

Saimaan ammattikorkeakoulu
Tekniikka Lappeenranta
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Infratekniikan suuntautumisvaihtoehto

Mikko Lonka

Yleisten inframallivaatimusten mukaisen lähtö- aineiston tutkimus Imatran kaupungille

Opinnäytetyö 2016

Tiivistelmä

Mikko Lonka

Yleisten inframallivaatimusten mukaisen lähtöaineiston tutkimus Imatran kaupungille, 44 sivua, 1 liitettä

Saimaan ammattikorkeakoulu

Tekniikka Lappeenranta

Rakennustekniikan koulutusohjelma

Infratekniikan suuntautumisvaihtoehto

Opinnäytetyö 2016

Ohjaajat: Lehtori Sami Kurkela, Saimaan ammattikorkeakoulu, Paikkatietopäällikkö Sulo Palovaara, Imatran kaupunki, Kaupungininsinööri Lassi Nurmi, Imatran kaupunki

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia yleisten inframallivaatimusten (YIV 2015) mukaisen lähtöaineiston käytettävyyttä Imatran kaupungille. Opinnäytetyössä käydään läpi tietomallipohjaisen hankkeen pääperiaatteet ja kulku. Työssä on perehdytty lähtöaineistolle annettaviin vaatimuksiin ja lähtötietomallin kansiorakenteeseen.

Case-kohteena työssä on Einonkatu Imatralta. Tutkimuksessa on vertailtu Einonkadun eri menetelmillä tuotettujen lähtöaineistojen mittaustapaa ja niiden sopivuutta yleisten inframallivaatimusten mukaiseen suunnitteluun. Työn tarkoituksena on tuottaa Imatran kaupungille näkemys yleisten inframallivaatimusten mukaisesta projektista ja siihen tarvittavasta lähtöaineistosta. Opinnäytetyössä oli tarkoitus tutkia ohjelmistovertilujen avulla lähtöaineistoa, mutta sitä ei toteutettu raaka-aineiston puutteellisuuden takia.

Työn lopputuloksena syntyi käsitys, millainen lähtöaineisto soveltuu parhaiten case Einonkadun tapaukseen.

Asiasanat: inframallivaatimukset, pistepilvi, lähtötietomalli,

Abstract

Mikko Lonka

The source data model research by the Common infraBIM Requirements for the City of Imatra, 44 Pages, 1 appendix

Saimaa University of Applied Sciences

Technology, Lappeenranta

Civil and Construction Engineering

Bachelor's Thesis 2016

Instructors: Mr. Sami Kurkela, Lecturer, Saimaa University of Applied Sciences, Mr. Sulo Palovaara, Chief of Geographic Information, City of Imatra, Mr. Lassi Nurmi, City Engineer, City of Imatra

The purpose of this study was to examine the usability of source data model by the Common InfraBIM Requirements (YIV 2015). The study was commissioned by the City of Imatra. It reviews the main principles and process of project that uses infraBIM modeling. The study also takes a look in the requirements of the source material and the folder structure of source data model.

The street Einonkatu in Imatra was used as a case for the research. Einonkatu's source material was compared by the means of measurement and the way they fit to designing by Common infraBIM Requirements. The goal was also to produce a view for the City of Imatra, including how to go through a project with Common infraBIM Requirements and what source material is needed. There was also a plan to make a program comparison, but because of lack of the material it was not done.

The final result of this thesis was that which like source material is the best for the case Einonkatu.

Keywords: common infraBIM requirements, point cloud, source data model

Sisältö

Sisältö	4
Termistö	5
1 Johdanto	6
2 Tietomallipohjainen infrahanke	7
2.1 Yleiset inframallivaatimukset 2015	7
2.2 Infraprojektin vaiheet	9
2.3 Tilaajan rooli ja tehtävät tietomallipohjaisessa hankkeessa.....	11
2.4 Tietomallipohjaisen hankkeen tietomallisuunnitelma.....	11
2.5 Tietomalliselostus.....	13
2.6 Rakentaminen, käyttö ja ylläpito.....	13
2.7 Dokumentaation kehitys infrahankkeissa	14
3 Inframallivaatimusten mukaiset lähtötiedot.....	14
3.1 Formaattit ja ohjelmistot	15
3.2 Koordinaatit ja mittayksiköt.....	16
3.3 Lähtötietomalli	17
3.4 Raaka-aine	18
3.5 Lähtötieto.....	19
3.6 Lähtötietomallin kansiorakenne	20
3.7 Lähtötietomallin luovuttaminen	24
4 Lähtöaineiston soveltuvuus case Einonkatu	25
4.1 Raaka-aineisto	25
4.2 Mittaustapojen vertailu	27
4.3 Raaka-aineiston soveltuminen lähtöaineistoksi.....	35
5 Lähtötietomallin muodostaminen	38
5.1 Vaihtoehto A.....	39
5.2 Vaihtoehto B.....	40
5.3 Vaihtoehto C.....	40
6 Pohdinnat	41
6.1 Projektin tarkkuustaso	41
6.2 Lähtöaineistot YIV:n mukaiseen suunnitteluun.....	41
Kuvat	42
Taulukot	43
Lähteet	43

Termistö

Inframalli	Infrarakenteen tuotemalli, joka on yhteisesti sovitun inframallin tietomäärittelyn tietyn infrarakenteen ilmentymä.
Inframallintaminen	Ala, joka käsittelee infrarakenteiden mallintamista tietokonesovelluksilla sekä infratietojen kuvaamista ja tiedonsiirtoa tietokonesovelluksilla tulkittavasta tiedosta.
Inframodel 3	Kansallisen inframallin Inframodel2:n jatkokehitelty XML-pohjainen tietomäärittely, joka perustuu kansainväliseen LandXML-määrittelyyn versioon 1.2.
Lähtötietomalli	Eri tietolähteistä saadut tai mitatut tuotteiden, toiminnan ja palveluiden suunnittelua varten hankitut lähtötiedot jäseneltynä digitaalisessa muodossa.
Lähtötietomalliselostus	Dokumentaatio lähtötietomallin sisällöstä ja tilasta.
Maastomalli	Digitaalinen maaston pinta.
Metatieto	Alkuperäistietoa kuvaileva tieto.
Raaka-aine	Aineistoa, kuten pistepilvet, takymetriaineistot, maaperätiedot, joista harmonisoidaan lähtöaineistoa lähtötietomallia varten.
Suunnitelmamalli	Infrarakenteen tai -järjestelmän tuotemallin tietosisällön osajoukko, joka kattaa suunnittelijoiden suunnitteluratkaisut.
Yhdistelmämalli	Eri tietomalleista yhdistetty tietomalli.
Ylläpitomalli	Infrarakenteen tai -järjestelmän tuotemallin tietosisällön osajoukko, joka kattaa ylläpidon näkökulman.

1 Johdanto

Tietomalli on digitaalisessa muodossa oleva kolmiulotteinen ilmentymä infra-kohteesta ominaisuustietoineen. Infrakohteiden tietomallintaminen mahdollistaa tiedon tulkitsemisen 3-ulotteisissa suunnitteluohjelmistoissa, työmaan kone- ja mittausohjauslaitteissa, määrälaskentaohjelmistoissa ja ylläpitojärjestelmissä. Inframallintamisen tavoitteina hankkeessa on suunnittelu ja rakentamisprosessien tehostaminen, tiedon jälleenkäyttöarvon lisääminen, vuorovaikutuksen lisääminen, laadunvarmistuksen tehostaminen ja lisäksi mallipohjaisen suunnittelun edistäminen infra-alalla. (1.)

Pitkän aikavälin tavoitteena mallipohjaisella suunnittelulla on siirtyä paperilla olevista dokumenteista ja piirustuksista digitaalisen, avoimen informaation jakamiseen. Kokonaisvaltaiseen inframallintamiseen siirtyminen saattaa kestää vielä vuosia. Siirtymävaiheessa paperidokumentaatio pysyy mallipohjaisen suunnittelun rinnalla, mutta paperidokumentaatiota pyritään vähentämään vaiheittain teknologian kehittyessä. Tavoitetilassa mallipohjainen suunnittelu tapahtuu yhteisestä tietokannasta, jota koko hankkeen henkilöstö hyödyntää. Tavoitetilassa tietokantaan kerättävä hankkeen toteumatieto ja suunnitelmamallit yhdistetään, ja muodostetaan yhdistelmämalli. Tilaaja voi tulevaisuudessa hyödyntää ylläpitomallia digitaalisena huoltokirjana ja kunnossapitomallina. (1.)

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on perehtyä yleisten inframallivaatimusten YIV 2015 mukaiseen ohjeistukseen ja tutkia tilaajan näkökulmasta lähtöaineistojen soveltuvuutta mallipohjaiseen suunnitteluun. Työn tilaajana toimi Imatran kaupunki.

Tässä työssä perehdytään mallipohjaisen suunnittelun lähtötietoihin ja mallipohjaisen hankkeen kokonaiskuvaan. Työn case-kohde on Einonkatu Imatralla. Einonkadusta on olemassa lähtöaineistoa suunnitteluun. Raaka-aineistojen mitaustapoja on vertailtu ja niiden soveltuvuutta mallivaatimusten mukaiseen harmonisointiin lähtöaineistoksi on tutkittu. Työn lopussa on esitetty kolme vaihtoehtoa lähtötietomallin kokoamiseen ja pohdittu vaihtoehtojen etuja ja haittoja yleisellä tasolla.

Työ on rajattu koskemaan vain maanpinnan yläpuolisia rakenteita.

2 Tietomallipohjainen infrahanke

Tietomallipohjaisella hankkeen läpiviennillä pyritään suunnittelun ja rakentamisen laadun, tehokkuuden, tiedonhallinnan, turvallisuuden ja kestävän kehityksen parantamiseen, joka korostuu hankkeen elinkaaren aikaisen toiminnan tehostamisena. Tietomallia voi hyödyntää koko hankkeen elinkaaren ajan. (1)

Tietomallintamisen käyttö on lisääntynyt infra-alalla kiihtyvästi. Mallintamisesta saatavien etujen todellinen hyödyntäminen edellyttää koko alan panostusta mallintamisen kehittämiseen. Eri osapuolten yhteistoiminnan lisääminen ja panostaminen standardien, ohjelmistojen ja rajapintojen kehittämiseen vaikuttavat tietomallintamisesta saatavien etujen hyödyntämiseen. (2.)

2.1 Yleiset inframallivaatimukset 2015

Yleiset inframallivaatimukset YIV 2015 julkaistiin toukokuussa 2015. Julkaisijana toimi rakennustietosäätiön erityispäätoimikunta buildingSMART Finland. Tilaaajien ja palveluntarjoajien halu siirtyä tietomallintamisen käyttöön muodosti tarpeen inframallintamisen ohjeille. Ohjeistuksen tarkoituksena on tuottaa tilaajille ja palveluntarjoajille yhteinen näkemys siitä, miten ja mitä mallinnetaan hankkeiden eri vaiheissa, sekä kehittää infra-alan mallinnuskäytäntöjä. Inframallivaatimukset toimivat hankintojen yleisinä teknisinä ohjeina ja inframallintamisen ohjeina. Mallinnuksen ja mallien tietosisällön vähimmäisvaatimukset esitetään mallinnusohjeissa ja niitä on tarkoitettu noudatettavan kaikissa infraprojekteissa. Hankekohtaisesti vähimmäisvaatimusten lisäksi voidaan esittää lisävaatimuksia mallinnukselle ja mallien tietosisällölle. Inframallin sisältö ja mallinnusvaatimukset tulee esittää kaikissa sopimuksissa yhdenmukaisesti ja sitovasti. (2;3;4.)

Toukokuussa 2015 julkaistiin YIV 2015 osat 1–7. Osat 8–14 ovat olleet lausunolla infra-alan toimijoilla keväällä 2015. Osat 9, 11.1 ja 12.1 on julkaistu syksyn 2015 aikana. Osat 8–14 julkaistaan lähitulevaisuudessa. (2.)

Yleiset inframallivaatimukset 2015 koostuu seuraavista osista:

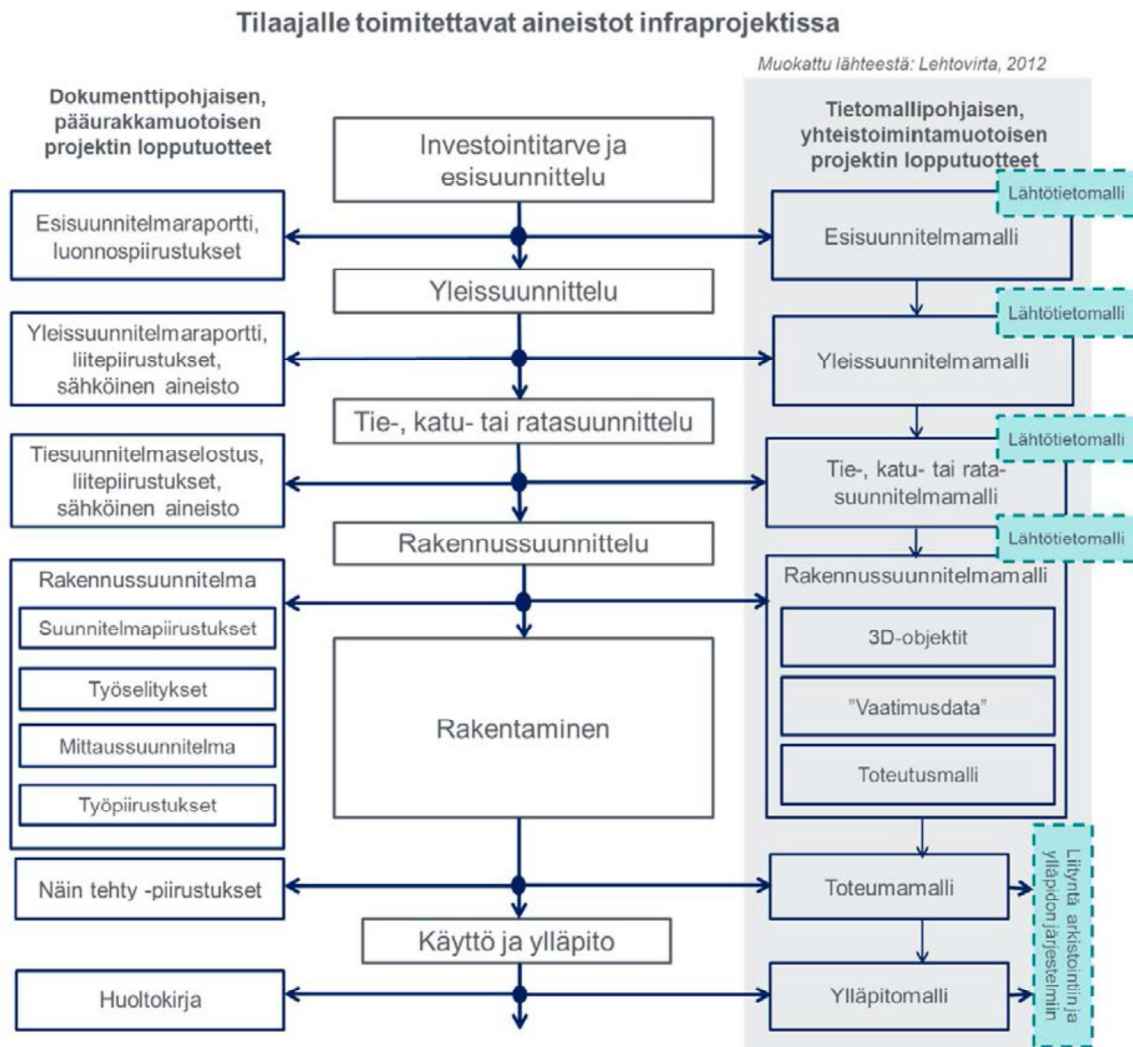
1. Tietomallipohjainen hanke
2. Yleiset mallinnusvaatimukset
3. Lähtötiedot
4. Inframalli ja mallinnus hankkeen eri suunnitteluvaiheissa
5. Rakennemallit
 - 5.1. Maa-, pohja- ja kalliorakenteet, päälly- ja pintarakenteet
 - 5.2. Maarakennustöiden toteutusmallin (koneohjausmalli) laadintaohje
 - 5.3. Maarakennustöiden toteutumamallin laadintaohje
6. Rakennemallit
 - 6.1. Järjestelmät
7. Rakennemallit
 - 7.1. Rakennustekniset rakennusosat
8. Inframallin laadunvarmistus
9. Määrälaskenta, kustannusarviot
10. Havainnollistaminen
11. Infran hallinta
 - 11.1. Inframallinnus päällysteiden korjaamisessa
12. Inframallin hyödyntäminen suunnittelun eri vaiheissa ja rakentamisessa
 - 12.1. Maarakentamisen mallipohjainen laadunvarmistusmenetelmä
- 13.–
14. Inframallin hyödyntäminen eri suunnitteluvaiheissa ja infran rakentamisessa
 - (2.)

