarpeet. Vain 4 % tietotarpeista esiintyi kaikissa tapauksissa ja vain 9 % esiintyi vähintään kahdessa tapauksessa. Vaatimukset vaihtelevat liiketoimintojen ja yritysten tarpeiden eroavaisuuksien takia ja siksi tietotarpeille ei ole syytä tehdä tiukkoja yksityiskohtaisia vaatimuksia. Munir et al. (2020) totesivat tutkimuksen pohjalta, että tulevaisuudessa omaisuuden omistajia voitaisiin ohjata yleisen metavaatimusmallistandardilla, jonka avulla suunnittelu ja rakentamisvaiheen yleiset tiedot saataisiin kerättyä. (Munir et al. 2020 a)

Osa tietojen hankinnasta voi olla vaikea toteuttaa pelkän rakentamisen jälkeisen toteutumamittauksen perusteella ja esimerkiksi reaaliaikaisen tiedon hankinta vaatii investointeja antureihin ja mittareihin. Reaaliaikaisen tiedon seuraamisella olisi kunnossapidon toimintavarmuuden kannalta varmasti paljon positiivisia vaikutuksia, mutta antureiden hyödyntäminen on vasta melko uutta ja niiden käytön hyödyllisyyttä on vasta alettu tutkimaan.

Tutkimuksia reaaliaikaisen tiedon keräämisestä on tehty ainakin vesihuolto- ja sähköverkoista. Sähköverkossa kehitetään teknologiaa, jolla voidaan mitata käytönaikaisia keski-jännitekaapeleiden osittaispurkauksia eli sähköpurkauksia. Mittauksia seuraamalla toimintavarmuus kasvaa ja laatu paranee. Antureiden käyttöä on tutkittu myös vesihuolto-

laitoksen jätevesikaivojen täyttymisen seuraamiseen. Anturin avulla kaivojen tyhjennyksiä ei tarvitsisi tilata manuaalisesti soittamalla, vaan laitokselta nähtäisiin suoraan missä tyhjennystä tarvitaan. Myös tässä tapauksessa toimintavarmuus lisääntyisi ja samalla saavutettaisiin huomattavia kustannussäästöjä. (Helen sähköverkko 2021, Kiradigi 2021)

Tietojen kerääminen vaatii kuitenkin aina resursseja ja jos tiedon keruusta ei koeta olevan suurta hyötyä, voidaan miettiä, onko tarkan tiedon kerääminen ja yksityiskohtaisen mallin luonti aina kannattavaa. Mitä yksityiskohtaisempi malli on, sitä enemmän aikaa sen tekeminen vaatii, joten kaikista rakenteista ei ole järkevää tehdä yhtä tarkkoja ja yksityiskohtaisia malleja, vaan tarkkuus- ja tietosisältötaso tulisi määritellä tarpeen mukaan. Yhdysvaltalainen American Institution of Architects (AIA) julkaisi vuonna 2008 tietomallien tarkkuutta kuvaavan tasomaisen luokituksen Level of development (LOD). Ensimmäisellä tasolla *LOD 100* mallin taso on esisuunnitteluvaiheessa ja mahdollisesti 2D-muotoisessa muodossa. Mitä korkeammalle tasolle mennään sen tarkempi ja yksityiskohtaisempi malli on. LOD:in avulla voidaan arvioida mitä tietoja mallista on mahdollista saada ja kuinka luotettavaa tieto on. (United BIM b) Sen avulla voidaan helpommin selvittää mallin käytettävyyttä ja rajoituksia. Kuvassa 26 on esitetty esimerkki millaiselta LOD tasot näyttävät.

LOD 100 Conceptual	LOD 200 Approximate geometry	LOD 300 Precise geometry	LOD 400 Fabrication	LOD 500 As-built
				
The Model Element may be graphically represented in the Model with a symbol or other generic representation , but does not satisfy the requirements for LOD 200. Information related to the Model Element (i.e. cost per square metre, etc.) can be derived from other Model Elements.	The Model Element is graphically represented in the Model as a generic system, object, or assembly with approximate quantities, size, shape, location, and orientation.	The Model Element is graphically represented in the Model as a specific system, object, or assembly accurate in terms of quantity, size, shape, location, and orientation.	The Model Element is graphically represented in the Model as a specific system, object, or assembly that is accurate in terms of quantity, size, shape, location, and orientation with detailing, fabrication, assembly, and installation information .	The Model Element is a field verified representation accurate in terms of size, shape, location, quantity, and orientation.
	Non-graphic information may also be attached to the Model Element.	Non-graphic information may also be attached to the Model Element.	Non-graphic information may also be attached to the Model Element.	Non-graphic information may also be attached to the Model Element.

Kuva 26. Rakennuksen LOD tasot (Natspec Bim Paper 2013 s. 5)

Tietomallintamisen tarkkuustasolle on tehty myöhemmin myös tarkempia ja monitasoisempia määritelmiä, kuten Biljeckin et al. (2016) tutkimuksessa, jossa on neljä tasoa, joilla on kaikilla vielä neljä erilaista alatasoa. (Vinter 2017 s. 37 mukaan; Biljeck et al. 2016 s. 25)

4. TUTKIMUSTULOKSET

4.1 Case-kohde

Case-kohteen tutkimisen tarkoituksena on tarkastella millä tasolla tarkasteltavan kohteen tietomallit ja niiden luovutusaineisto ovat ja miten ne mahdollisesti eroavat olemassa olevasta ohjeistuksesta. Mallien tietosisältöä vertaillaan hankkeen ohjeistukseen, yleisiin YIV-ohjeitukseen ja muihin kirjallisuustutkimuksessa esille tulleisiin tietosisältömahdollisuuksiin. Malleja ja niiden tietosisältöä vertaillaan myös kirjallisuus- ja haastattelututkimusten tuloksiin. Tutkimukseen on saatu tarkeaineistoa Tampereen raitiotien rakentamisen yhteydessä asennetuista putkista ja johdoista.

4.1.1 Case kohteen kuvaus

Case kohteena on Tampereen Sepänkatu ja osa Pirkankadusta. Sepänkadun rakentaminen kuuluu Tampereen raitiotien rakentamisvaiheen osaan 2A. Osaan 2A kuuluu alue Pyynikintorilta Santalahteen ja sen on tarkoitus valmistua ja liikennöinnin alkaa vuonna 2023. Sepänkatu on noin 400 metriä pitkä pohjois–eteläsuuntainen katu, joka sijaitsee Tampereella Amurin kaupunginosassa noin kilometrin päässä Tampereen keskustasta länteen. Kadun leveys vaihtelee noin 20–30 metrin välillä ja katualueelle tulee 7,0 metriä leveä ajorata, jalkakäytävä molemmille puolille katua, pyörätie ja raitiotie.

Raitiotien rakentamisen aikana Sepänkadulla ja Pirkankadulla on tehty nykyisten putkien ja johtojen siirtotöitä ja kaduille on lisäksi asennettu myös uusia maanalaisia rakenteita. Pelkkä katualue pitää sisällään paljon erilaisia kunnallisteknisiä laitteita ja raitiotien rakentamisen yhteydessä maanalaiden järjestelmien ja laitteiden määrä kasvaa entisestään. Raitiotien rakentaminen tuo mukaan mm. sähköratapylväiden perustukset, raitiotien kaapelireitin sekä turva- ja ohjauslaitteiden kaapeloinnit. Nykyisiä maanalaisia laitteita ja järjestelmiä ovat kaukolämpöputket, tietoliikenne-, valaistus-, liikennevalo-, ja sähkökaapelit sekä vesihuollon putket.

4.1.2 Mallintaminen, tiedon tallennus ja luovutus

Suunnitteluvaiheessa putkien ja johtojen mallintaminen tehtiin Sepänkadun ja Pirkankadun osuudella dwg, IM ja IFC muodossa. Tampereen raitiotiellä on omat ohjeensa tietomallien tekemiseen ja tietosisällön vaatimuksiin. Ohjeet ovat saaneet pohjan YIV- ja

YTV-ohjeista ja myös niiden sisältämiä ohjeita tulee noudattaa. Muita noudatettavia ohjeita ovat siltojen tietomalliohje, inframodel-3 käyttöohje ja InfraBIM -nimikkeistö. Mallien avulla voidaan helpottaa suunnittelun yhteensovitusta ja rakennusvaiheessa niitä voidaan käyttää mm. työkoneohjauksessa (BSF 2019 a).

Suunnitelmavaiheessa raitiotien tietomallinnusohjeet antavat putki- ja johtosiirtojen tietosisällölle seuraavanlaiset vaatimukset:

- omistaja
- vaakageometria ja pystygeometria (putket taiteviivana, kaivot sijaintitietoina kansi ja pohja, suojausrakenteet tarpeen mukaan)
- dimensiot (pituus, sisämitat, ulkomitat)
- materiaalit
- rakennusvuosi
- järjestelmät (venttiilit, palopostit suojausputket yms.). Näitä ei pystytä mallintamaan suoraan. YIV-ohjeessa puhutaan pistetietojen mallinnuksesta. (Tampereen raitiotieallianssi 2017)

Vahvavirta- ja valaistusrakenteiden kaapeleiden tulee sisältää seuraavanlaista tietoa kehitysvaiheessa (KAS) ja toteutusvaiheessa (TAS)

- kaapelityypit (TAS-vaihe)
- kaapelin yksilöivä tunnus (TAS-vaihe)
- kaapelipituus (TAS-vaihe)
- kaapelijatkot ja niiden sijainnit (TAS-vaihe)
- kytkentäkohde (TAS-vaihe)
- asennusvuosi (TAS-vaihe)
- muut tiedot (KAS-vaihe)

Valaisinperustusten tulee sisältää seuraavaa metadataa:

- perustuksen tyyppi ja linkki perustuksen tyyppikuvaan (TAS vaihe)
- perustuksen keskipisteen koordinaatit (x, y, z ja käytetty koordinaatti- ja korkeusjärjestelmä)
- asennusvuosi (TAS vaihe)
- muut tiedot (KAS-vaihe)

Sähkörataperustusten tulee sisältää seuraavaa metadataa:

- perustuksen tyyppi ja linkki perustuksen tyyppikuvaan (TAS vaihe)
- perustuksen keskipisteen koordinaatit (x, y, z ja käytetty koordinaatti- ja korkeusjärjestelmä) (KAS-vaihe)
- asennusvuosi (TAS vaihe)
- muut tiedot (KAS-vaihe). (Tampereen raitiotie 2017)

Suunnittelusta saatujen mallien ja metatietojen avulla kohteet voidaan rakentaa. Rakentamisen jälkeen rakenteista otetaan tarkemittaukset takymetrillä, gps:llä tai kaivinkoneeseen liitetyllä koneohjausjärjestelmällä ja niistä luodaan tarkeaineisto. Tarkeaineisto koostuu koodatuista pisteistä ja viivoista. Tampereen raitiotiehankeessa tarkemittauksien tekemiseen ja dokumentointiin käytetään kohteesta riippuen mittauksen työohjetta, kaivomittausohjetta, Tampereen kaupungin infra-alueen teknisten järjestelmien sijaintikartoitusohjetta ja Tampereen vesilaitoksen tarke- ja luovutusohjetta. Mittauksen työohje käsittää kaikenlaisten rakenteiden mittaamisen, kun taas kaivomittausohje käsittelee tarkemmin kaivojen mittauksen ja dokumentoinnin. Tampereen kaupungin infra-alueen teknisten järjestelmien sijaintikartoitusohje käsittelee lähinnä sähkötekniisiä järjestelmiä ja laitteistoja, kuten ulkovalaistus, liikennevalot, valoviikkoverkko ja kuituverkko. Tampereen Veden ohjeistus taas koskee vesihuoltoon liittyviä putkia, kaivoja ja muita laitteita.

Mittauksen työohje antaa ohjeistuksen kaikenlaisten rakenteiden mittaukseen. Rakenteet mitataan ohjeistuksen mukaan ja koodataan rakentajakoodauksen (RAK-koodaus) mukaisesti. Esimerkiksi keltainen (sähköverkon) 110 mm suojaputki koodataan koodilla 110 k. Mittausten lisäksi kaivoista otetaan valokuvat jokaisen putken/putkipatterin lähtösuuntaan ja infotekstiin kirjataan mistä ilmansuunnasta kuvaus on otettu. (Raitiotieallianssi 2020 s. 20)

Kaivomittausohje käsittelee tarkemmin kaivon mittaamiseen ja dokumentointiin liittyviä ohjeita. Kaivoista mitataan kannen, pohjan ja putken vesijuoksun sijaintitiedot ja mittauksien tulee sisältää tiedot kaivon tai putken tyypistä, koosta, materiaalista ja kannen tyypistä. Mitatut aineistot koodataan liikenneviraston maastomittausohjeen mukaisesti. Koodi sisältää tiedot putken tai kaivon tyypistä, koosta ja materiaalista. Muut tiedot, kuten kaivon tunnus, sulkuventtiilit, palopostit tulee kirjoittaa kommenttikenttään. Esimerkki putken koodauksesta on esitetty kuvassa 27. Epäselvistä kohteista olisi hyvä ottaa myös valokuvia. (Raitiotieallianssi 2020)

RUMMUT

3	x	xxx	rummut	cm	tarkkuudella
			halkaisija:	0	ei mitattu
				10	10 cm
				20	20 cm
				30	30 cm
				35	35 cm
				jne.	
			materiaali:	0	ei selvitetty
				1	betoni
				2	teräsaaltolevy
				3	teräs
				4	muovi
				5	luonnonkivi
				6	Puu
				7	Nelikulmainen betoni

Esimerkki: 34030 = Ø 300 mm, muovirumpu
31180 = Ø 1800 mm, betonirumpu

Kuva 27. Rummun maastomittausohjeen mukainen koodaus (Raitiotieallianssi)

Tampereen kaupungin sijaintikartoitusohje koskee kaupunkiympäristön palvelualueen vastuulla olevia laitteistoja, kuten ulkovalaistusta, liikennevaloja, valoviikkoverkkoa ja kuituverkkoa. Ohje määrittelee kartoitettavaksi tiedoksi kaikki verkon osat, joita ovat mm. maakaapelit, jatkot, kaivot, pylväsjalustat ja maadoitukset. Aineiston tulee sisältää myös olemassa olevat verkon komponentit niiltä osin, kun ne liittyvät uusiin kaapelointeihin. Myös puretuista ja käytöstä poistetuista rakenteista tulee kerätä tietoa. Mitattu aineisto koodataan normaalisti sijaintikartoitusohjeistuksen mukaisesti, mutta raitiotieallianssin toteuttamat mittaukset koodataan raitiotien omien maastokoodien mukaisesti. Mittaus-tiedon ohessa tulee toimittaa myös korjatut suunnitelmat, joista tulee ilmetä kytkentätie-dot, laitteiden sijaintitiedot ja asennuksen poikkileikkauskuva. Aineisto viedään lopuksi kaupungin verkkotietojärjestelmään, jossa voidaan tarkastella omaisuutta. (Tampereen kaupunki 2020, Raitiotieallianssi 2020 s. 23)

Vesihuollon järjestelmien luovutusaineiston tulee sisältää vesijohdon painekokeet ja vesinäytteet, venttiilien tarkastuslomake, tieto kaivojen ja viemärilinjojen kunnosta ja mahdollisesta puhdistuksesta, viettoviemärien kuvaukset, suunnitelmat ja tarkeaineisto. (Raitiotieallianssi 2017) Tarkeaineisto koodataan Tampereen Veden ohjeistuksen mukaisesti ja sen tulee sisältää sijainti (x, y, z), putkien kaivojen ja venttiilien koko ja materiaali, vanhojen putkien ja laitteiden purku tai siirto ja tulppauskohta. Suunnitelmista poikkeavat

risteämäkohdat esitetään detaljipiirroksina ja digivalokuvataan. Myös asennustapaan liittyvät tiedot, kevennykset ja eristykset sekä siirtymärakenteet sisällytetään mittaustietoihin. (Tampereen Vesi 2012)

Välillä mittaustapa ja tarkkuus saattavat muuttua hankkeen aikana. Esimerkiksi hankkeen ensimmäisellä osalla kaapelipatteri mitattiin vain tilanvarauksena yläkulmista, johon lisättiin tiedot johtomääristä. Toisessa osassa kaikki putket on pyritty mittaamaan erikseen. Kun kaikki putket mitataan erikseen, on mittaus työläämpää, mutta mittauksista saatu aineisto on kattavampaa.

Valmis toteuma-aineisto viedään lopuksi Infrakit-järjestelmään, jossa se on käytettävissä omaisuudenhallinnan ja kunnossapidon apuna. Infrakit-järjestelmässä toteumatietoja voidaan tarkastella tietoja 3D-muodossa tai 2D-muodossa.

Kaikkia Tampereen raitiotien yhteydessä rakennettuja maanalaisia rakenteita ei kuitenkaan tarkemmitata raitiotiehankkeen puolesta ja viedä Infrakit järjestelmään. Esimerkiksi liikennevalojen ja katuvalojen kaapelien tarkkeet ja vesihuoltojärjestelmien tarkkeet annetaan suoraan laitteiden omistajille. Sähkölaitoksen, kaukolämmön ja kaasujohtojen omistajat sekä muut ulkopuoliset operaattorit taas käyvät itse rakentamassa ja ottamassa tarkemmittaukset omista putkistaan ja laitteistaan. Tärkeimmistä kohdista saataan kuitenkin pyytää myös Tampereen raitiotien tarkemmittauksia.

Raitiotien käyttämään Infrakit-järjestelmään viedään maanalaisista rakenteista mm. perustukset ja kaapelit. Valmis kaapeleihin liittyvä aineisto koostuu tarkemmittausaineistosta, kaapelireittisuunnitelmista ja kaapelikaivojen 360 kuvauksista. Tarkemmittausaineisto sisältää tiedot putken sijainnista, koosta, mittaus päivämäärästä ja omistajan tiedoista. Kaapelireittisuunnitelmista voidaan tarkastella tarkemmin, miten kaapelit on kytketty. Kaivojen 360-kuvauksen avulla voidaan tarkastella kaivoa ilman että sen sisälle tarvitsee mennä. Kuvauksissa on esitetty pohjoissuunta, jotta tiedetään, miten päin kaivo kuvassa on.

