

# VAATIMUSTEN MÄÄRITTELY SUUNNITTELUNOHJAUKSEEN TIETOMALLIHANKKEESSA

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Rakentamisen koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Jussi Hämäläinen	
Työn nimi Vaatumusten määrittely suunnittelunohjaukseen tietomallihankkeessa	
Päiväys	8.5.2017
Sivumäärä/Liitteet	27
Ohjaaja(t) Lehtori Viljo Kuusela ja opettaja Juha Pakarinen	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Markku Savola, Destia Oy	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Destia Oy on Suomessa infrarakentamisen kärjessä kehittämässä tietomallipohjaisia järjestelmiä ja toimintatapoja. Tietomallipohjaisen suunnittelunohjausjärjestelmän kehittäminen toimii merkittävänä askeleena kohti kokonaisvaltaista tietomallipohjaista infrahankkeen toteuttamista. Työn avulla tilaajan on tarkoitus pystyä hyödyntämään suunnittelussa laadittuja tietomalleja rakentamisen eri vaiheissa. Järjestelmä on tarkoitus ottaa käyttöön tulevilla hankkeilla Suomen laajuisesti.</p> <p>Tässä opinnäytetyössä perehdyttiin suunnittelunohjauksen toteuttamiseen infrarakentamisen tietomallipohjaisessa hankkeessa sekä tietoteknisiin järjestelmiin, jotka tukevat suunnittelunohjausta. Työn tavoitteena oli kehittää tietomallipohjaista suunnittelunohjausprosessia suuntaan, joka tukee suunnittelu- ja urakointiyksiköiden välistä integraatiota. Järjestelmän tuli ottaa huomioon urakointiyksiköiden sekä infran tilaajien vaatimukset suunnitelmien esittämiselle ja niiden jatkokäytölle. Edellä mainitun lisäksi työssä alustettiin kehitystä suunnittelutyön aikataulutuksen tietomallipohjaiseen hyödyntämiseen, joka toimii jatkossa osana rakentamisen kokonaisaikataulua. Työ toteutettiin keräämällä valmistuneista hankkeista kokemuksia haastatteleamalla projektihenkilöstöä. Haastatteluiden perusteella laadittiin prosessikuvaus ja vaatimustasot tietomallipohjaiselle suunnittelunohjaukselle, jota tarkennettiin asiantuntija arvioiden perusteella.</p> <p>Työn tuloksena määriteltiin vaatimukset suunnittelunohjausjärjestelmälle, jonka tulee hyödyntää nykyaikaisia tietoteknisiä järjestelmiä sekä tukea yhä mobilisoituvampaa rakentamisprosessia. Työssä kehitettiin myös suunnittelun toimintatapoja, jotka tehostavat suunnittelutoimintaa sekä suunnitelmien tarkastusprosessia. Näiden lisäksi kehitystyö toimii pohjana tietomallipohjaisten järjestelmien jatkekehitykselle. Kehitetyn järjestelmän perusteella Destia Oy:n on mahdollista ottaa tietomallipohjainen järjestelmä käyttöön ja toimia suunnannäyttäjänä Suomen infrarakentamisessa.</p>	
Avainsanat Infrarakennushanke, suunnittelunohjaus, tietomallihanke, BIM.	
Tutkimuksen ja tulosten osalta luottamuksellinen.	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme In Construction Engineering			
Author(s) Jussi Hämäläinen			
Title of Thesis Defining Requirements for Design Coordination in a BIM project			
Date	May 8,2017	Pages/Appendices	27
Supervisor(s) Mr Viljo Kuusela, Senior Lecturer and Mr Juha Pakarinen, Lecturer			
Client Organisation /Partners Mr Markku Savola, Destia Ltd			
<p>Abstract</p> <p>The aim of this thesis was to study the process of design coordination in a BIM based infrastructure construction project and utilization of software technologies that support design coordination. The purpose was to develop BIM based design coordination in a way that supports the integration of design department and construction department. Development of BIM based design coordination system works as a major step towards comprehensive usage of building information models during the stages of infrastructure construction. The system is meant to be utilized nationwide in upcoming projects.</p> <p>First, the conventional design coordination was studied and used for developing BIM based system. The system was to take the requirements set by the construction departments and clients. BIM based design schedule planning was also studied in a preliminary way. It is to be utilized when planning the overall construction schedule. The development process was carried out by collecting information and interviewing personnel working on finished BIM projects. The process overview and levels of requirement were made for BIM based design coordination according to the interviews.</p> <p>As a result of this thesis the requirements for a design coordination system that is meant to use modern applications and that supports the more and more mobilizing field of construction were established. More efficient ways of design methods were also developed during the process which benefits the design process and inspection of plans. This thesis also works as a base for future studies of BIM based systems. With implementation of the design coordination system Destia is able to work as a forerunner for BIM based procedures in infrastructure construction.</p>			
Keywords infrastructure construction, design coordination, BIM project, BIM.			
confidential			

## ALKUSANAT

Tämä opinnäytetyö tehtiin ylemmän ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytteeksi Savonia-ammattikorkeakoulussa. Työn tilaajana toimi Destia Oy, joka taistelee väsymättä toimivamman maailman puolesta.

Kiitokset tämän opinnäytetyön mahdollistamisesta ja ohjaamisesta haluan esittää Destia Oy:n kehittämisspäällikkö Markku Savolalle. Arvokkaan suunnittelunohjauskokemuksen ja pitkän työkokemuksen ansiosta työpanokseni pystyttiin kohdentamaan tarkasti kehitettävään asiaan. Lisäksi haluan kiittää opinnäytetyöhöni panoksensa antaneita asiantuntijoita ja muita henkilöitä.

Kuopiossa 25.4.2017

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	6
1.1	Kehitystyö ja tavoitteet.....	6
1.2	Lyhenteet ja määritelmät.....	8
2	INFRARAKENNUSHANKE .....	9
2.1	Infrahankkeen vaiheet .....	9
2.2	Urakkamuodot .....	10
2.3	Hankkeen osapuolet ja niiden tehtävät .....	11
2.3.1	Tilaaaja .....	11
2.3.2	Suunnittelu .....	12
2.3.3	Urakointi.....	12
2.3.4	Ylläpito .....	13
3	TIETOMALLIHANKE INFRARAKENTAMISESSA .....	14
3.1	Tietomallihankkeen erityispiirteet infrarakentamisessa.....	15
3.2	Tietomallien käyttö hankkeen eri vaiheissa .....	16
3.3	Tiedon hallinta hankkeella .....	19
4	SUUNNITTELUOHJAUS .....	21
4.1	Suunnitteluohjauksen toiminnallisuus ja ratkaisujen hallinnointi .....	22
4.2	Aikataulujen hallinta.....	23
5	TUTKIMUKSEN KUVAUS .....	25
6	TULOKSET JA POHDINTA.....	26
	LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT .....	27

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyön tarkoituksena on kehittää laaja-alaiselle rakennusalan organisaatiolle suunnittelunohjausjärjestelmä, joka kykenee vastaamaan nykyajan digitalisoituvan markkinan tarpeisiin. Infrarakentaminen on ollut useita vuosia jatkuvan muutoksen tilassa johtuen muuttuvista normeista, inf-ralle asetetuista vaatimuksista, uusista hankintamalleista, tiukasta taloustilanteesta ja alan digitalisoitumisesta. Nämä syyt ovat asettaneet aivan uudenlaisia vaatimuksia infran rakentajille ja kunnossapitäjille. Digitalisaatio, merkittävänä tekijänä, on muokannut rakentamisen jokaista osa-aluetta hankesuunnittelusta toteutukseen ja edelleen ylläpitoon asti.

Infrarakenteiden suunnittelussa ja rakentamisessa tietomallipohjainen toimintajärjestelmä on tullut viime vuosien aikana erittäin merkittäväksi. Kehitystä tietomallipohjaiseen suunnitteluun ja rakentamiseen on ajettu vahvasti Liikenneviraston ja buildingSMART:n taholta. Liikennevirasto ja buildingSMART ovat laatineet ohjeistusta infrarakentamisen eri osa-alueille. Vuonna 2014 julkaistiin uudet ohjeet: siltojen tietomalliohje, tien mallipohjaisen suunnittelun hankinta ja taitorakenteiden suunnittelun lähtötieto-ohje. Näiden lisäksi buildingSMART on julkaissut yleiset inframallivaatimukset vuosina 2015 ja 2016, jotka määrittävät tietomallipohjaisen hankkeen kattavasti. Näiden lisäksi Liikennevirastolla on valmistelussa radan suunnittelun mallipohjainen hankintaohje. Näiden kattavien ohjekokonaisuuksien tarkoituksena on toteuttaa Liikenneviraston strategiaa ja tahtotilaa. Liikenneviraston on todennut, että tietomallintaminen parantaa hankkeen sisäistä tiedon siirtoa eri osapuolten välillä aina suunnittelusta rakentamiseen ja infraomaisuuden hallintaan ja tällä päästään laadukkaampaan ja tehokkaampaan rakentamisprosessiin. Tämän lisäksi puutteellisen tiedon siirron on todettu olevan rakennushankkeissa suurin yksittäinen syy hukan syntymiseen. Lisäksi tietomallipohjaisilla menetelmillä saavutetaan säästöjä mm. materiaalimenekeissä. Modernit tietotekniset menetelmät hankinnassa mahdollistavat tiedon käytön myöhemmin omaisuudenhallinnassa.