Yleiset inframallivaatimukset ohjekokonaisuus kattaa koko hankkeen elinkaaren lähtötietojen keräämisestä aina rakennetun kohteen käyttöön ja ylläpitoon. Osat 1–2, joita kutsutaan yleiseksi osuudeksi kattavat yleisellä tasolla hankkeita koskevia vaatimuksia ja ohjeita. Osissa 3–11 kerrotaan tarkemmat vaatimukset ja ohjeet. Osat 12–14 keskittyvät suunnittelun eri vaiheisiin. Osaa 13 ei ole vielä julkaistu, mutta YIV kehittyy ja päivittyy kaiken aikaa. Tietomallihankkeissa osapuolten kaikkien osallistujien on perehdyttävä yleiseen osuuteen (osat 1–2) ja laadunvarmistuksen periaatteisiin (osa 8). Projektin tiedonhallintaa johtavan henkilön tulee hallita mallivaatimusten kokonaisuuden periaatteet. (4)

2.2 Infraprojektin vaiheet

Infraprojektin vaiheistetulla suunnittelun järjestelmällä pystytään parantamaan vuorovaikutusta tilaajan, palvelun tarjoajan ja käyttäjien keskuudessa. Siirryttäessä dokumenttipohjaisista projekteista mallipohjaisiin prosesseihin tieto siirtyy digitaalisesti projektin mukana.

Kuvasta 1 käy ilmi dokumenttipohjaisen projektin suunnitelmapiirustuksia vastaavat tietomallipohjaisen hankkeen suunnitelmamallit kussakin hankkeen vaiheessa. Tietomallinnuksen etuja hyödynnetään suunnittelun eri vaiheissa moninaisesti.



Kuva 1. Tietomallipohjaisen ja dokumenttipohjaisen infrahankkeen tilaajalle toimitettavat aineistot yleisellä tasolla esitettynä. (3.)

Esisuunnitteluvaiheessa 3D-mallintamista ja havainnekuvia tehdään vain hankkeen merkittävimmistä kohteista ja lähtöaineisto on yleispiirteistä.(1.)

Suunnittelun tarkkuustaso sovitaan yleissuunnittelussa, jotta teknisen, taloudellisen ja ympäristöllisen toteuttamiskelpoisuuden varmistaminen pystytään selvittämään. Suunnittelukohteen kaavatilanne vaikuttaa yleissuunnitteluun. Asemakaava-alueella suunnittelijan tulee noudattaa kaavassa osoitettua varausta. Uusilla kaava-alueilla yleissuunnittelun on hyvä ajoittua asemakaavan laadinnan yhteyteen, koska esimerkiksi kadun toiminnallinen luokka määrätään asemakaavassa. Lähtötietomalli sisältää yleispiirteisen maastomallin, maaperämallin laatimistarpeen perusteella, merkittävimmät kunnallistekniikan laitteet ja rakenteet sekä paikkatieto- ja rekisteriaineistot. Yleissuunnitelmavaiheessa korostuu suunnitelmaratkaisujen havainnollistaminen mallintamalla, jonka avulla tuotetaan vuorovaikutusta asianosaisten kesken. Yleissuunnitelmavaiheessa tutkitaan vaihtoehtoisia linjausratkaisuja, joista yksi valitaan jatkosuunnitteluun.(1;3;5.)

Hallinnolliset suunnitteluvaiheet tähtäävät toteutukseen. Katuhankkeiden yleissuunnitelmien hyväksyminen asemakaavaprosessin yhteydessä palvelee tilaajaa sekä sidosryhmiä. Tilaajalle syntyy selkeä käsitys asemakaavan toteutuskustannuksista ja sidosryhmillä on mahdollisuus antaa palautetta kaavaratkaisusta sekä kadusta. Mallintaminen havainnollistaa vuoropuhelua asianomaisten kanssa. Sidosryhmillä on vielä mahdollisuus vaikuttaa suunnitteluun. Lähtötietomalli tarkentuu hallinnollisessa suunnitteluvaiheessa. Maastokartoituksia tehdään lisää, jotta maastomalli tarkentuu. Olemassa olevat rakenteet mallinnetaan ja kerätään lähtötietoihin mahdollisimman tarkasti. Kartta- ja paikkatietoaineistot päivitetään ja täydennetään ajan tasalle. (1;5.)

Rakennussuunnitelma vaiheessa laaditaan hyväksytyyn hallinnollisen suunnitelman pohjalta rakennussuunnitelma. Rakennussuunnitelman perustana on hallinnollisen suunnitteluvaiheen suunnitelmamalli ja lähtötietomalli. Keskeisin hyöty tietomallin käytöstä on yhdistelmämalli. Yhdistelmämalliin on koottu kaikki hankkeen eri osa-alueiden suunnitelmamallit. Yhdistelmämallin avulla varmistetaan toteuttamiskelpoisuus ja nähdään visuaalisesti eri tekniikka-alueiden sijoittuminen keskenään. Rakennesuunnitteluvaiheessa mallinnetaan kohteen ra-

kenne sillä tarkkuudella ja laajuudella, joka mahdollistaa urakan kilpailuttamisen. (1;3;5.)

Rakentamisen aikana lähtötieto- ja suunnitelmamalleja ylläpidetään ja toteuttaja laatii toteutus- ja toteumamallit ja ne päivitetään yhdistelmämalliin (1).

Toteumamalli toimii kohteen käytön ja ylläpidon tietopankkina, josta muodostetaan kohteen ylläpitomalli (1).

2.3 Tilaajan rooli ja tehtävät tietomallipohjaisessa hankkeessa

Tietomallipohjaisen infrahankkeen keskeisin toimija on tilaaja. Hanke käynnistyy tilaajan tarpeesta rakennuttaa tai korjata infrakohdetta. Hankkeen organisointiin ja tehtäviin vaikuttaa projektin laatu, laajuus ja suunnitelmavaihe. Tilaaja päättää oman organisaationsa kokoonpanosta hankkeessa. (3.)

Tilaajan tyypillinen käyttäjärooli suunnitelmavaiheessa on katselukäyttäjä. Tilaajan tekniset asiantuntijat tai tilaajan ulkopuoliset asiantuntijat tarkastelevat malleja ohjelmistoilla ja tukeutuvat tarkastelujen avulla hankintoihin ja laadunvarmistukseen liittyviin ratkaisuihin. (3.)

Tilaaja vastaa projektin valmistelusta, läpiviennistä, johtamisesta, päätöksenteosta ja rahoituksesta. Tilaajan tehtäväksi jäävät myös projektin tietomallinnusta koskevat hankinnat ja päätökset eli projektin kustannushallinnan tavoitteiden määrittely. Projektin valmistuessa tilaaja vastaanottaa lopputulokset arkistointi- ja ylläpitojärjestelmiinsä. (3.)

2.4 Tietomallipohjaisen hankkeen tietomallisuunnitelma

Tietomallipohjaiseen hankkeeseen vaikuttavat asiat voidaan määritellä ja dokumentoida suunnitteluohjelmassa tai tietomallinnussuunnitelmassa. Suunnitteluohjelma on kaupallinen asiakirja, jossa on määritelty hankkeen laajuus. Tietomallinnussuunnitelma on hankekohtainen, mallinnuksen toteutustapaa koskeva asiakirja. Tietomallisuunnitelman avulla varmistetaan, että tilaajan ja suunnittelijan näkemykset ovat yhdenmukaisia. Tietomallisuunnitelman avulla voidaan viestittää mallinnukset tavoitteet, sisältö ja hankkeen toteutustapa sekä mahdol-

listetaan hankkeen projektin johtaminen. Hankkeen valmistuttua tietomallisuunnitelmasta pystytään tarkistamaan tavoitteiden toteutuminen. (3;6.)

Hankkeen käynnistysvaiheen yleisiä tietomallinnuksen toteutusperiaatteita ja läpikäytäviä sekä dokumentoitavia asioita ovat

- mallintamisen tavoitteet
- inframallin käyttötarkoitukset
- mallintamisen laajuus, tarkkuustaso ja noudatettavat ohjeet
- mallin dokumentointi
- prosessin kuvaus: aikataulu, organisointi, yhteistyö ja tiedonvaihto
- määrälaskennan ja kustannushallinnan menettelyt
- laadunvarmistus (3.)

Yleisiä mallintamisen tavoitteita ovat mallintamisen laajuus- ja tarkkuustason määrittely, höydyt kohteen toteutettavuuden varmistamisesta, rakentamisen tuottavuuden edistäminen, suunnittelun laadun parantaminen, eri suunnitelma-alojen yhdistäminen, kustannustenhallinta, vuorovaikuttamisen lisääminen, toteutuksen laadun parantaminen ja ylläpitomallin tuomien etujen hyödyntäminen. (3)

Inframallin käyttötarkoitukset korostuvat yhdistelmämallissa. Lähtötietomallista tuotettavat suunnittelumallit kootaan yhdistelmämalliksi. Yhdistelmämallista tehtävä esittelymalli, eli kohteen visuaalisuuden välittäjä, on vuorovaikutuksen välittäjä kohteen käyttäjille. Toteutusmallista käy ilmi toteutuksen näkökulmat ja toteutumamalli on rakennetun kohteen ilmentymä. (3.)

Mallien nimeämiskäytännöt sovitaan hankkeen sisäisesti aina hankkeen alussa, mutta yleisiä vaatimuksia noudattaen. Lähtötietomallin objektit nimetään Infra-BIM-nimikkeistön ohjeiden mukaisesti ja objekteihin liitetään niitä vastaava Infra-nimikkeistön koodi. (7.)

Prosessin kuvauksessa määritellään hankkeen toimijat, heidän roolinsa ja tehtävät tietomallin tuottamiseen ja hyödyntämiseen. Lisäksi kuvataan toimijoiden välinen yhteistyö ja hankkeen aikataulu. (3.)

Tietomallisuunnitelman sisältö ja laajuus ovat hankekohtaisia. Keskeistä tietomallisuunnitelmassa on luoda projektin johtamiselle ja työn tekemiselle vankka pohja. Dokumentoinnin määrä ja laatu määrittelevät ohjauspanostuksen määrän. Hyvä tietomallisuunnitelma luo tukevan pohjan hankkeen läpiviennille. (6.)

2.5 Tietomalliselostus

Inframalli dokumentoidaan tietomalliselostukseen. Tietomalliselostuksessa kuvataan inframallin ja sen osamallien keskeiset lähtökohdat, mallin tarkoitus, sisältö, kattavuus, mallinnustavat, tarkkuustaso, mahdolliset rajaukset ja poikkeamat yleisiin vaatimuksiin nähden sekä käytetyt ohjelmistot ja niiden versiot mallin luovutushetkellä. Yhdistelmämallista on dokumentoitava ohjelmisto, yhdistämistapa, formaatit ja puutteet sekä poikkeamat alkuperäisiin osamalleihin. (3;4.)

Tietomalliselostus tulee liittää aina mallin mukaan luovutushetkellä. Selostuksen avulla eri osapuolet voivat tulkita mallin sisältöä, valmiusastetta ja nimeämiskäytäntöjä. Tietomalliselostuksessa lähtötietomalli ja suunnittelumalli kulkevat hankkeen läpi erillisinä toisistaan. Lähtötietomalli sisältää ainoastaan nykytilatietoa. (3.)

2.6 Rakentaminen, käyttö ja ylläpito

Yhdistelmämallista tuotetaan suunnitelmatietoa koneohjausmalliin, paikalleenmittaukseen ja muihin rakentamisen tarpeisiin. Rakentamisen aikana suunnittelija päivittää suunnitelma-aineistoja ja yhdistelmämallia siinä määrin, missä lähtötiedot ja suunnitelman muutostarpeet tarkentuvat. (3.)

Toteumamalli toimii lähtötietona, jos kohteeseen tehdään uusia rakenteita tai muutoksia. Toteumamallista voidaan muokata ylläpitomalli lisäämällä siihen käytön ja ylläpidon tarvitsemat tiedot. Ylläpitomalli toimii kohteen huoltokirjana. Ylläpitomallin avulla voidaan kilpailuttaa kohteen kunnossapidon urakat. Kohteiden mallipohjaista ylläpitoa on mahdollista kehittää, mutta se kulkee käsi kädessä infran tietovarastojen kehittymisen tahdissa. (3.)