4.1.3 Havainnot mallinetuista laitteista ja järjestelmistä

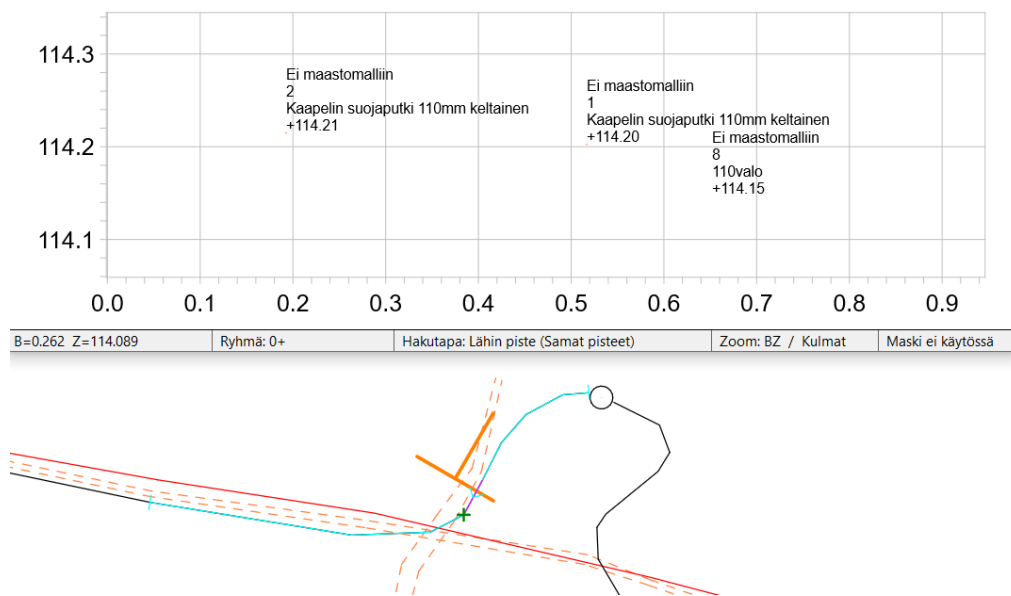
Tutkimukseen saatu aineisto on tarkemmittaus- sekä suunnitelmamalliaineistoa. Tarkemmittausaineisto on annettu GT-muodossa, Taulukossa 1 on annettu esimerkki kaapelisuojaputkien ja vesihuollon putken GT-muotoisen aineiston rakenteesta. Siinä ensimmäinen

sarake *pinta* (9) kertoo, että pinta ei kuulu maastomalliin, toinen sarake *viiva* kertoo, mitä piste esittää (1=kolmiopiste 1. luokka ja 6=apukiintopiste), sarake *koodi* antaa kuvauksen mitä rakenne esittää (110k=kaapelin suojaputki 110 mm keltainen, 110p kaapelin suojaputki 110 mm punainen ja 84092=jakeluvesijohto (<300mm)), *tunnus* antaa pisteelle yksilöivän tunnuksen ja muut sarakkeet antavat pisteelle sijaintitiedon.

Taulukko 1. Kaapelisuojaputken ja vesihuoltoputken GT muotoisen aineiston rakenne

Pinta	Viiva	Koodi	Tunnus	x-koordinaatti	y-koordinaatti	z-koordinaatti
9	6	110k	23	6821061,220	24485925,481	117,384
9	6	110p	13	6821064,617	24485943,295	116,717
9	1	84092	21	6821033,933	2448606,886	111,019

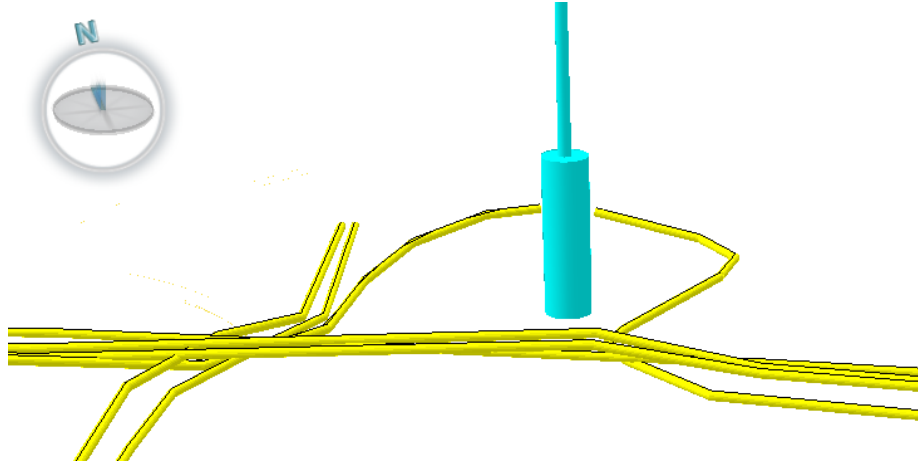
GT-muotoinen aineisto voidaan esittää myös kartalla, jolloin aineisto on helpommin tulkittavaa. Kartalla olevasta aineistosta voidaan ohjelmasta riippuen saada kaikki taulukossa näkyvät tiedot näkyviin. Kuvassa 28 on esitetty tarkemittausaineistoa 2D-karttanäkymässä ja poikkileikkauksessa 3D-win ohjelmassa



Kuva 28. Tarkemittausaineisto kartta ja poikkileikkauksinäkössä. Kuva Jukka Tuomola

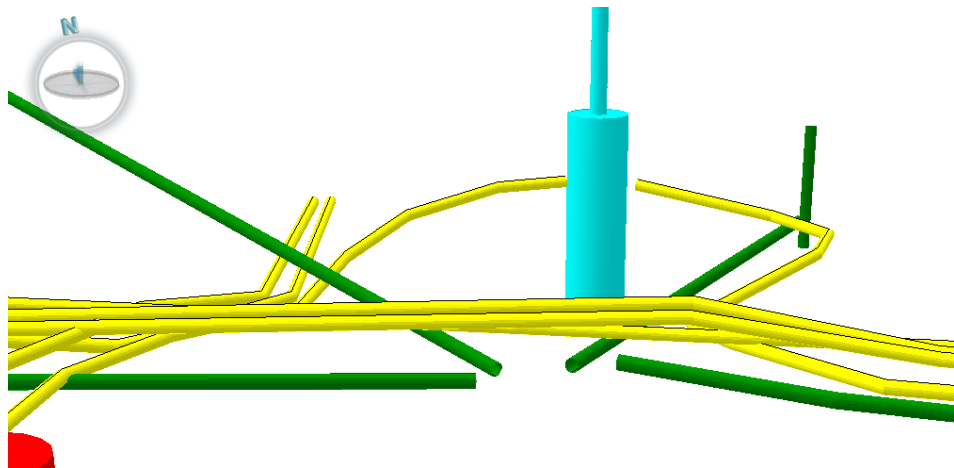
Tarkemittausaineistosta saadaan siis tietoja sijainnista, tyypistä ja koosta. Tarkemittausaineiston pohjalta ei voida päätellä mitään johdon omistajasta tai siitä, onko se esimerkiksi käytössä vai ei. Tarkemittausaineiston ja suunnitelma-aineistojen perusteella voidaan luoda toteumamalleja ja määrittää niihin tarvittavat tiedot. Mallin avulla kohteen

visualisointia voidaan parantaa entisestään ja kohteen todellinen sijainti ja koko on helpompi hahmottaa. Saman kohdan kaapeleista ja pylväästä perustuksineen on luotu suunnitteluohjelma Novapointin WS-työkalun avulla toteutumamalli, joka on esitetty kuvassa 29.



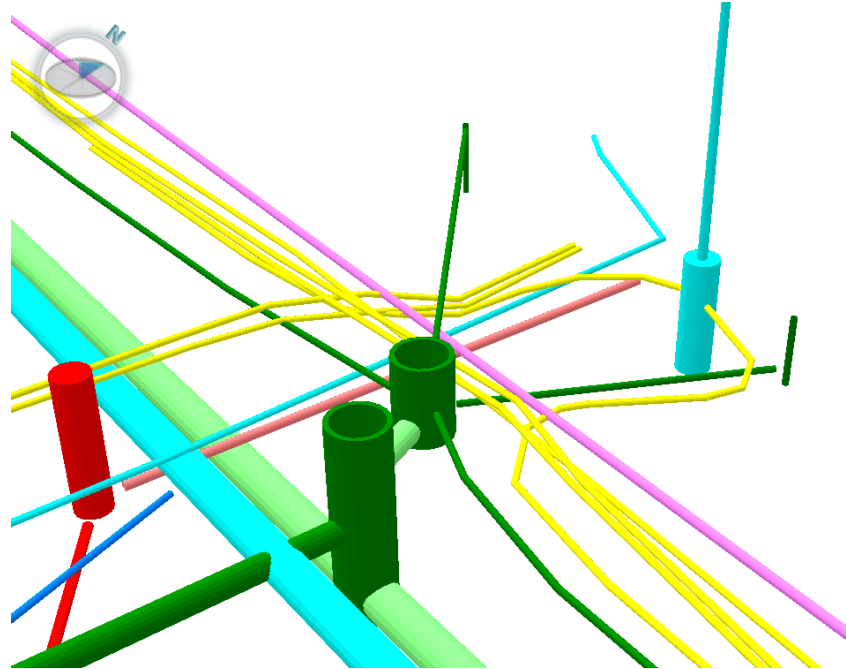
Kuva 29. Novapointin WS-työkalulla mallinnettuja kaapeleita. Kuva: Jukka Tuomola

Mallia tarkemmin tarkasteltaessa voidaan huomata, että risteämäkohdissa putket törmäilevät, vaikka todellisuudessa näin ei voi käydä. Tarkemmittauksia on tehty esimerkkikohdasta tiheimmillään risteämäkohdista noin 1,0 metrin välein, mutta tämäkään tiheys ei riitä törmäyksettömän mallin luontiin. Kun lisätään samaan kohtaan vielä muiden tekniikalajien tarketiedot, saadaan mallin näkymästä kuvan 30 näköinen.

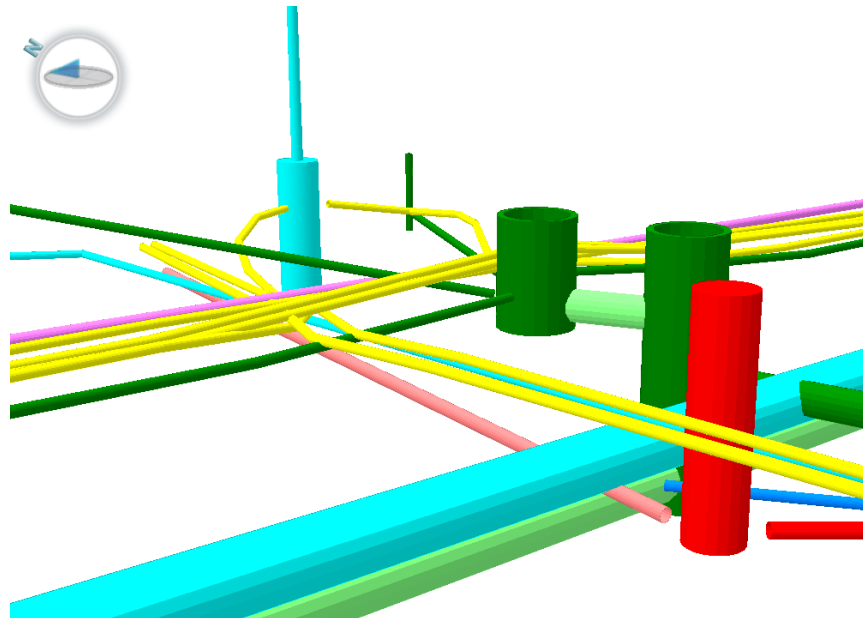


Kuva 30. Novapointin WS-työkalulla mallinnettuja tarkemittattuja maanalaisia rakenteita. Kuva: Jukka Tuomola

Mallista puuttuvat vielä kaikki nykyiset rakenteet, joita ei ole tarvinnut uusia. Jotta mallia voidaan oikeasti hyödyntää, tulisi sen sisältää kaikki maanalaiset rakenteet. Suunnitelmien ja vanhojen lähtötietojen pohjalta mallinnetut nykyiset rakenteet on lisätty näkymään kuvassa 31 ja 32.

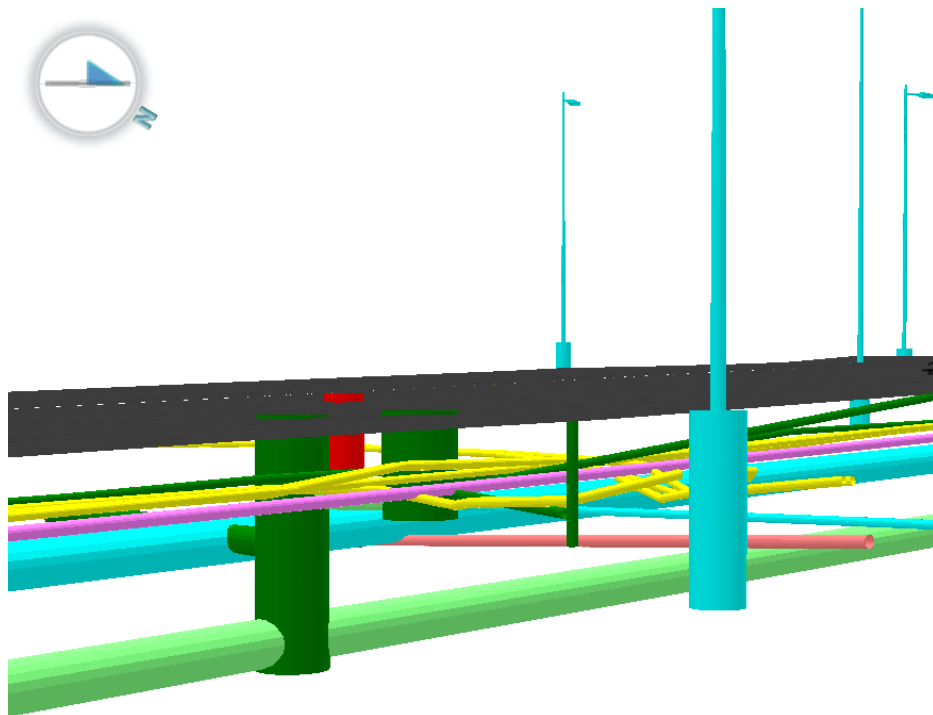


Kuva 31. Novapointin WS-työkalulla mallinnettuja nykyisiä ja tarkemitattuja maanalaisia rakenteita. Kuva: Jukka Tuomola



Kuva 32. Novapointin WS-työkalulla mallinnettuja nykyisiä ja tarkemitattuja maanalaisia rakenteita eri kuvakulmassa. Kuva: Jukka Tuomola

Kuvista 31 ja 32 voidaan nähdä, että nykyiset rakenteet eivät todellisuudessa sijaitse mallin mukaisissa kohdissa, koska mallit törmäilevät uusien mitattujen aineistojen kanssa. Jos rakentamisen aikana myös nykyisistä rakenteista olisi otettu korkotieto talteen, saataisiin malleilla luotua todellisuutta vastaava näkymä. Todellisuutta vastaava näkymä auttaisi alueen tulevaisuuden suunnittelussa, kun nähtäisiin missä on oikeasti tilaa ja missä ei. Todellisuutta vastaava näkymä auttaisi myös mahdollisissa kunnossapitotoimissa, kun mallien avulla saataisiin tarkempi kuva maanalaisista rakenteista jo ennen kaivamista. Malliin voidaan havainnoin lisäämiseksi lisätä lukuisasti myös muita objekteja, kuten maanpinta, kadun ylin pinta tai katu kokonaisuudessaan. Kuvassa 33 on esitetty esimerkkikohdan rakenteet ja kadun ylin pinta.



Kuva 33. Novapointin WS-työkalulla mallinnettuja nykyisiä ja tarkemitattuja maanalaisia rakenteita sekä kadun ylin pinta. Kuva: Jukka Tuomola

Kadun- tai maanpinnan lisääminen parantaa mallin luotettavuutta ja sen avulla voidaan helpommin selvittää, missä korossa rakenteet oikeasti sijaitsevat maanpintaan nähden. Eri omaisuudenhallinnanjärjestelmissä kuvan 28 esimerkinäkymä on varmasti ohjelmistosta riippuen eri näköinen ja omistajan omat rakenteet erottuvat mallista paremmin.

Mallintamisen avulla maanalaiset rakenteet voidaan saada helposti visualisoitavaksi ja varsinkin risteämäkohtien tarkastelu helpottuu. Toteumamallien teko vie kuitenkin paljon aikaa ja jos suunnitelmamalli puuttuu, joudutaan malli tekemään alusta asti käsin. Toteumamallin tekeminen alusta asti käsin ei ole kannattavaa, sillä siitä ei saada tarpeeksi

hyötyjä millekkään hankkeen osapuolelle. Tulevaisuudessa olisi hyvä, jos toteuma-aineiston pohjalta saataisiin luotua automaattisesti toteumamallit, jotka pitäisivät sisällään kartoitusten aikana kerätyn tiedon. Yksinkertaisiin malleihin olisi tämän jälkeen helppo lisätä yksityiskohtaisempia tietoja tarpeen vaatiessa.

4.1.4 Yhteenveto case kohteesta

Tampereen raitiotien suunnittelussa ja rakentamisessa käytetään monenlaisia ohjeita ja kunnallisteknisten järjestelmien osalta ohjeet vaihtelevat omistajasta riippuen. Hankkeessa mallintamiseen käytettävät ohjeet perustuvat YIV-ohjeisiin, mutta sisältävät kuitenkin poikkeuksia ja tarkennuksia. Hankkeella on käytössä myös oma mittausaineiston koodaustapa.

Tampereen raitiotien yhteydessä ei luoda rakennetuista kohteista toteumamalleja, vaan kohteet tarkemmitataan ja tarkemmittausaineiston kanssa luovutetaan tarvittavat suunnitelmat ja muut dokumentit. Kaikkia maanalaisia laitteita ja järjestelmiä ei kuitenkaan hankkeen puolelta mitata vaan osa maanalaisten laitteiden ja järjestelmien omistajista käy itse mittaamassa omaisuutensa. Mitattu aineisto viedään tämän jälkeen omaisuudenhallintajärjestelmiin, kuten raitiotien kunnossapidossa käytettävään Infrakit-järjestelmään.

Tarkemmittaustiedon pohjalta toteumamallien teko käsin on työlästä ja niiden tekeminen vaatii tarkeaineiston lisäksi myös suunnitelmien tietoja. Tarkeaineiston pohjalta luodut mallit kattavat vain uudet rakennetut kohteet, joten rakennetun alueen nykyiset rakenteet jäävät mittaamatta. Kun pelkät uudet rakenteet mitataan, ei alueen toteumamalliaineistosta saada aukotonta, kun alueen nykyisten rakenteiden mallit puuttuvat. Jotta yhdistelmämalleista saataisiin aukottomia, tulisi myös olemassa olevat rakenteet mitata ja mallintaa, jos niistä ei ole jo valmiiksi olemassa olevaa mallia.