### 1.1 Kehitystyö ja tavoitteet

Opinnäytetyö tehtiin Destia Oy:lle. Destia Oy on yksi Suomen johtavista infrarakentamisen ja kunnossapidon yrityksistä. Destian toimialoihin kuuluvat väylä-, pohja-, alue- ja insinöörirakentaminen, energianifra, ratainfra, kunnossapito, kiviaines, suunnittelu ja tiestötietopalvelut. Destia Oy työllistää 1500 rakennusalan ammattilaista Suomen laajuisesti.

Destia Oy omistaa tekijänoikeudet tehtyyn opinnäytetyöhön ja varaa oikeuden salata liiketoiminnan kannalta merkittäviä asioita ja kehityskohteita. Salattavaksi määritettyjä asioita ei esitetä tässä raportissa.

Opinnäytetyön pohjana on käytetty Destian Oy:n toimintajärjestelmää. Kehitystyössä hyödynnetään Destian henkilöstön tietotaitoa ja käytäntöjä. Tietopohjana käytetään lisäksi Liikenneviraston ja buildingSMARTin ohjeistusta tietomallipohjaiseen infrarakentamiseen. Merkittävimmät ohjeet työn kannalta ovat buildingSMART Suomen yleiset inframallivaatimukset, Liikenneviraston siltojen tieto-

malliohje ja taitorakenteiden tarkastusohje. Suunnittelunohjausjärjestelmän on otettava lisäksi huomioon Liikenneviraston ja muiden suurten infran tilaajien vaatimukset laatujärjestelmien ja tarkastusprosessin osilta.

Työssä perehdytään infrarakennushankkeen läpiviintiin ja suunnittelunohjaukseen painottaen suunnittele ja toteuta -mallin rakennushanketyyppejä. Suunnittele ja toteuta -mallin rakennushankkeessa pääurakkaan kuuluvat kohteen suunnittelu ja rakentaminen. Tavoitteena on kehittää urakointi- ja suunnitteluyksiköiden välistä suunnittelunohjausta tietomallipohjaisessa hankkeessa. Suunnittelun ohjauksen ja yksiköiden välisen yhteistyön kannalta on tärkeää selvittää, miten suunnittelutyön edetessä laaditut tietomallit tukisivat rakentamista ja toteuman dokumentointia mahdollisimman tehokkaasti. Toiseksi selvitetään miten tietomalleihin pohjautuvaa suunnittelutapaa voitaisiin hyödyntää vaihtoehtojen tarkastelussa ja saadaanko tästä etua perinteiseen tapaan verrattuna. Työssä selvitetään myös tietomallihankkeiden läpiviennin nykyistä tilaa ja kartoitetaan millä osilla suunnittelu- ja urakointiyksiköiden välistä yhteistyötä kannattaisi keskittyä kehittämään.

## 1.2 Lyhenteet ja määritelmät

BIM	Tulee sanoista building information modelling, eli tietomallinnus.
IFC	Industry Foundation Classes. Kansainvälinen tietomallien yhteiskäyttöstandardi. Tällä hetkellä yleisesti on käytössä versio IFC2x3.
Inframodel	Infra-alalla käytetty tiedonsiirtoformaatti. Tunnetaan myös lyhenteellä IM. Tällä hetkellä käytössä olevasta Inframodel3-versiosta käytetään lyhennettä IM3. IM on avoin tiedonsiirtoformaatti.
INTOKE	Turun ammattikorkeakoulun kehityshanke infran tietomallien osaamisen kehittämisen.
KU	kokonaisurakka
LandXML	eXtensible Markup Language. XML-koodiin pohjautuva avoin tiedonsiirtoformaatti.
LOD	Level Of Detail. Tarkkuustaso. Käsite, jolla esitetään tietomallin sisällön tarkkuustasoa. Tarkkuustaso ilmaistaan numerolla, esimerkiksi LOD2.
ST	Suunnittele-toteuta -hanke. Tunnetaan myös nimellä suunnittele ja rakenna -urakka tai kokonaisvastuurakka.
PPP	allianssimallinen hanke
Taitorakenne	Taitorakenteiksi infrarakentamisessa luetaan seuraavat: Sillat, tunnelit, tukimuurit, laiturit, paalulaatat sekä porras- ja tasonvaihtorakenteet.
Tekniikkalaji	Tekniikkalajilla tarkoitetaan eri tekniikan osa-alueita infrarakentamisessa. Näitä osa-alueita ovat esimerkiksi siltatekniikka, väylätekniikka, geotekniikka ym.
Tietomalli	Rakennuksen tai infrarakenteen tietojen kokonaisuus kolmiulotteisen mallin muodossa digitaalisesti.
YIV	BuildingSMART Finlandin julkaiseman tietomallihankkeen ohjeistus yleiset inframalli vaatimukset.



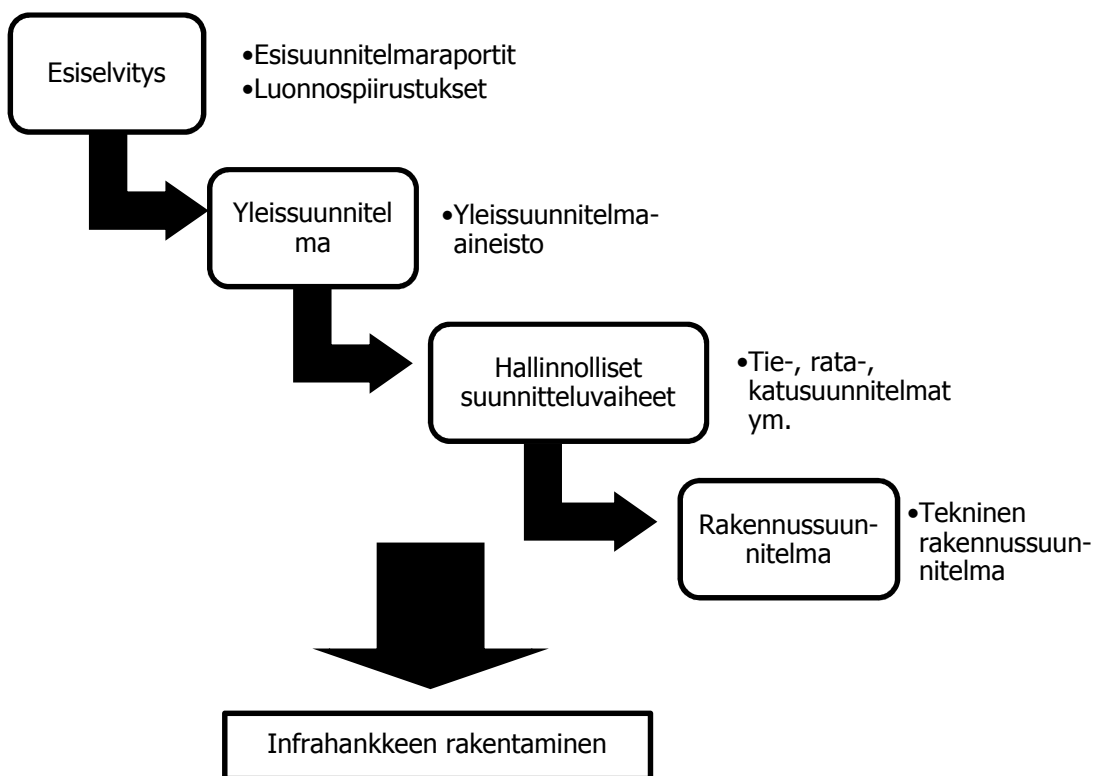
## 2 INFRARAKENNUSHANKE

Infrarakennushankkeella tarkoitetaan rakennushanketta, joka kohdistuu liikenneyhteyksiin, energia- ja vesihuoltoverkostoon sekä maa- ja vesirakentamiseen. Infrahankkeelle tyypillistä on, että ne ovat monivaiheisia ja pitkäkestoisia hankkeita. Merkittävimpiä eroja talonrakennushankkeeseen verrattuna on hankkeen laajuus ja sen vaikuttavuus. Koska infrahankkeilla on merkittäviä vaikutuksia väestön käyttäytymiseen ja ympäristön kehittymiseen, on tärkeää, että vaikutuksia arvioidaan ja selvitetään riittävästi hankkeen eri vaiheissa. Kaiken rakennetun ympäristön toimivuus ja tuottavuus perustuvat toimivaan infraan.

Infrahankkeet voidaan ryhmitellä kahteen pääkategoriaan: uusinvestoinnit ja kapasiteetinlisäys- ja ylläpitoinvestoinnit. Uusinvestoinneille on tyypillistä, että ne ovat kustannuksiltaan suuria, riskejä sisältäviä, useita intressiryhmiä kiinnostavia ja ne liittyvät osana muihin investointeihin tai tukevat alueellista kehittymistä. Nämä seikat tekevät infrahankkeista monimutkaisia ja haastavia hallita. (Tiehallinto 2004.)

### 2.1 Infrahankkeen vaiheet

Infrahankkeet perustuvat niisanottuun vaiheistettuun järjestelmään, jolla mahdollistetaan kytkentä muunmuassa maankäytön suunnitteluun hankkeen eri vaiheissa. Vaiheistettu järjestelmä ohjaa suunnittelun tasoa sopivaksi eri päätöksentekovaiheisiin sekä helpottaa vuorovaikutusta hankkeen eri osapuolten välillä.



Kuvio 1. Infrahankkeen vaiheistettu järjestelmä (Hämäläinen, 2017)

Infrarakennushankkeen vaiheittaisessa suunnittelussajärjestelmässä on kuviossa 1 esitetyn mukaan 4 vaihetta:

- esiselvitys
- yleissuunnitelma
- hallinnolliset suunnitteluvaiheet (tiesuunnitelma, ratasuunnitelma ym.)
- rakennussuunnitelma.