2.7 Dokumentaation kehitys infrahankkeissa

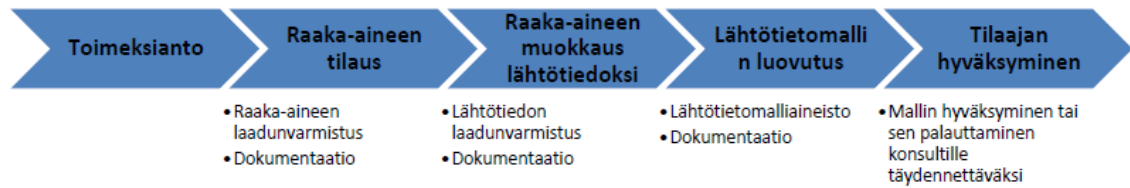
Tietomallipohjaisen hankkeen peruseriaatteena on tiedon dokumentointi. Dokumentointi toteutetaan tietomalliselostukseen ja lähtöaineistoluetteloon. Perinteisen infrahankkeen läpivientiin verrattaessa tiedon dokumentointi on uudella tasolla. (3;4.)

Perinteisen hankkeen suunnittelun lähtöaineistoksi voi verrata tietomallipohjaisessa hankkeessa raaka-ainetta. Raaka-aineisto on toiminut suoraan suunnittelun lähtöaineistona. Raaka-aineesta on suoraan muodostettu suunnittelun pohjamallit ja niihin on toteutettu suunnitelmat. Raaka-aineen virhealttius on tällöin ollut suuri. Virhe raaka-aineessa voi tulla esille vasta rakentamisen aikana tai jopa kohteen käytössä. Tällöin tiedon tarkalla dokumentoinnilla olisi ollut painoarvoa. (3;4.)

Tietomallipohjaisessa hankkeessa raaka-aineesta muodostetaan lähtötietoa ja lähtötiedoista muodostetaan lähtötietomalli. Raaka-aineiston muokkaamisesta lähtötiedoksi dokumentoidaan kaikki tieto ylös. Mahdolliset virheet, puutteet ja havainnot on kirjattu ylös. Lähtötietomalli toimii tietomallipohjaisessa hankkeessa suunnittelun pohjana. Lähtötietomallia koottaessa mahdolliset epäkohdat ja puutteet raaka-aineessa tulevat esille viimeistään dokumentoinnin kautta. Tällöin on mahdollista suorittaa täydennysmittauksia raaka-aineistolle, jotta lähtötietomalli olisi mahdollisimman paikkansapitävä ja luotettava suunnittelua varten. Mallipohjaisen hankkeen virhealttius verrattaessa perinteisen hankkeeseen on vähäisempi tiedon tarkan dokumentoinnin johdosta. (3;4.)

3 Inframallivaatimuksien mukaiset lähtötiedot

Mallipohjaisen hankkeen lähtötietojen ja suunnitelmamallien täytyy noudattaa yleisiä mallitekniisiä vaatimuksia, joita niille on annettu inframallivaatimuksissa. Lähtötietomallin dokumentoinnilla on suuri painoarvo tietomallipohjaisessa hankkeessa. Lähtötietomallin muodostamisprosessi alkaa toimeksiannosta ja päättyy tilaajan hyväksymään lähtötietomalliin (kuva 2).



Kuva 2. Lähtötietomallin muodostusprosessin kulku. (7.)

Kuvasta 2 on esitetty lähtötietomallin synty yleisellä tasolla. Tilatusta raaka-aineesta harmonisoidaan lähtötietoja ja niistä syntyy lähtötietomalli. Lähtötietomalli ja sen dokumentaatiot luovutetaan tilaajan tarkastettavaksi. Lopputuloksena suunnittelijalla on käytettävissään kattava paketti lähtöaineistoa, joka on ajan tasalla ja tarkkaan dokumentoitu.

3.1 Formaattit ja ohjelmistot

Inframodel 3 on avoin LandXML-pohjainen tietomäärittely mallipohjaisten infratietojen siirtoon. Se kuvaa tietosisällön ja käytännöt, kuinka LandXML-standardia käytetään Suomessa. Inframodel on LandXML:n osajoukko, mutta se sisältää myös rakennelaajennuksia. Se mahdollistaa tietojen siirron, mitä LandXML-standardissa ei ole mahdollista siirtää. Tällaisia tietoja ovat esimerkiksi vesihuoltoverkoston kaivojen ominaisuustiedot. Inframodel 3 on tehty suomalaisten käytännön tarpeiden pohjalta. Inframodel 3-tiedosto on tekstimuotoinen ja sen avoimen tiedonsiirtoformaatin johdosta tulevaisuudessa ei tulla olemaan niin riippuvaisia eri suunnittelu- tai mittausohjelmista. Sen tarkoituksena on korjata tiedonsiirtoon liittyviä ongelmia, jotta tiedot pystytään lähettämään täydellisessä muodossa eteenpäin. LandXML on yleisesti käytetty kansainvälisen maanrakentamisen XML-pohjainen määrittely infra- ja maanmittaustiedoille. Inframodel tukee LandXML:n versiota 1.2. Aineistojen toimittaja huolehtii siitä, että aineisto täyttää rajausten ja eheyden osalta versioiden mukaiset vaatimukset. (4;8.)

Yleisenä vaatimuksena on käyttää avoimia standardeja ja tietomallinnusta tukevia formaatteja. Avoin standardi ja yhtenäinen formaatti mahdollistavat tiedon monikäyttöisyyden ja parantavat tiedon säilymisaikaa. Nämä seikat mahdollistavat tehokkaamman suunnittelun ja yksityiskohtaisemman tiedon mallin sisäl-

löstä. Mallinnuksen perusvaatimuksina ohjelmistolle ja formaatille ovat seuraavat:

- Ohjelma pystyy hyödyntämään ja tuottamaan tietomallin avoimessa tietomallipohjaisessa formaatissa. Infrarakenteiden osalta avoin formaatti on Inframodel sisällön ja määrittelyn mukainen LandXML.
- Tietomalli ja sen lopputuotteet perustuvat infra-nimikkeistöjärjestelmään. (4.)

InfraBIM-nimikkeistöjärjestelmä on yhtenäinen nimeämis- ja numerointikäytäntö. Se perustuu infra-nimikkeistöjärjestelmään, mutta on laajempi. Sen tarkoituksena on palvella infrarakenteita ja malleja koko hankkeen elinkaaren ajan lähtötietojen hankinnasta aina kohteen ylläpitoon saakka. Inframallien kohteet kuvataan nimikkeistöjärjestelmän ohjeiden ja vaatimusten mukaan, jotta malleista voidaan suorittaa määrälaskenta. (9.)

Infran siirtymävaiheessa tietomallintamisen käyttöön avoimet formaatit eivät ole vielä täysin kattavia. Dwg-formaattia voidaan käyttää infrarakenteissa, jotka eivät vielä tue avointa formaattia. Nimeämiskäytännöt tulee suorittaa InfraBIM-nimikkeistön mukaisesti. Ohjelmistojen kehittyessä alkuperäisformaatin eli natiiviformaatin tietoja ei välttämättä pystytä avaamaan tai osa tiedoista menetetään. Tämän takia on tärkeää dokumentoida tieto myös natiiviformaatissa. Natiiviformaatin avaaminen uudemmalla sovelluksen versiolla vaatii usein konversioita alkuperäisistä tiedostoista. (4.)

3.2 Koordinaatit ja mittayksiköt

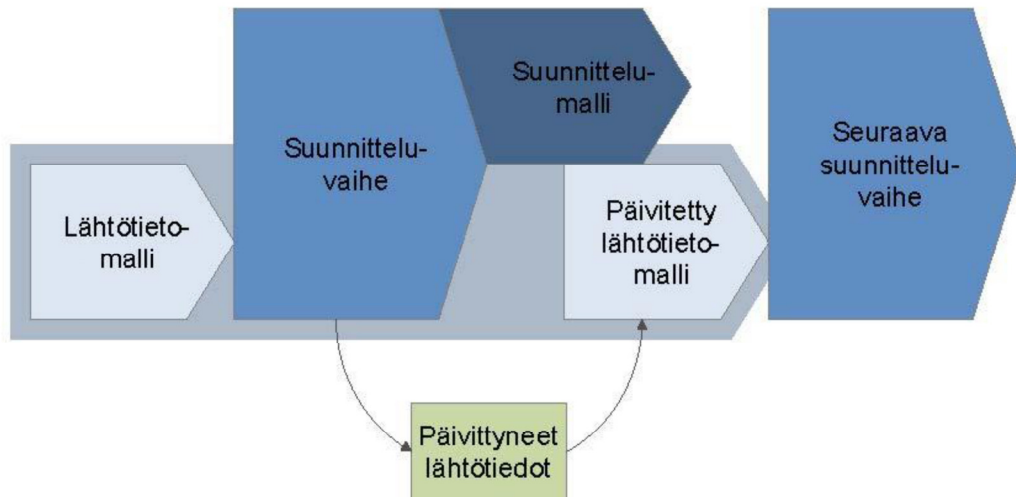
Ohjeena on ensisijaisesti käyttää seudullisesti yhtenäistä ja valtakunnalliset suositukset täyttävää EUREF-FIN-koordinaattijärjestelmää ja N2000- korkeusjärjestelmää. Esi- ja yleissuunnitelmissa voidaan käyttää valtakunnallista ETRS-TM35FIN-koordinaatistoa, mutta tarkemmissa suunnitelmissa käytetään ETRS-GKn-koordinaatistoa. ETRS-GKn valitaan paikalliselle tasolle parhaiten soveltuvan keskimeridiaanin tasa-asteen perusteella ja tarkoitukseen sopivan projektiokaistan leveyden perusteella. Käytettävänä mittayksikkönä toimii metri. (4.)

Paikallisen mallin käyttäminen valtakunnallisessa koordinaatiossa ei aina ole mahdollista. Tällöin voidaan esimerkiksi valita paikalliseksi origoksi globaalin koordinaatiston lähellä oleva tasalukema tai laaditaan tarkastuskuutiot 3–5 kohdistuspisteeseen. Tarkastuskuutioiden tulee olla maastossa mitattavissa paikoissa ja sisältyä yhdistelmämallista tuotettaviin osamalleihin. (4.)

Lähtötietojen tai vanhojen suunnitelmien koordinaattien ollessa vanhassa järjestelmässä, niin ne muutetaan haluttuun koordinaatistoon ja korkeusjärjestelmään toimivilla ja luotettavilla muunnoskaavoilla (4).

3.3 Lähtötietomalli

Lähtötietomalli (kuva 3) on eri tietolähteistä saatujen tai mitattujen tuotteiden, toimintojen ja palvelujen suunnittelua varten hankitut lähtötiedot yhdistettynä digitaaliseen muotoon. Maastomalli, kaavamalli, maaperämalli, olemassa olevien rakenteiden malli, korkeusmalli ja viiteaineisto ovat esimerkiksi tällaisia. Viiteaineisto koostuu viranomaisluvista ja päätöksistä. Lähtötietomalli ei ole vain kokoelma erilaisia aineistoja, vaan sen tarkoituksena on tuottaa tapa koota, muokata ja hallita hankkeen lähtöaineistoa koko hankkeen elinkaaren ajan. Lähtöaineistojen alkuperä- ja metatiedot sekä muokkaustoimenpiteet ovat tärkeää dokumentoida. Dokumentaatio takaa sen, että tiedoista on aina saatavilla ominaisuustieto eli laajuus, tarkkuus, alkuperä, muokkaustoimenpiteet ja omistaja. Tavoitteena on muokata lähtöaineistosta tuotettava lähtötietomalli tietomallipohjaisista suunnittelua tukevaan muotoon eli harmonisoida aineisto. Harmonisointi tarkoittaa aineiston saattamista mahdollisimman pitkälle tietomallipohjaisesta suunnittelua varten. (7.)



Kuva 3. Lähtötietomalli suunnitteluvaiheen rinnalla. (7.)

Lähtötietomalli pyritään kokoamaan mahdollisimman aikaisessa vaiheessa ennen suunnitteluprosessin aloittamista. Tällä tavoin suunnittelijalla on käytössään kattavat, ajan tasalla olevat ja valmiiksi harmonisoidut lähtöaineistot suunnittelua varten. Kuvasta 3 käy ilmi, kuinka lähtötietomallia päivitetään hankkeen edetessä ja pidetään suunnitelmien tuomien uusien lähtötietojen myötä ajan tasalla. Tulevaisuuden tavoitetilanne on, että lähtötiedot päivittyvät automaattisesti hankkeen elinkaaren ajan rekistereihin ja tietovarastoihin. (7.)

Nykytilannemalli on kuvaus kohteen nykytilasta. Se pyrkii kuvaamaan kohteen tarkasteluhetkellä olevaa tilaa sellaisena, kuin se todellisuudessa on. (7.)

3.4 Raaka-aine

Raaka-aine on aineistoa, mistä lähtötietomalli muodostetaan. Raaka-ainetta ovat esimerkiksi takymetriaineistot, pistepilvet, olemassa olevat rakennustiedot, korkeusmallit, maaperämallit, maastomallit ja maanalaisten verkostojen johtokartat. Jos raaka-ainetta ei ole olemassa valmiiksi kohteesta, niin sitä tilataan. Tilauksessa tulee huomioida seuraavat tavoitteet raaka-aineelle:

- Tavoite yhdenmukaistaa aineistot tietomallipohjaisen suunnittelun mahdollistavaan muotoon.
- Tietomallipohjaisia tiedostoformaatteja.
- Hankkeen mukaiset koordinaatti- ja korkeusjärjestelmät. (7.)

Erilaisten aineistojen laajuus huomioidaan hankekohtaisesti riippuen siitä, mitä tullaan rakentamaan. Jos aineistoja ei saada oikeissa koordinaatti- ja korkeusjärjestelmissä tai oikeassa formaatissa, niin ne muokataan sovittuihin järjestelmiin. Raaka-aineen vastaanottaja suorittaa vastaanottotarkastuksen raaka-aineelle. Vastaanottotarkastaja varmistaa, että raaka-aine on ajantasaista ja sisältää metatiedot. Se ei sisällä puutteita, tarkkuustaso on hankkeen vaatimustason mukainen ja raaka-aineen sisältämät virheet, ongelmat ja puutteet on korjattu tai dokumentoitu. (7.)

Raaka-aineen aineistot pyritään harmonisoimaan ja yhdenmukaistamaan mahdollisimman pitkälle tietomallipohjaisen suunnittelun tarpeiden mukaan lähtötiedoiksi. Muokkaustoimenpiteitä ovat seuraavat:

- koordinaatti- ja korkeusjärjestelmien yhdenmukaistaminen
- tiedostoformaattien yhdenmukaistaminen
- aineistojen yhdistäminen yhdeksi tiedostoksi
- aineistojen leikkaaminen aluerajauksella
- verkosto- ja pintamallien laatiminen
- rakenteiden mallintaminen
- ympäristöraporteista laadittavat ympäristöaiheiset rajaukset

Raaka-aineelle tehtävät muokkaustoimenpiteet ja periaatteet tulee dokumentoida lähtöaineistoluetteloön ja tietomalliselostukseen (7).