4.2 Haastattelututkimus

Haastattelututkimus toteutettiin teemahaastatteluna, jossa teemoja olivat haastattelun lähtökohta, inframallit omaisuudenhallinnassa, mallien tietosisältö, ohjeistuksen kehittäminen ja toteumamallien ja omaisuudenhallinnan kehittäminen. Haastattelututkimuksella pyrittiin saamaan laajaa näkökantaa aiheeseen ja siksi haastateltavina oli rakentajia, suunnittelijoita, ohjelmistokehittäjiä, toimijoita kunnossapidosta ja omaisuudenhallinnasta sekä infratöiden tilaajia. Haastattelut toteutettiin pääosin ryhmähaastatteluina 2–4 henkilön ryhmissä, mutta osa toteutettiin kiireisten aikataulujen takia myös yksilöhaastatteluna.

Haastatteluihin osallistui yhteensä 20 henkilöä. Heistä kaksi oli urakointiyrityksen työjohtajia, kolme suunnittelutoimiston konsultteja, tietoliikenneverkkojen rakennuttaja, sähköverkon suunnittelija, sähköverkon käytöstä vastaava, vesilaitoksen verkoston rakentamisen ja kunnossapidon johtaja, Tampereen kaupungin kartoittaja, kaksi kaupunkimallin ylläpidon/tiedonhallinnan vastaavaa, kaukolämmön verkostopäällikkö, ohjelmistoasiantuntija, raitiotien kunnossapitovastaava, Tampereen kaupungin suunnittelija, kaksi Tampereen kaupungin rakennuttajaa ja kaksi Tampereen kaupungin infraomaisuudenhallinnasta vastaavaa henkilöä.

4.2.1 Lähtökohta

Haastateltavien kokemus infrarakennusalta vaihteli muutamasta vuodesta kymmeneen vuosiin. Myös kokemus ja tietoisuus toteumamalleista ja muista 3D-malleista oli vaihtelevaa.

Haastateltavista vain osa oli toiminut toteumamallien parissa omissa työtehtävissään. Ainoastaan Tampereen kaupungin rakennuttajat, osa suunnittelijoista, kaukolämmön verkostopäällikkö, Arkance Systemsin ohjelmistoasiantuntija sekä Tampereen kaupungin tiedonhallinnan vastaavat olivat tehneet töitä varsinaisten toteumamallien parissa. Kaikki haastateltavat olivat kuitenkin tehneet jotain toteumamalleihin liittyviä töitä, kuten toteutusmalleja tai käsitelleet tarkemittausaineistoa.

Suurin osa haastateltavista, ketkä olivat käyttäneet toteumamalleja, piti niiden käyttöä harvinaisena ja sanoi käyttäneensä sitä vain yhdessä tai kahdessa hankkeessa. Toteumamallien ja muiden mallien käyttö nähtiin kuitenkin hyödyllisenä ja lähes kaikki olivat sitä mieltä, että tulevaisuudessa niiden käyttö tulee todennäköisesti lisääntymään.

4.2.2 Inframallit omaisuudenhallinnassa

Infraomaisuuden hallinnan nykytila

Infraomaisuudenhallinta ja hallintatyökalut vaihtelivat organisaatioiden välillä. Tampereen kaupungilla omaisuudenhallintaa johtaa infraomaisuudenhallinta-yksikkö, joka koostuu monesta erillisestä osasta eli on siiloutunut. Kaikki Tampereen kaupungin haastateltavat pitivät siiloutumista haastavana omaisuudenhallinnan näkökulmasta. Kaikilla osastoilla on omat tarpeensa ja siksi on vaikea tietää, mitä tietoa mikäkin osasto tarvitsee

ja millä ominaisuuksilla. Siiloutuminen vaikeuttaa omaisuudenhallintaa ja sen kehittämistä, eivätkä nykyiset toimintatavat tue mallipohjaisen omaisuudenhallinnan saavuttamista.

Tampereen kaupunki hallitsee tietoja pääosin 2D-muodossa muun muassa Trimble Connect ja Locus järjestelmissä. Kaupungin tiedonhallinnan haastateltava kertoi, etteivät järjestelmät tue ominaisuuksiltaan kovinkaan hyvin omaisuudenhallinnan tarpeita. Kaupunki onkin ottanut kokeiluun myös muita järjestelmiä, kuten QGIS ja PostgreSQL järjestelmät. Uudet järjestelmät tarjoavat paremmat tietovarannot ja kokeilut ovat tois- taiseksi olleet onnistuneita. Osittain järjestelmien vanhanaikaisuuden vuoksi suurin osa kaupungin omaisuudesta on järjestelmissä 2D-muotoisena, mutta esimerkiksi maatut- kaukukset ja laserkeilaukset saattavat olla järjestelmässä 3D-muodossa. Tiedonhallinnasta vastaavat haastateltavat kertoivat, miksi mallien käyttö omaisuudenhallinnassa koetaan haastavaksi. Tietomallit ovat yleensä raskaita, joten niiden käyttäminen on haastavaa. Kaupungin valaistuksen infrahallintavastaava kertoi myös, että mallien käyttöönotto osaksi omaisuudenhallintaa on pitkä prosessi, kun mallintamataonta omaisuutta on pal- jon.

Tampereen raitiotien omaisuudenhallinta tapahtuu enimmäkseen *Infrakit*-järjestel- mässä, jossa aineisto on pääosin 2D-muotoista tietoa, mutta sisältää myös 3D-muotoista tarkemittausaineistoa. Infrakit-järjestelmässä ei ole varsinaisesti mallipohjaista aineistoa eikä tietomalleja juurikaan käytetä raitiotien omaisuudenhallinnassa. Karttapohjaisen 2D-aineiston lisäksi Tampereen raitiotien omaisuudenhallinnassa käytetään kaapelikai- vojen 360-kuvia. Näitä käytettäessä kaivoa ei aina tarvitse mennä katsomaan paikan päälle, vaan sitä voidaan tarkastella tietokoneelta. 360-kuvien käyttäminen säästää työ- aikaa erityisesti talvella kaivojen ollessa jäässä. Haastateltava kertoi, että samankaltai- sesta 360-aineistosta olisi hyötyä varmasti myös muissa kohteissa.

Kaukolämmön, vesilaitoksen ja sähkölaitoksen haastateltavat kertoivat, että heillä omai- suudenhallintaan käytetään Trimble NIS-järjestelmää. Trimble-NIS järjestelmä on kaikilla edellä mainituilla verkonomistajilla pääjärjestelmänä. Pääjärjestelmästä voidaan tarvitta- essa siirtää tietoa muihin järjestelmiin. Ohjelmistokehittäjä kertoi, että eri organisaatioilla on useita omaisuudenhallintajärjestelmiä. Jotkut käyttävät Cad-pohjaista järjestelmää, jotkut paikkatietopohjaista pilvipalvelua ja joillakin voi olla räätälöity järjestelmä.

Kaukolämpöverkkojen omaisuudenhallinnassa hyödynnetään tietomalleja ja omaisuus- tieto pyritään pitämään tietomallimuodossa. Vesi- ja sähkölaitoksen haastateltavat ker- toivat omaisuustiedon olevan pääosin 2D-muotoista, mutta osaan tiedoista on saatu li-

sättyä myös korkotieto. Vesi ja sähkölaitoksen haastateltavat kertoivat myös kokeilleensa pilottikohtaista sekatodellisuus aineistoa, jossa maanalaisia rakenteita voitiin tarkastella paikan päällä puhelimen avulla ilman että niitä tarvitsi kaivaa esiin. Kumpikaan testaajista ei kokenut sen tuovan suurta hyötyä omaisuudenhallintaan tai kunnossapitoon. Haastateltavat kertoivat, että Suomessa eri vesihuolto- ja kaukolämpöorganisaatioilla omaisuudenhallinnan mallinnuksessa on paljon vaihtelua ja varsinkin pienemmissä organisaatioissa mallintaminen on vähäisellä tasolla.

Tietoliikenneverkon rakennuttaja kertoi operaattorien omaisuustiedon olevan lähes täysin 2D-muotoista, eikä korkotietoa välttämättä tallenneta järjestelmiin, vaikka se olisikin mitattu. Järjestelmiin tuotu vanha tieto on siirretty vanhoista järjestelmistä sellaisenaan uusiin järjestelmiin ja osa vanhoista tiedoista on digitoitu käsin. Nykyisten putkien sijaintia ei kartoiteta, jos putkiin ei kohdistu toimenpiteitä. Tällä hetkellä käytössä olevat omaisuudenhallintajärjestelmät ovat karttapohjaisia järjestelmiä, jotka voiva sisältää passiivista ja aktiivista tietoa. Käytössä olevia järjestelmiä ovat esimerkiksi KeyPron KeyCom. Operaattorien omaisuudenhallintajärjestelmistä voidaan saada tarkempaa sisäistä tietoa kaapeleiden sijainnista ja kulusta, joka helpottaa muun muassa katkoksien tiedottamisessa.

Rakentajilla ja suunnittelukonsulteilla ei ole samankaltaista infraomaisuutta kuin kaupungilla ja verkostojen omistajilla. Suunnittelussa projektikohtainen omaisuudenhallinta tapahtuu projektihakemiston ja tietomallipalvelimen avulla. Projektihakemistossa on pääasiassa kaikki dokumentit ja 2D-pohjainen aineisto ja tietomallipalvelimella 3D-pohjainen aineisto. Kummatkin ovat haastavia hallita, eikä tietoa löydä niistä helposti. Rakentajat hallitsevat omaisuutta rakentamisen ajan, jonka jälkeen rakennettu omaisuus luovutetaan tilaajalle.

Omaisuudenhallinnan tietotarpeet

Kaupungin infrahallinnan haastateltavat kertoivat, että omaisuudenhallintaan tarvitaan rakennetun kohteen laatutietoa, tietoa materiaalista, rakentamisvuodesta ja sijainnista. Tampereen kaupungin omaisuudenhallintajärjestelmässä on esimerkiksi katujen pinta- ja pituustiedot ryhmiteltynä kunnossapitoluokittain. Monet kunnossapidon kannalta hyödylliset tiedot saadaan kerättyä rakentamista seuraavien vuosien aikana. Tällaista tietoa ovat esimerkiksi katujen asfalttipintojen kuntoarviointi ja painumisen seuraaminen. Raitotien kunnossapidon haastateltava kertoi omaisuudenhallintaan tarvittaviksi tiedoiksi sijaintitiedon, määrätiedon, mistä rakenne on hankittu ja paljonko se on maksanut.

Tampereen kaupungin tiedonhallinnasta vastaavat haastateltavat sekä vesilaitoksen, kaukolämpö- ja sähköverkon haastateltavat kertoivat kaiken tiedon olevan hyödyllistä.

Tietohallinnan vastaava oli sitä mieltä, että kaikki informaatio rakenteista tulisi kartoittaa ja viedä omaisuudenhallintajärjestelmiin. Tiedonhallinta toivoi myös, että tulevaisuudessa tiedonsiirto olisi standardoitua ja automatisoitua, jotta aikaa ei kuluisi siihen, että ihminen yrittää poimia aineistosta kaiken tarvitsemansa tiedon.

Kaukolämpöyhtiön verkostonjohtaja kertoi, että omaisuudenhallintaan tarvitaan sijainti (x, y, z), geometria ja putkien ominaisuustiedot. Tyyppi, materiaali, rakennusvuosi ja putken karheustiedot. Passiivisten tietojen lisäksi kaukolämpöverkostojen omaisuudenhallinnassa käytetään aktiivista tietoa, kuten kaivojen olosuhdemittaus (lämpötila, kosteuspitoisuus, vedenpinnan korkeus) ja putkien olosuhdetiedot (paine, lämpötila ja paineero). Kaukolämpöverkoston laitteille tehdään myös kriittisyystutkimusta, jonka pohjalta kunnossapitoväli määräytyy. Omaisuustietojen pohjalta voidaan tarkastella esimerkiksi peruskorjauksen ajankohtaa tai tehdä verkostolaskentoja.

Vesihuollossa myös olosuhdetiedot, kuten tieto maaperästä voi olla hyödyllinen, koska vesihuollon putket ovat yleensä syvällä maan alla. Tietojen avulla voidaan löytää ongelmille yhteyksiä, jos esimerkiksi huomataan, että tiettyssä maaperässä tietynlaiset putket rikkoutuvat arvioitua nopeammin. Vesi- ja sähkölaitokset seuraavat myös verkostostaan aktiivista tietoa, kuten sähkönsäältä lämpötilaa, keskilämpötilaa ja osittaispurkauksia. Aktiivisten tietojen seuraaminen pienentää ja vähentää keskeytyksiä ja niiden aikoja.

Myös tietoliikenneverkkojen omaisuudenhallinnassa tarvittaviksi tiedoiksi mainittiin sijaintitieto, koko, materiaali ja rakennusvuosi. Tietoliikenneverkon omaisuudenhallinnassa tieto rakenteen tilasta, kuten käytössä, vuokralla tai käytöstä poistettu, on tärkeää. Tietoliikenneoperaattorien järjestelmät sisältävät tiedon mm. kaapeleiden suojaamistavasta (kouru, putki, suojaamaton). Vaikka tietoliikenneverkkojen omaisuudenhallinnassa ei käytetä juurikaan korkotietoja, olisi ne haastateltavan mielestä hyvä saada mitattua. Toisinaan maanpinnan korkeuden muutoksen vuoksi kaapelien sijainti saattaa olla todellisuudessa kaukana ohjeistuksen mukaisesta 70 cm etäisyydestä maanpintaan.

Haastattelujen yhteydessä monet haastateltavat pitivät tärkeänä, että malli pitäisi sisältää myös tiedon sen luotettavuudesta. Koska mallien tuomana yhtenä etuna onkin paremman ja laadukkaamman tiedon mahdollistaminen, on tärkeää, että tietoon voidaan luottaa. Omaisuudenhallinnan kannalta myös kuvien ottaminen rakennetuista rakenteista koettiin monessa haastattelussa hyödylliseksi.

Tietoliikenneverkon sekä sähkö- ja vesilaitoksen haastateltavat kertoivat, että myös tieto ympäröivistä muiden tahojen omistamista maanalaisista rakenteista on tärkeää. Myös rakentajien ja Tampereen kaupungin infrahallinnan haastattelussa nousi esiin tiedon

tarve ulkoisista organisaatioista. Haastateltavat kokivat, että tällä hetkellä ulkoisia organisaatioita on todella paljon ja tietoa joudutaan hakemaan monesta paikasta jopa saman organisaation sisällä. Myös tiedon laatu vaihtelee paljon eri organisaatioiden välillä. Kuvat rakennetuista rakenteista voisivat auttaa laadunvarmistuksen lisäksi myös tulevissa kunnossapitotöissä.

Kaupungin haastateltavat ja urakointiyrityksen työnjohtajat miettivät, että olisi hyvä, jos kaikki maanalaiset rakenteet olisi koottu samaan tietopankkiin, jotta tiedon hakeminen helpottuisi ja suunnitelmien lähtötiedot olisivat mahdollisimman tarkkoja. Haastateltavat myös ymmärsivät miksi tämä ei välttämättä toimi, koska kaikkea tietoa ei haluta jakaa avoimesti ja liian avoin tiedon jakaminen saattaa lisätä terrorismin ja yleisemmin väärinkäyttämisen riskiä. Urakoitsija pohtikin, että jos tällainen pankki olisi olemassa täytyisi sen käyttämisestä pystyä valvomaan ja tarvittaessa tarkistamaan kuka on hakenut mitään tietoa tietyllä alueella, jos alueella ilmenee terrorismista aiheutuvia häiriöitä.

Omaisuuksien tiedon päivitys ja ylläpito

Raitiotien kunnossapidosta vastaava haastateltava esitti, että aluksi mallien luonti kuuluu rakentajan vastuulle. Rakentaja luovuttaa mallin rakenteen omistajalle, joka on tämän jälkeen vastuussa mallin päivittämisestä ja omistuksesta. Ennen rakentamis- tai kunnossapitotoimia rakentajan tulisi pitää rakenteen omistajan kanssa palaveri, jossa voidaan käydä läpi, millaista aineistoa alueella on ja mitä tietoja sen päivittämiseen tarvitaan rakentamisen yhteydessä. Kun rakentajalla on tiedossa, mitä tietoja rakenteen omistajalle luovutetaan voi rakenteen omistaja päivittää omat mallinsa luovutettujen tietojen avulla.

Kaukolämmön, vesilaitoksen, tietoliikenteen ja sähkön haastateltavat kertoivat omaisuustiedon päivittämisen olevan jatkuvaa ja tarkoituksena on pitää verkostotieto ajan tasalla. Ohjelmistoasiantuntija kertoi, että joillakin laitoksilla päivittäminen ja hallinta voi olla ulkoistettua ja tiedon päivittämisessä on organisaatiokohtaista vaihtelua. Jotkut päivittävät tietoja viikoittain, jotkut kuukausittain ja joissakin vesilaitoksissa tiedot päivitetään vain kesällä.

Mallien hyödyntäminen kunnossapidossa

Kaikki haastateltavat kertoivat, että malleja ei hyödynnetä tällä hetkellä kunnossapidossa tai niiden hyödyntäminen on vähäistä. Tämä johtuu haastateltavien mukaan monesta asiasta. Yksi suurimmista syistä vähäiseen käyttöön on mallien vähäinen määrä ja osaimisen puutteellisuus. Itse malleihin liittyviä ongelmia ovat puutteet tietomallien sisällön määrässä ja kattavuudessa sekä luotettavuudessa. Mallit eivät varsinkaan risteämäkohdissa ole yleensä tarpeeksi tarkkoja ja vastaa riittävän hyvin todellisuutta, joten niiden hyödyntäminen ei tuo kunnossapidolle lisäarvoa.

Kaikki haastateltavat olivat myös sitä mieltä, että kaikki mallien tuomat mahdollisuudet kunnossapitoon eivät ole tiedossa. Haastateltavilla oli näkemyseroja mallien käytöstä tulevaisuudessa. Varsinkin kaupungin ja urakoinnin haastateltavat olivat sitä mieltä, että malleja tullaan tulevaisuudessa hyödyntämään myös kunnossapidossa ja ne tulevat auttamaan kunnossapitotoimissa, mutta lähes kaikki yhdyskuntateknisten laitteiden omistajat suhtautuivat ajatukseen epäluuloisesti. Varsinkin tietoliikenne- ja sähkökaapelien kunnossapidossa mallien käytölle ei nähty suurta tarvetta, koska maanalaisia kaapelit eivät varsinaisesti vaadi kunnossapitoa, koska verkostossa ei ole maanalaisia liikkuvia osia. Johtoihin käytännössä kosketaan vasta, kun ne tulevat käyttöikänsä päähän. Kaikki haastateltavat kokivat, että malli voisi tuoda hyötyjä varsinkin kaivuutöihin, mutta jotkut haastateltavat olivat sitä mieltä, että mallien tuoma hyöty kunnossapitoon on silti vähäistä. Tietomallien hyödyntäminen kunnossapidossa vaatisi kunnossapitäjiltä ja rakentajilta osaamista ja tietomallia tukevaa teknologiaa.