Esiselvitysvaiheessa tutkitaan tie- ja ratahankkeiden tarvetta ja ajoitusta maakuntakaavan ja yleiskaavan likimääräisellä tarkkuustasolla. Esiselvitysvaiheessa väylän sijainnista voi olla monta eri vaihtoehtoista linjausta. Seuraavissa suunnitteluvaiheissa vaihtoehtojen määrä vähenee. Yleissuunnittelu vastaa yleis- tai asemakaavatasoista suunnittelua maankäytössä. Yleissuunnitelmassa määritellään tien tai rautatien tilantarve ja suurpiirteinen sijainti sekä vaikutus ympäröivään maankäyttöön. Tie- ja ratasuunnitelman laatiminen on yleensä hankkeen toteutukseen tähtäävää tien suunnittelua, jossa tarkennetaan yksityiskohtia ja tavanomaisesti valitaan rakennussuunnitteluvaiheeseen jatkettava suunnitteluvaihtoehto. Lainvoimaisen tie- ja ratasuunnitelman perusteella tarvittava maa-alue otetaan hallintaan tien ja rautatien rakentamista varten. Väyläsuunnittelun näkökulmasta tie- ja ratasuunnitelma vastaavat talonrakentamisen asemakaavan tarkkuustasoa. Rakennussuunnittelu liittyy hankkeen välittömään toteuttamiseen. Rakennussuunnitelman laatiminen sisältyy usein rakennusurakkaan ja tehdään vasta, kun hankkeen rahoitus on järjestetty ja rakentamispäätös on tehty. (Liikennevirasto 2017.)

Yllä mainittu hankkeenkulku kuvastaa merkittävien infrahankkeiden suunnittelun läpikulkua. Kuitenkaan kaikkien suunnitteluvaiheiden toteuttamista ei tarvita tai vaiheita voidaan yhdistää, mikäli hankkeen vaikutukset arvioidaan vähäisiksi. Hankkeen muihin suunnittelun erityispiirteisiin voi myös sisältyä erinäisiä suunnitelmia kaupunkiympäristöön yhteensovittamiseksi tai vesioikeuden lupa-asioihin liittyen. Näiden lisäksi suojeltavat alueet tai kohteet aiheuttavat muutoksia hankkeen kulkuun.

## 2.2 Urakkamuodot

Tuotannollisesti yleisimmät infrahankkeella käytettävät urakkamuodot infrarakentamisessa ovat

- kokonaisurakka
- jaettu-urakka
- suunnittele-toteuta -urakka (ST)
- elinkaarivastuu-urakka.

Muita infrahankkeilla käytettäviä urakkamuotoja ovat

- kunnan omajohtoinen tuotanto
- jaettu projektinjohtourakointi
- projektinjohtopalvelut.

Tässä opinnäytetyössä keskitytään ST-mallisen urakan läpiviennin kehittämiseen. ST-urakka on hankintamuoto, jossa urakoitsijan suoritusvelvollisuuteen kuuluu hankkeen rakentamisen lisäksi olennainen osa hankkeen suunnittelusta. Suunnittelun ja toteutuksen yhdistäminen voi johtaa kokonaisuudessaan edullisempaan ratkaisuun ja rakentamisen yhteydessä tehdyn suunnittelun ansiosta hankkeen kokonaiskeston lyhenemiseen. Urakoitsija on sopimussuhteessa suunnittelijaan. Urakoitsija luovuttaa tilaajalle rakennussuunnitelman ja valmiin lopputuotteen tuotevaatimusten ja urakka-asiakirjojen edellyttämällä tavalla, josta tilaaja maksaa rahallisen vastikkeen vaiheittain työn edetessä. (Liikennevirasto 2009.)

Maksuperiaate ST-urakassa on ensisijaisesti kokonaishinta, kun kokonaishinnan määrittelylle on riittävät perusteet määrä- ja kustannusriski huomioiden. Mikäli hankkeen valmistelua ei ole toteutettu riittävällä tarkkuudella kokonaishintaurakkaan, voidaan käyttää myös yksikköhintoja. Yksikköhintoja käytetään myös tavallisesti muutos- ja lisätöiden hankinnassa ja toteutuksessa. Lisä- ja muutostöistä aiheutuvaa lisäkustannusta ei yleisesti ole, mikäli suunnitelmien virheellisyyttä tai muutostarvetta ei ilmene hankkeen edetessä tai tilaajan taholta lähtötietojen virheellisyyden tai urakan laajuuden tai laatutason muutoksen takia. (Liikennevirasto 2009.)

ST-mallin urakka soveltuu parhaiten suuriin hankkeisiin, kun tuotevaatimukset ja hankkeen sisältö mahdollistavat rakentamisen ja suunnittelun yhdistämisen. Kyseisen urakamuodon soveltamisalakohteita ovat erityisesti suuret hankkeet silloin, kun tilaaja haluaa saavuttaa aika- tai kustannusetua urakoitsijan ja suunnittelijan yhteistyöllä ja haluaa välttyä erilliseltä rakennussuunnitteluprosesilta. ST-urakkaa ei pääsääntöisesti kannata käyttää, jos tuotevaatimusten määrittely on vaikeaa tai hanke on kooltaan pieni. (Liikennevirasto 2009.)

## 2.3 Hankkeen osapuolet ja niiden tehtävät

ST-hankkeen pääosapuolet ovat tilaaja ja pääurakoitsija. Tilaja organisaatioon kuuluu pääsääntöisesti myös hankkeen valmisteluun kuuluva henkilöstö ja ulkoiset konsultit, rakennuttajakonsultit ja tarkastuskonsultit. Infrarakentamisessa on hyvin tavanomaista käyttää ulkoisia konsultteja valvomaan tilaajan etua. Pääurakoitsijan organisaatioon kuuluvat tavanomaisesti toteuttava porras, suunnittelu sekä pääurakoitsijan käyttämät aliurakoitsijat ja -konsultit.

### 2.3.1 Tilaja

Tilajan merkittävin vastuualue ST-mallin urakassa on tajouspyynnössä esitettävien urakka-asiakirjojen laatiminen ja hankkeen laatutason määrittäminen riittävällä tarkkuudella. Voidaan todeta, että urakan toteutumiskelpoisuus riippuu suurelta osin tilaajan toiminnasta ja täten ohjaa urakan toteutumisen edellytyksiä kustannukset ja aikataulu huomioiden.

Tämän lisäksi tilaaja vastaa sitovaksi ilmoitetusta suunnitteluaineistosta, mikäli sitä käytetään urakan toteuttamisessa. Sitova suunnitteluaineisto ST-hankkeessa voi olla esimerkiksi jokin merkittävä osa suuremmasta infrahankkeesta, kuten maisema-arvollisesti merkittävä silta, josta tilaaja on teettänyt

rakennussuunnitelman ennen ST-hankkeen tarjousvaihetta. Tilaajan vastuulla on myös suunnitteluohjeistojen määrittäminen ja niiden oikeellisuuden varmistaminen. Pääasiassa ohjeiston määrittäminen ja ylläpitäminen kuuluu infrahankkeiden Suomessa Liikennevirastolle ja SFS:lle.

Tilaajan kannalta kyseisen urakkamuodon suurimmat edut saavutetaan seuraavista asioista:

- Rakennussuunnitelmavaihetta ei tarvitse erikseen toteuttaa.
- Urakoitsija/suunnittelija synergiaa saadaan kustannus- ja tehohyötyä.
- Hankkeen toteutusaikataulu on nopeampi.
- Jo tarjousvaiheessa urakoitsijat tarjoavat vaihtoehtoisia suunnitelmia ja toteutustapoja.
- Tilaajaorganisaation kiinteät kustannukset ovat merkittävästi matalimmat.

### 2.3.2 Suunnittelu

ST-urakka muotodolla ei ole merkittävää vaikutusta suunnittelutoimintaan verrattuna muihin urakamuotoihin. Vaikutukset ovat merkittävimpiä aikataulujen osalta, koska tavanomaisesti suunnitelmia täytyy saada tilaajan hyväksyttäväksi hyvin kiivaalla aikataululla, jotta rakentaminen saadaan käyntiin. Ominaista ST-mallin urakan suunnittelussa on suunnitelmaratkaisujen vakioiminen, mikäli mahdollista. Ominaista ovat myös vaiheittainen suunnittelu ja suunnitelmien hyväksyttäminen, jotka tähtäävät tehokkaaseen aikataulun hallintaan ja rakentamisen sujuvaan etenemiseen. Kyseisen urakamuodon erityispiirre suunnittelun näkökulmasta on tarjousvaiheen suunnittelu, johon usein käytetään merkittävästi työpanosta, jotta tarjousvaiheeseen saataisiin kilpailuetua tarkemman massalaskennan tai kustannustehokkaampien ratkaisujen muodossa. Suunnitteluvastuissa ei ole merkittävää eroa muihin urakamuotoihin verrattuna.

### 2.3.3 Urakointi

ST-mallin hankkeessa urakoitsijalla on kokonaisvastuu hankkeen toteutuksesta ja rakennussuunnittelusta. Tämän lisäksi valitulla urakoitsijalla päätoteuttajavastuu hankkeesta. Urakoitsijalla on kuitenkin mahdollisuus käyttää hankkeessa aliurakoitsijoita ja -konsultteja hankkeen eri osissa. Urakoitsijalla on ST-urakassa mahdollisuus osoittaa kilpailuetunsa kokonaisuuden hallinnan ja yhteensovittavuuden kautta. Urakoitsijan kannalta kyseisen urakamuodon suurimmat edut saavutetaan seuraavista asioista:

- mahdollisuus suunnitella työjärjestys ja toteuttamistapa itselle soveltuvaksi
- mahdollisuus esittää vaihtoehtoisia tarjouksia tarjousvaiheessa
- mahdollisuus muokata ja priorisoida suunnittelu- ja rakentamisaikataulua
- aktiivisella työtapojen kehittämisellä saadaan kilpailuetua urakoissa.