3.5 Lähtötieto

Lähtötieto on raaka-aineesta harmonisoitua lähtötietomallin aineistoa. Lähtötietojen tarkkuustaso tulee dokumentoida lähtöaineistoluetteloön ja tietomalliselostukseen. Lähtökohtana on, että lähtötietojen tarkkuustaso on mahdollisimman korkea. Lähtötietomallin hyödynnettävyys kärsii, jos lähtötietojen tarkkuustaso ei ole riittävän korkea. (7.)

Lähtötiedoille tulee tehdä laaduntarkastus. Lähtötietojen yleisiä laadunvarmistuksen tarkastustoimenpiteitä ovat seuraavat:

- Formaattimuunnosten varmistaminen suunnitteluohjelmistossa visuaalisesti ja sisällöllisesti
- Tehtyjen koordinaattimuunnosten vertailu referenssiaineistoon
- Alueellisten rajausten tarkastus
- Tiedostojen sijoittuminen niille tarkoitettuihin kansioihin. (7.)

Laadunvarmistuksen perustana lähtötiedoille on dokumentointi. Lähtötietojen laadusta kerrotaan tarkemmin luvussa 4.3.

Lähtötietoja voidaan havainnollistaa eri tavoin. Lähtöaineistoluettelo on jo itsessään lähtötietoja havainnollistava dokumentti. Visuaalisesti lähtötietoja voidaan havainnollistaa karttasovelluksilla ja katselumallilla. Katselumalli on yhdistelmämallista luotu visuaalisuuden välittämä kohteesta. Katselumalliin voidaan luoda erilaisia näkymiä hankkeen tarpeiden mukaan. Hankkeen vuorovaikutuksen määrään voidaan vaikuttaa lähtötietoja visualisoimalla. (7.)

3.6 Lähtötietomallin kansiorakenne

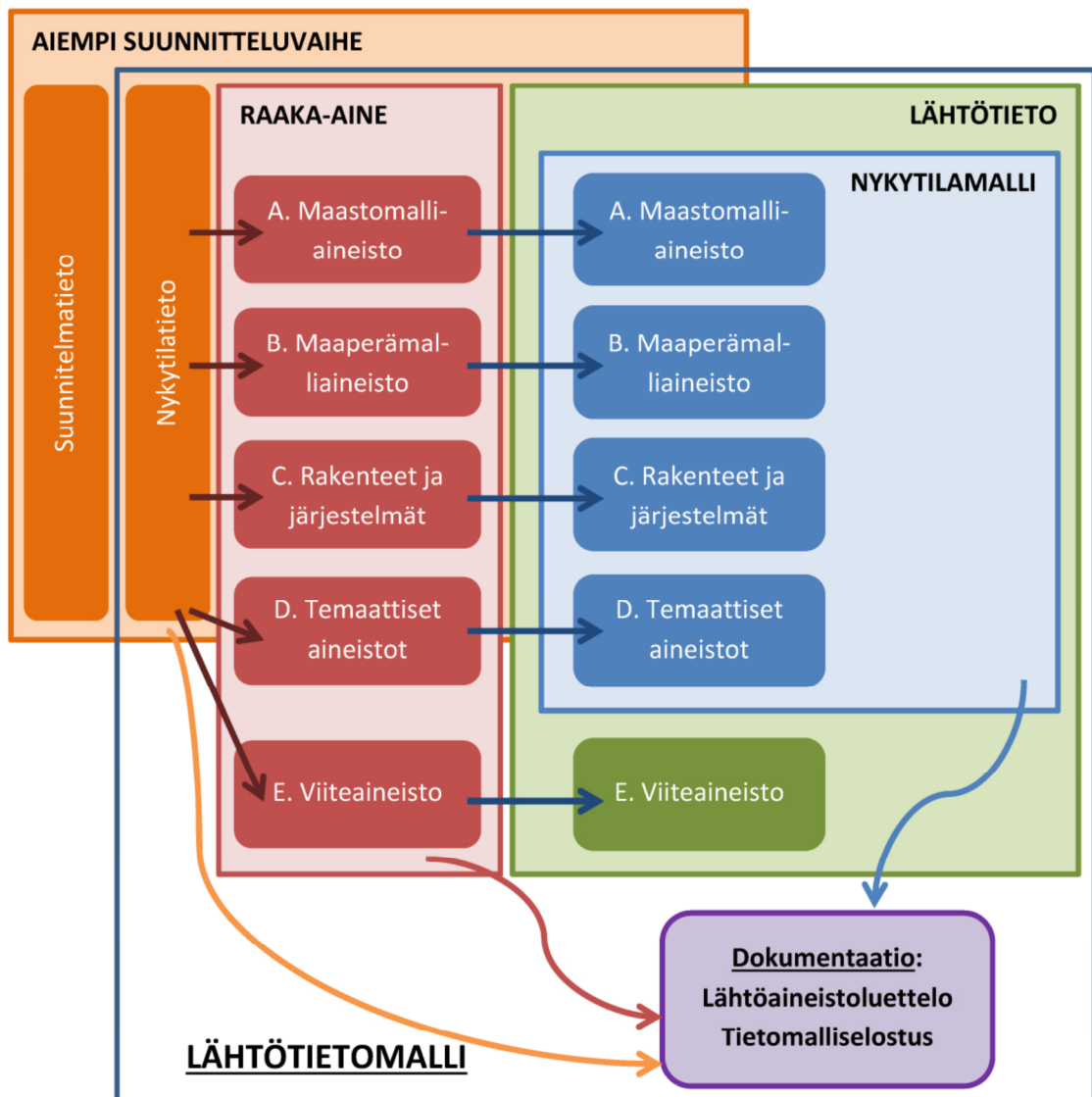
Lähtötietomallin dokumentoimiseksi tehdään kansiorakenne tiedostoille. Tietomalliselostus (s. 12) ja lähtöaineistoluettelo ovat osana kansiorakennetta. Lähtöaineistoluettelo on alkuperä- ja metatietojen dokumentointia varten (taulukko 1). Siihen dokumentoidaan raaka-aineiden ja aiempien suunnitelmavaiheiden tiedot.

Tieto	Selite
RAAKA-AINE	Sarakkeet alkuperä- ja metatiedoille
Osa, eli aineistotunnus	Kirjaimesta ja numeroista koostuva, aineiston tai aineistokokonaisuuden yksilöivä aineistotunnus.
Aineisto	Aineistoa kuvaava nimi
Pyydetty/saatu	Koska aineisto on tilattu / Koska aineisto on vastaanotettu ja tallennettu projektikansioon.
Vastaanottaja	Kuka aineiston on tilannut/vastaanottanut.
Lähde	Mistä ja keneltä aineisto on saatu: Yritys tai taho, henkilö ja henkilön yhteystiedot, rekisteri tai palvelu.
Koordinaattijärjestelmä	Missä koordinaatti- ja korkeusjärjestelmässä aineisto on vastaanotettaessa ollut.
Saatu aineisto	<p>Lyhyt kuvaus aineistosta: Tiedostot ja tiedostoformaattit.</p> <p>Ohje</p> <p>Jos aineistokokonaisuus koostuu lukuisista tiedostoista, voi näistä kirjata tarkemman kuvauksen lähtöaineistoluettelon muille välilehdille. Tavoitteena on pitää itse lähtöaineistoluettelo suhteellisen yksinkertaisena ja helppolukuisena, mutta kuitenkin luotettavana.</p>
Kommentit	Tilattuun lähtöaineistoon liittyvät erityishuomiot ja riskit.

Taulukko 1. Lähtöaineistoluetteloon dokumentoitavat asiat. (7.)

Taulukossa 1 on esitetty dokumentoitavat asiat, jotka kirjataan raaka-aineiden ja aiempien suunnitelmavaiheiden tiedoista lähtöaineistoluetteloon. Lähtöaineistoluetteloon lähtöaineistosarakkeen kohdalle dokumentoidaan myös raaka-aineelle tehty muokkaustoimenpiteet. Muokkaustoimenpiteistä kirjataan ylös aineistolle tehty muokkaus, miten muokkaus on tehty, millä työkalulla, ohjelmalla ja versiolla, tekijä, tiedostonimi muokkauksen jälkeen sekä kommentit muokkauksesta. Tietomallipohjaisessa suunnittelussa asetetaan suuri painoarvo aineistojen tarkkuudelle ja luotettavuudelle. Lähtöaineistoluettelon dokumentointi takaa sen. (7.)

Kansioiden ja tiedostojen nimeämisessä sallittuja merkkejä ovat a–z, A–Z, väliviiva "-" ja alaviiva "_". Välilyöntejä, ääkkösiä tai erikoismerkkejä ei saa käyttää kansioiden tai tiedostojen nimeämisessä. Käyttöjärjestelmien ja ohjelmistojen tiedostopolkujen merkkirajoitusten takia kansioiden ja tiedostojen nimet tulee pitää lyhyinä. Tiedosto nimetään lyhyesti sisällön perusteella. Lähtöaineistoluettelossa tiedoston sisältö on dokumentoitu tarkemmin. (7.)



Kuva 4. Lähtötietomallin kansiorakenne. (7.)

Kuvassa 4 on havainnollistettu lähtötietomallin kansiorakennetta. Kansiorakenteen perustana ovat kolme pääkansiota: Aiempien suunnitelmavaiheiden kansio "1_AIEMMAT_VAIHEET", lähtötietomallin lähtöaineiston kansio "2_RAAKA_AINE" ja harmonisoidun raaka-aineen kansio "3_LAHTOTIETO". Lähtöaineistoluettelo ja tietomalliselostus tukevat dokumentointia ja ovat osana kansiorakennetta.

Pääkansioiden alle luodaan ensimmäisen tason alakansioita (taulukko 2). "1_AIEMMAT_VAIHEET" pääkansion alle luodaan kolme alakansiota: "1_Aiemmat_vaiheet", "2_Lausunnot_paatokset" ja

”3_Suunnitteluperusteet_ohjeet”. Kansiot sisältävät aiemmin tehtyjen suunnitelmavaiheiden suunnitelmia. (7.)

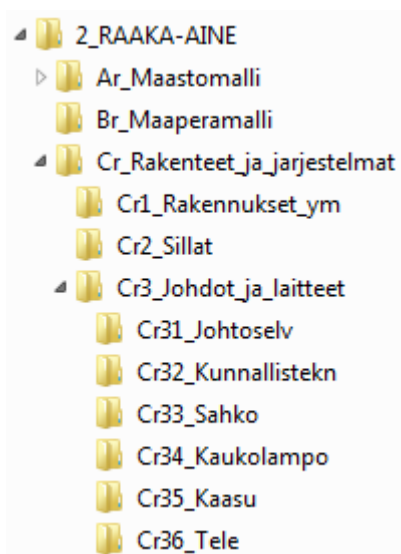
Alakansio	Esimerkit (suunnitteluvaiheesta riippuen)
A_Maastomalli	<ul style="list-style-type: none"> • Maapintamalli • Pintavesitiedot ja/tai -malli • Tarkentavat maastotiedot (puusto ja muu kasvillisuus) • Yms.
B_Maaperamalli	<ul style="list-style-type: none"> • Pohjatutkimustiedot • Tulkittu kalliopinta ja maalajirajapinnat • Pohjavesitiedot • Maaperäkartat
C_Rakenteet	<ul style="list-style-type: none"> • Olemassa olevien rakenteiden ja järjestelmien tiedot, esim.: <ul style="list-style-type: none"> ◦ Vesihuoltoverkostot, kaivot ◦ Turvallisuusrakenteet ja opastusjärjestelmät ◦ Johto- ja laitetiedot ◦ Sillat ◦ Laiturit ◦ Valaistus ◦ Viitoitus ja opastustaulut ◦ Vesiväylien turvalaitteet ◦ Aita- ja kaiderakenteet ◦ Pohjavedensuojaus yms.
D_Temaattiset	<ul style="list-style-type: none"> • Sisältää sekä fyysisesti olemassa olevia aineistoja (esim. muinaismuistot) että ei-fyysisiä aineistoja (esim. kaavatiedot tai liito-oravien elinalueet aluerajauksena). Aineistoja ovat mm: <ul style="list-style-type: none"> ◦ Kartta-aineistot (pohjakartat yms.) ◦ Ilmakuvat ◦ Kaava-aineistot ◦ Ympäristöaineistot (luonto, uhanalaiset lajit, kulttuuriperintö yms.) ◦ Liikenneaineistot <ul style="list-style-type: none"> ▪ Nykyinen liikenneverkko ▪ Erikoiskuljetusreitit yms. ◦ Pilaantuneet maat ◦ Kiinteistörajat ja maanomistajatiedot ◦ Rakennus- ja huoneistorekisteri ◦ Toteuttamiseen liittyvät alueiden käyttöoikeudet (tie-, katu- ja rata-alueen rajat, läjitysalueet, väliaikaiset käyttöoikeudet, laskuoja-alueet, suoja-alueet ja -vyöhykkeet) ◦ Vesiväyläalueet
E_Viiteaineisto	<ul style="list-style-type: none"> • Muut hankkeeseen liittyvät suunnitelmat • Maastokäynnit ja valokuvat

Taulukko 2. Alakansioden kansiorakenne. (7.)

Taulukossa 2 on esitetty 2_RAAKA_AINE ja 3_LAHTOTIETO-kansioden ensimmäisen asteen alakansiot ja eriteltynä kuhunkin alakansioon dokumentoitavat tiedot. Alakansioden nimeäminen on vakioitu taulukossa esitetyllä tavalla. Ensimmäisen asteen alakansioihin luodaan aineiston määrästä riippuen tarvittava määrä toisen asteen alakansioita. Toisen ja kolmannen asteen alakansioden kansiorakennetta ei ole vakioitu. Toisen asteen alakansioden nimeäminen tapahtuu periaatteella mallitunnus, juokseva numerointi, alaviiva ja aineistotyyppin nimi. Kolmannen asteen alakansion nimeäminen tapahtuu samalla periaatteella, mutta juoksevan numeron vakiinnuttua lisätään uusi juokseva numero. (7.)

2_RAACA_AINE-kansio on tarkoitettu alkuperäisille raaka-aineistoille. Ne ovat lähtötietomallin lähtöaineistoa ja ne tulee pitää muokkaamattomina. Aineistotunnuksen kirjaimen perään lisätään r-kirjain. Tällä tavoin tunnistetaan kansio- tasolla raaka-aine. (7.)

3_LAHTOTIEDOT-kansio on tarkoitettu lähtötiedoille. Kun raaka-ainetta on harmonisoitu, niin se tallennetaan samaan pääkansioon ja alakansioon, missä se raaka-aine kansiossa sijaitsee. Aineistotunnuksen perään lisätään m-kirjain, kun aineistoa on muokattu lähtöaineistoksi. Kuvassa 5 on esitetty esimerkki raaka-aineen kansiorakenteesta. (7.)



Kuva 5. Esimerkki raaka-aineen kansiorakenteesta. (7.)