Tampereen kaupungin tiedonhallinnan ja mittauksen haastateltavat kertoivat, että vaikka varsinaisia 3D-malleja ei hyödynnetä kunnossapidossa, niin 3D-dataa voidaan hyödyntää. He pohtivat myös, että tavallaan kunnossapidon nykytilan kartoituksessa voitaisiin hyödyntää esimerkiksi kaupungin Mesh-mallia eli kolmiulotteista kolmioverkkomallia. Varsinainen mallien hyödyntäminen on kuitenkin vähäistä ja kunnossapidossa mallien tietosisällölle on enemmän tarvetta kuin visuaalisesti tarkalle mallille. Siksi haastateltavat miettivät, että tulevaisuudessakaan juuri mallipohjaiselle kunnossapidolle ei varsinaisesti ole tarvetta.

Tampereen infrahallinta ja urakoinnin työnjohtajat uskoivat tietomallien tuovan tulevaisuudessa hyötyjä varsinkin koneohjaukseen. Haastattelijat kokivat, että mallista voisi olla erityistä hyötyä ahtaissa kohdissa ja rakenteiden risteämissä. Ratasuunnittelija nosti esiin, että ratamallin geometriaa voidaan myös hyödyntää ainakin raidesepelin vaihdon yhteydessä. Raitotien kunnossapidon ja Tampereen kaupungin tiedonhallinnan haastateltavat nostivat esiin myös mallien tuoman hyödyn kaivantojen maa-ainesmäärien laskennassa ja suunnittelussa. Koska mallipohjainen kunnossapito vaatii aukottoman mallin, vaatii se vielä pitkää kehitystyötä. Kehitystä voidaan edistää viemällä järjestelmään malleja kohta kerrallaan niin kauan, kunnes koko verkosto saadaan mallinnettua.

Luovutusaineisto ja lähtötiedot

Tampereen kaupungin infrahallinnan haastateltava kertoi, että edes kaikista uusista rakenteista ei tällä hetkellä saada tarpeeksi tarkkaa ja täsmällistä tietoa resurssipuutteen takia. Urakoinnin työnjohtaja sanoi tarketiedon laadun vaihtelevan tekijöiden välillä ja

vaikka risteämäkohdista otetaankin tarkempia mittauksia, ei tarkeaineiston pohjalta tehdyn mallin tarkkuus ole silti riittävän tarkka vastaamaan todellista tilannetta.

Suunnittelija kokivat lähtöaineiston laadun, formaatin ja tarkkuuden vaihtelevan todella paljon ja vaikka lähtötietoihin olisi merkittynä korkotieto ei siihen välttämättä voida luottaa. Lähtötiedon formaatti voi olla pdf, excel, tai dwg-muodossa tai jonkunlaisena piste-pilvenä. Korkotieto on yleensä mukana vain mittausaineistossa. Suunnittelijat toivoivatkin, että mittausaineistossa olisi määriteltynä korkeusjärjestelmä ja mittaustapa sekä tieto rakenteen kohdasta, josta korko on mitattu. Myös mittaustavan tulisi olla yhteneväinen, etteivät eri mittaajat ota sijaintitietoja putken eri kohdista. Ratasuunnittelija kertoi, että Velho-järjestelmä antaa mahdollisuuden pintojen tallennukseen, joten tulevaisuudessa mallipohjaisen lähtötiedon saaminen saattaa olla mahdollista.

Tampereen vedellä lähtötiedot annetaan dwg, shape tai pdf-muodossa ja omiin hankkeisiin pdf:nä. Kaikissa mukana viemärien korkotiedot ja dwg:ssä mukana myös vesijohtojen korkotietoja.

4.2.3 Mallien tietosisältö

Mallien tietosisältö ja sen puutteet omaisuudenhallinnan ja kunnossapidon kannalta

Tampereen kaupungin valaistuksen omaisuudesta vastaavan henkilön mukaan sijaintitieto, koko ja kartoitustyypit on nykyään hyvin saatavissa. Mahdollisiksi puutteiksi omaisuudenhallinnan kannalta nousivat putken kestävyteen liittyvät tiedot, kuten putken tarkka materiaalitieto, jäykkyys ja kestävyys. Tällä hetkellä Tampereen kaupungin valaistuksen omaisuudenhallintajärjestelmässä ei myöskään ole määriteltynä putken laatu-tietoja, mutta haastattelija koki, että ne voisivat tulevaisuudessa olla hyödyllisiä.

Kaupungin tiedonhallinnasta vastaavan mielestä malleissa ei ole tällä hetkellä riittävästi tietoa ja mallit ovat enemmän tehty sitä varten, että niitä on kiva katsoa. Malleihin olisi hyvä saada sisällytettyä kaikki tieto, joka halutaan viedä seuraavaan vaiheeseen. Tietosisältö ja sen merkitseminen olisi hyvä saada standardoitua niin, että kaikki ihmissilmällä nähtävä tieto olisi myös tietokoneelle ymmärrettävää. Esimerkiksi mallissa oleva kadun reunaviivan tulisi tietää minkä kadun reunaviiva se on, kummalla puolella katua se on ja mikä on sen korkeusasema. Ihmissilmällä nämä asiat voi nähdä heti, mutta malleista kyseiset tiedot vielä puuttuvat. Standardointi auttaisi myös mallien yhtenäistämässä ja helpottaisi tiedonsiirtoa.

Kaupungin rakennuttajat sanoivat tietosisällön puutteiksi korkotiedon puuttumisen. Haastateltavat kertoivat, että johtoyhtiöt eivät saa korkotiedoista hyötyjä, eikä kaupungin ole järkevä mitata muiden omistamien rakenteiden korkotietoja omiin järjestelmiin. Kaupungin suunnittelija sanoi, että joissakin hankkeissa vaaditaan tarkempia metatietomäärittäyksiä, kuten luokka, tyyppi, päivämäärä, yritys ja aineiston yhteyshenkilö. Haastattelijan mielestä samanlaista metatietomäärittäystä olisi hyvä yleistää ja saada laajempaan käyttöön.

Myös konsulttitoimiston suunnittelijat kertoivat, että malleissa olisi hyvä olla jonkinlainen metatietomäärittäminen, että mallia ja sen käyttäytymistä voisi ymmärtää paremmin. Metatietomäärittämisestä olisi hyvä käydä ilmi kuka mallin on tehnyt ja miten. Metatiedon ei välttämättä tarvitsi olla juuri malleissa vaan mallin yhteydessä olevassa toteumamalliselostuksessa. Suunnittelijoiden kannalta mittauksesta saatavat tiedot riittäisivät hyvin tulevien kohteiden lähtötiedoiksi.

Raitiotien kunnossapidon haastateltava kertoi, että tiedot omaisuudenhallintajärjestelmissä ovat usein suurpiirteisiä ja esimerkiksi kaapelipatterin tiedoissa ei lue paljonko putkia on ja kenen putket ovat. Tämä tieto joudutaan hakemaan muuta kautta, johon kuluu taas ylimääräistä aikaa. Haastateltava kertoi, että erityisesti raitiotieympäristön rakenteista olisi tärkeää saada kaikki tieto tarkasti kerättyä. Raitiotiekatko ei saa olla kuin muutaman tunnin, joten kunnossapitotöitä tehdessä ei saisi tulla yllättäviä tilanteita. Tärkeimpinä tietoina toteumamallille haastattelija kertoi tarkat tiedot sijainnista ja koosta.

Kaukolämpöverkoston haastateltava kertoi, että varsinkin muiden omistamista laitteista puuttuu usein korkeustieto. Haastateltava kertoi, että kaukolämpöverkoston mallit ovat pääosin riittävän kattavat tietosisällöltään ja ainoastaan vahojen rakenteiden korkeustieto saattaa puuttua. Korkeustiedon epävarmuus aiheuttaa ongelmia varsinkin, jos tietoa pitää luovuttaa kolmannelle osapuolelle, koska putken malli saattaa epävarman korkeustiedon takia kulkea jopa maan päällä.

Myös muiden verkostojen omistajat sanoivat saavansa pääosin kaikki tarpeelliset tiedot omaisuudenhallintaa varten. Vesihuoltolaitoksen haastateltava kertoi, että vanhemmista rakenteista puuttuu korkotieto. Sähkölaitoksen ja vesihuoltolaitoksen haastateltavat pohivat, että tarkempia tietoja komponenteista olisi kuitenkin hyvä olla, jos esimerkiksi jokin tietty osa rikkoutuu liian nopeasti. Tarkempia tietoja voisivat olla esimerkiksi rakenteen valmistajasta ja valmistuserästä.

Tietosisällön määrittely

Infran hallinnan haastateltava kertoi, että Tampereen kaupungilla on tarkat ohjeet valaistuskabelien tietosisällön määrittelylle. Ohjeistus kattaa muun muassa koon muutoksen koodauksen. Kaupungin rakennuttajat kertoivat, että näin ei kuitenkaan ole suurimmassa osassa tapauksia. Haluttu tietosisältö on pääosin yleisellä tasolla tiedossa, mutta rakennuttajat kertoivat, että urakoitsija ei yleensä tiedä mitä kaikkia tietoja olisi hyvä luovuttaa, kun niitä ei ole tarkasti määritelty. Olisi myös hyvä, että uusiin rakenteisiin kohdistuvan tiedon lisäksi olisi määritelty tiedot vanhojen rakenteiden mahdollisista muutoksista.

Kaupungin tiedonhallinnasta vastaava haastateltava kertoi, että YIV-ohjeistus ei ole omaisuudenhallinnan näkökulmasta riittävän kattava eivätkä mallit yleensä ole edes YIV-ohjeistuksen tasolla. Kaupungin omilla ohjeistuksilla voitaisiin saada tilanteeseen parannusta, mutta olisi kuitenkin hyvä, että kaikki malleihin liittyvät ohjeet olisivat samat koko maassa.

Konsulttitoimiston suunnittelijat olivat sitä mieltä, että tietosisältö olisi aina hyvä määritellä tarkasti. Yleensä tilaajilta tulee tarkat vaatimukset mitä tietoa ja missä muodossa halutaan, mutta erityisesti yleisissä ohjeissa olisi kehitettävää. Ohjeet voivat antaa tietosisällölle monesti liian tarkat vaatimukset, joita ei ole järkevä tehdä. Toisaalta taas kunnossapidon ja omaisuudenhallinnan kannalta olennaisia tietoja kuitenkin puuttuu. Ohjeet saattavat antaa tietosisällölle myös määrittelyjä, joita nykyisillä ohjelmistoilla ei ole mahdollista tehdä.

Raitiotien luovutusaineiston tiedoille on tehty omat vaatimukset, mutta kunnossapitäjä kertoi haastattelussa, että vaatimukset eivät ole olleet riittävät. Haastateltava kertoi, että monia asioita joutuu edelleen etsimään eri paikoista, koska tietosisällön vaatimukset ovat puutteelliset. Vaatimuksia on myös muutettu hankkeen edetessä ja niitä voidaan vielä jatkossakin parantaa.

Kaukolämpöverkoston, sähkölaitoksen ja vesilaitoksen haastateltavat kertoivat, että vaatimukset tietosisällölle ovat hyvällä tasolla ja kaikki haluttu tieto saadaan mittauksista. Tampereen vedellä on ohjeistuksensa mittaukseen, sähkö, kaukolämpö- ja tietoliikennelaitteet mitataan haastateltavien mukaan valtakunnallisten ohjeiden mukaisesti.

Ohjelmistoasiantuntijan mielestä olisi hyvä, että tilaajan ja urakoitsijan välillä liikkuisi dokumentaatiota siitä, mitä tietoa rakenteesta pitäisi saada. Tilaaja on kyllä yleensä tietoinen mitä tietoa tarvitsee, mutta tieto ei kuitenkaan aina välity urakoitsijalle saakka. Tiedon heikkoon kulkuun voi olla monia syitä, kuten teknologia, formaatti, kommunikaatio tai joku muu.

Ohjelmistojen rajoitukset tietosisällölle

Tampereen kaupungin rakennuttajat ja suunnittelija kertoivat, että ohjelmistot tukevat heidän näkemyksensä mukaan hyvin mallien käyttöä ja niiden tietosisältöä, mutta suurin ongelma kohdistuu ohjelmistojen käyttöön. Työkalut saattaisivat taipua tarkemman tiedon lisäämiseen, mutta osaaminen ei. Ohjelmistot ovat usein monimutkaisia ja hankalia käyttää, eikä niiden opetteluun riitä yleensä aikaa. Varsinkin jos kohteesta tarvitaan tarkempaa tietoa, on helpompi katsoa tieto 2D-kuvista. Mallipohjaiset järjestelmät on kuitenkin koettu hyödyllisiksi rakennuttajan kannalta, mutta niiden harvinaisuuden takia niiden käyttäminen on haasteellista ja vaatii paljon ylimääräistä aikaa.

Konsulttitoimiston suunnittelijat kertoivat, että ohjelmistot rajoittavat ainakin joidenkin tietojen lisäämistä malliin. Haastateltava kertoi, että tiedonsiirtostandardi antaa laajemmat mahdollisuudet tiedonsiirtoon kuin ohjelmistot. Suunnittelijat kertoivat myös, että erityisesti ohjelmistojen välisessä tiedonsiirrossa on haasteita ja epävarmuuksia. Vaikka ohjelmaan saadaankin syötettyä tiettyjä ominaisuustietoja, ei ohjelma välttämättä osaa tulostaa niitä sellaiseen muotoon, että ne olisivat myöhemmin luettavissa jossain toisessa ohjelmassa.

Kaupungin tiedonhallinnasta vastaavat haastateltavat sekä ohjelmistoasiantuntija kertoivat ohjelmistojen tukevan tietosisältöä vaihtelevasti. Osa ohjelmista ja formaateista vaatii tiettyjä ominaisuustietoja, mutta ohjelmat myös rajoittavat niitä.

Myös vesi- ja sähkölaitoksen haastateltavat kertoivat ohjelmistojen tukevan tietojen syöttämistä ja siirtämistä vaihtelevasti. Sähkölaitoksen haastateltavat kertoivat, että erityisesti toisten osapuolten kartoittaman tiedon vieminen omaisuudenhallintajärjestelmään on haastavaa. Koska tiedon siirtäminen on haastavaa ja vaatii paljon käsityötä, saataan kartoitus toisinaan tehdä samasta kohdasta kahdesti, jotta tiedonsiirron ongelmilta vältytään.

Raitiotien kunnossapidolla ei ole käytössä mallia tukevaa ohjelmistoa, joten ohjelmistot eivät myöskään tue mallien tietosisältöä. Nykyiset järjestelmät kuitenkin mahdollistavat tiedon lisäämisen eri rakenteille.

Kaukolämmön verkostojohdajan mielestä käytettävä ohjelmisto tukee hyvin tietosisältöä, mutta ohjelmistolla ei pysty tekemään kaikkia tarpeellista toimia. Osittain ohjelmiston kyvyttömyyden ja osittain tietojen puutteellisuuden takia ohjelmistossa ei ainakaan toislaiseksi pystytä tekemään mallipohjaista suunnittelua.

Tietoliikennekaapelien rakennuttaja kertoi, että operaattorien järjestelmissä tietosisältöä saadaan syötettyä hyvin, mutta 3D-visualisointiin järjestelmä ei taivu. Operaattorien järjestelmissä tietoja voidaan erotella myös värien perusteella. Esimerkiksi käytöstä poistetut, vuokratut ja käytössä olevat putket esitetään eri väreillä.

4.2.4 Ohjeistuksen kehittäminen

Yleisen ohjeistuksen kehittäminen

Yleisen ohjeistuksen kehittäminen keräsi haastattelijoilta lähinnä kahden tyyppisiä vastauksia. Toiset kertoivat, että olisi hyvä olla yleinen minimitason ohje ja toiset taas olivat sitä mieltä, että kaikki tieto tulisi ottaa talteen hankkeesta riippumatta.

Tampereen infrahallinnan haastateltavat kertoivat, että minimiohjeistuksen tason ei tulisi olla kovin korkea, jotta kaikilla olisi mahdollisuus tavoittaa se. Ohjeistuksen tulisi määritellä tietosisältö niin, että kuka tahansa pystyy tulkitsemaan aineistoa ja ymmärtämään mitä se pitää sisällään. Tietoliikenneverkon haastateltava kertoi, että minimiohje olisi hyvä olla olemassa, mutta operaattorien voisi olla vaikea noudattaa edes minimiä pienissä syrjäisissä kohteissa, kun mittaaajaa ei välttämättä ole heti saatavilla. Kaupungin rakennuttaja kertoi, että ohjeistuksen ei tulisi pitää sisällään tietoja, joilla ei tee tulevaisuudessa mitään.

Myös yleisen minimitason ohjeistuksesta syntyi haastattelijoiden kesken erimielisyyksiä. Infrahallinnan haastateltavat olivat sitä mieltä, että ohjeistuksen ei tulisi olla eri tasoista niin, että tilaaja voisi valita niistä jonkun, vaan että olisi yksi minimi, joka soveltuu kaikkeen ja jota voidaan sitten jatkojalostaa hankkeen mukaan. Minimivaatimuksen tulisi myös olla sidonnainen mittausohjeisiin, ettei ohjeiden välillä olisi ristiriitoja. Tampereen kaupungin rakennuttajat ja suunnittelija kertoivat, että eri tasot voisivat olla hyödyllisiä ja tasot voisi olla määriteltynä hankkeen koon lisäksi myös hankkeen tyyppin mukaan. Uudisrakennuskohteissa on usein erilaiset toimintatavat kuin kaupunkialueen korjaus ja kunnossapitotoimissa. Tampereen raitiotien kunnossapitäjä kertoi myös, että tasot voisi olla määriteltynä siten, että hankkeella on minimivaatimus, mutta pyritään pitämään yllä esimerkiksi keskitasoa.