#### 2.3.4 Ylläpito

Ylläpidon kannalta suunnittele ja toteuta -hankeessa ainoa merkittävä ero on takuuajoissa, jotka ovat pidemmät ja kattavammat verrattuna KU-mallin urakkaan. Kohteen ylläpito ei tavanomaisesti kuulu ST-hankkeeseen vaan kilpailutetaan erikseen tilaajan toimesta.

### 3 TIETOMALLIHANKE INFRARAKENTAMISESSA

Tietomallihankkeella tarkoitetaan rakennushanketta, jossa tiedon hallinta on toteutettu tietomallipohjaisesti. Hankkeella käytettävä tieto on sidottu eri hankkeen osien tietomalleihin, kuten väylämalleihin tai siltapaikkamalleihin, jotka kuvaavat kolmiulotteisesti rakennetta ja sisältävät sille asetettua tietoa. Koko hankkeen elinkaaren aikana tietomallille asetetaan useita erilaisia vaatimuksia hankkeen eri osapuolien toimesta.

Tietomallihankkeella tietomalli on siis hankkeen tai hankeosan rakennusprosessin koko elinkaaren aikaisten tietojen kokonaisuus esitettynä digitaalisesti tietomalleina ja niihin kytkettynä tietona. Näiden tietokonemallien tarkoituksena on koota kaikki tarvittava tieto yhteen, jotta tiedon hyödyntäminen olisi helpompaa. Kukin yksittäinen tieto tallennetaan vain yhteen kertaan ja sitä voi hyödyntää koko hankkeen organisaatio aina ylläpitoon saakka. Malli mahdollistaa erilaisten analyysien ja simulointien tekemisen hankkeen kaikissa vaiheissa. Tämä edistää vaatimukset ja suunnittelunormit täyttävien, toimivien ja helposti toteutettavien kohteiden suunnittelua ja rakentamista. (RIL 2017.)

Kun vertaillaan perinteistä dokumenttipohjaista hanketta tietomallipohjaiseen hankkeeseen huomataan, että eri osapuolien tarvitsemat asiat kussakin työvaiheessa ovat olleet hankala sitoa yhteen asiakirjakokonaisuuteen johtaen siihen, että jokaisesta hankkeen osavaiheesta on tehty omat dokumenttinsa. Infrarakennushanke alkaa jo hyvin varhaisessa vaiheessa maankäytön suunnittelusta koko kohdealueella. Alkuvaiheessa hankkeesta laaditaan selvityksiä ja yleiskarttoja, jotka seuraavassa vaiheessa otetaan lähtötiedoksi seuraavaan suunnitteluvaiheeseen. Seuraavissa suunnitteluvaiheissa edellisen suunnitteluvaiheen dokumentit ja piirustukset ovat huonosti hyödynnettävissä, koska selvitykset ja suunnitelmat on laadittu eri osapuolien, kuten tilaajan, loppukäyttäjän tai muiden sidosryhmien käyttöön, jolloin tieto ei ole jatkosuunnittelussa tehokkaasti hyödynnettävässä muodossa. Käytännössä seuraavissa suunnitteluvaiheissa luodaan täysin uusi dokumentointi suunnittelussa syntyneistä ratkaisuksista sen sijaan, että muokattaisiin ja jatkettaisiin edellisten dokumenttien pohjalta. Infrahankkeelle ominaista on useat eri tasoiset suunnitelmat ennen rakentamista, jolloin suunnittelusta aiheutunut dokumenttien määrä on suuri ja usein tietoa ja tehtyä työtä hukataan siirryttäessä seuraavaan suunnitteluvaiheeseen.

Kun suunnittelusta siirrytään hankkeen toteutukseen, täytyy suunnitelmissa esittää hyvin erilaisia asioita verrattuna maankäytön suunnitteluvaiheisiin. Tästä muutoksesta johtuen joudutaan laatimaan jälleen uusia dokumentteja rakentamisen tarpeisiin. Toteutuksesta siirrytään edelleen toteuma tiedon taltiointiin ja hankkeen ylläpitoon, jolloin joudutaan jälleen tekemään soveltuvia dokumentteja kyseisiin vaiheisiin, koska edellisen vaiheen dokumentteja ei pystytä tehokkaasti jatkokäyttämään. Kokonaisuudessaan hankkeen monimuotoisuudesta ja sidosryhmien määrästä johtuen laadittujen dokumenttien määrä on valtava ja niiden vastaavuus edellisiin vaiheisiin on vaihtelevaa.



Kuvio 2. Tietomallihankkeen osapuolet (INTOKE-hanke, 2017.)

Kuviossa 2 on esitetty tietomallihankkeen eri osapuolien kytkeytyminen toisiinsa infratietomallin kautta. Infratietomalli käsittää tässä yhteydessä rakennus- tai ylläpito-hankkeen tietomallikokonaisuutta, jota käytetään hankkeen läpiviemiseen.

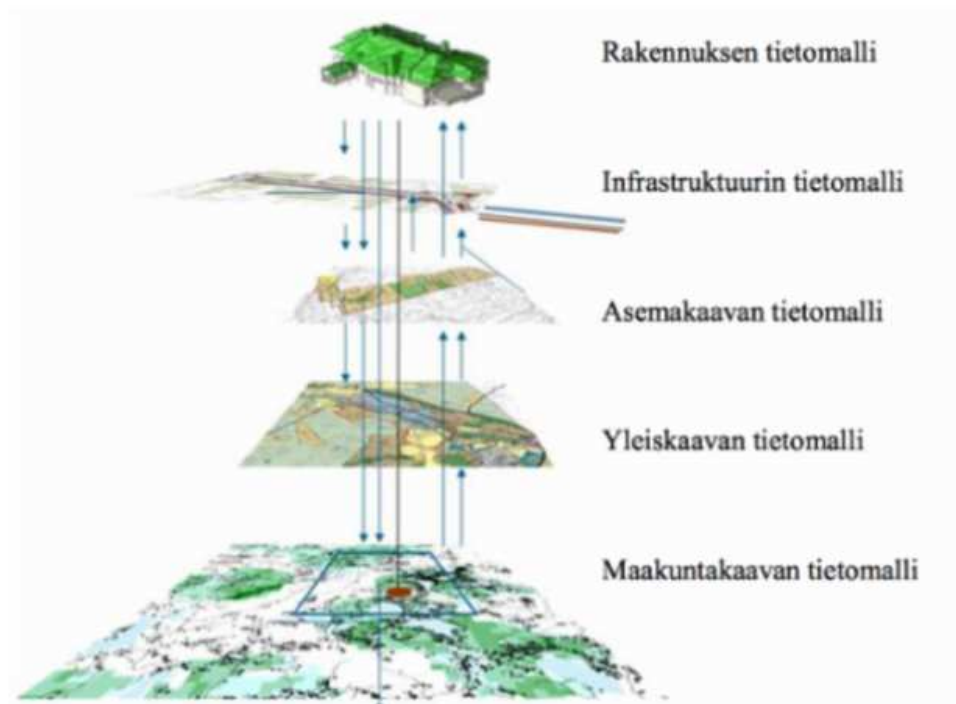
### 3.1 Tietomallihankkeen erityispiirteet infrarakentamisessa

Tietomallipohjaisissa infrahankkeissa on merkittäviä eroja verrattuna talonrakentamisen hankkeisiin. Merkittävimmät erityispiirteet infrahankkeissa ovat hankkeen laajuus ja monimuotoisuus, jotka asettavat erityisvaatimuksia tietomallipohjaiselle tiedonhallinnalle. Tämän lisäksi kappaleessa 2.1 esitetty hankkeen vaiheittainen eteneminen aiheuttavat erityisvaatimuksia tietomallien käyttämisessä.

Laajuuden ja monimuotoisuuden takia ohjelmistoille ja tiedonsiirtoformaateille on asetettu useita vaatimuksia. Ensimmäisenä ja tärkeimpänä vaatimuksena ohjelmistoille on mahdollisuus uloskirjoittaa ja lukea useita avoimia tiedonsiirtoformaatteja, kuten IFC:ia ja XML:a. Avoimella tiedonsiirtoformaattilla tarkoitetaan tiedostomuotoa, jota pystytään lukemaan ohjelmistosta tai valmistajasta riippumatta. Avoimien tiedonsiirtoformaattien merkitys korostuu tilaajan vaatimuksien takia. Liikenneväyristö yhtenä suurimmista infran tilaajista vaatii kaiken luovutettavan tietomalliaineiston olevan avoimissa tiedonsiirtoformaateissa, jotta sitä pystytään jatkohyödyntämään omaisuudenhallinnassa eri ohjelmistoalustoilla.

Rakennushankkeen vaiheittaisen etenemisen takia tietomallien käyttöä täytyy kontrolloida ja ohjeistaa, jotta tietoa voidaan siirtää hankkeen vaiheesta toiseen. Edellä mainitusta syystä tietomallipohjaisen suunnittelun ohjauksen pitää olla hyvin toteutettu. Tietomallien jatkokäyttö hankkeen vaiheesta toiseen edellyttää tarkkaa ohjeistusta tietomallien sisällöstä, tarkkuustasosta ja rakenteesta.