Pääkansion alla on kolme ensimmäisen tason alakansiota, joihin on lisätty r-kirjain. Toisen ja kolmannen tason alakansiot voivat olla esimerkin mukaisia. Rakenteet ja järjestelmät-kansiossa on olemassa olevat rakenteet. Johdot ja laitteet kansioon on eritelty alakansioita kuvaamaan tekniikka lajeittain niitä.

Kansion ja tiedoston tunnuksen tulee vastata lähtöaineistoluetteloon merkittyä aineistotunnusta jokaisessa kansiossa (7).

3.7 Lähtötietomallin luovuttaminen

Lähtötietomallin laatijalla on vastuu lähtötietomallista ja sen luotettavuudesta. Lähtötietomallin valmistuttua se lähetetään tilaajalle tarkastettavaksi. Tilaaja

varmistaa lähtötietomallin laadun laadunvarmistusdokumenteista. Laadunvarmistusdokumentteja ovat lähtöaineistoluettelo ja tietomalliselostus lähtötietomallista. Tilaajan hyväksyessä lähtötietomallin, sen luovuttaminen ja julkaiseminen on ajankohtaista. (7.)

Lähtötietomalli luovutetaan ja julkaistaan hankkeen alussa sovittujen sääntöjen puitteissa. Luovutettavaa aineistoa ovat lähtötietokansio, lähtöaineistoluettelo ja tietomalliselostus. Luovutettavan aineiston on tarkoitus luoda kattava ja luotettava kokonaisuus, jotta raaka-aineeseen ei tarvitse enää hankkeessa palata. Raaka-ainetta tai aiempien suunnitelmavaiheiden aineistoa ei luovuteta eteenpäin, vaan ne arkistoidaan hankkeen käytäntöjen mukaisesti. Aineiston luovutustapa sovitaan hankkeen sisäisesti. (7.)

4 Lähtöaineiston soveltuvuus case Einonkatu

Einonkatu on Imatran keskustassa sijaitseva kaksikaistainen katu, joka on noin 200 metriä pitkä. Einonkadun alueesta on olemassa raaka-aineistoa suunnitellua varten. Raaka-aineistoa ovat helikopterilla keilattu pistepilvi, ajoneuvokeilattu pistepilvi, UAV-kopterilla tuotettu fotogrammetrinen pistepilvi ja kantakartta-aineistot. Mittaustapojen soveltuvuutta Einonkadun raaka-aineen tuottamiseen on pohdittu ja olemassa olevan raaka-aineiston harmonisointia lähtöaineistoksi on myös tutkittu. Luvussa neljä on kerrottu tarkemmin tuloksista.

4.1 Raaka-aineisto

Lentokeilattu pistepilvi

Helikopterilla keilattu pistepilvi Einonkadun-alueesta on tuotettu vuonna 2014 toukokuussa. Toukokuu on valittu ajankohdaksi, jotta laserkeilauksen tulos olisi paras mahdollinen. Tällöin lumen, aluskasvillisuuden ja puiden lehtien vaikutus laserkeilaukseen on mahdollisimman vähäinen. Lentokorkeus on ollut noin 400 metriä. Pistepilven koordinaattijärjestelmä on ETRS-GK29 ja korkeusjärjestelmä on N2000. Pistepilvi on automaattiluokiteltu ja keilauksen virheellisesti heijastuneet pisteet on luokiteltu low point- luokkaan. Pistepilven tiheys on vähintään 20 pistettä / m². Aineistosta tuotetun pintamallin korkeustarkkuus on oltava vähin-

tään viisi senttimetriä. Aineisto on tuotettu kantakartan uudistamisen tarpeisiin, rakennusten 3-D mallinnukseen, maankäytön suunnitteluun sekä rakentamisen tarpeisiin. Pistepilviaineisto on toimitettu automaattiluokiteltuna ja LAS-tiedostomuodossa. (10.)

Ajoneuvokeilattu pistepilvi

Ajoneuvokeilattu pistepilvi on tuotettu vuonna 2014 joulukuussa helikopterilla keilatun aineiston rinnalle. Ajoneuvolaserkeilauksessa on käytetty Trimble MX-8 –laserkeilaus-, valokuvaus- ja paikannusjärjestelmää. Ajoneuvokeilauksen aikana on ollut noin 40 km/h. Aineiston tarkkaan georeferointiin on käytetty alueella suoritettua helikopterikeilauksen pisteistöä. Aineistosta on valittu helposti yksilöitäviä kohteita, joihin ajoneuvolaserkeilaus on luotettavasti voitu sitoa. Koordinaattijärjestelmä on ETRS-GK29 ja korkeusjärjestelmä on N2000. Pistepilviaineisto on luokiteltua. Pistepilviaineisto on tuotettu LAS-tiedostomuodossa. (11.)

UAV-kuvattu pistepilvi

Einonkadusta suoritettiin UAV-kuvaus 29.10.2015. Kuvauspäivänä satoi vettä, mutta sillä ei ollut vaikutusta kuvaukseen. Vuodenaika oli optimaalinen kuvaukseen, koska puissa ei ollut enää lehtiä. UAV-lennokille oli etukäteen ohjelmoitu lentoreitti Einonkadun ympäristöön, jonka autopilotti ohjasi läpi. Kuvauksessa käytettiin neljää signaalipistettä, jotka kartoitettiin ennalta GPS:llä. Signaalipisteiden avulla aineistot yhdistetään koordinaatistoon eli suoritetaan ulkoinen orientointi. Kuvauslento kesti noin 10 minuuttia. Lennon aikana UAV-lennokkiin asennettu kamera otti 604 kuvaa. Lennonkin suurin korkeus lennon aikana oli 45 metriä maanpinnasta. Kuvauksen lopputuotteena oli ortokuva ja fotogrammetrinen pistepilvi Einonkadun alueesta. Kuvauksesta tuotetun ortokuvan pikselikoko oli viisi senttimetriä. Pistepilveä ei voida luokitella, mutta se voidaan värjätä ortokuvien värien perusteella. Pistepilven koordinaattijärjestelmä on ETRS-GK29 ja korkeusjärjestelmä on N2000. Pistepilvi toimitettiin LAS-tiedostomuodossa. (12.)

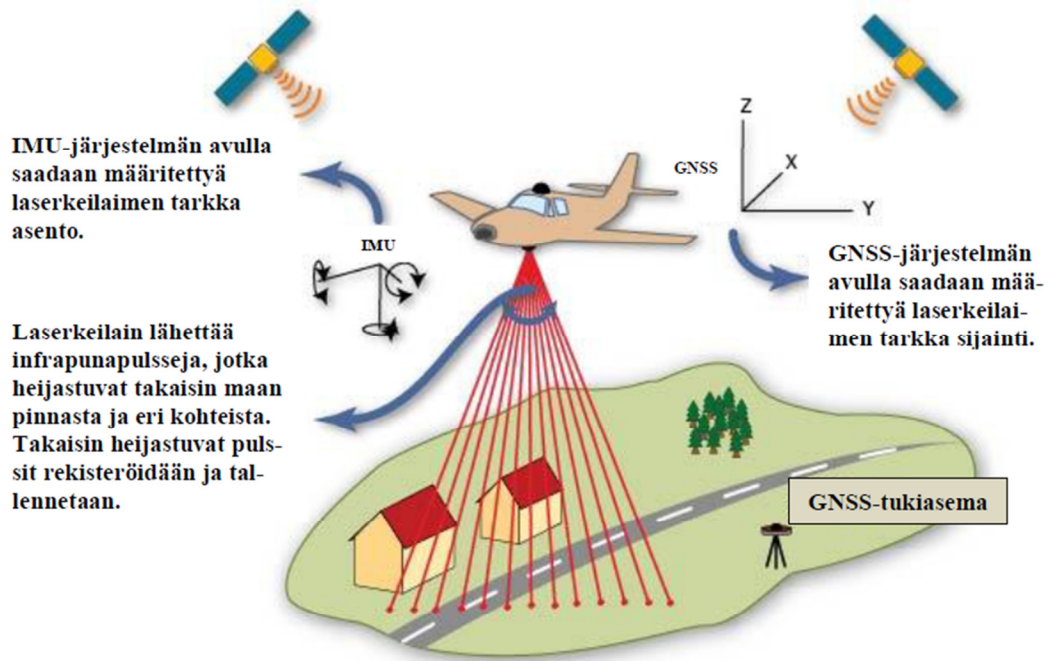
Kantakartta-aineistot

Einonkadun kantakartta-aineistot on tuotettu kantakarttojen ylläpitoa varten. Aineistoa ei ole tarkoitettu suunnittelua varten tuotettavaksi tarkaksi maastomalliksi. Aineiston lähtöpisteinä on käytetty kaupungin 5-luokan runkopisteitä. Mittaus on tapahtunut vapaalta koeasemalta. Koordinaattijärjestelmä on ETRS-GK29 ja korkeusjärjestelmä on N43, tarpeen mukaan aineisto nostetaan korkeusjärjestelmään N2000. Aineisto on luokiteltu Bentley'n StellaMap-järjestelmän mukaisesti, joka on erilainen kuin infra-nimikkeistöjärjestelmä. (12.)

4.2 Mittaustapojen vertailu

Lentolaserkeilaus

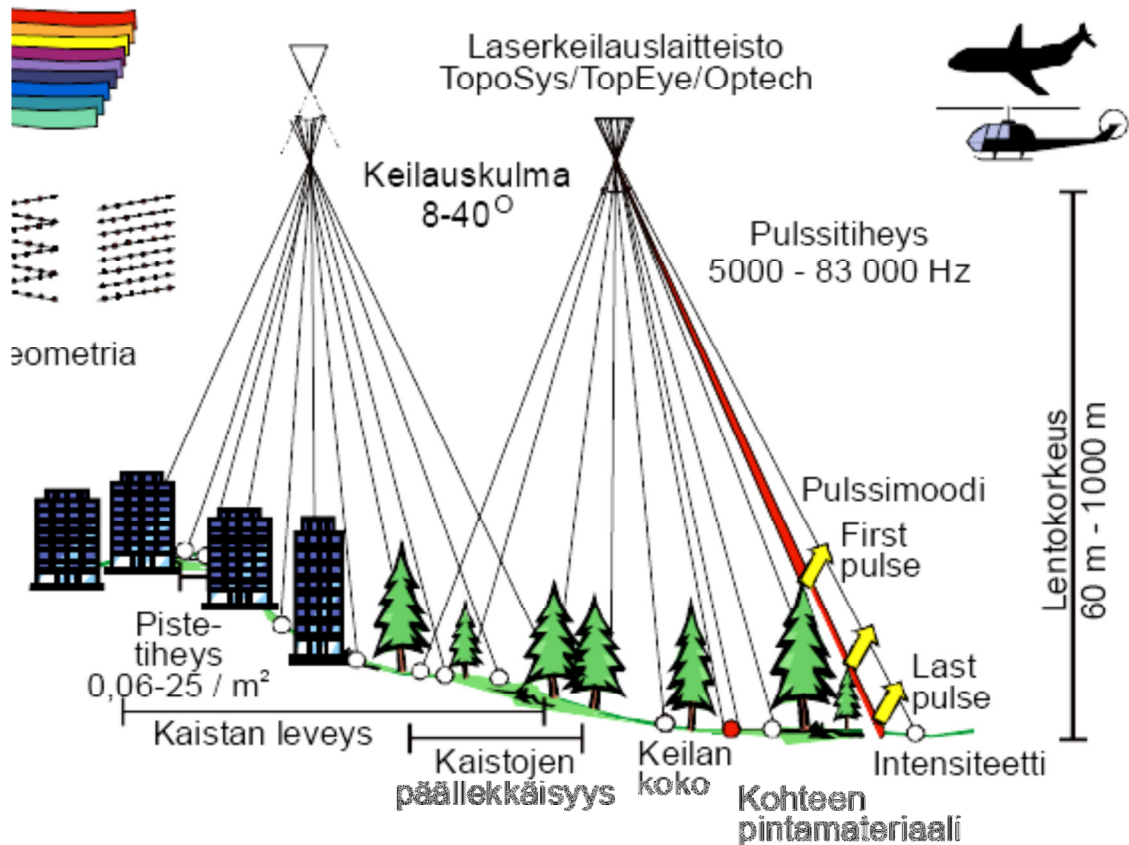
Lentolaserkeilaus suoritetaan ilmasta helikopterilla tai lentokoneella ennalta määritettyjä lentolinjoja mukaillen. Lentolaserkeilausmenetelmän periaate lyhyesti on, että keilattavan kohteen ja laserkeilaimen välinen etäisyys mitataan laserkeilaimen lähettämän lentosuuntaa kohtisuorassa suunnassa olevan laserpulssin kulkuajan perusteella. Laserkeilaimen asento sekä paikka ovat tarkasti tunnetut inertia- (Inertial Measurement Unit, IMU) ja satelliittipaikannusjärjestelmän (Global Navigation Satellite System, GNSS) avulla. Laserpulssien mitaama etäisyys voidaan muuttaa näin x-, y- ja z-koordinaateiksi. Lopputuloksena on jopa miljoonien pisteiden muodostama pistepilvi maaston korkeus- ja paikkapistetiedoista. Lentolaserkeilauksen periaate on havainnollistettu kuvassa 6. (13.)



Kuva 1. Lentolaserkeilauksen periaate. (Geospatial Modeling & Visualization 2015, muokattu)

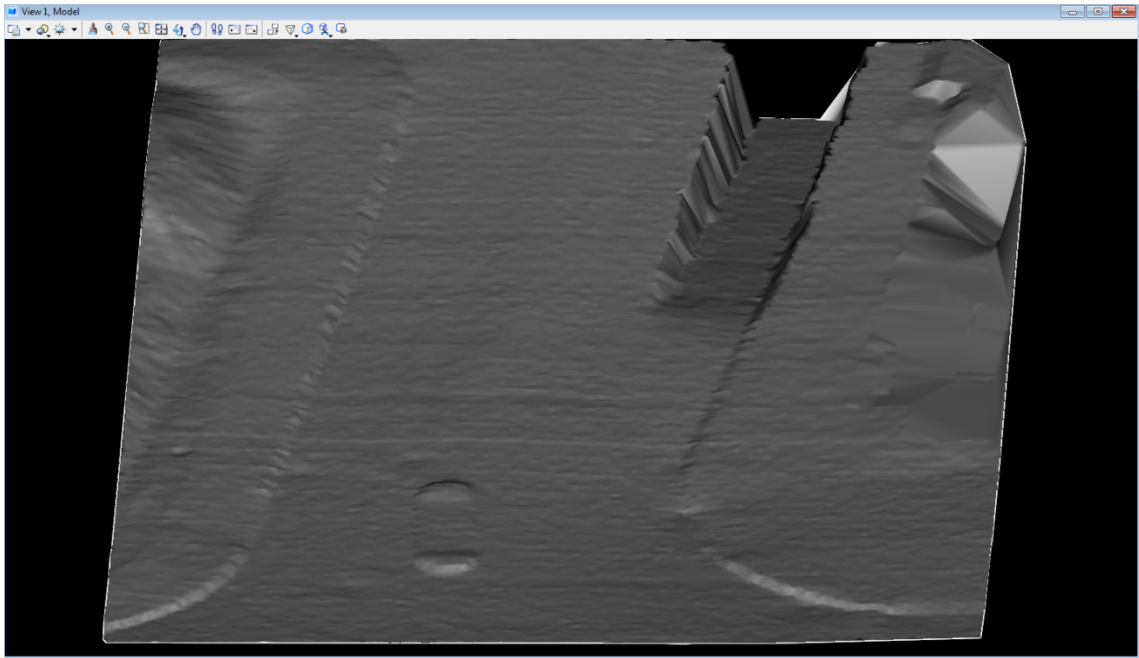
Kuva 6. Lentolaserkeilauksen periaate. (13.)