Tampereen sähkölaitoksen, veden ja kaupungin mittauksen ja tiedonhallinnan haastatelijat olivat sitä mieltä, että kaikista kohteista olisi aina hyvä kerätä kaikki mahdollinen tieto. Vaikka tällä hetkellä ja lähitulevaisuudessa tietomäärät voivat vaihdella isojen ja pienien hankkeiden välillä hinta/hyöty-suhteen takia, olisi hyvä, jos tulevaisuudessa kaikista hankkeista kerättäisiin kaikki tieto, koska kehityksen takia ei voida tietää mitä tietoa tulevaisuudessa tarvitaan. Tiedonhallinnan haastateltaja kertoi myös, että tiedonsiirron

tulisi tulevaisuudessa olla automatisoitua, jottei valtavia tietomääriä jouduttaisi käsittelemään käsin.

Muut kehityskohteet vaihtelivat paljon haastateltavien välillä. Urakointiyrityksen työnjohtaja kertoi, että mittaustiedon laatu vaihtelee paljon, joten olisi hyvä, jos sitä voitaisiin tulevaisuudessa jotenkin valvoa. Valvontaa voitaisiin mahdollisesti edistää, jos ohjeistus määritteli tiedon kenelle aineisto toimitetaan, jonka jälkeen tiedon laatu tarkistettaisiin.

Konsulttitoimiston suunnittelijat, ohjelmiston kehittäjä ja kaupungin tiedonhallinnan vastaava kertoivat, että ohjeistuksia on jo tällä hetkellä paljon. Jos ohjeita tehdään lisää, ei niitä välttämättä tulla käyttämään, kun ei pysytä kärryillä mitä ohjetta tulee käyttää. Ohjelmiston kehittäjä pohti, että olisi hyvä, jos kaikki ohjeet ja vaatimukset olisi löydettävissä keskitetysti samasta paikasta ja siellä olisi selkeästi määritelty, mitkä ovat ohjeita ja mitkä vaatimuksia. Tällä hetkellä voi olla epäselvää, mikä on ohje ja mikä vaatimus, kun esimerkiksi YIV (yleiset inframallivaatimukset) on ohjeistus eikä vaatimus niin kuin nimestä voisi päätellä. Tähän liittyen haastateltava pohti, että olisi hyvä, jos alalla lisättäisiin yleistä tietoisuutta ohjeistuksiin liittyen esimerkiksi koulutuksilla tai muilla tilaisuuksilla.

Tiedonhallinnasta vastaava haastateltava kertoi, että lisäohjeiden tekemisen sijaan olisi hyvä, jos kehitettäisiin ohjaava sovellus. Sovellus voisi kertoa käyttäjälle mitä tietoja kohteesta tarvitaan ja se ohjaisi käyttäjää syöttämään rakenteesta oikeat tiedot. Kun sovellus huolehtisi tietojen syöttämisestä, ei ohjeistuksia ja vaatimuksia tarvitsisi jatkuvasti lukea tai muistaa ulkoa.

Tiedonhallinnan haastateltava pohti, että kehitystyö olisi tehokkainta, kun valittaisiin oikeasti tavoite, jota kohti halutaan kulkea. Kun tavoite olisi selkeä, voitaisiin tehdä kehitystyötä juuri tavoitteen saavuttamiseksi, eikä vain pienissä osissa, jotka eivät palvele kokonaisuutta.

Ohjeistuksen määrittelemät vastuut

Lähes kaikki haastateltavat olivat sitä mieltä, että ohjeen tulisi sisältää vähintään jollain tavalla vastuut mallin päivittämiseen ja tiedon lisäämiseen. Monet haastateltavat kertoivat kuitenkin, että ohjeistuksen ei tulisi määritellä vastuita kovin tarkasti henkilötasolla vaan lähinnä, että joku velvoitetaan katsomaan mallien laadun perään. Konsulttitoimiston suunnittelijat miettivät, että tiedon laatua voisi valvoa jokin ulkopuolinen taho, koska työtä mallien laadun selvittämisessä on paljon.

Kaupungin rakennuttajat kertoivat, että tiettyjen kohteiden rakentaminen saattaa toisinaan poiketa paljon suunnitelmista. Esimerkiksi valaistuksen ja liikennevalojen kohdalla todellinen sijainti voi vaihdella paljon suunnitellusta. Tällaiset poikkeamat olisi hyvä

saada eteenpäin ja päivittää suunnitelmamalleihin. Myös tällaisten poikkeamatilanteiden kannalta ohjeistuksen määrittelemät vastuut olisi hyvä olla tiedossa, koska muuten tiedot saattavat jäädä päivittämättä.

Haastatteluissa selvisi myös, että päävastuu tiedon päivittämiseen ja hallintaan tulisi olla omaisuuden omistajalla. Rakennus- ja kunnossapitotoimia tehdessä omaisuuden omistaja ei voi olettaa, että urakoitsija tai kunnossapidon henkilö osaa päivittää tiedot vaan lähinnä, että kyseinen henkilö kerää tiedot talteen ja toimittaa ne eteenpäin. Kaupungin tiedonhallinnan haastateltava kertoi, että tiedot olisi hyvä saada päivitettyä malliin linkitetyn toimenpidesovelluksen avulla. Kun sovellukseen syötettäisiin tarvittavat tiedot voisi omaisuudenhallinnan malli päivittyä automaattisesti, eikä muutoksien tekijä välttämättä edes tietäisi päivittävänsä mallia.

4.2.5 Toteumamallien ja omaisuudenhallinnan kehittäminen

Toteumamallien tietosisällön kehittämisen vaikutukset henkilötasolla

Monet haastateltavat pitivät hyötyinä tiedon määrän ja tarkkuuden lisäystä ja sen tuomaa varmuutta sekä tiedonhaun vähenemistä erityisinä hyötyinä toteumamallien tietosisällön kehittämisessä. Urakointiyrityksen työnjohtaja kertoi, että toteumamallien tietosisällön kehittäminen helpottaisi työn suunnittelua ja rakentamista sekä vähentäisi selvitystyöhön kuluvaa aikaa.

Suunnittelijat kokivat hyödyiksi, että lähtötiedon laatua voisi arvioida paremmin ja siihen voitaisiin oikeasti luottaa korkotietoa myöten. Myös lähtötiedoissa oleva tiedon määrä olisi tarkempaa ja sitä olisi enemmän, mikä helpottaisi suunnittelua. Haasteina suunnittelijat pitivät uuden opettelua ja työmäärän lisäystä, kun myös suunnittelijan tulee tuottaa tarkempaa tietoa. Ratasuunnittelija kuitenkin mietti, että työmäärä tuskin kovin paljoo lisääntyisi, koska toteumamallit tehdään samaan tarkkuuteen kuin toteutusmallit.

Raitiotien kunnossapidon haastateltava ajatteli hyödyiksi työnsuunnittelun paranemisen ja yllätyksien vähenemisen. Haasteiksi tai uhkaksi kunnossapidon haastateltava kertoi, että jos malleja ei päivitetä jatkuvasti, niiden tieto ei ole enää ajantasaista, eikä niihin voida jossain kohtaa enää luottaa.

Myös verkostoyhtiöt näkivät hyötyinä suunnittelun ja rakentamisen helpottumisen ja kaivuutöiden yhteydessä tulevien vahinkojen vähentämisen. Kaivuutöiden yhteydessä myös turvallisuus paransi ja ei-toivottuja keskeytyksiä tulisi vähemmän. Haasteina kaukolämmön verkostojohdaja piti lähtötiedon ja mittaustiedon laatua. Jos lähtötieto ei ole riittävän laadukasta, tulee myös tietomalleista ja niiden sisällöstä huonoa.

Operaattoripuolen rakennuttaja näki hyötynä sen, että oikeasti tiedettäisiin mitä maanpinnan alla on ennen kaivamista. Tällä hetkellä kaapeleiden rakentaminen tehdään pitkälti sillä periaatteella, että ne laitetaan sinne, minne mahtuu ja putket ja kaivot jopa päällekkäin. Varsinkin kaupunkialueilla kaivaessa ei tiedetä yhtään mitä löytyy. Haasteina operaattoripuolen haastateltava kertoi lisätyön, mittaajien määrän vähäisyyden ja osaamisen puutteen.

Kehityskohteet tietosisällölle ja prosesseille

Lähes kaikki haastateltavat kokivat, että tulevaisuudessa ala siirtyy enemmän kohti mallipohjaisia omaisuudenhallintamenetelmiä ja suurin osa kertoi myös edustamansa organisaation olevan halukas kehittämään niitä. Ainoastaan tietoliikennepuolen haastateltava oli sitä mieltä, että mallipohjaisesta omaisuudenhallinnasta ei välttämättä olisi suurta hyötyä kaikkialla, koska suunnittelu tehdään reittisuunnitteluna ja ei ole tarvetta tietää tarkasti mitä maan alla on. Malleista voisi kuitenkin olla hyötyä myös operaattoripuolella, varsinkin kaupunkialueilla ja risteämäkohdissa.

Kaupungin infrahallinnan haastateltavat pohtivat paljon mahdollisia kehityskohteita aiheeseen liittyen. Haastateltavat pohtivat, että tulevaisuudessa olisi hyvä, jos järjestelmästä voitaisiin rajata tietoa esimerkiksi ”näytä kaikki vuonna 2021 korjatut valaisinpylväät ja niiden kustannukset”. Tällöin järjestelmä rajaisi aineiston pylväisiin, joita on korjattu vuonna 2021 ja kertoisi niiden korjauksien kustannukset. Pylväistä olisi hyvä myös pystyä näkemään historiatietoa, jotta saadaan selville mitä korjauksia pylväälle on aikaisemmin tehty. Haastattelija kertoi, että historiatiedon syöttäminen on tälläkin hetkellä järjestelmän puolesta mahdollista, mutta sitä ei juurikaan toteuteta, vaan tieto jätetään organisaation nk. hiljaiseksi tiedoksi.

Tietosisältöä kehittäessä kaupungin infraomaisuuden haastateltavat kertoivat, että kohteista tulisi kerätä sellaista tietoa, jota voidaan oikeasti hyödyntää ja joka voi ohjata toimintatapoja. Haastattelijat antoivat aiheesta esimerkkejä

- Nykyteknologialla voidaan kerätä tietoa esimerkiksi tien liukkaudesta. Tiedolla, joka kertoo, että tietyllä tieosuudella on liukasta ei tehdä mitään, koska yhden osuuden takia ei ole järkevää muuttaa kunnossapitotoimia. Sen sijaan, jos havaitaan, että liukkaita on torjuttu tietyllä alueella, mutta sen alueen tiet ovat siitä huolimatta liukkaita, on syy tehdä toimia, muuttamalla liukkaudentorjuntatapaa.
- Valaisinpylväisiin on mahdollista luoda tieto jääpuikon pituudesta eri sääilmiöitä yhdistelemällä, mutta tiedolla ei todellisuudella tee mitään, koska ei ketään lähetä pudottamaan tuhansia jääpuikkoja.

On siis tärkeä miettiä, miten tietoa oikeasti käytetään. Miten prosessi muuttaa toimintaa ja käsityksiä. Tiedon kerääminen ja hallinta vaatii aina resursseja ja jos tietoa ei oikeasti pystytä hyödyntämään, ei sitä kannata kerätä.

Haastatteluissa myös muiden omistamien laitteiden tietomalleihin mietittiin kehityskohteita. Kaupungin infrahallinnan haastateltavat ja urakointiyrityksen työnjohtajat ajattelivat, että jo pelkkä 3D-malli muiden laitteiden omistajien rakenteista helpottaa työtä, mutta jos muille jaettavaan malliin lisätään tietoja, voivat alan toimintatavat kehittyä. Esimerkiksi jos muiden omistajien mallit näyttäytyisivät eri väreillä, riippuen niiden kunnossapitotarpeesta, voitaisiin ennen työtä nähdä, mitkä muut alueen rakenteet voisivat tarvita huolto- tai korjaustoimenpiteitä. Kun asiasta ilmoitettaisiin kyseisen laitteen omistajalle, vähenisivät molempien tahojen kustannukset, kun kadun kaivamiseen ja täyttämiseen kuluvat kustannukset voitaisiin jakaa.

Tampereen kaupungin rakennuttajat kertoivat, että tällä hetkellä kaikkea mallinnettua tietoa ei viedä kaupungin järjestelmiin eikä kaupunkimalliin. Olisi hyvä, jos tulevaisuudessa omaisuudesta tehdään tietomalleja, niin ne myös vietäisiin omaisuudenhallintajärjestelmiin.

Suunnittelijat ja kunnossapitäjät ajattelivat, että aktiivista tietoa olisi hyvä käyttää juuri tiettyjen kohtien tai ilmiöiden seuraamiseen. Suunnittelijat ajattelivat, että varsinkin vesihuoltoa suunniteltaessa olisi hyödyllistä tietää, kuinka paljon vettä on oikeasti virrannut putkessa tulvatilanteessa. Raitiotien kunnossapittäjä ajatteli, että aktiivista tietoa voisi käyttää varsinkin riskikohteiden tilan seuraamiseen, kuten tarkasteltaessa epävarmaa painumaa.

Järjestelmäympäristön kehittäminen

Melkein kaikki haastateltavat toivoivat, että ohjelmistoa olisi helppo ja yksinkertainen käyttää. Sen tulisi myös sisältää myös mahdollisimman monipuolisesti tietoja ja ne pitäisi olla helposti löydettävissä. Suunnittelijat miettivät, että olisi hyvä, jos olisi mahdollisimman vähän eri ohjelmistoja ja tiedonsiirto eri ohjelmistojen välillä olisi helppoa. Olisi myös hyvä, jos tiedostoja voisi tarkastella visuaalisesti jo ennen latausta, että tiedetään mitä tietoa saadaan.

Vesi- ja sähkölaitoksen haastateltavat pohtivat, että olisi hyvä, jos kaikki tieto löytyisi yhdestä järjestelmästä tai että yhden järjestelmän kautta vähintään pääsisi toisiin ohjelmiin. Jatkuvan kehityksen takia sähkölaitoksen haastateltava näki vaarana, että tulevaisuudessa järjestelmät pirstaloituvat entisestään. Sähkölaitoksen haastateltava pohti, että olisi hyvä, jos järjestelmää voisi kehittää niin, että siitä saataisiin piilotettua tasoja,

vähän kuten AutoCAD:issa. Tämä helpottaisi tulkintaa varsinkin keskustoissa, joissa maanpinnan alaista tavaraa on paljon. Kaukolämpöverkoston verkoston johtaja toivoi ohjelmiston myös mahdollistavan 3D-suunnittelun omaisuudenhallintajärjestelmässä.

Kaupungin tiedonhallinnan haastateltava pohti ohjelmistoa hieman erilaisesta näkökulmasta. ”Tulisi olla helppokäyttöinen, esimerkiksi jos ajatellaan infraomaisuudenhallintatyökalua, niin voidaan miettiä esimerkkiä pelimaailmasta. Kun rakennetaan, niin nähdään reaaliaikaisesti, miten paljon materiaaleja on jäljellä. Inventointi näkyy koko ajan reaaliaikaisesti. Samaa reaaliaikaisuutta olisi hyvä tuoda myös omaisuudenhallinnan järjestelmiin.” Täysin tarkka tiedon seuraaminen ei varmasti olisi olennaista, mutta jotain tuon tyylistä olisi hyvä saada myös omaisuudenhallintajärjestelmiin.

4.3 Tulosten vertailu kirjallisuustutkimukseen

Toteumamallien nykytila

Kirjallisuustutkimus antoi käsityksen siitä, miten toteumamallit tehdään ja mitä ne voivat sisältää. Kirjallisuustutkimuksessa toteumamallien käyttö omaisuudenhallinnassa todettiin olevan varhaisessa vaiheessa. Case-kohteessa rakennetuista rakenteista ei tehty toteumamalleja. Rakennetut kohteet tarkemmitattiin ja niistä kerättiin tietoja, mutta tietoja ei hyödynnetä tietomallimuodossa. Myös haastattelututkimus antoi samankaltaista tulosta. Suurin osa haastateltavista ei ollut juurikaan käyttänyt toteumamalleja ja kukaan ei pitänyt niitä yleisinä.

Kaikki tutkimukset tuottivat toteumamallien käytöstä samankaltaisia tuloksia. Toteumamallien käyttö on harvinaista ja sen hyödyllisyyttä ei nähdä tällä hetkellä riittävänä. Suurimpina esteinä toteumamallien vähäiselle käytölle nähtiin niiden vähäinen hyödynnettävyys, osaamispuute ja ylimääräinen pitkälti käsin tehtävä työ.

Omaisuudenhallinnan ja järjestelmien nykytila

Kirjallisuustutkimuksessa omaisuudenhallinnan nykytilan selvittämisessä tutkittiin myös hieman, millaisissa järjestelmissä tietoa hallitaan. Tietojärjestelmiä todettiin olevan lukuisia ja osan tiedoista olevan digitaalista ja osan perinteisessä paperisessä muodossa. Kirjallisuustutkimus antoi suuntaa siihen, että suurin osa omaisuudenhallinnasta tehdään digitaalisesti, mutta ei juurikaan mallipohjaisesti.

Myös case-kohde ja haastattelututkimus antoivat samankaltaisia tuloksia. Case-kohteen omaisuudenhallintajärjestelmä *Infrakit* mahdollistaa 3D-muotoisen aineiston tarkastelun, mutta ei tue mallipohjaista aineistoa. Case-kohteessa omaisuudenhallintaan käytettiin

apuna kaapelikaivojen 360-kuvia. Haastattelututkimuksessa eroa omaisuudenhallinta-järjestelmissä ja -tavoissa oli enemmän. Osa haastattelihoista kertoi omaisuudenhallinta-järjestelmän olevan pääosin mallipohjainen ja osa kertoi, sen olevan täysin 2D-muotoi-nen. Haastateltavat pohtivat myös, että varsinkin pienemmissä omaisuudenhallintayksi-köissä omaisuudenhallinta ei välttämättä ole edes digitaalista.

Omaisuudenhallinnan digitalisoitumisessa ja järjestelmissä on tulosten perusteella pal-jon eroja, mutta tällä hetkellä omaisuudenhallinta on vielä pääosin 2D-muotoista. Korko-tietojen tarpeellisuus kuitenkin nostettiin kirjallisuus- ja haastattelututkimuksessa esiin, joten omaisuudenhallinta siirtyy tulevaisuudessa varmasti ainakin kohti 3D:tä.

Tietomallipohjaisen omaisuudenhallinnan haasteet

Kirjallisuustutkimuksessa tunnistettiin useita haasteita tietomallipohjaiseen omaisuuden-hallintaan liittyen. Ongelmia havaittiin ihmisissä, prosesseissa ja teknologiassa. Suurim-pina yksittäisinä ongelmina esiin nousivat osaamisen puute, vääränlaiset toimintatavat, selkeän ja hyvän ohjeistuksen ja standardoinnin puuttuminen.