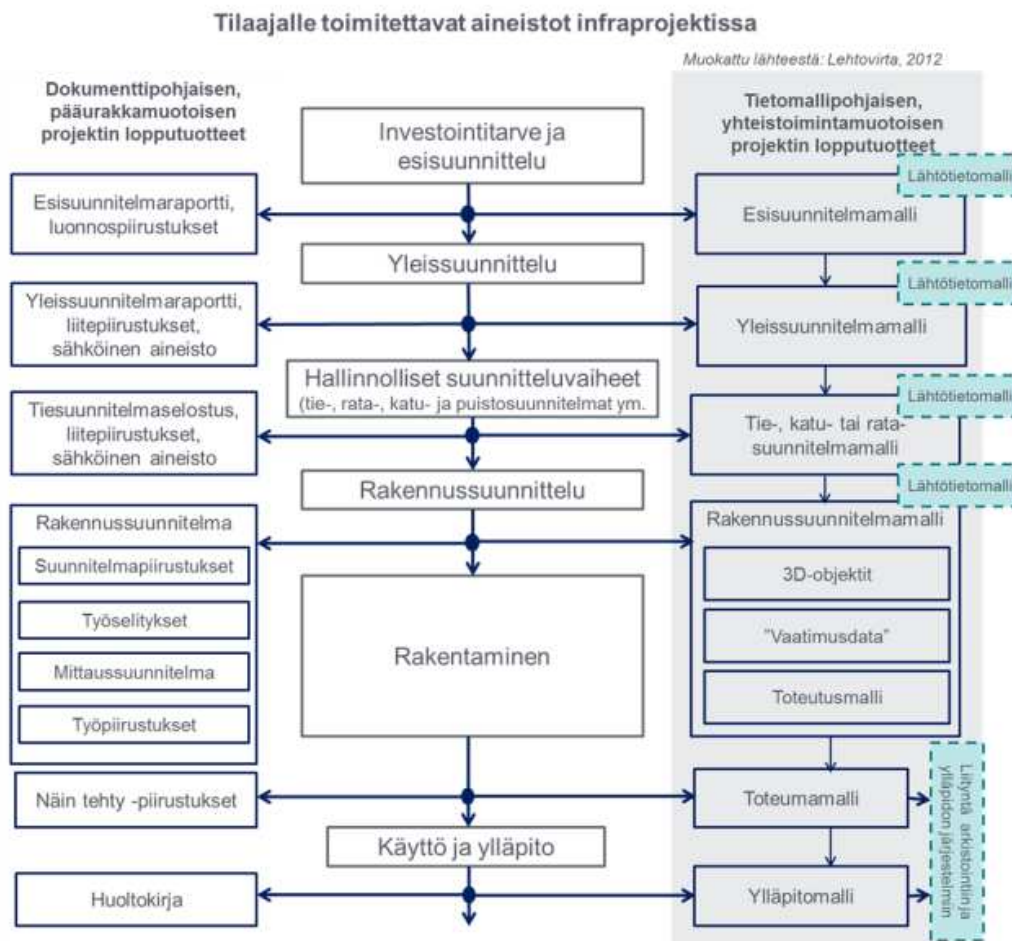
### 3.2 Tietomallien käyttö hankkeen eri vaiheissa



Kuva 1. Tietomalleja eri suunnittelun tasoilla (Buildingsmart Finland, Savisalo 2014.)

Kuvassa 1 on esitetty eri tyyppinen jaottelu inframallin rakenteesta. Kuva 1 esittää, miten yksittäinen rakennus, riippumatta rakennuksen tyypistä, sidotaan ympäröivään infrastruktuuriin ja lopulta maankäytön hallintaan. Maankäytön hallinta sitoo eri tietomallitasojen kautta kaiken rakennetun ympäristön yhteen, jonka tarkoituksena on pystyä tehostamaan rakennetun ympäristön hyödyntämistä, kunnossapitoa ja uuden rakentamista. Yksittäisten rakennusten tietomallit yhdistyvät toisiinsa alempien tasojen kautta muodostaen rakennetun ympäristön mallinnetun kokonaisuuden, jota voidaan hyödyntää omaisuuden hallinnassa. Omaisuuden hallinnalla voidaan käsittää muunmuassa korjaustoimenpiteiden ajastusta ja ohjelmointia, toimivuustarkasteluja ja uudisinvestointien arviointia.





Kuvio 3. Infrahankkeessa tuotettava aineisto hankevaiheittain (YIV OSA1, 2015.)

Tietomallien pohjimmainen tarkoitus on toimia koko rakennushankkeen elinkaaren aikaisena tietokantana, joka on sidottu hankkeessa rakennettaviin kohteisiin. Kuviossa 3 on esitetty tuotettava tietomalliaineisto infrahankkeen kussakin vaiheessa sekä vertailu perinteiseen dokumenttipohjaiseen tiedon tallentamistapaan.

Tietomallien käyttö infrahankkeella voidaan karkeasti jakaa kolmeen osaan:

- suunnittelu
- rakentaminen
- ylläpito ja käyttö.

Yllä esitetyllä jaolla pystytään myös tarkastelemaan kunkin eri osa-alueen tietomallien tarkoitusta tarkemmin. Suunnittelussa laadittavat tietomallit ja suunnitelma-aineistot tähtäävät hankkeen toteutettavuuteen huomioiden maankäyttö ja rakentamisen määräykset. Tämän lisäksi eri suunnitteluvaiheet kuten tiesuunnitelma ja rakennussuunnitelma pyrkivät samalla parantamaan hankkeen toteutettavuutta. Tietomallien rooli korostuu erityisesti suunnittelun laadun paranemisessa, rakennettavuus arvioiden teossa ja kustannusten hallinnassa.

Vaiheittaiseen hankkeen etenemiseen liittyy oleellisesti tarkkuustaso ajattelu eli LOD-ajattelu, jolla määritetään kunkin vaiheen kannalta oleellinen tieto mallinnettavaksi. Taitorakenteiden ja muiden infrarakenteiden osalta LOD-tason määrittävät YIV ja siltojen tietomalliohje.

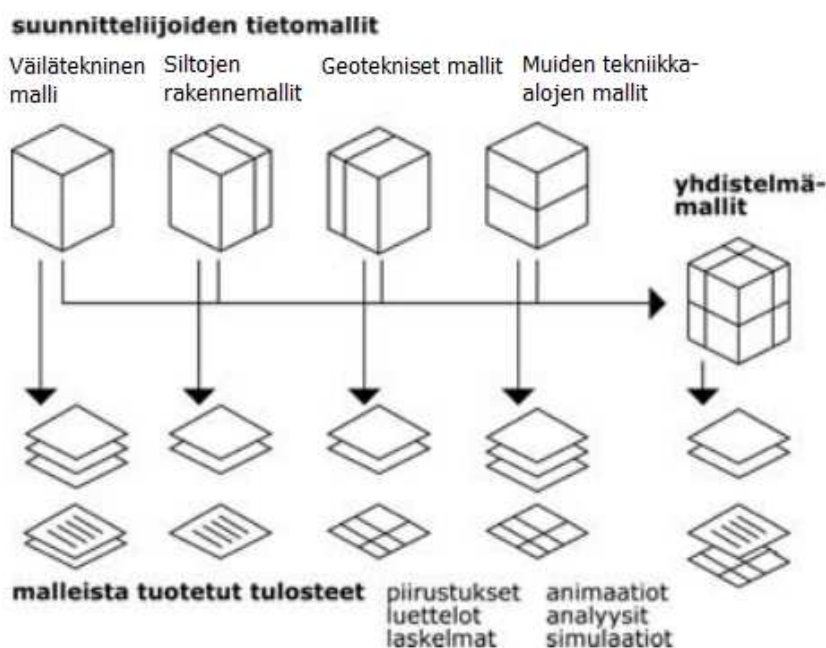
	EI vaatimuksia mallintamiselle.
	Mallinnetaan näkyviin jäävät pinnat merkittävässä kohteissa. Laaditaan pintamalli. (vrt. esi- ja yleisuunnittelun tarkkuus ja siltapaikkaluokitus I ja II)
	Mallinnetaan näkyviin jäävät osat kaikissa kohteissa. Laaditaan pintamalli.
	Mallinnetaan osat kokonaisuudessaan kaikissa kohteissa. Laaditaan tilavuusmalli. (vrt. tie- ja ratasuunnittelun tarkkuus)
	Mallinnetaan osat kokonaisuudessaan kaikissa kohteissa. Täydellinen kuvaus rakenteesta. (vrt. Rakennussuunnittelun tarkkuus)

Kuvio 4. Värikoodein esitetty LOD-kartta taitorakenteiden mallintamisesta (Liikennevirasto 2014.)