Laserkeilauksen tarkkuuteen vaikuttaa lentokorkeus, laserpulssin tiheys, keilauksen kulma, laserkeilaimen sijainnin tarkkuus ja keilattavan kohteen ominaisuudet. Laserkeilauslaitteiston ominaisuudet vaikuttavat keilauksen lopputulokseen. Keilattavan maaston ollessa hyvin peitteinen laserpulssit voivat heijastua takaisin jo ennen maanpintaa. Tällöin maanpinnan tarkkoja keilaustietoja ei välttämättä saada alueelta. Parametreja on kuvattu tarkemmin kuvassa 7. (13.)



Kuva 7. Lentolaserkeilauksen tarkkuuteen vaikuttavia parametreja. (13.)

Einonkatu on lentolaserkeilauksen kannalta kaksijakoinen kohde. Katu-alueella ei ole aluskasvillisuutta, joten kadun pinnan pisteet saadaan tarkasti tietoon. Aluskasvillisuudesta johtuvaa virheellisten pisteiden heijastumista katu-alueella ei todennäköisesti tapahdu. Rakennusten aiheuttamaa peittoa voidaan vähentää lentolinjoja tarkastelemalla ja tarkastelemalla laserkeilauksen kulmaa. Lentokorkeutta pienentämällä pistetiheyttä voidaan kasvattaa, jolloin esimerkiksi kadun reunakivien sijainnista ja korkeudesta saadaan tarkempaa tietoa. Lentolaserkeilauksen minimi lentokorkeuteen vaikuttaa kaupunkialueella rakennusten korkeus. Einonkadun alue on pieni lentolaserkeilaukseen. Pienen alueen lentolaserkeilaaminen ei ole kustannusten kannalta kannattavaa. (10.)



Kuva 8. Einonkadun lentokeilatun pistepilven maanpintaan luokitellut pisteet pintamalliksi kolmioituna.

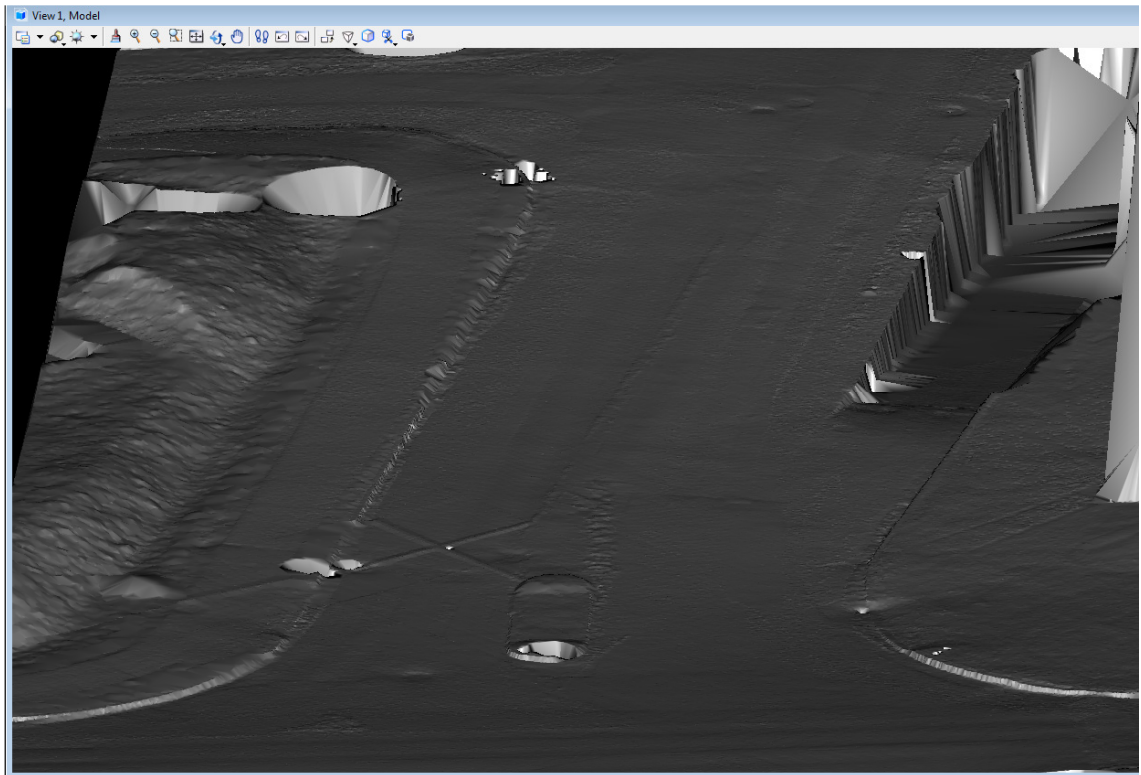
Kuvassa 8 on Einonkadun eteläpäähän lentokeilatun pistepilven maanpinnan pisteet kolmioituna pintamalliksi. Pistepilvestä on rajattu pienempi alue ja maanpinnan pisteet on kolmioitu pintamalliksi. Pintamallista voi erottaa kadun reuna-kiven ja liikenteen jakajan sijainnin. Kolmiomallin näkyvyyttä on parannettu vaihtamalla mallin katselutapa sileäksi.

Ajoneuvokeilaus

Ajoneuvokeilaus suoritetaan liikkuvasta ajoneuvosta. Ajoneuvossa oleva laserkeilan tai keilaimet lähettävät laserpulsseja ympäristöön ajon aikana. Laserkeilaimet on sidottu GNSS-Inertia-paikannuslaitteistoon, jonka avulla eliminoidaan ajon aikana tapahtuvat kallistukset ja niistä johtuvat virheet keilaukseen. Laserpulssien kulkuajan ja sijaintien perusteella pystytään tuottamaan miljoonista pisteistä koostuva pistepilvi. (13.)

Einonkadulla ajoneuvokeilaus oli parempi vaihtoehto, kun haluttiin tarkkaa mitausdataa rakennuksista ja rakenteista. Ajoneuvokeilauksen avulla pystytään tuottamaan tiheydeltään tarkempi pistepilvi kuin lentokeilauksella. Pistepilven pistetiheys vaihtelee 100 – 1000 p / m² 10 metrin matkalta. Ajoneuvokeilauksen pistepilven tarkkuus on senttimetriluokassa 10 metrin päässä ajolinjasta. Laser-

pulssien kulkema matka on lyhyempi, kuin lentokeilauksessa, koska keilattava ympäristö on lähempänä keilainta. Tällöin laserkeilain pystyy lähettämään enemmän laserpulseja ja pystyy keräämään enemmän tietoa ympäristöstä. Laserkeilainten sijoittaminen ajoneuvossa mahdollisimman ylös mahdollistaa kadun reunakiven keilauksen. (13, s.15) Ajoneuvokeilaus on nopeampi ja kustannusten kannalta edullisempi vaihtoehto pienempiin kohteisiin. Ajoneuvokeilauksella pystytään myös keilaamaan rakennusten julkisivut tarkasti. Ajoneuvokeilaukset yhteydessä kohteesta kuvataan yleensä myös valokuvat. Valokuvien avulla voidaan tuottaa ortokuva alueesta, värjätä tuotettu pistepilvi tai tuottaa 3D-malleja varten rakennusten seiniä kuvaavat tekstuurit. (11;13)

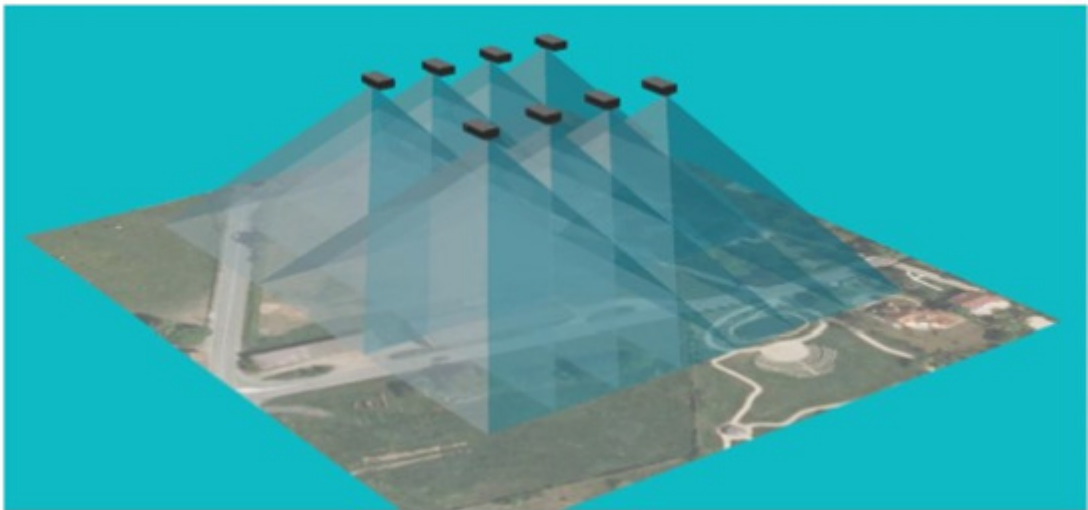


Kuva 9. Einonkadun ajoneuvokeilatun pistepilven maanpinnan pisteet kolmioituna pintamalliksi.

Kuvassa 9 on Einonkadun ajoneuvokeilatun pistepilven maanpinnaksi luokitellut pisteet kolmioituna pintamalliksi. Pintamallista erottaa liikenteen jakajan ja kadun reunakiven selkeästi. Pintamallissa olevat reiät ovat kaivon kansien tai liikennemerkkien kohdalla. Malli on selkeästi tarkempi kuin kuvan 8 pintamalli. Tämä johtuu ajoneuvokeilatun pistepilven korkeammasta pistetiheydestä.

UAV-kuvaus

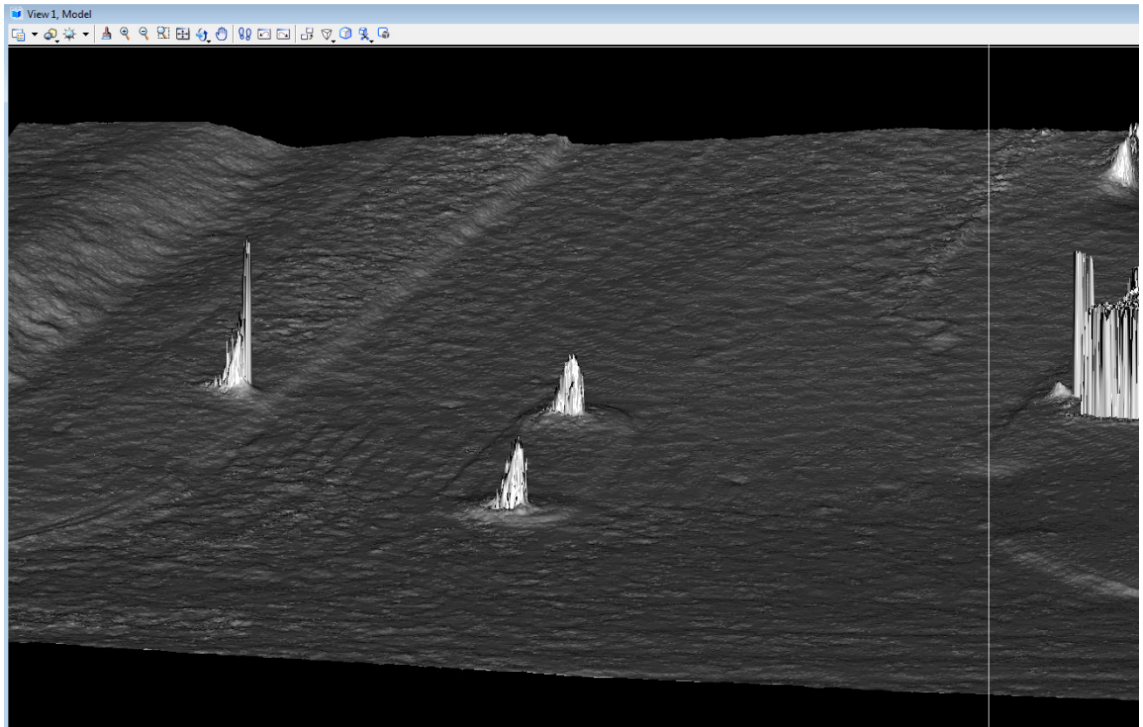
UAV-alus, eli ilmassa toimiva miehittämätön alus, joka lentää ennalta määrätyn reitin GPS-koordinaattien avulla tai jota ohjataan kauko-ohjaimella, kuvaa kohteesta viisto- ja pystykuvia. Kuvien sijaintitietojen ja kallistuskulmien perusteella tuotetaan ortokuva ja fotogrammetrinen pistepilvi. Fotogrammetrinen pistepilvi voidaan värjätä ortokuvien värien perusteella, jolloin pistepilvi on näyttävän ja aidon näköinen. UAV-kuvaustekniikka kehittyy ja yleistyy nopeasti. (14.)



Kuva 10. Ortokuvan ja digitaalisen pintamallin kuvausperiaate. (12.)

Hyvän ortokuvan ja digitaalisen pintamallin (Digital Surface Model) muodostamiseksi tarvitaan kuvia, jotka on otettu 45 asteen kulmassa kohteeseen. DSM muodostetaan kaikista kuville tallennetuista pisteistä. Kohteen näkyessä riittävän monessa kuvassa, sille voidaan laskea sijainti. Kuvassa 10 havainnollistuu kuvauslinjojen päällekkäisyys, jolloin samasta kohteesta on useita kuvia. (12.)

Einonkadun UAV-kuvattu fotogrammetrinen pistepilvi on näyttävän näköinen. Se havainnollistaa hyvin aluetta ja pistepilven pistetiheys on suuri. Lentokorkeus on ollut matala, joten rakennusten peittoon ei ole jäänyt kuvaamattomia alueita. Pistepilvestä voi jopa erottaa alueelle parkkeeratut autot. Kuvaslento ei kestänyt kauaa eikä se aiheuttanut suuria toimenpiteitä alueella. UAV-kuvaus soveltuu hyvin pieniin kohteisiin. Lennokki ei vaadi paljoa tilaa eikä siitä aiheudu häiriötä ulkopuolisille.