Case-kohde osoitti, että myöskään tiedon laatu ei välttämättä ole riittävän tarkkaa ja ris-teämäkohdissa putket saattavat törmätä. Muita ongelmia olivat, että kun vanhaa ole-massa olevaa omaisuutta ei mitata, voi se olla ristiriitaista uusien mittauksien kanssa. Jos ristiriitaisuuksia esiintyy, omaisuudenhallintajärjestelmiin tulee aukkoja ja päällekkäi-syyksiä.

Haastatteluissa erityisiksi haasteiksi nousivat osaamisen ja tiedon puute, tiedon laatu ja siiloutuminen. Suurin osa haastateltavista ei tiennyt miten malleja voisi hyödyntää omai-suudenhallinnassa tai kunnossapidossa. Jos tieto ei ole laadukasta, ei siihen voida luot-taa ja jos mallin lähtötiedot eivät ole laadukkaat, ei myöskään mallista tule laadukas. Yhtenä ongelmana nähtiin myös varsinkin kaupungin puolelta omaisuuden hajautumi-nen. Hajautumisen takia on vaikea tietää mitä tietoa kukakin tarvitsee.

Eri tutkimuksista nousi esiin useita ongelmia. Case-kohteesta ilmeni lähinnä teknologi-aan liittyviä haasteita, kun taas kirjallisuus- ja haastattelututkimuksessa haasteita havait-tiin myös osaamisen puutteessa ja toimintatavoissa. Haasteet olivat pääosin samankal-taisia, mutta eri tutkimuksissa haasteet ja niiden merkitys näyttäytyivät hieman eri tavalla.

Tietomallipohjaisen omaisuudenhallinnan mahdollisuudet

Kirjallisuustutkimus toi esiin monia tietomallien tuomia mahdollisuuksia. Yhtenä suurim-pana ja yleisimpänä mahdollisuutena nousi esiin tiedonhallinnan parantuminen. Muita esiin nousseita hyötyjä olivat kustannussäästöt, parempi kommunikointi ja omaisuuden tilan seuranta.

Case-kohde toi esiin lähinnä mallien tuomia visuaalisia mahdollisuuksia. Tietomallien avulla omaisuudesta saadaan selkeä kuva ja varsinkin maan alla olevien rakenteiden todellinen sijainti ja koko selkeytyvät. Haastatteluissa tietomallipohjaisen omaisuudenhallinnan lisäämisen hyötyinä nähtiin suunnittelun ja rakentamisen helpottuminen, selvitystyön väheneminen, laadun arvioinnin parantuminen, yllätyksien väheneminen ja turvallisuuden parantuminen.

Kirjallisuustutkimuksessa mahdollisuuksia tietomallipohjaiseen omaisuudenhallintaan löydettiin tiedonhallintaan, kustannuksiin ja prosesseihin liittyen. Haastattelututkimuksesta saadut tulokset käsittelivät lähes täysin rakentamista ja kunnossapitoa ja case-kohteessa lähinnä visuaalisia mahdollisuuksia. Tutkimusten tulokset mahdollisuuksista olivat siis melko erilaisia. Tulosten erilaisuus voi johtua siitä, että tietomallien mahdollisuuksia omaisuudenhallinnassa ei vielä kunnolla tiedosteta ja niiden mahdollisuuksia pohditaan yhä suunnittelun ja rakentamisen näkökulmasta.

Omaisuudenhallinnan tietotarpeet

Kaikista tutkimuksista saatiin selville mitä ominaisuustietoja toteumamallit pitävät sisälleen ja mitä niihin voisi lisätä. Kirjallisuustutkimuksessa esiin nousi todella paljon erilaisia tietotarpeita, joita omaisuudenhallintaan voisi liittyä. Haastattelututkimuksessa tietotarpeita tuli esiin vähemmän, mutta suurin osa haastatteluissa esiintyneistä tietotarpeista mainittiin useassa haastattelussa. Case-kohteesta tietotarpeita ei varsinaisesti tutkittu, mutta sen perusteella tieto voisi ainakin olla vielä tarkempaa.

Ohjeistus

Kirjallisuustutkimuksen perusteella saatiin selville, että toteumamalleihin liittyviä ohjeita ovat YIV, InfraBIM-nimikkeistö ja Inframodel tiedonsiirtoformaatti. Lisäksi ohjeistusta löydettiin kaupungeilta, organisaatioilta ja suurilta hankkeilta. Mallintamisohjeiden lisäksi on myös olemassa mittausohjeita ja määräyksiä, jotka liittyvät olennaisesti toteumamallien tekemiseen.

Case-kohteessa käytettiin monia erilaisia ohjeita. Mallinnukseen käytettiin Tampereen raitiotien omaa ohjetta, mittauksiin omia ohjeitaan sekä eri laitteiden omistajien omia ohjeita, kuten Tampereen kaupungin infra-alueiden teknisten järjestelmien sijaintikartoitusohjetta tai Tampereen Veden ohjetta. Myös haastatteluista selvisi, että alalla käytetään YIV-ohjeita ja omia ohjeita.

Tutkimukset osoittivat siis, että ohjeita on paljon ja voi olla vaikea tietää mitä ohjetta tulisi milloinkin käyttää. Ohjeet eivät myöskään ole kaikilta osin riittävän kattavia, mutta joiltakin osin ne taas ovat liiankin tarkkoja. Myös ohjeistuksien selkeydessä voisi olla kehitettävää, jotta tiedettäisiin mitkä ovat oikeasti ohjeita ja mitkä vaatimuksia.

5. TOTEUMAMALLIEN JA NIIDEN OHJEISTUKSEN KEHITTÄMINEN

5.1 Tietosisällön kehittäminen

Eri hankkeet ja eri järjestelmät tarvitsevat paljon erilaisia toisista poikkeavia tietoja, joten on mahdotonta määritellä toteumamallin tietosisällölle täysin tarkkoja kaikille sopivia vaatimuksia. Tietosisällön minimitason tulisi siis olla sellainen, että kaikilla olisi mahdollisuus saavuttaa se, mutta tietosisällön vaatimusten lisääminen pitäisi olla mahdollisimman helppoa, että minimitaso pyritään ylittämään. Kun omaisuudenhallitsijat osaavat vaatia rakentamis- ja suunnitteluvaiheista enemmän tietoa, niin myös omaisuudenhallintaa helpottuu.

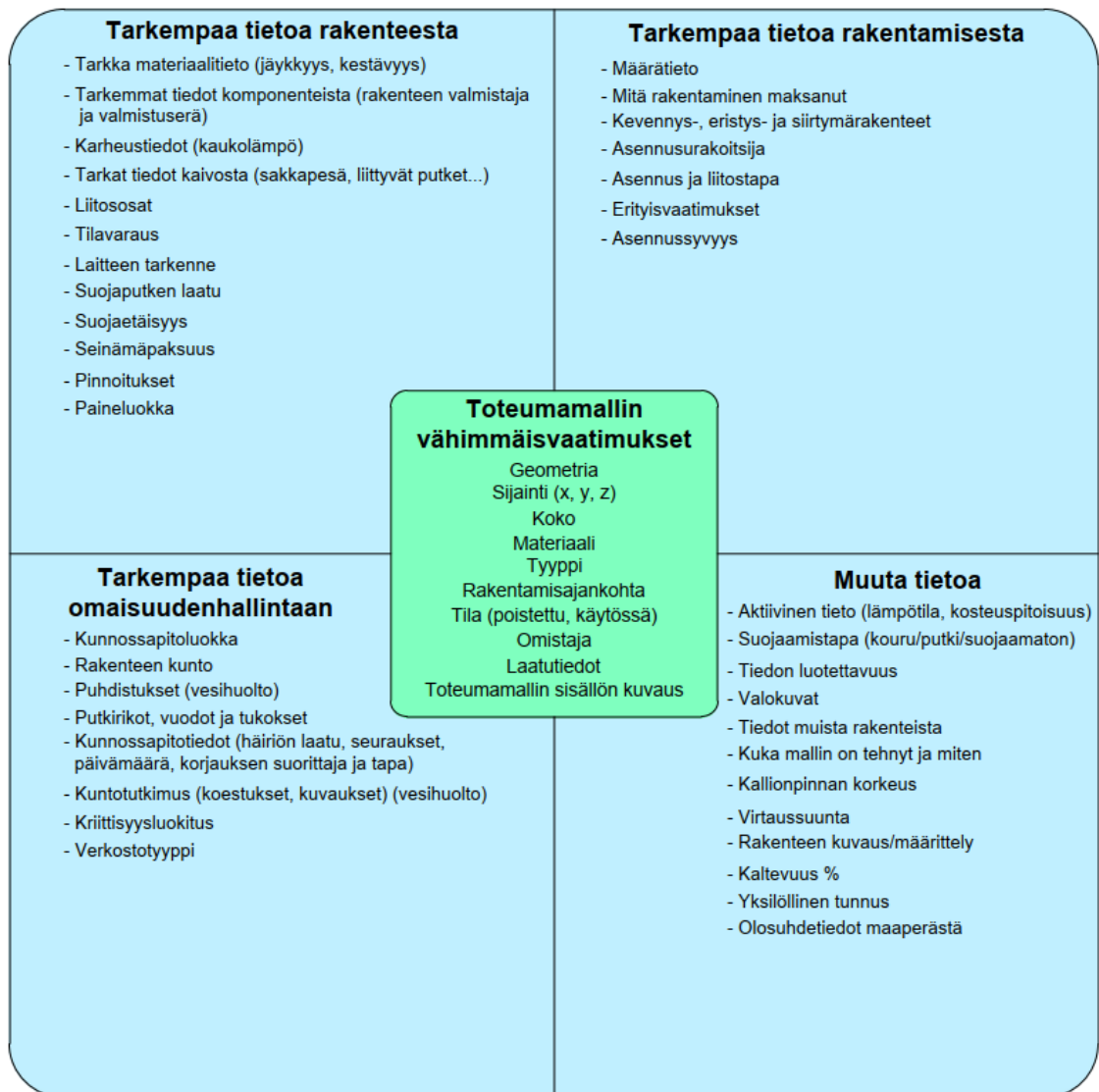
Tutkimusten perusteella toteumamallien tietosisältöä pitäisi kehittää siten, että kaikki tieto, joka toteumamalleihin laitetaan, olisi oikeasti hyödyllistä ja sitä voitaisiin käyttää omaisuudenhallinnan apuna. Kaikkein tärkeimmiksi tiedoiksi nousivat sijainti (x, y, z), geometria, koko, materiaali, tyyppi, rakentamisajankohta, tila (poistettu, käytössä), omistaja, laatutiedot ja toteumamallin sisällön kuvaus. Nämä kaikki ovat hyödyllisiä kaikkien maanalaisten rakenteiden kannalta ja niistä kaikkia tullaan varmasti tarvitsemaan tulevaisuudessa. Nämä tiedot voisivat siis olla toteumamallin pohjatiedot, jotka olisi hyvä vaatia kaikista rakenteista kaikissa kohteissa.

Eri tekniikkalajit tarvitsevat kuitenkin myös paljon toisistaan poikkeavia tietoja. Esimerkiksi vesihuoltoverkosto voi tarvita tietoja maaperästä, kun taas normaalisti kadun rakennekerroksiin rakennettavat kaapelien omaisuudenhallinnoijat eivät tee tällä tiedolla mitään. Rakenteiden omistajat voisivat itse tehdä omien tietotarpeidensa mukaiset laajemat tietosisällön vaatimukset. Olisi hyvä, jos nämä mahdolliset tarkentavat tiedot kerätäisiin johonkin, jotta omaisuuden omistajien olisi helpompi nähdä, miten omaa omaisuudenhallintaa voisi kehittää tietomallien avulla.

Näiden rakentamisen aikana syntyvien pohjatietojen lisäksi tietomalliin olisi hyvä kerätä tietoja kunnossapidon aikana. Kaikista kohteista olisi hyvä saada ainakin kunnossapitoväli, -luokka, -toimenpiteet ja historiatiedot (milloin korjattu ja miten). Näitä tietoja päivittämällä saataisiin jo hyvä pohja tietomallipohjaiselle omaisuudenhallinnalle.

Alla olevaan kuvaan 34 on kerätty keskelle pohjatiedot, jotka jokaisen toteumamallin tulisi diplomityön perusteella sisältää. Ympäri on kerätty mahdollisia lisätietoja, jotka nousivat esiin tutkimusta tehdessä. Lisätieto-osuudesta olisi hyvä tehdä mahdollisimman

laaja, mutta tieto olisi kuitenkin hyvä olla jaoteltuna, jotta lisätietojen etsiminen olisi mahdollisimman helppoa.



Kuva 34. Toteumamallien tietosisällön vähimmäisvaatimukset ja lisäysmahdollisuudet

Pohjatiedoiksi valikoituivat juuri kyseiset tiedot, sillä

- *geometriaa* tarvitaan selkeyttämään rakenteen muotoa ja sen avulla rakenne ja sen ulkonäkö voidaan ymmärtää paremmin.
- *sijainti* auttaa rakenteen löytämisessä, suunnittelussa ja sen avulla rakennetta on helpompi tarkastella järjestelmässä, todellisessa ympäristössä.
- *koon* avulla saadaan kuva, kuinka paljon rakenne vie tilaa ja sen perusteella voidaan arvioida myös rakenteen kapasiteettia.

- *materiaali* auttaa ymmärtämään rakenteen käyttäytymistä ja sen perusteella voidaan arvioida myös kunnossapitotoimien ajankohtaa.
- *tyyppi* kertoo, mikä on rakenteen merkitys ja tehtävä.
- *rakentamisajankohdalla* saadaan selville rakenteen ikä, jonka perusteella voidaan arvioida kunnossapitoajankohtia ja rakenteen uusimista.
- *tilatiedolla* saadaan selville, onko rakenne aktiivisesti käytössä vai ei.
- *omistajatiedon* avulla saadaan selville kuka rakenteen omistaa ja kuka sitä hallinnoi.
- *Laatutiedon ja toteumamallin sisällön kuvauksen* avulla voidaan ymmärtää paremmin mallin luotettavuutta. Näitä tietoja ei ole välttämätöntä sijoittaa juuri toteumamalliin, vaan ne voivat olla kerättynä toteumamalli selostuksessa.

Näiden tietojen lisäksi olisi hyvä, että varsinkin olemassa olevista rakenteista kerrotaisiin myös aina, mitkä rakenteet on mahdollisesti poistettu, mikä tulpattu ja mitkä jätetty paikoilleen. Sijaintitiedon tulisi myös olla riittävän tarkkaa ja varsinkin risteämäkohdissa tiedon olisi hyvä olla niin tarkkaa, etteivät rakenteiden mallit törmäilisivät keskenään.

Haastatteluissa esiin nousi myös tietotarpeita muiden omistamista rakenteista. Siksi olisi hyvä, jos muiden omistamista rakenteista saataisiin sijainti-, tyyppi- ja kokotiedon lisäksi myös tieto niiden kunnosta tai saneerausajankohdasta. Jos muiden omistamat rakenteet näkyisivät mallissa esimerkiksi eri väreillä siten, että punaisella olisivat ne rakenteet, jotka tarvitsevat kunnossapitoa lähiaikoina, keltaisella ne rakenteet, jotka saattavat tarvita kunnossapitotoimia ja vihreällä ne rakenteet, jotka eivät tarvitse kunnossapitotoimia lähiaikoina. Kun muiden omistamien laitteiden kunnan saisi helposti selville, voitaisiin rakenteen omistajalle ilmoittaa, että alueella tehdään kunnostustoimenpiteitä ja töiden kustannuksia voisi jakaa. Tämä auttaisi kunnossapitotyön tekijöitä pienentämällä työmäärää ja kustannuksia ja sen seurauksena katuja ei tarvitsisi kaivaa yhtä usein auki.

5.2 Ohjeistuksen kehittäminen

Kirjallisuustutkimuksen ja haastattelututkimuksen perusteella nykyinen ohjeistus ei tue tietomallipohjaista omaisuudenhallintaa riittävästi. Yleiset ohjeistukset vaativat joiltakin rakenteilta liikaa ja liian tarkkaa tietoa, mutta varsinkin kunnossapito- ja omaisuudenhallinnan kannalta vaatimuksia on liian vähän.

Toinen ongelma ohjeistuksiin liittyen on niiden suuri määrä. Ohjeistuksia on tällä hetkellä paljon ja monilla hankkeilla, organisaatioilla ja kaupungeilla voi olla omat ohjeensa mallintamiseen, mittaukseen ja tiedon keräämiseen liittyen. Kun ohjeita on paljon, voi olla vaikea tietää mikä ohje sopii mihinkin ja mikä on suositus ja mikä vaatimus.

Tutkimusten perusteella ohjeistuksien sisältöä ja määrää voisi kehittää muutamalla tavalla:

- yleisen ohjeistuksen tulisi olla riittävän yksinkertainen ja selkeä eikä se ei saisi olla ristiriidassa tietomalli- tai mittaushojjeiden kanssa
- kaikkien ohjeiden pitäisi olla saatavilla samasta paikasta ja pitäisi olla selkeästi määriteltynä mitkä ovat ohjeita ja mitkä vaatimuksia
- ohjeen tulisi velvoittaa vastuut mallien päivittämiseen ja tiedon lisäämiseen liittyen

Haastatteluissa esiin nousi myös hieman poikkeava näkemys yleisiin ohjeistuksiin ja toimintatapoihin liittyen. Olisi hyvä, jos olisi ohjaava sovellus, joka toimisi ohjeistuksen määrittämällä säännöillä. Näin tietoa lisätessä ja päivittäessä ei tarvitsisi selata ohjeista mitä tietoa rakenteeseen tulee lisätä, vaan sovellus ohjaisi käyttäjän syöttämään kaiken vaadittavan tiedon. Tämä vähentäisi ohjeistuksien etsimiseen ja lukemiseen kuluvaa aikaa ja helpottaisi myös tiedon päivittämistä.

5.3 Omaisuudenhallinnan ja prosessien kehittäminen

Suurimmiksi ongelmiksi tietomallipohjaisen omaisuudenhallinnan käyttöönotolle työn perusteella nousivat nykyiset prosessit ja toimintatavat. Nykyprosessit ja toimintatavat eivät tue tietomallipohjaista omaisuudenhallintaa, ja ne vaatisivat paljon kehitystä tulevaisuudessa. Tietomallien tuomia etuja ei tunnisteta eikä niiden käyttöönottoa nähdä siksi houkuttelevana. Tietomallit eivät välttämättä tuokaan omaisuudenhallinnan nykyprosesseihin niin paljon mahdollisuuksia kuin pitäisi.