Rakentamisvaiheessa tietomallien pääasiallinen tarkoitus on esittää suunniteltu kohde urakoitsijalle. Tietomallien oleellisin ero verrattuna dokumenttipohjaiseen tapaan on suunnitellun kohteen kokonaisvaltainen esittäminen, sisältäen kaiken rakentamiseen tarvittavan suunnitelmapiirustuksista laatuaineistoihin yhdessä kokonaisuudessa. Tietomallien kokonaisvaltaisuuden takia rakentamisprosessissa pystytään hyödyntämään kattavasti mallien ominaisuuksia sekä ohjelmoimaan näiden ominaisuuksien perusteella jatkokäyttöä suunnitelmamalleille urakoitsijan omiin käyttötarkoituksiin. Rakentamisen edetessä tietomallin tärkeimpiä ominaisuuksia on toteumatiedon seuraaminen reaaliaikaisesti. Toteumatietoa saadaan jatkuvasti työkoneiden ja mittalaitteiden ollessa yhteydessä pilvipalveluihin, jotka tuovat tarketietoa suoraan tietomalleihin. Vastaavasti laadun ja toteumatiedon dokumentointi voidaan suoraan liittää suunniteltuun rakennelmaan. Tietomalleihin liitetyn tiedon jatko-ohjelmoinnista hyvänä esimerkkinä toimii rakentamisen tehotiedon dokumentointi, jota voidaan edelleen käyttää seuraavien hankkeiden urakkakilpailuissa tai kustannusten ennustamisessa. Tehotieto voidaan esittää toteumatiedon ja toteutukseen käytetyn ajan funktiona huomioon ottaen kohteen ominaispiirteitä. Tehotietoa vastaavia jatkojalostettavia ominaisuuksia on tietomallihankkeiden yhteydessä useita. Näiden ominaisuuksien seuraamisesta ja dokumentoinnista pidemmällä aikavälillä ja laajemmasta otannasta saadaan yhä tarkempia ennusteita hankkeiden etenemisestä ja yhä enemmän etua kilpailutilanteessa.

### 3.3 Tiedon hallinta hankkeella

Tietomallihankkeella tavanomaisesti laaditaan tietomallisuunnitelma, jossa kuvataan millä ohjelmistoilla eri tekniikkalajien tietomallit on tehty, mikä on kunkin tekniikkalajin tietomallien julkaisuformaatti ja sisältö sekä eri tekniikkalajien tietomallien pääpiirteittäinen rakenne. Tietomallisuunnitelma on yksi tärkeimmistä tietomallihankkeen aikana laadittavista dokumenteista, koska siitä voidaan hankkeen edetessä tarkistaa, miten jokin asia oli sovittu tehtäväksi, mitä ohjeistusta mallinnuksessa seurataan ja missä eri tekniikka-alojen rajapinnat menevät. Tietomallisuunnitelmassa myös tavanomaisesti kuvataan tapa, jolla eri tekniikkalajien tietomallit yhteensovitetaan, joka on tavanomaisimmin jonkinlainen yhdistelmämalli.



Kuvio 5. Tietomallit ja niiden yhteensovittaminen hankkeen aikana (Muokattu lähteestä RT, Rakennushankkeen osapuolten vaatimukset tietomalleille 2009.)

Kuviossa 5 on esitetty tapa, jolla tietomallintamista hyödynnetään rakennushankkeissa. Kunkin eri tekniikkalajin mallista laaditaan tarpeen mukaan piirustuksia, luetteloita, laskelmia, animaatioita, analyysijä tai simulaatioita. Näiden lisäksi tekniikka-alkohtaiset mallit yhdistetään yhteen yhdistelmämalliin, joka toimii hankkeen koordinaatiomallina tilaajan ja urakoitsijan suuntaan. Yhdistelmämallille ominaista on, että siitä pystytään tekemään visuaalista tarkastelua koko hankkeelta, joka on erityisen tärkeää laajoissa infrahankkeissa. Tämän lisäksi yhdistelmämallissa pystytään tekemään törmäystarkasteluja ja tarkastelemaan eri osien yhteensopivuutta.

Tietomallisuunnitelman lisäksi tietomalliselostus on äärimmäisen tärkeä, kun tarkastellaan yksittäisen rakennuksen tai osan tietomallia. Tietomalliselostus on kunkin suunnittelualueen ylläpitämä kuvaus rakennuksen tai rakennusosan tietomallista. Siinä kerrotaan lyhyesti mallin sisältö, mahdollinen revisiohistoria, päivämäärä, kohde, käytetyt ohjelmistot ja yhteystiedot. Selostus kulkee aina mallin mukana. Tiedon hallinnan kannalta tietomallisuunnitelma, tietomalliselostus ja yhdistelmämalli ovat merkittävimmät asiakirjat hankkeella.

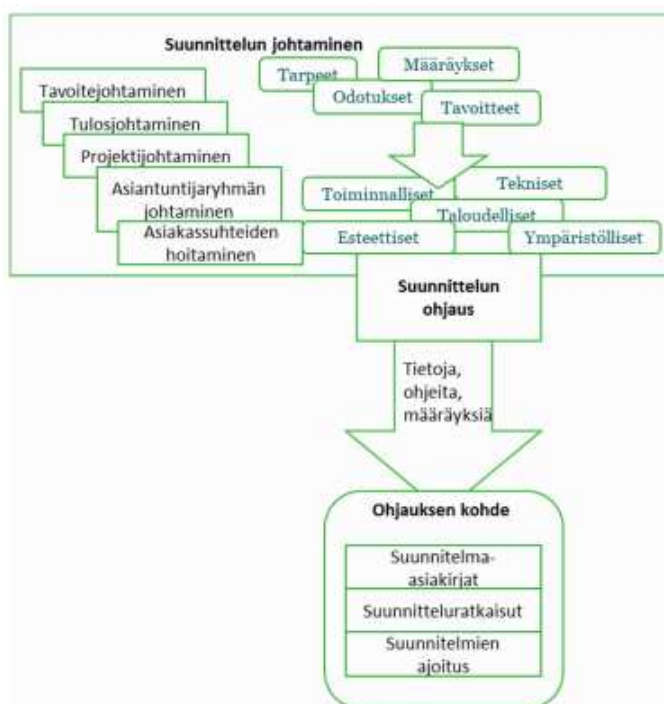
Merkittävä osa tiedonhallintaa on myös revisioiden ja tarkastushistorian hallinta. Erityisesti infra-alalla taitorakenteiden rakenne- ja geosuunnitelmien tarkastusprosessi aiheuttaa erityisvaatimuksia tarkastusten ja revisioiden hallintaan. Esimerkiksi silta voidaan tarkastaa osissa rakentamisjärjestyksen mukaan, joka on usein välttämätöntä eri rakenneosien pitkän suunnitteluajan takia. Osissa tarkastaminen jaetaan usein loogisiin rakennekokonaisuuksiin, kuten alusrakenne ja päällysrakenne. Edellä kuvatun kaltaisen tarkastusprosessin takia on äärimmäisen tärkeää, että urakoitsijalla on koko ajan tieto, missä vaiheessa mikäkin osa kohteesta on. Tästä syystä tietomalleihin tulee pystyä määrittämään myös rakenneosan status. Suunnitelman etenemisen status on myös tärkeää hankkeen kokonaisuuden ja aikatauluseurannan takia.

Tiedonhallinta tietomallihankkeella vaatii laajaa ohjelmisto-osaamista projektihenkilöstöltä. Erityisesti työpäälliköiltä ja projektipäälliköiltä vaaditaan ja tullaan jatkossa vaatimaan yhä enemmän eri ohjelmistojen osaamista. Tietomallihankkeella käytetään monia erityyppisiä ohjelmistoja. Näitä ohjelmistotyyppisiä ovat suunnittelu-, yhdistelmämalli-, aikataulunhallinta- ja projektipankkiohjelmistot. Näiden lisäksi hankkeella käytetään muun muassa mitoitusohjelmistoja, jotka eivät kuitenkaan varsinaisesti liity tiedonhallintaa, mutta joita johtotehtävissä olevien on hyvä ymmärtää kokonaiskuvan hahmottamisen takia.

#### 4 SUUNNITTELUNOHJAUS

Suunnittelunohjaus mielletään perinteisesti talonrakentamisessa rakennuttajan tai rakennuttajakonsultin tehtäväksi, jossa rakennuttajakonsultti toimii tilaajan edustajana ja valvoo, että suunnitteluratkaisut ovat toimivia ja kustannustehokkaita. Suunnittelunohjaukseen kuuluu myös edellämainittujen lisäksi:

- Suunnittelun käynnistäminen
- Suunnittelukokousten ja -katselmusten järjestäminen ja dokumentointi
- Suunnittelun valvonta
- Ratkaisuvaihtoehtojen vertailu
- Suunnitelmien tavoitteenmukaisuuden varmistaminen. Suunnitelmien kustannustavoitteiden valvonta
- Suunnitelmien hyväksyttäminen tilaajalla ja käyttäjillä
- Viranomaislupiin liittyvien toimenpiteiden valvonta
- Tarvittavien lisä- ja muutostyösuunnitelmien teettäminen.



Kuvio 6. Suunnittelun johtamisen ja ohjaamisen tehtäväkentät (Karhu 2013.)

Suunnittelunohjausryhmä tehtävät ja tavoitteet on esitetty kuviossa 6. Suunnittelunohjausryhmään kuuluu tavallisesti urakkamuodon mukaan:

- tilaajan edustaja
- urakoitsijan edustaja
- suunnittelun projektipäällikkö
- tekniikka-alojen asiantuntijat.

Infrarakennushankkeen erityispiirteitä suunnittelunohjauksen kannalta on, että suunnittelun veto- vastuuta jaetaan tekniikkalajien vastuuhenkilöille suunniteltavien kohteiden ollessa hyvin laajoja kokonaisuuksia. Toisena erityispiirteenä on erilaiset urakkamuodot, joissa urakoitsijalla on mahdollisuus toteuttaa hankkeita hyvin erilaisilla ratkaisuilla kuin edellisten suunnitteluvaiheiden suunnitelmaratkaisut, mikäli tilaaja muutokset hyväksyy. Tämä mahdollistaa urakoitsijoille ohjata suunnittelua omien toimintatapojen suuntaan ja mahdollistaa omien konseptiratkaisuiden kehittämisen, joilla pystytään luomaan kilpailuetua.