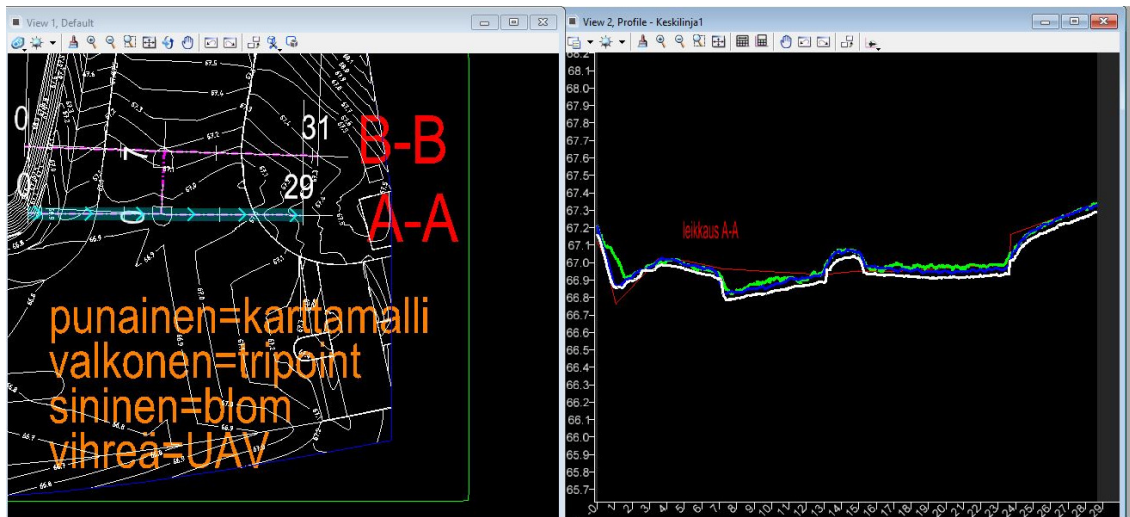


Kuva 11. Einonkadun UAV-kuvatun fotogrammetrisen pistepilven pisteet kolmioituna pintamalliksi.

Kuvassa 11 on Einonkadun UAV-kuvattu fotogrammetrinen pistepilvi kolmioituna pintamalliksi. Pintamallista pystyy selkeästi erottamaan liikenteenjakkajan ja kadun reunakiveyksen. Mallissa näkyvät korkeat kolmioinnit johtuvat pistepilven luokittelemattomuudesta eli kaikki pisteet ovat samaa pintaa. Mallin pinta näyttää rosoiselta verrattuna kuvien 8 ja 9 pintamalleihin, vaikka katselutapa on sama.

Korkeustarkkuus

Mittaustapojen korkeustarkkuuden vertailu suoritettiin pistepilviaineistojen pintamalleihin tehdyistä leikkauksista.



Kuva 12. Einonkadun aineistojen korkeustarkkuuden leikkaus vertailua.

Pintamalleihin piirretty viiva on projisoitu myötäilemään maaston muotoja Einonkadun yli. Leikkaukset on piirretty samaan kuvaan. Kuvasta 12 käy ilmi, että UAV-kuvatusta pistepilvestä tuotettu pintamalli (vihreä viiva) on ollut korkeampi kadun ajokaistojen kohdalla, kuin muut pintamallit. Lentokeilauksella tuotetun aineiston pintamalli (sininen viiva) sijoittuu UAV-kuvatun pintamallin ja ajoneuvokeilatun aineiston pintamallin (valkoinen viiva) väliin. Kartta-aineistosta tuotetusta pintamallista ei näy liikenteenjakaajaa, eikä vasemman puoleista kadun reunakiveä (punainen viiva). Pistepilvistä tuotetuista pintamalleista voi erottaa kadun reunakivet ja liikenteenjakaajan selkeästi. Aineistojen korkeustarkkuuden erot ovat alle 8 cm kadun alueella kuvan 12 mitta-asteikon perusteella.

Pohdinta

Mittaustapojen vertailun osalta voidaan todeta, että kaikki tehdyt mittaustavat soveltuvat Einonkadun aineiston tuottamiseen. Pistepilven pistetiheyden osalta jokaisen mittaustavan tuottama pistetiheys on riittävä, mutta ajoneuvokeilaus ja UAV-kuvaus tuottavat huomattavasti tiheämmän pistepilven. Pistetiheyttä voidaan jopa joutua harventamaan, jotta vältetään liian suuret ja raskaat pintamallit.

Mittaustapa	Paikkaansapitävyys	Pistetiheys	Kustannukset	Korkeustarkkuus	Luokittelu	Havainnollistavuus
Lentolaserkeilaus	++	-	--	+	++	-
Ajoneuvokeilaus	+++	+++	+	+	++	++
UAV-kuvaus	+++	++	+	+	-	+++

Taulukko 3. Mittaustapojen vertailua.

Kaikki pistepilviaineistot olivat ajan tasalla. Kustannusten perusteella lentokeilaus ei ole kannattavaa vain Einonkadun alueelle, mutta suuremman alueen lentokeilauksen osana se ei ole ongelma. Ajoneuvokeilaus ja UAV-kuvaus soveltuvat kustannusten näkökulmasta paremmin pienemmälle alueelle. Ne ovat myös yksinkertaisemmin tilattavissa. Aineistojen korkeustarkkuuden osalta erot olivat hyvin pieniä. Kantakartta-aineistoon ei ole mitattu kadun keskilinjaa, eikä liikenteenjakajaa. Kantakartta-aineiston tarkennus- ja päivitysmittauksilla kadun todellinen korko saataisiin tietoon. Näin pistepilvien pintamallien todellinen korkeustarkkuus pystyttäisiin selvittämään ja se mikä pintamalleista on todenmukaisin. UAV-kuvattua pistepilveä ei ole luokiteltu ja kantakartta-aineisto ei ole infranimikkeistöjärjestelmän mukaisesti luokiteltua. Havainnollistamisen kannalta UAV-kuvattu aineisto on hyödyllisin.

4.3 Raaka-aineiston soveltuminen lähtöaineistoksi

Yleiset inframallivaatimukset 2015 ohjeistuksessa on annettu vaatimuksia raaka-aineiston ja lähtöaineiston laadulle.

Raaka-aineen tilaus tulisi suorittaa hankkeelle sovitussa koordinaattijärjestelmässä ja tietomallipohjaisissa formaateissa (7). Einonkadun pistepilviaineistot ovat samassa koordinaattijärjestelmässä ETRS-GK29 ja korkeusjärjestelmässä N2000. Aineistot olivat alkuperäisesti LAS-tiedostomuotoisia, mutta ne on muutettu pod-tiedostomuotoisiksi. Pistepilviaineiston maanpinnan pisteistä tuotetusta pintamallista, eli kolmiomallista, pystyi muodostamaan LandXML-tiedoston, jonka versio oli 1.2. Vaatimukset täyttyvät koordinaattijärjestelmän ja formaattien osalta.

Maastomallin vaatimukset

Maastomalli on digitaalisessa muodossa oleva maaston pintaa ja rakenteita kuvaava lähtötieto. Se muodostetaan luokitelluista taitepisteistä ja hajapisteistä. Maastomallin tarkkuudelle ja laadulle on annettu vaatimuksia. Mittausperustan lähtöpisteitä on oltava vähintään neljä ja niiden on oltava valtakunnallisen 1–3 luokan kolmiopisteitä, joiden GPS- sopivuus kiintopisterekisterissä on erinomainen tai hyvä. Yksittäisen kohteen mittausvirhe saa olla enintään 50 mm. Maastomallin pinnan korkeuden interpoloinnin keskivirhe saa olla maksimissaan 100 mm. Taiteviivojen ja hajapisteiden pisteväli saa olla enintään 10 m. (7;15.)

Maastomallin tiedon keruulle ja tuottamiselle on annettu myös vaatimuksia. Yleisesti tiedon keruu tulisi sijoittua lehdettömän puun aikaan ja ajankohtaan, jolloin maa ei ole roudassa. (15.)

Helikopterikeilattu laserkeilausaineisto tehdään noin 300 metrin korkeudelta. Lentolinjat tulee sitoa vähintään kolmea GPS-tukiasemaa käyttäen mallialueen sisään. Yksiselitteisiä maastokohteita tulee olla noin kahden kilometrin välein, jotta keilausaineiston tasosijainti hankkeen mittausperustaan varmistetaan. Keilausdatan korkeuden kalibrointiin oikeaan tasoon vaaditaan takymetrillä mitattu noin 10 x 10 m korkeuspisteruudusto. Niitä tulee olla vähintään kaksi mallialueen sisällä tai välittömässä läheisyydessä. Ellipsoidikorkeuksien muuntamiseen normaalikorkeudeksi käytetään FIN2005/Noo-geoidimallia. Lähtökorkeus takymetrimittaukseen tulee ottaa kiintopisteeltä, jolla on vaaittu korkeus. Keilauskohtien pistetiheys tulee olla vähintään 10 pistettä / m². Maastomalli tuotetaan pistepilven, intensiteettitietojen ja ortokuvien perusteella. Ortokuvaa ei saa käyttää yksinään taiteviivojen tasosijainnin mittaamiseen. Keilauskohteissa epävarmaksi jääneet kohteet ja pinnat kartoitetaan takymetrillä. (15.)

Ajoneuvokeilattu laserkeilausaineisto tulee suorittaa alle 80 km/h nopeudella. Kaikki mallialueen ajokaistat, kevyen liikenteen väylät, risteävät tiet ja rampit ajetaan läpi. Keilausdata tulee sitoa koordinaatistoon vähintään neljää GPS-tukiasemaa käyttäen. Ensisijaisesti tulee käyttää hankkeen mittausperustan pisteitä, muuten käytetään maastomallin muodostamisen yleisiä vaatimuksia. Normaalikorkeuksiksi muuntaminen tehdään FIN2005/Noo-geoidimallia käyttä-

en. Keilausdatan tarkka sijainti koordinaatistoon varmistetaan noin 200 m välein tehtyjen takymetrillä mitattujen maaliviivojen avulla. Ajoneuvokeilatun pistepilven ja intensiteettikuvien perusteella maastomalli voidaan tuottaa suoraan. Pistepilviaineiston tiheys on riittävän suuri siihen. (15.)

Fotogrammetrisen aineiston kuvaus tapahtuu vähintään kahden vuoden välein kalibroidulla laajaformaattisella ilmakuvakameralla. Maastoresoluution tulee olla vähintään 5 cm tai parempi. Ilmakuvaukselle suoritetaan fotogrammetrinen pistetihennys, jossa ratkaistaan ilmakuvien orientointitekijät. Suurin sallittu virhe pistetihennyksen painoyksikölle saa olla 0,5 pikseliä. Maastomalli tuotetaan digitaalisella stereotyöasemalla tulkitsemalla stereodigitointina mallin taiteviivat, hajapisteet ja kartoituskohteet. Täydennys mittauksia suoritetaan kohteista, joista ilmakuvauksella ei saatu aineistoa. (15.)

Maastomittauksella täydennetään kohteita, joista ei luotettavasti ole voitu saada tietoa muilla tekniikoilla. Esimerkiksi seuraavat kohteet mitataan aina maastomittauksina lentokeilauksella tai fotogrammetrisellä tekniikalla tuotettavien aineistojen lisäksi:

- kaivot ja venttiilit
- johtopylväät
- reunakiven ala- ja yläreunat
- tukimuurien ylä – ja alareunat. (15.)

Einonkadun aineistot

Lentolaserkeilaus Einonkadusta on suoritettu noin 400 m korkeudelta. Pistetiheys on ollut vähintään 20 pistettä / m². Aineisto on ajan tasalla, mutta keilaus on suoritettu toukokuussa, jolloin puissa on ollut jo lehtiä. Maastomallin tuottamisen muista vaatimuksista ei ole mainintaa.

Ajneuvokeilattu pistepilvi Einonkadusta soveltuu pistetiheydeltään suoraan maastomallin tekoon (15, s.18). Ajonopeus on ollut vaatimusten mukainen 40 km/h. Aineisto on ajan tasalla ja keilaus on suoritettu syksyllä, jolloin puissa ei ole ollut lehtiä. Maastomallin tuottamisen muista vaatimuksista ei ole mainintaa.

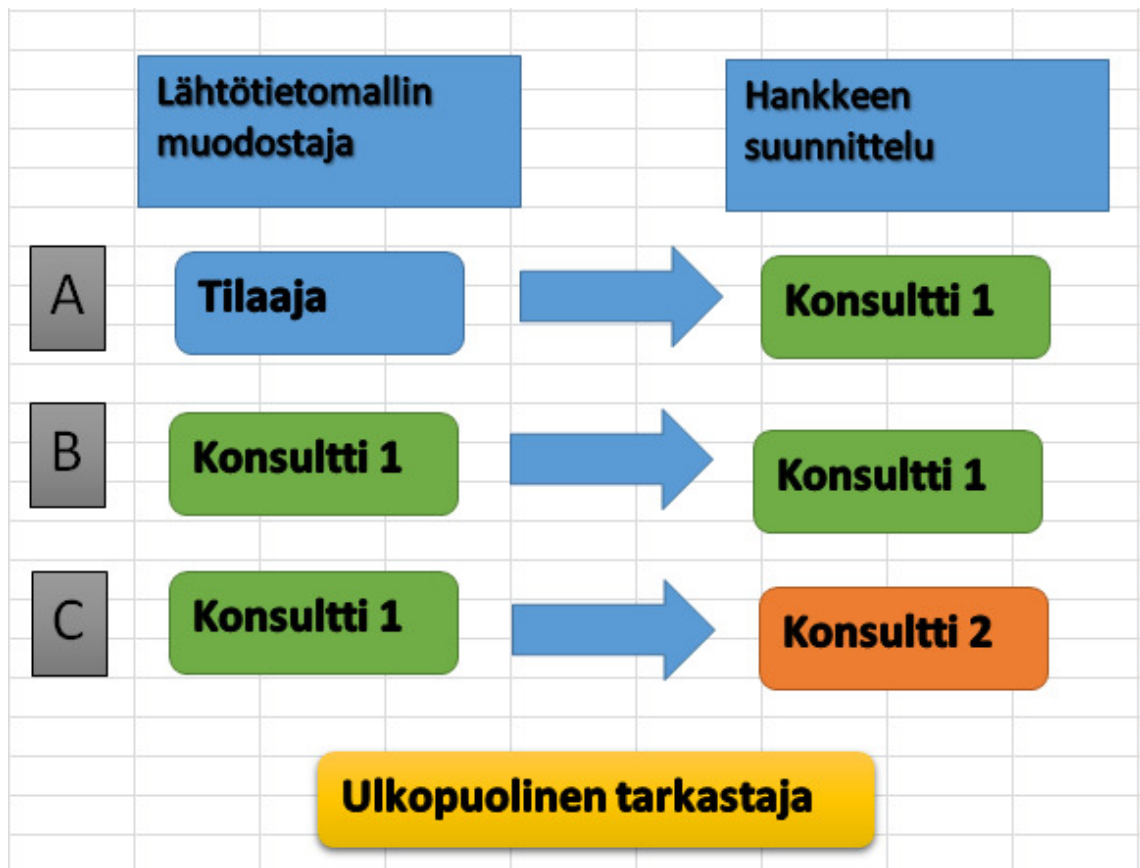
UAV-kuvatun fotogrammetrisen pistepilven maastoresoluutio oli 5 cm. Aineisto on ajan tasalla ja tuotettu syksyllä, jolloin puissa ei ole ollut lehtiä. UAV-kuvattua pistepilveä ei ole luokiteltu. Maastomallin tuottaminen maanpinnasta ei tällöin onnistu, joten aineisto pitäisi luokitella. Maastomallin tuottamisen muista vaatimuksista ei ole mainintaa.