Koska diplomityö keskittyi toteumamallien tietosisällön kehittämiseen, ei omaisuudenhallinnan prosessien kehittämiseen voida tutkimuksen perusteella määritellä tarkkoja yksityiskohtaisia tapoja, joiden perusteella prosesseja kannattaisi lähteä kehittämään. Prosessien ja toimintatapojen muuttamisesta olisikin hyvä saada tehtyä lisätutkimusta.

Tutkimuksen perusteella voidaan kuitenkin todeta, että varsinkin yhteistyön lisäämisessä olisi kehitettävää. Kun eri toimijat ajattelisivat paremmin kokonaisuutta, voitaisiin monilta turhilta töiltä välttyä ja asiat saataisiin hoidettua kerralla kuntoon. Toinen kehityskohde olisi saada omaisuuden omistajat näkemään tietomallit oikeasti tietomalleina eikä vain

3D-malleina. Tietomallien edut ymmärretään edelleen lähinnä visuaalisuuden kannalta ja suunnittelun ja rakentamisen näkökulmasta, vaikka niiden mahdollisuudet erityisesti omaisuudenhallinnassa liittyvät enemmän tietosisältöön. Diplomityöllä onkin pyritty parantamaan omaisuuden omistajien näkemyksiä tietomallien tietosisällön tuomista mahdollisuuksista.

Kun tietomallien tuomat mahdollisuudet ovat selvillä, on omaisuudenhallinnan toimintatapoja helpompi lähteä kehittämään. Haastatteluista esiin nousi ainakin ajatus siitä, että omaisuuden omistajien tulisi valita selkeä tavoite, jota kohti halutaan kehittyä ja tehdä kaikki kehitystyö siten, että ne auttavat tavoitteen saavuttamisessa. Jos tavoitteet eivät ole selviä, ei kehitystyökään varmasti ole yhtä tehokasta eikä palvele kokonaisuutta.

Haastattelujen perusteella saatiin myöskin kuvaa siitä, miten järjestelmäympäristöä voitaisiin kehittää tulevaisuudessa. Järjestelmäympäristön tulisi olla helppo ja yksinkertainen käyttää ja sen tulisi tarjota monipuolisia tietoja ja ominaisuuksia omaisuudenhallintaan varten. Sen tulisi myös pitää sisällään kaikki omaisuudenhallintaan tarvittavat tiedot vähintään linkitettyinä.

6. YHTEENVETO

Tämän diplomityön tavoitteena oli selvittää toteumamallien tietosisällön nykytaso ja kehittää sitä vastaamaan paremmin omaisuudenhallinnan tarpeita. Tavoitteen saavuttamiseksi oli selvitettävä omaisuudenhallinnan, toteumamallien ja niihin liittyvien ohjeiden ja vaatimusten taso. Nykytilan kartoituksen tarkoituksena oli selvittää mitä tietoja toteumamalleissa tällä hetkellä on, miten ne on esitetty ja mitä tietoja niistä puuttuu. Jotta toteumamalleista puuttuvat tiedot saatiin selville, tuli saada selville myös omaisuudenhallinnan nykytila ja tietosisällön tarpeet.

Tämän työn perusteella havaittiin kolme kohdetta, joita kehittämällä tietomallipohjaista omaisuudenhallintaa voidaan kehittää. Nämä ovat tietosisällön kehittäminen, ohjeistuksen kehittäminen ja omaisuudenhallinnan prosessien kehittäminen.

Tietosisällön nykytaso oli tutkimuksen perusteella pääosin riittävää, mutta tietomallit sisältävät tällä hetkellä paljon tietoa, jota ei todellisuudessa voida kovin hyvin hyödyntää ja niistä puuttuu paljon tietoja, jotka olisivat olennaisia omaisuudenhallinnan kannalta. Tutkimuksen perusteella pyrittiin etsimään kaikkein olennaisimmat tiedot, joita tarvitaan kohteesta riippumatta. Olennaisimpia tietoja tutkimuksen perusteella olivat:

- geometria
- sijainti (x, y, z)
- koko
- tyyppi
- materiaali
- rakentamisajankohta
- tila (poistettu/käytössä/vuokralla)
- laatutiedot
- toteumamallin sisällön kuvaus

Näiden tietojen lisäksi olisi hyvä kerätä myös muita tietoja, mitä kukakin omaisuuden omistaja tarvitsee. Koska tietotarpeet vaihtelevat paljon eri toimijoiden välillä, ei kaikkea tietoa ole mahdollista määritellä ja vaatia. Organisaatioiden tulisivatkin itse osata kerätä perustietojen päälle muut tarvitsemansa tiedot.

Ohjeistusten nykytaso ei tutkimuksen perusteella ole riittävä ja erilaisia ohjeita on paljon. Yleisissä ohjeistuksissa havaittiin puutteita, epäselvyyksiä ja liian yksityiskohtaisia vaatimuksia. Ohjeiden tulisi olla selkeitä ja niiden tulisi tukea suunnittelun ja rakentamisen lisäksi myös omaisuudenhallintaa ja kunnossapitoa. Ohjeiden tulisi olla kaikille saavutettavissa, mutta niiden ei toisaalta pitäisi vaatia keräämään ”turhaa” tietoa. Ohjeet olisi hyvä myös löytää samasta paikasta, jotta niiden käyttäminen ja noudattaminen olisi helppompaa. Ohjeiden seuraamista olisi hyvä myös pystyä valvomaan, jotta luovutusaineisto sisältäisi oikeasti kaiken sen tiedon, jota ohjeissa vaaditaan.

Omaisuudenhallinnan ja prosessien kehittämisessä havaittiin paljon haasteita ja ne vaativat tutkimuksen perusteella eniten muutosta. Erityisesti yhteistyön ja kommunikaation parantuminen olisi tärkeää ja parantaisi koko alan tuottavuutta. Tutkimuksen perusteella myös nykyisissä ajatustavoissa olisi kehitettävää. Tietomallit nähdään edelleen lähinnä 3D-malleina, eikä niiden sisältämää tietoa osata hyödyntää riittävästi.

Tutkimukset antoivat kaikista aihealueista pääosin samankaltaista tietoa, joten tuloksia voidaan pitää melko luotettavina. Tuloksissa oli myös jonkun verran poikkeavuuksia ja erityisesti haastattelujen tuloksia tulkittaessa tulee ottaa huomioon, että niissä kerrotut näkemykset ovat aina vain tietyn organisaation ja tietyn henkilön näkemyksiä ja jossain toisessa organisaatiossa tilanne saattaa olla aivan erilainen. Tulokset antoivat näkemyksiä aiheeseen valtakunnallisesta näkökulmasta ja suuren kaupungin näkökulmasta. Tutkimuksessa esitetyt kehittämissuositukset tukevat erityisesti kunnallisteknisten laitteiden omistajia ja kaupunkien maanalaisten laitteiden ja järjestelmien omaisuudenhallintaa.

Tuloksista kehitettiin työn perusteella Tampereen kaupungille opas maanalaisten laitteiden tietomallipohjaiseen omaisuudenhallintaan. Oppaassa on kerrottu, mitä tietoja tietomallien pitäisi tulevaisuudessa sisältää, kenen malleja tulisi hallinnoida ja miten. Oppaassa on lisäksi kerrottu, miten kunnossapitotoimista kerätään tieto ja miten se tulisi päivittää malliin.

Työn perusteella jatkotutkimusta tarvittaisiin erityisesti prosessien ja toimintatapojen kehittämiseen. Nykyisten toimintatapojen ongelmat tulisi tunnistaa ja ongelmiin pitäisi keksiä ratkaisuja. Prosessien ja toimintatapojen muuttaminen on kuitenkin melko organisaatiokohtaista, joten voi olla vaikea laatia tarkkaa kehitysehdotusta niiden parantamiseksi. Toimintatapojen muuttamiseen tarvitaankin eniten yrityksen omaa kehitystä ja selkeiden tavoitteiden asettamista.

Diplomityö oli tulosten perusteella onnistunut ja sillä saatiin vastaus kaikkiin tutkimuskysymyksiin. Tutkimuksessa tunnistettiin raitiotieympäristön maanalaiset rakenteet ja niiden omistajat. Tutkimuksessa saatiin myös selville mitä omaisuudenhallinta on ja mitä

tietoja omaisuudenhallintaan tarvitaan. Toteumamallien tietosisällön nykytilaa selvitettiin ja puuttuvia tietoja löydettiin. Näiden tulosten perusteelta saatiin vastaus päätutkimuskysymykseen. Toteumamallien ja niiden tietosisällön tulee olla riittävän tarkkaa ja laadukasta ja toteumamallin tulee sisältää vähintään rakenteen tärkeimmät ominaisuustiedot. Tutkimuksen perusteella ei kuitenkaan varmasti löydetty kaikkia mahdollisia omaisuudenhallinnan tarvitsemia tietoja, koska eri organisaatiot tarvitsevat hyvin erilaista tietoa. Tulokset antavat siis hyvän pohjan tietosisällön mahdollisuuksille, mutta ne eivät varmasti kata kaikkien organisaatioiden kaikkia tarpeita ja siksi ei-pakollisten tietojen osiota olisi hyvä pyrkiä laajentamaan tulevaisuudessa.

LÄHTEET

Bensalah, Mounir, Abdelmajid Elouadi & Hassan Mharzi (2017). Optimization of Cost of a Tram through the Integration of BIM: A Theoretical Analysis. Internal Journal of Mechanical and Production Engineering (IJMPE), ISSN:2320-2092, Volume 5. Saatavissa (viitattu 12.1.2022): https://www.researchgate.net/publication/322579110_Optimization_of_Cost_of_a_Tram_through_the_Integration_of_BIM_A_Theoretical_Analysis

Berg, Heidi (2014). Experiences with BIM for infrastructure implementation. Measured value of today's level – possibilities with future levels of BIM. Vianova Systems as. Saatavissa (viitattu 3.3.2022): https://novarc.ee/wp-content/uploads/konverents/Heidi_Berg_Vianova_NOVARC_Tallinn_02.10.14.pdf

Berninger, Kati, Tuija Laakso, Henri Paatela, Suvi Virta, Jyri Rautiainen, Raimo Virtanen, Oras Tynkkynen, Noora Piila, Maria Dubovik & Riku Vahala (2018). Tulevaisuuden kestävä vesihuolto -ennakointi, ohjaus ja järjestäminen. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 56/20018. 139 s. Saatavissa (Viitattu 25.2.2022): <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161028/56-2018-Tulevaisuuden%20kestava%20vesihuolto.pdf>

Naborczyk, Konran (2020). 9 reasons why Norway is THE BEST in BIM. BIM-Corner. (viitattu 11.1.2022): <https://bimcorner.com/9-reasons-why-norway-is-the-best-in-bim/>

BSF, Vesilaitosyhdistys, Helsingin Seudun Ympäristöpalvelut HSY, Oulun vesi, Lahti aqua, Ramboll Finland & Sitowise (2021). Vesihuollon BIM tiekartta 2025 -raportti. BuildingSMART Finland. Saatavissa (viitattu 20.3.2022): https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2021/10/Vesihuollon-BIM-tiekartta-2025_Raportti.pdf

BSF (2021). BuildingSMART Finland. (Nettisivu). Saatavissa (viitattu 22.7.2021): <https://buildingsmart.fi/>

BSF (2019a). Yleiset inframallivaatimukset YIV 2019/1. BuildingSMART Finland & infra toimialaryhmä. 146 s. Saatavissa (viitattu 20.7.2021): https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2019/06/YIV-Yleiset-inframallivaatimukset-2019_1.pdf

BSF (2019b). Yleiset inframallivaatimukset YIV 2019. Liite 3.1 Luovutusaineiston tiedonsiirron vaatimukset. BuildingSMART Finland & infra toimialaryhmä. 133 s. Saatavissa (viitattu 24.8.2021): https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2019/12/YIV_Liite_3.1_Luovutusaineiston_tiedonsiirron_vaatimukset_20190502.pdf

BSF (2019c). InfraBIM -nimikkeistö (suunnittelu-, mittaus- ja tietomallinimikkeistö. BuildingSMART Finland. Saatavissa (viitattu 20.7.2021): https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2019/08/InfraBIM_nimikkeist%C3%B6_v1_721.pdf

BSF (2019d). Inframodel4 käyttöohje. BuildingSMART Finland. Saatavissa (viitattu 20.7.2021): https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2019/04/bSF_Infra_Inframodel4_kayttoohje_01042019.pdf

Durdyev, Serdar, Mojtaba Ashour, Scott Connely, Amir Mahdiyar (2022). Barriers to the implementation of Building Information modeling (BIM) for facility management. Journal of Building Engineering. Vol 46.

Energiamaailma (2021). Kaukolämpö ja -jäähdytys. Internetsivu. Saatavissa (viitattu 15.6.2021): <https://energiamaailma.fi/energiasta/energiantuotanto/kaukolampo-ja-jaahdytys/>

Energiateollisuus ry (2013). Kaukolämpöjohtojen suunnittelu ja rakentamisohjeet. Helsinki. 38s. + liit. 10 s. Saatavissa (viitattu 15.6.2021): https://energia.fi/files/2353/SuositusL11_2013_KI-johtojen_suunnittelu- ja_rakentamisohjeet_paivitetty_20180130.pdf

Energiavirasto (2021). Verkkotoiminnan luvanvaraisuus. Internetsivu. Saatavissa (viitattu 25.8.2021): <https://energiavirasto.fi/verkkotoiminnan-luvanvaraisuus>

Halmetoja, Esa (2016). Tietomallit ylläpidossa. Raportti 2016-09-21. Senaatti-kiinteistöt. Saatavissa (viitattu 12.1.2022): https://www.senaatti.fi/app/uploads/2017/05/6099-Tietomallit_yllapidossa.pdf

Harju, Inna (2015). The quality and quantity of waste collected in a pipeline based waste collection system. Case Jätkäsaari and Case Kalasatama. 53 s. +liit. 11 s. Saatavissa (viitattu 25.8.2021): https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/94161/Harju_Inna.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Haynes, David (2018). Metadata for information management and retrieval: understanding metadata and its use. Facet. 256 s. + liitt. 10 s.

Helen (2021). Verkkomaisuuden hallinta. Helen sähköverkko Oy. Internetsivu. Saatavissa (viitattu 5.1.2021): <https://www.helensahkoverkko.fi/helen-sahkoverkko-oy/tutkimus--kehitys/verkko-omaisuuden-hallinta#FAQ-2020>

Helen (2016). Helen Sähköverkko Oy:n ohje kaivuaurioiden ehkäisemiseksi. Helen sähköverkko Oy. Saatavissa (viitattu 20.1.2021): <https://www.helensahkoverkko.fi/globalassets/hsv/palvelut/ohjeet/kaivuaurioiden-ehkaiseminen.pdf>

Heinonen, Elisa (2015). Verkkotietojärjestelmän kehittäminen. 43 s. + 1 liit. Saatavissa (viitattu 7.1.2022): <https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/91364/Verkkotietojarjestelman%20kehittaminen.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Helsingin kaupunki (2014). Katutilan mitoitus, Suunnitteluohjeet Helsingin kaupungille 05/2014. Helsinki. 58 s. + liitt. 18 s. Saatavissa (viitattu 15.6.2021): https://www.hel.fi/static/hkr/julkaisut/ohjeet/katutila_mitoitus.pdf

Hirsjärvi, Sirkka, Pirkko Remes & Paula Sajavaara (2007). Tutki ja kirjoita. 13. osin uudistettu painos. Helsinki: Tammi.

Huttunen, Matti (2021). Tietotarpeet ja tiedonhallintajärjestelmät vesihuoltoverkostojen omaisuudenhallinnassa. 58 s. + 4 liit. Saatavissa (viitattu 6.1.2022): https://aalto-doc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/109245/master_Huttunen_Matti_2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y

InfraRYL 13000 (2021). Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset 2021. 13000 Perusrakenteet. Rakennustieto Oy. Helsinki. Saatavissa (viitattu 16.6.2021): https://ryl.rakennustieto.fi/ryl/InfraRYL/2021_1/13000.html

InfraRYL 32600 (2021). Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset 2021. 32600 Opastus- ja ohjausjärjestelmät. Rakennustieto Oy. Helsinki. Saatavissa (viitattu 16.6.2021): https://ryl.rakennustieto.fi/ryl/InfraRYL/2021_1/32600.html

InfraRYL 33000 (2021). Infrarakentamisen yleiset laatuvaatimukset 2021. 33110 Sähkö-, tele- ja konetekniset järjestelmät. Rakennustieto Oy. Helsinki. Saatavissa (viitattu 16.6.2021): https://ryl.rakennustieto.fi/ryl/InfraRYL/2021_1/33000.html

Jackson, Phil (2020). Nordic study of classification System for infrastructure & transportation. BuildingSMART. 70 s. Saatavissa (Viitattu 25.8.2021): <https://buildingsmart-1xbd3ajdayi.netdna-ssl.com/wp-content/uploads/2020/08/Nordic-Study-of-Classification-Systems-for-Infrastructure-Transportation-v1.0-1.pdf>

Kiradigi (2021). Pirkanmaalla halutaan kehittää haja-asutusalueiden sako- ja umpikaivojen tyhjentämistä muuttamalla lietetyhjennysten keräysjärjestelmää. Keskitetyllä keräyksellä voidaan parantaa myös tyhjennysten logistiikkaa aiempaan verrattuna. Kiradigi. Uutiset. Saatavissa (viitattu 5.1.2022): <http://www.kiradigi.fi/tulokset/kokeilutulokset/pirkanmaalla-asennetaan-antureita-lietekaivoihin-jarkevoittaa-kaivojen-tyhjennyksia-ja-tuo-saastoja-asukkaille.html>

Keitaanpää, Teemu (2020). Inframallien käyttöönoton valmiudet Helsingin seudun ympäristöpalvelut -kuntayhtymässä. 110 s. Saatavissa (viitattu 6.1.2022):

<https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/349331/Inframalin%20k%C3%A4ytt%C3%B6%C3%B6noton%20valmiudet%20Helsingin%20seudun%20ymp%C3%A4rist%C3%B6palvelut%20-kuntayhtym%C3%A4ss%C3%A4%20Keitaanp%C3%A4%C3%A4.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

Kensek Karen M & Douglas E. Noble (2014). Building information modeling. BIM in current and future practice. John Wiley & Sons, Inc. Hoboken New Jersey. 385 s.