#### 4.1 Suunnitteluohjauksen toiminnallisuus ja ratkaisujen hallinnointi

Tietomallintamisen hyödyntäminen suunnittelunohjauksessa infra-alalla on vielä vähäistä, mutta ti-laajien tahtotilan takia tietomallien kokonaisvaltainen käyttö hankkeilla kasvaa yhä nopeammin. Tietomallin käyttöön hankkeilla liittyy oleellisesti niille asetetut vaatimukset ja tehokkaiksi havaitut toiminnallisuudet, joita voidaan hyödyntää rakentamisprosessissa. Tietomallintamisella on tunnistettu olevan viisi toiminnallisuuden päätyyppiä (KARHU 2013):

- **Kommunikaatio.** Kommunikaation tarkoitus on erityyppisen tiedon vaihto hankkeen osapuolien välillä. Tietomallinnus mahdollistaa suunnitelmalähtöisen viestinnän ja visualisoinnin. 3D-mallit mahdollistavat suunnitteluratkaisujen vertailun ja tarkastelun visuaalisesti havainnollisella tavalla. Suunnittelijan tavoite on viestiä tarkasti ja yksiselitteisesti muille projektin osapuolille, jotta kaikki osapuolet saavat tiedon samanlaisena.
- **Koordinointi.** Koordinoinnin tavoitteena on organisoida hankkeen toimintaa kokonaisedun näkökulmasta välttämällä aukot ja päällekkäisyydet. Eri tekniikka-alat voivat mallintaa vastuualueensa omina malleinaan, mutta malleja täytyy yhteensovittaa yhdistelmämallissa, jotta hankkeen etenemistä voitaisiin koordinoida. Mallien väliset konfliktit löydetään yhdistelmämallista sekä havaitaan ja ratkaistaan törmäystarkasteluiden avulla.
- **Yhteistyö.** Tietomallien välityksellä toimiva hankkeen sisäinen yhteistyö on esitetty kuviossa 2. Yhteistyön tarkoituksena on parantaa projektiorganisaation toimivuutta ja lopputulosta.
- **Myötävaikuttava yhteistyö.** Myötävaikuttavalla yhteistyöllä tarkoitetaan yhteistyön muotoa, jota esimerkiksi eri tekniikka-alat eivät yksin pystyisi saavuttamaan. Yhteistyö sisältää yhteiset tavoitteet ja vastuut kokonaisedullisimpien ratkaisujen tuottamiseksi. Tämän lisäksi myötävaikuttavalla yhteistyöllä saavutetaan usein kehitystä ja innovaatiota hankkeen kokonaisuuden läpiviennin kannalta.
- **Kanava.** Kanavalla tarkoitetaan hankkeen aikana käytettävän tiedon digitalisoitumista ja siirtymistä Internetiin pilvipalveluihin ja mobiileihin alustoihin. Rakennusala lopputuote on fyysinen rakennelma, mutta toiminnot rakennuksen elinkaaren aikana ovat siirtyneet digitaaliseen muotoon verkkoon sekä erilaisiin sovelluksiin. Digitaalisessa muodossa osana tietomallia voidaan esittää esimerkiksi suunnitelmat, määrääarviot ja rakennusaikataulut, jotka sitten jaetaan verkon välityksellä tai siirretään toisiin sovelluksiin jatkokäyttöä varten

Suunnittele ja toteuta hankkeelle ominaista on, että suunnitteluratkaisuja luonnostellaan ja läpikäydään urakoitsijan kanssa parhaan mahdollisen sekä kokonaisedullisimman ratkaisun löytämiseksi. Luonnoksia laaditaan usein jo tarjousvaiheessa kilpailuedun saavuttamiseksi.

Tämänkaltaiseen luonnoskäytäntöön liittyy oleellisesti tietomallien käyttö, joista pystytään hyvin tarkasti arvioimaan rakennettavan kohteen kokonaisuutta. Useiden luonnosten laatimisessa tulee ottaa huomioon luonnoksen vaatima tarkkuustaso. Ei ole kustannusten ja ajankäytön kannalta järkevää esittää luonnosvaiheen ratkaisua liian tarkasti. Oleellista luonnosvaiheessa on, että teknistä ratkaisua ja ratkaisun toteutettavuutta pystytään arvioimaan.

## 4.2 Aikataulujen hallinta

Suunnittele ja toteuta -hankkeelle on ominaista, että suunnittelu ja rakentamisaikataulut kulkevat päällekkäin koko hankkeen ajan. Erityisesti hankkeen alkuvaihe asettaa merkittäviä paineita suunnitelmien saamiselle tarkastukseen ja toteutukseen. Tästä syystä kappaleessa 3.3 esitetty vaiheittainen suunnittelu ja tarkastusprosessi on välttämätön alkuvaiheessa, jotta rakennettava kohde päästään aloittamaan ajallaan.

Rakentamisaikataulun suunnittelussa on hyvä olla mukana myös suunnitteluhenkilöstön edustajia, jotta suunnitteluun varattu aika olisi riittävä. Mikäli suunnitteluun ei varata riittävästi aikaa, muodostuu merkittäväksi riskiksi ketjureaktio, jossa suunnitelmat ja niiden tarkastaminen myöstyvät, josta seuraa rakentamisaikataulun myöstyminen, joka taas aiheuttaa viivästystä seuraavissa vaiheissa.

		2008		20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	31	
<b>TEHTÄVÄ</b>	<b>STATUS</b>	<b>KESTO</b>																						
Hankesuunnittelu	tehty																							
Yleissuunnittelu	tehty																							
Pää- ja sivu-urakoiden hankintasuunnittelu	tehty																							
<b>Kiinteistötehtävät</b>																								
	Lyhytaikainen maanvuokraussopimus	3 vko																						
	Maanvuokraussopimus	6-8 vko																						
	Maanvuokraussopimuksen allekirjoitus																							
	Lohkomisen valmistelu	1-2 vko																						
	Lohkominen	8 vko																						
	Kaavamuutos (välikellaria varten)	6 kk																						
<b>Rakennuslupa</b>																								
	Ennakkolausunnot	tehty																						
	Rakennuslupasuunnitelmat ja hakemus	tehty																						
	Rakennusluvan jättäminen																							
	Rakennusluvan käsittely	12 vko																						
	Välikellarin muutoslupa	8 vko																						
	Lausunto maanrakennustöiden luvanvaraisuudesta	4 vko																						
	Pää- ja sivu-urakoiden hankintasuunnittelu	tehty																						
<b>Pää- ja sivu-urakoiden hankinnat</b>																								
	Pohjarakennustyöt	6 vko																						
	Pääurakka ja rakennustekniset työt	11 vko																						
	TATE-työt	11 vko																						
	Urakkasopimusten allekirjoitukset																							
<b>Pää- ja sivu-urakoiden toteutussuunnittelu</b>																								
	Pohjarakennustöiden suunnittelu	6 kk																						
	Rakennustekninen suunnittelu	11 kk																						
	TATE-suunnittelu	11 kk																						
<b>Rakentaminen</b>			<b>kokonaiskesto</b>	<b>18 kk</b>																				
	Pohjarakennustyöt	12 vko																						

Kuvio 6. Suunnittelu, hankintaprosessi ja toteutus esitettyinä hankkeen aikataulu (Rakennustieto 2010.)

Kuviossa 6 on esitetty aikataulu, jossa suunnittelu ja rakentaminen kulkevat rinnakkain. Tavanomaisesti rakentamisessa aikataulut esitetään jana-aikatauluina, jotka on sidottu päivämääriin tai viikkoihin. Aikatauluissa voidaan myös esittää eri työvaiheiden riippuvuus suhteet, kuten rakentamisen riippuvuus suunnittelusta ja tarkastustoiminnasta. Kuvion 5 aikataulusta voidaan huomata, miten suunnitteluprosessi jatkuu koko ajan rinnakkain rakentamisen kanssa. Suunnitelmia tehdään jatkuvasti rakentamisen edetessä huomioiden rakentamisjärjestys. Infranhankkeissa suunnittelu voi käsittää jopa satoja eri suunnittelukokonaisuuksia, jotka on vielä mahdollista jakaa osiin vaiheittaisen rakentamisen takia, joka aiheuttaa merkittäviä kokoluokasta johtuvia riskejä aikataulussa pysymiselle. Tämän takia suunnittelulle ja tarkastusprosessille varatut aikamäärät on hyvä esittää kokonaisaikataulussa. (Rakennustieto 2010.)

Tavanomaisesti hankkeen kokonaisaikataulussa esitetään suunnittelu yhtenä kokonaisuutena aikajanaassa, eikä sen eri osa-alueita pilkota pienempiin osiin. Mikäli hanke on suuri, muodostuu tästä aikataulun muodostamistavasta riski. Yhä useammin myös suunnittelu-aikataulua on tarve pilkkoa pienempiin osiin kuten vaihtoehto- ja yleissuunnittelu, mitoittaminen, tietomallintaminen, suunnitelmien viimeistely ja tarkastukseen lähettäminen. Tekemällä edellä mainittu pilkkominen päästään todennäköisemmin lähemmäs todenmukaista arviota eri vaiheiden kestosta. Suunnittelun kesto voidaan pilkkomisesta huolimatta esittää kokonaisaikataulussa yhtenä kokonaisuutena, mutta pienempien osien ansiosta yksittäisen suunnittelijan on helpompi seurata aikataulun etenemistä ja reagoida, mikäli aikataulussa ei pysytä.