Koppa (2021). Laadullinen tutkimus. Jyväskylän yliopisto. Saatavilla (viitattu 18.3.2022): <https://koppa.jyu.fi/avoimet/hum/menetelmapolkuja/menetelmapolku/tutkimusstrategiat/laadullinen-tutkimus>

Kuntaliitto (2019). Kuntien omaisuuden tietomallimäärittely. Saatavissa (viitattu 17.12.2021): <https://www.kuntaliitto.fi/yhdyskunnat-ja-ymparisto/tekniikka/kadut-ja-yleiset-alueet/kuntien-infraomaisuuden-tietomallim%C3%A4%C3%A4rittely>

Liikennevirasto (2017). Tie- ja ratahankkeiden inframalliohje. Liikenneviraston ohjeita 12/2017. Helsinki. 46 s. + liit. 23 s. Saatavissa (viitattu 25.8.2021): https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2017-12_tie_ratahankkeiden_web.pdf

Liikennevirasto (2014). Ratatekniset ohjeet (RATO) osa 6 Turvalaitteet. Liikenneviraston ohjeita 7/2014. Helsinki. 190 s. + liit. 22 s. Saatavissa (viitattu 25.8.2021): https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2014-07_rato6_web.pdf

Liikenne ja viestintäministeriö (2010). Kaapelitietojen hallinnan kehittäminen. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 32/2010. Helsinki. 17 s. + liit. 3 s. Saatavissa (viitattu 25.8.2021): https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/78167/Julkaisuja_32-2010.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Munir, Mustapha, Arto Kiviniemi, Stephen W Jones & Stephen Finnegan (2020a). BIM-based operational information requirements for asset owners. Architectural Engineering and Design Management, vol 16. s. 100–114.

Munir, Mustapha, Arto Kiviniemi, Stephen W Jones & Stephen Finnegan (2020b). BIM-business value for asset owners:key issues and challenges. International Journal of Building Pathology and Adaption, vol 39. s.135–151

Myllärniemi, Jussi & Viivi Siuko (2021). Tiedolla johtamisen nykytila infra-alalla. ProDigital tutkimusohjelma. Saatavissa (viitattu 25.2.2022): <https://projects.tuni.fi/uploads/2021/08/cb67d086-tiedolla-johtamisen-nykytila-infra-alalla-kypsyyskyselyn-alustavat-tulokset-kesa-2021.pdf>

Natspec BIM paper (2013). BIM and LOD. Building information modeling and Level of Development. Construction Information Systems Limited ABN 20 117 574 606. 17 s. Saatavissa (viitattu 25.2.2022): https://bim.natspec.org/images/NATSPEC_Documents/NATSPEC_BIM_LOD_Paper_131115.pdf

Neuvonta2PJOY (2012). Vuoreksen jätteen putkikeräysjärjestelmä. Youtube video, 3,22, julkaistu 16.7.2012. Saatavissa (viitattu 23.8.2021): <https://www.youtube.com/watch?v=TuxOn03ytl8>

O'Malley, Anneliese (2021). BIM adoption in Europe: 7 countries compared. BIM adoption in Europe: 2021 research. PlanRadar. Saatavissa (viitattu 12.1.2021): <https://www.planradar.com/gb/bim-adoption-in-europe/>

Oraee, Mehran, M. Reza Hosseini, David J. Edwards, Heng Li, Eleni Papadonikolaki, Dongping Cao (2019). Collaboration barriers in BIM-based construction networks: A conceptual model. International journal of Project Management. Volume 37, issue 6. 839–854 s.

Palviainen, Petteri (2015). Yleiset inframallivaatimukset YIV 2015. Osa 5.3 Maarakennustöiden toteumamallin laadintaohje. Koekäyttöön ja pilotointiin. Saatavissa (viitattu 24.8.2021): https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/YIV2015_Mallinnusohjeet_OSA5_3_Maarakennustoiden_toteumamallin_laadintaohje_V_0_9.pdf

PAS 55-1 (2008). Part 1 Specification for the Optimized Management of Physical Assets. The British Standards Institution

Pathirana, Assela, Frand den Heijer & Paul B Sayers (2021). Water Infrastructure Asset Management Is Evolving. Infrastructures 2021. Saatavissa (viitattu 12.1.2022): <https://www.mdpi.com/2412-3811/6/6/90>

Patraucean, Viorica, Iro Armeni, Mohammed Nahangi, Jamie Yeung, Ioannis Brilakis & Carl Haas (2015). State of research in automatic as-built modelling. Advanced engineering Informatics, Volume 29, issue 2, April 2015, Pages 162-171. Saatavissa (viitattu 12.1.2022): <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1474034615000026>

Perttula, Tiina & Josefiina Saarnikko (2016). Inframallit Suomessa ja muualla, miten rakennettu ympäristö kokonaisuutena määritellään tai mallinnetaan?. BuildingSMART Finland. Saatavissa (viitattu 26.8.2021): <https://buildingsmart.fi/inframallit-suomessa-ja-muualla-miten-rakennettu-ymparisto-kokonaisuutena-maaritellaan-tai-mallinnetaan/>

Point Group (2021). ProDigital selvitystyö. yhteenveto selvitystyöstä. 2.6.2021. Saatavissa (viitattu 4.3.2022): https://projects.tuni.fi/uploads/2021/06/bfe1d7c3-prodigital_selvitystyö_yhteenveto_2021-06-01.pdf

Puuperä, Sami (2015). Infra-alan tietomallien laatutavoitteet ja hyväksymiskriteerit. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 57/2015. Helsinki 2015. 74 s. Saatavissa (viitattu 3.3.2022): https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lts_2015-57_infra-alan_tietomallien_web.pdf

Raitiotieallianssi (2020). Mittauksen työohje. Versio 19. 30 s.

Raitiotieallianssi (2017). Tampereen Veden vesihuoltojärjestelmien tarkastus- ja luovutusprosessi. Ohje.

RIL-237-2-2010 (2010). Vesihuoltoverkkojen suunnittelu. Mittaus ja suunnittelu. Helsinki, Suomen Rakennusinsinöörien Liitto ry. 143 s. + liit.

ROTI (2021). Rakennetun omaisuuden tila 2021. Julkaisu. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL. 48 s. Saatavissa (viitattu 3.1.2022): https://www.ril.fi/media/2021/vaikutuminen/roti2021_low.pdf

Saarnikko, Josefiina (2016). Infraomaisuudenhallinnan nimikkeistö. Liikennevirasto, hankehallintaosasto. Helsinki 2016. Opinnäytetyö 14/2016. 109 s. + 2 liit. Saatavissa (viitattu 13.1.2022): https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/opin_2016-14_infraomaisuuden_hallinnan_web.pdf

Sabbagh, Ammar (2021). How digital twins in the oil and gas industry can modernize your business. Ericsson.com. Saatavissa (viitattu 21.1.2022): <https://www.ericsson.com/en/blog/2021/11/how-digital-twins-in-the-oil-and-gas-industry-can-modernize-your-business>

Sabhaknar, Pal (2020). How digital twins could transform the wind energy industry. WPED Contribution (Windpower engineering & development). Saatavissa (viitattu 21.1.2022): <https://www.windpowerengineering.com/how-digital-twins-could-transform-the-wind-energy-industry/>

Sarajärvi, Anneli & Jouni Tuomi (2017). Laadullinen tutkimus ja sisällön analyysi. Tammi

SFS-ISO 55000 (2014). Omaisuudenhallinta. Yleiskuvaus, periaatteet ja termit. Helsinki. Suomen standardisointiliitto. 45 s.

Singh, Isheena (2017). BIM adoption and implementation around the world: Initiatives by major nations. Geospatial world. Blogs. Saatavissa (viitattu 7.1.2022): <https://www.geospatialworld.net/blogs/bim-adoption-around-the-world/>

Smogeli, Øyvind (2017). Digital twins at work in maritime and energy. DNV GL. Saatavissa (viitattu 21.1.2022): https://www.dnv.com/Images/DNV%20GL%20Feature%20%2303%20ORIG2b_tcm8-85106.pdf

STUK (2021). Sähkön siirto ja jakelu. Internetsivu. Saatavissa (viitattu 16.6.2021): <https://www.stuk.fi/aiheet/sahkonsiirto-ja-voimajohdot/sahkonsiirto-ja-jakelu>

Suomen kaasuyhdistys (2014). Maakaasukäsikirja. 119 s. Saatavissa (viitattu 16.6.2021): <https://www.kaasuyhdistys.fi/julkaisut/maakaasun-kasikirja/>

Takkinen, Veli-Matti (2021). Digitalisaatio osana vesihuoltoverkoston omaisuudenhallintaa Suomessa - tilannekatsaus. Diplomityö, 57 s. + 3 liit. Saatavissa (viitattu 7.1.2022): <http://jultika.oulu.fi/files/nbnfioulu-202106178316.pdf>

Tampereen kaupunki (2020). Tampereen kaupungin sijaintikarttoitusohje. Kaupunkiympäristön palvelualue infra-alueen tekniset järjestelmät.

Tampereen vesi (2012). Vesihuollon johtokarttamittauksen ohje.

Tampereen yliopisto & Solita (2021). ProDigial: Tietomallien hankinnan esiselvitys. Saatavissa (viitattu 1.12.2021): <https://projects.tuni.fi/uploads/2021/09/7186f565-prodigial-tietomallien-hankinnan-esiselvitys-20210906.pdf>

Tapanila, Risto (2021). Raitoteiden tietomallipohjaisen kunnossapitomentelmän kehittäminen. Case Vantaan ratikka. Diplomityö, 96 s. + 2 liit. Saatavissa (viitattu 7.3.2022): <http://jultika.oulu.fi/files/nbnfioulu-202102171180.pdf>

TEKLA (2012). Suomen ensimmäiset kansalliset tietomallivaatimukset julkistettiin tänään. (Nettisivu) Saatavissa (viitattu 20.7.2021): <https://www.tekla.com/fi/tietoa-meist%C3%A4/ uutiset/suomen-ensimm%C3%A4iset-kansalliset-tietomallivaatimukset-julkistettiin-t%C3%A4n%C3%A4n>

Traficom (2020). Määräys 71/2020 verkkotietojen ja verkon rakentamissuunnitelmien toimittamisesta. Saatavissa (viitattu 10.12.2021): https://www.traficom.fi/sites/default/files/media/regulation/M%C3%A4r%C3%A4ys_71_verkkotietojen_ja_verkon_rakentamissuunnitelmien_toimittamisesta.pdf

Trimble (2019). Norway is in the lead of model use in road construction. Saatavissa (viitattu 12.2021): <https://www.novapoint.com/norway-lead-model-use-road-construction>

Trimble (2017). Omaisuudenhallinta - Historialla on merkitystä. Saatavissa (viitattu 4.1.2022): <https://upa.trimble.com/fi/blogit/omaisuudenhallinta-historialla-merkitysta>

Tukes (2020). Viron ja Suomen maakaasuverkostot yhdistyvät- Tukesin lupa käyttöön- otolle. Saatavissa (viitattu 23.8.2021): <https://tukes.fi/en/-/viron-ja-suomen-maakaasu-verkostot-yhdistyivat-tukesin-lupa-kayttoonotolle>

Turpeinen, Arto (2020). Kuka valvoo maakaapelointia? – Maakaapeloinnin laatu- ja korvauskysymykset. Koneviesti. Saatavissa (viitattu 17.12.2021): https://www.koneviesti.fi/tiet-ymparisto/artikkeli-1.1193023?fbclid=IwAR2O78PKL8K_JxZp97ALA1nYde6ihaEAh7J6LHSbX9TBMGCTg-T4OcoX27g

United-BIM (2021a). Leading Countries With BIM Adoption. Saatavissa (viitattu 7.1.2022): <https://www.united-bim.com/leading-countries-with-bim-adoption/>

United-BIM (2021b). BIM Level of Development | LOD 100, 200, 300, 400, 500. Saatavissa (viitattu 25.2.2022): <https://www.united-bim.com/bim-level-of-development-100-200-300-350-400-500/>

Van der Lei, Telli. Paulien M Herder & Ype Wijnia (2012). Asset Management - State of the Art in Europe from a Life Cycle Perspective. ISBN-13: 978-9401780582

Vesilaitosyhdistys (2021). Vesihuoltoverkoston mittaus ja dokumentointi. Verkoston elinkaaren hallinnan parantaminen. 57 s. Saatavissa (viitattu 17.12.2021): https://www.vvy.fi/site/assets/files/5659/vesihuoltoverkosto_004_19022021.pdf

Vesilaitosyhdistys (2020). Vesihuoltolaitosten digistrategia – portaat digitalisaation hyödyntämiseen. Helsinki 2020. 87 s. Saatavissa (viitattu 5.1.2022): https://www.vvy.fi/site/assets/files/5499/vvy_digitalisaatiostrategia_loppuraportti_-_kopia.pdf

Vesilaitosyhdistys (2019). Vesihuoltolaitoksen omaisuudenhallinnan käsikirja. Vesilaitosyhdistyksen monistesarja nro 55. Helsinki 2019. 38 s. Saatavissa (viitattu 4.1.2022): https://www.vvy.fi/site/assets/files/2945/vesihuoltolaitoksen_omaisuudenhallinnan_kasikirja2019.pdf

Vinter, Maria (2017). Tietomallinnuksen hyödyntäminen siltojen ylläpidossa. Diplomityö. 99 s. + liit.9 s. Saatavissa (viitattu 25.2.2022): https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/28471/master_Vinter_Maria_2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Virtanen, Tomi (2016). Verkkotietojärjestelmän hyödyntäminen kaukolämpöverkon suunnittelussa ja kunnossapidossa. 39 s. Saatavissa (viitattu 7.1.2022): https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/116109/Virtanen_Tomi.pdf?sequence=1&isAllowed=y

VNa 728 2018. Tieliikennelaki 10.8.2018/728. Saatavissa (viitattu 23.10.2021):
<https://finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2018/20180729>

VNa 527 2014. Ympäristönsuojelulaki 27.6.2014/527. Saatavissa (viitattu 15.6.2021):
<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20140527>

VNa 588 2013. Sähkömarkkinalaki 9.8.2013/588. Saatavissa (viitattu 16.6.2021):
<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2013/20130588>

VNa 393 2003. Viestintämarkkinalaki 23.5.2003/393. Saatavissa (viitattu 20.7.2021):
<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/kumotut/2003/20030393>

VNa 119 2001. Vesihuoltolaki 9.2.2001/119. Saatavissa (viitattu 20.7.2021):
<https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2001/20010119>

VNa 132 1999. Maankäyttö- ja rakennuslaki 5.2.1999/132. Saatavissa (viitattu 15.6.2021): <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132>

VNa 763 1994. Terveystieteellisen tutkimuksen laissa 19.8.1994/763. Saatavissa (viitattu 15.6.2021):
<https://finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1994/19940763>

Vuori Jaana (2021). Laadullinen sisällön analyysi. Laadullisen tutkimuksen verkkokäsikirja. Tampere. Yhteiskuntatieteellinen tietokirjasto. Saatavissa (viitattu 29.3.2022):
<https://www.fsd.tuni.fi/fi/palvelut/menetelmaopetus/kvali/analyysitavan-valinta-ja-yleiset-analyysitavat/laadullinen-sisallanalyysi/>

Weygant, Robert S. (2011). BIM Content Development: Standards, Strategies and Best Practices. Hoboken, N.J. John Wiley & Sons, Inc. 464 s. ISBN 978-0-470-5835-9.

Haastattelulomake

Haastattelu on osa Jukka Tuomolan diplomityötä *Maanalaisten laitteiden ja järjestelmien toteumamallien tietosisällön kehittäminen*.

Nimi:

Työtehtävä:

Organisaatio:

Lähtökohta

1. Millainen kokemus sinulla on infrarakennus alalta?
2. Kuinka tuttuja toteumamallit ovat omassa työssäsi?
3. Millaisia töitä olet tehnyt toteumamallien parissa?

Inframallit omaisuudenhallinnassa

4. Miten infraomaisuutta tällä hetkellä hallitaan omassa organisaatiossasi?
 - a. Mitkä ovat infraomaisuuden hallintatyökalut?
 - b. Mitä tietoja omaisuudenhallintaan tarvitaan?
5. Miten 3D-malleja hyödynnetään kunnossapidossa?
 - a. Miksi hyödynnetään/ei hyödynnetään?
 - b. Ovatko kaikki hyödyntämismahdollisuudet tiedossa?
6. Jos omaisuudenhallinnassa käytetään malleja, miten niitä hallitaan?
 - a. Kuka hallitsee?
 - b. Milloin päivitetään?
 - c. Missä malleja säilytetään/ylläpidetään?
7. Käytetäänkö maanalaisten laitteiden omaisuudenhallinnassa 3D-malleja?
 - a. Onko maanalaisia rakenteita mallinnettu kaupunkimalliin/omaisuudenhallinta järjestelmiin?

Mallien tietosisältö

8. Mitä puutteita toteumamalleissa on omaisuuden hallinnan/kunnossapidon kannalta?
 - a. Sisällölliset puutteet
 - b. Tiedon/mallin esityksen puutteet
 - c. Muuta?
9. Onko vaadittava tietosisältö tiedossa?
 - a. Tiedetäänkö mitä tietoja mallin halutaan sisältävän?
10. Pitäisikö tietosisältöä määritellä tarkemmin?
 - a. Kuinka tarkat vaatimukset tietosisällölle ja sen tarkkuudelle on edustamasi organisaation sisällä ja onko se riittävä?
 - b. Ovatko rakentamisen lopputuotteena saadut toteumamallit YIV-ohjeistuksen tasolla?
11. Miten ohjelmistot tukevat mallien tietosisältöä?

Ohjeistuksen kehittäminen

12. Millä tarkkuudella yleisen ohjeistuksen tulisi määritellä toteumamallien sisältöä?
13. Tulisiko ohjeita olla erilaisia erikokoisia hankkeita varten? (Yksi yleinen minimi ja hankkeen kasvaessa vaatimukset lisääntyvät, eri tasoisia ohjeita, joista tilaaja voi valita sopivimman)
14. Pitäisikö ohjeistuksen sisältää myös vastuut mallin päivittämiseen ja tiedon lisäämiseen liittyen?

Toteumamallien ja omaisuudenhallinnan kehittäminen

15. Onko edustamallasi organisaatiolla halua lisätä inframallien käyttöä omaisuudenhallinnassa/kunnossapidossa?
 - a. Miksi?
 - b. Miksi ei?
16. Mitä hyötyjä toteumamallien tietosisällön kehittämisestä on omassa työssäsi?
17. Mitä haasteita toteumamallien tietosisällön kehittäminen voi tuoda omaan työhösi?
18. Olisiko hyvä, jos malliin saataisiin ns. aktiivista tietoa (antureiden ja mittareidentuottama tieto kuten lämpötila, kunto, paine...)?
19. Mitä toivoisit järjestelmäympäristön tarjoavan tietosisällön ylläpitoon tarkasteluun ja visualisointiin?