Tietomallien käyttö mahdollistaa myös paikka-aika kaavioiden käyttämisen, jossa rakennettavan osan eri vaiheiden aikataulut on sidottu suoraan osan tietomalliin. Paikka-aika kaavion käyttäminen ei ole vielä yleistä infrarakentamisessa. Paikka-aika kaavion etu on sen havainnollisuudessa. Jokaisesta erotellusta rakenneosasta voidaan suoraan tarkastaa sen aikataulu, kuin myös suunnittelu-aikataulun eteneminen ja muut rakenneosaan liittyvät vaiheet. Tietomallipohjaisen paikka-aika kaavion edut tulevat esiin erityisesti hankkeen sisältäessä useita eri kohteita, joiden työvaiheet ja toteutus-aikataulut limittyvät.



## 5 TUTKIMUKSEN KUVAUS

Opinnäytetyössä selvitettiin millaiset vaatimukset suunnittelunohjausjärjestelmällä ominaisuuksilla tulisi olla, kun suunnittelu- ja toteutusprosessit siirtyvät dokumenttipohjaisista tietomallipohjaisiksi. Vaatimuksia tietomallipohjaiselle suunnittelunohjausjärjestelmälle tulee toiminnallisuuksien ja käyttäjryhmien kautta. Kehitystyön tärkeimpänä perustana oli selvittää ST-hankkeen sidosryhmät ja sidosryhmien asettamat vaatimukset järjestelmälle. Toinen merkittävä vaatimusten määrittäjä on toiminnalliset vaatimukset, jotka määrittävät järjestelmälle vaadittavia toiminnallisuuksia ja käytettävyyttä.

Kehitystyössä selvitettiin avointen asiantuntijahaastattelujen laaditun järjestelmän käytettävyyttä ja toimivuutta. Destian suunnittelun ja urakoinnin asiantuntijoiden avulla myös selvitettiin esimerkkitaupauksen perusteella vaatimustasojen todenmukaisuutta ja käytettävyyttä projektitoiminnassa. Destian asiantuntijoiden ja toimintakumppaneiden kommenttien perusteella järjestelmää muokattiin haluttuun suuntaan, kunnes järjestelmä vaatimustasot olivat riittävän tarkasti kuvattu ja niiden perusteella voitiin esittää suunnittelunohjauksen kulkua tietomallipohjaisesti. Asiantuntijaryhmän avulla myös kerättiin yleistä mielipidettä alan valmiuteen käyttöönottaa tietomallipohjaisia suunnittelunohjausjärjestelmiä.

## 6 TULOKSET JA POHDINTA

Opinnäytetyön tuloksena laadittiin vaatimustasomäärittely ja tiedonsiirron ja -hallinnan prosessi-kaavio, joita pystytään hyödyntämään järjestelmän käyttöönotossa. Opinnäytetyössä käytettiin esimerkinomaisesti erästä järjestelmää vaatimustenmäärittelyssä ja testaamisessa. Esimerkkitapausten perusteella pystyttiin toteamaan järjestelmien valmius projektikäyttöön. Esimerkkitapausten perusteella arvioitiin myös sidosryhmien ja infra-alan valmiutta käyttöönottaa tietomallipohjaisia suunnittelunohjausjärjestelmiä. Työn edetessä tehdyn arvion mukaan tutkittujen järjestelmien käyttöönotto on mahdollista jo tällä hetkellä. Siirtyminen tulisi kuitenkin toteuttaa harkiten, jotta järjestelmistä saadut hyödyt saadaan käyttöön mahdollisimman tehokkaasti

Nykyaikaiset tietotekniset järjestelmät mahdollistavat suunnittelunohjauksen tietomallipohjaisesti. Järjestelmille tulee kuvata vaatimustasot, jottein niiden käyttöönotossa tule yllättäviä vastoinkäymisiä tai soveltuvuusongelmia. Tämän lisäksi on tärkeää kuvata tiedonsiirron prosessi, jotta oikea tieto on oikealla henkilöllä koko hankkeen ajan.

Kehitystyön perusteella esille tulleita jatkokehityskohteita ovat muun muassa eri tekniikka-alojen tietomallien hyödyntäminen suunnittelunohjausjärjestelmissä. Tämänkaltaisen kehitystyön perusteella olisi mahdollista luoda tilajaa palveleva järjestelmä, joka kuvaisi sekä suunnittelun että työmaan etenemistä käytännössä reaaliajassa.

Toinen kehitysaihe on taitorakenteiden suunnitelmamallien sisäinen ja ulkoinen tarkastaminen. Liikennevirasto on teettänyt aiheesta useita selvityksiä ja lopputöitä. Varsinaiseen suunnitelman tarkastusmenettelyyn tulee liittymään tietomallien sisäinen laadunvarmistus sekä ulkoisen tarkastuskäytännön laatiminen. Molempia osa-alueita tullaan tarvitsemaan jatkossa ja niiden kehittämistä mahdollisimman aikaisessa vaiheessa saavutetaan etua ja mahdollistetaan omien toimintatapojen yleistyminen alalla.

Kolmas esille tullut kehitysaihe on taitorakenteiden tietomallien vieminen työmaakäyttöön. Asiasta on alalla paljon puhetta, mutta käytännön toimenpiteet ovat vielä toistaiseksi olleet hyvin maltillisia. Esimerkiksi tietomallipohjaiseen mittaamiseen on jo nykyään olemassa toimintatapoja, mutta niistä ei ole vielä kehitetty yhdenmukaista järjestelmää, joka tukisi sillanrakentamista suunnitelmasta toteutukseen.

## LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

- BUILDINDSMART FINLAND. 2012. Yleiset tietomallivaatimukset YTV2012 osat 1-14. saatavissa <https://buildingsmart.fi/yleiset-tietomallivaatimukset-ytv/>
- BUILDINGSMART. 2016. IFC introduction. [Viitattu 2017-03-26] saatavissa: <http://buildingsmart.org/ifc/>
- BUILDINGSMART FINLAND. 2016. Kaupunkimallinnuksen ohjekirja. [Viitattu 2017-03-28] saatavissa: <https://buildingsmart.fi/kaupunki/kaupunkimallinnuksen-ohjekirja/>
- BUILDINDSMART FINLAND. 2015. Yleiset inframallivaatimukset 1-7 [Verkkoaineisto] saatavissa <https://buildingsmart.fi/infrabim/yiv/>
- BUILDINDSMART FINLAND. 2016. Yleiset inframallivaatimukset 8-12 [Verkkoaineisto] saatavissa <https://buildingsmart.fi/infrabim/yiv/>
- HELSINGIN KAUPUNGIN RAKENNUSVIRASTO. 2014. Taitorakenteiden tietomallinnusohje. [Verkkoaineisto] saatavissa: [http://www.hel.fi/hel2/hkr/julkaisut/ohjeet/taitorakenteet\\_tietomallinnusohje.pdf](http://www.hel.fi/hel2/hkr/julkaisut/ohjeet/taitorakenteet_tietomallinnusohje.pdf)
- KARHU, Markus. 2013. Rakennussuunnittelun ohjauksen kehittäminen talonrakennusyrityksen kannalta. Tampereen teknillinen yliopisto. Rakennetekniikan koulutusohjelma. Diplomityö. [Viitattu 2017-03-22]. Saatavissa: <http://lci.fi/wp-content/uploads/2015/05/Rakennussuunnittelun-ohjauksen-kehittaminen-talonrakennusyrityksen-kannalta.pdf>
- LIIKENNEVIRASTO. 2009. Merenkulkulaitos, urakointiohje. [Viitattu 2017-03-25] saatavissa [http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf5/mkl\\_2009-7\\_urakointiohje.pdf](http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf5/mkl_2009-7_urakointiohje.pdf)
- LIIKENNEVIRASTO. 2014. Siltojen tietomalliohje [Viitattu 2017-02-20] saatavissa: [http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lo\\_2014-06\\_siltojen\\_tietomalliohje\\_web.pdf](http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lo_2014-06_siltojen_tietomalliohje_web.pdf)
- LIIKENNEVIRASTO. 2017. Hankkeiden suunnittelun vaiheet. [Viitattu 2017-02-20] saatavissa <http://www.liikennevirasto.fi/hankeprosessi/hankkeiden-suunnittelun-vaiheet#.Wks6EVWLSUk>
- RAKENNUS INSINÖÖRI LIITTO. 2017. Tietomallinnus. [Viitattu 2017-02-11] saatavissa: <http://www.ril.fi/fi/alan-kehittaminen/tietomallinnus.html>
- RAKENNUSTIETO. 2009. Rakennushankkeen osapuolten vaatimukset tietomalleille [Verkkoaineisto] saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK090202.pdf>
- RAKENNUSTIETO. 2010. Suunnittelujohtaminen, oikein mitoitettu suunnitteluaiakataulu ja sen johtaminen. [Verkkoaineisto] saatavissa: <https://www.rakennustieto.fi/Downloads/RK/RK100203.pdf>
- TEKES. 2006. Infra – Rakentaminen ja palvelut 2001-2005 loppuraportti. [Viitattu 2017-03-04] saatavissa <https://www.tekes.fi/globalassets/julkaisut/infra.pdf>
- TIEHALLINTO (nyk. LIIKENNEVIRASTO). 2004. Infrahankkeen hallinta – politiikkaa ja tekniikkaa [Viitattu 2017-01-11] Saatavissa: <http://alk.tiehallinto.fi/julkaisut/pdf/3200866nfranhankkeenhall.pdf>
- TURKU AMK. 2017. INTOKE-hanke. [Viitattu 2017-03-26] saatavissa: <https://www.turkuamk.fi/fi/tutkimus-kehitys-ja-innovaatiot/hae-projekteja/intoke-infran-tietomallien-osaamisen-kehittaminen/>