Kantakartta-aineistoa ei ole infra-nimikkeistöjärjestelmän mukaisesti luokiteltua. Aineistoa ei ole tarkoitettu maastomallin luomista varten.

Pistepilviaineistoista vain ajoneuvokeilattu pistepilvi soveltuu suoraan yleisten inframallivaatimusten mukaisen maastomallin tekoon Einonkadusta, maastomallin tuottamiseen vaadittavien tunnettujen tietojen perusteella. Muut pistepilviaineistot eivät täytä annettuja tunnettuja vaatimuksia maastomallin tuottamiseen. Einonkadulla pitäisi suorittaa päivitetty ja ajan tasalla oleva takymetrimittaus, jotta muista pistepilviaineistoista voisi muodostaa maastomallin. Takymetrimittauksessa pitäisi mitata vähintään kaivojen korot, reunakivien ylä- ja alareunojen korot ja johtopylväiden tarkat sijainnit.

5 Lähtötietomallin muodostaminen

Lähtötietomallin kokoamiselle ja muodostamiselle on esitetty kolme vaihtoehtoa kuvassa 13. Ensimmäinen vaihtoehto on, että tilaaja muodostaa itse lähtötietomallin ja luovuttaa sen konsultille. Toinen vaihtoehto on, että sama konsultti muodostaa lähtötietomallin ja hoitaa suunnittelun. Kolmas vaihtoehto on, että lähtötietomallin ja suunnittelun hoitavat erilliset konsultit. Pohdinnoissa on myös otettu huomioon ulkopuolisen tarkastajan käyttäminen.



Kuva 13. Lähtötietomallin muodostaminen.

5.1 Vaihtoehto A

Vaihtoehdossa A tilaaja muodostaa lähtötietomallin ja luovuttaa sen hankkeen suunnittelijalle. Tilaaja tuntee oman kohteensa ja tietää mitä haluaa rakennuttaa. Tilaajalla voi olla olemassa jo valmiiksi raaka-aineistoa, josta tilaaja tietää tilausajankohdan, tarkkuuden ja muita tärkeitä tietoja, jotka dokumentoidaan lähtöaineistoluetteloon. Tilaajalla on paikallisen tason näkemystä tulevasta kohteesta. Tilaajan on helpoin alkaa harmonisoida olemassa olevia ja uusia raaka-aineistoja, koska tilaajalla on eniten tietoa niistä ja omasta alueestaan. Dokumentointi lähtöaineistoluetteloon kaikista huomiota vaativista asioista takaa lähtötietomallin laadun. Mahdollisten täydennysmittausten suorittaminen lähtötietomallia varten sujuu yksinkertaisemmin ilman välikäsiä. Vastuu lähtötietomallin paikkansapitävyydestä jää tilaajalle. Vaihtoehto A riippuu tilaajan taitotasosta muodostaa lähtötietomalli. Kustannuksien kannalta tilaaja säästää yhden hankkuvaiheen tekemällä sen itse. Tilaaja voi myös käyttää ulkopuolista tarkastajaa, jotta lähtötietomallin laatu saadaan varmistettua.

5.2 Vaihtoehto B

Vaihtoehdossa B konsultti muodostaa lähtötietomallin ja hoitaa myös suunnittelun hankkeessa. Tilaaja organisoii lähtötietomallin muodostuksen samalle konsultille, joka hoitaa hankkeen suunnittelun. Lähtötietomallin muodostaminen on tilaajan ja konsultin vuorovaikutusta keskenään. Tilaaja toimittaa kaiken olemassa olevan ja uuden aineiston kohteesta konsultille. Konsultilla ei ole luultavasti paikallistuntemusta kohteesta ja alueesta yhtä paljon kuin tilaajalla. Tilaaja luovuttaa kaikki tietonsa ja huomionsa kohteesta konsultille, jotta konsultti pystyy muodostamaan mahdollisimman paikkansapitävän lähtötietomallin. Konsultti harmonisoi raaka-ainetta ja kirjaa havaintoja lähtöaineistoluetteloön. Täydennysmittauksien suorittaminen voi tapahtua tilaajan kautta tai konsultti organisoii ne suoraan. Lähtötietomallin muodostaminen riippuu pitkälti tilaajan ja konsultin välisestä vuorovaikutuksesta. Mitä enemmän he kommunikoivat keskenään, sitä todennäköisemmin lähtötietomalli on laadullisesti parempi. Vastuu lähtötietomallista jää vaihtoehdossa B konsultille eli lähtötietomallin muodostajalle. Konsultti jatkaa lähtötietomallin muodostamisen jälkeen kohteen suunnittelua, joten hänellä on kattavat tiedot aloittaa suunnittelu. Hän tuntee kohteen jo valmiiksi. Tilaaja voi varmistaa lähtötietomallin laadun käyttämällä ulkopuolista tarkastajaa tarkastamaan lähtötietomallin.

5.3 Vaihtoehto C

Vaihtoehdossa C tilaaja organisoii lähtötietomallin muodostamisen ja suunnittelun eri konsulteille. Tilaaja luovuttaa vaihtoehdon B kaltaisesti kaikki olemassa olevat tiedot kohteesta konsultille ja konsultti muodostaa lähtötietomallin. Lähtötietomallin muodostamisen jälkeen konsultti luovuttaa lähtötietomallin tilaajalle, joka luovuttaa sen hankkeen suunnittelijalle. Vaihtoehdossa C on paljon välisiä ja vaatii paljon vuorovaikutusta osapuolten välillä, jotta se voi onnistua. Kustannusten kannalta se on todennäköisesti kallein vaihtoehto. Vastuu lähtötietomallin paikkansapitävyydestä on lähtötietomallin muodostajalla.

6 Pohdinnat

6.1 Projektin tarkkuustaso

Projektin tarkkuustaso sovitaan hankkeen sisäisesti. Tarkkuustasoa mietittäessä tulee huomioida kohteen käyttötarkoitus. Mitä kovempi tarkkuustaso projektissa on, sitä tarkemmat lähtötiedot tarvitaan. Lähtötiedot harmonisoidaan raaka-aineesta, joten jo raaka-aineen tilauksessa tulee huomioida valittu projektin tarkkuustaso. Raaka-aineen tilauksessa tulee huomioida ajankohta, käyttötarkoitus ja tarkkuustaso projektin mukaan. Raaka-aineen ollessa mahdollisimman pitkälle tietomallipohjaisessa muodossa jo valmiiksi, säästytään turhilta työvaiheilta. Tarkka ja ajantasainen lähtöaineisto maksaa itsensä takaisin hankkeen elinkaaren aikana. Virheet lähtötiedoissa moninkertaistuvat rakentamisen ja käytön aikana. Täydennysmittaukset lähtötietoihin ovat helppo tapa säästää kustannuksissa. Hyvästä lähtötietomalli paketista on luotettavampi lähteä suunnittelemaan ja virhealttius on pienempi. Kohteen valmistuttua tuotetaan ylläpitomalli. Ylläpitomallin avulla kohteen ylläpito voidaan jakaa digitaalisessa muodossa. Ylläpitomallista saatavien etujen määrä tulee kasvamaan tulevaisuudessa.

6.2 Lähtöaineistot YIV:n mukaiseen suunnitteluun

Einonkadun tapauksessa pistepilviaineistoista vain ajoneuvokeilattua pistepilveä voisi käyttää suoraan maastomallin tuottamiseen, mutta sen rinnalla olisi hyvä olla varmistukseksi ajan tasalla oleva takymetriaineisto. Tulevissa hankkeissa ajan tasalla oleva takymetriaineisto, joka on infra-nimikkeistöjärjestelmän mukaista, ja pistepilviaineisto olisivat erinomaista raaka-ainetta lähtötietojen muodostamista varten. Hankkeen koko ja sijainti vaikuttavat pistepilviaineiston mittaustavan valintaan. Pistepilviaineiston liian suuren pistetiheyden johdosta voidaan joutua harventamaan pistetiheyttä, joten pistetiheys tulee ottaa huomioon jo aineiston hankintaa mietittäessä. Aineistojen metatietojen tarkka dokumentointi säästäisi useita työtunteja jatkossa.

Yleisten inframallivaatimuksien mukaisen suunnittelun vaatimukset ovat kovat, mutta jo raaka-ainetta tilatessa täytyy huomioida ne. Raaka-aineen ollessa valmiiksi tietomallia tukevassa muodossa hankkeen lähtötietomallin kokoaminen

yksinkertaistuu. Tilaajan mahdollisuus muodostaa itse lähtötietomalli olisi hankkeen kannalta positiivinen asia. Turhilta välikäsiltä välttyttäisiin ja tilaajalla on todennäköisesti parhaimmat tiedot alueestaan ja raaka-aineistostaan. Lähtötietomallin tarkastuttaminen ulkopuolisella tarkastajalla varmistaisi laadun. Tällä tavoin suunnittelija voi suoraan alkaa suunnitella alueen rakenteita, koska tietää lähtötietomallin pitävän paikkansa.

Tarkalla dokumentoinnilla voidaan tukea laadunvarmistusta. Kansiorakenteen, lähtöaineistoluetellon ja tietomalliselostuksen avulla varmistetaan tiedot aineistosta mitä käsitellään. Voidaan todeta onko aineistossa puutteita tai jotain tärkeää huomioitavaa ja voidaan tehdä toimenpiteitä niiden suhteen, jos se on välttämätöntä.

Kuvat

Kuva 1. Tietomallipohjaisen ja dokumenttipohjaisen infrahankkeen tilaajalle toimitettavat aineistot yleisellä tasolla esitettynä, s. 9

Kuva 2. Lähtötietomallin muodostusprosessin kulku, s. 15

Kuva 3. Lähtötietomalli suunnitteluvaiheen rinnalla, s. 18

Kuva 4. Lähtötietomallin kansiorakenne, s. 22

Kuva 5. Esimerkki raaka-aineen kansiorakenteesta, s. 24

Kuva 6. Lentolaserkeilauksen periaate, s. 28

Kuva 7. Lentolaserkeilauksen tarkkuuteen vaikuttavia parametreja, s. 29

Kuva 8. Einonkadun lentokeilatun pistepilven maanpintaan luokitellut pisteet pintamalliksi kolmioituna, s. 30

Kuva 9. Einonkadun ajoneuvokeilatun pistepilven maanpinnan pisteet kolmioituna pintamalliksi, s. 31

Kuva 10. Ortokuvan ja digitaalisen pintamallin kuvauseriaate, s. 32

Kuva 11. Einonkadun UAV-kuvatun fotogrammetrisen pistepilven pisteet kolmioituna pintamalliksi, s. 33

Kuva 12. Einonkadun aineistojen korkeustarkkuuden leikkaus vertailua, s. 34

Kuva 13. Lähtötietomallin muodostaminen, s. 39

Taulukot

Taulukko 1. Lähtöaineistoluetteloon dokumentoitavat asiat, s. 20

Taulukko 2. . Alakansioiden kansiorakenne, s. 23

Taulukko 3. Mittaustapojen vertailua, s. 35

Lähteet

1. Tiehankkeiden mallipohjaisen suunnittelun hankinta, Liikennevirasto.
www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lo_2014-20_tiehankkeiden_mallipohjaisen_web.pdf. Luettu 4.1.2016
2. YIV 2015, BuildingSMART Finland 2015. <http://www.infrabim.fi/yiv2015/>. Luettu 5.1.2016
3. YIV 2015 osa 1 Tietomallipohjainen hanke, BuildingSMART Finland 2015.
[infrabim.fi/yiv-2015/YIV2015_Mallinnusohjeet_OSA1_Tietomallipohjainen_hanke_V_1_0.pdf](http://www.infrabim.fi/yiv-2015/YIV2015_Mallinnusohjeet_OSA1_Tietomallipohjainen_hanke_V_1_0.pdf). Luettu 5.1.2016
4. YIV 2015 osa 2 Yleiset mallinnusvaatimukset, BuildingSMART Finland 2015.
[infrabim.fi/yiv-2015/YIV2015_Mallinnusohjeet_OSA2_Yleiset_Vaatimukset_V_1_0.pdf](http://www.infrabim.fi/yiv-2015/YIV2015_Mallinnusohjeet_OSA2_Yleiset_Vaatimukset_V_1_0.pdf). Luettu 5.1.2016
5. Parantala-Karjalainen, Inframalli ja mallinnus hankkeen eri suunnitteluvaiheissa. www.infrabim.fi/wp-content/uploads/2015/12/Parantala-Karjalainen-2.pdf. Luettu 7.1.2016
6. Niskanen J., Tietomallintamisen suunnittelu ja dokumentointi käytännössä. www.infrabim.fi/wp-content/uploads/2015/11/Jari_Niskanen.pdf. Luettu 8.1.2016
7. YIV 2015 osa 3 Lähtötiedot, BuildingSMART Finland 2015. [infrabim.fi/yiv-2015/YIV2015_Mallinnusohjeet_OSA3_Lahtotiedot_V_1_0.pdf](http://www.infrabim.fi/yiv-2015/YIV2015_Mallinnusohjeet_OSA3_Lahtotiedot_V_1_0.pdf). Luettu 11.1.2016
8. Inframodel- tiedonsiirtoformaatti, BuildingSMART Finland 2015. www.infrabim.fi/wp-content/uploads/2014/04/Inframodel3-kayttoohje.pdf. Luettu 11.1.2016
9. InfraBIM-nimikkeistö, BuildingSMART Finland 2015. <http://www.infrabim.fi/infrabim-nimikkeisto-sivu/>. Luettu 11.1.2016
10. Tarjouspyyntökirje, 28.3.2015. Laserkeilaus. Lappeenrannan kaupunki. Luettu 27.1.2016
11. Tarjous, 12.12.2014. Ajoneuvolaserkeilaus Imatrankoski. Tripoint. Luettu 27.1.2016
12. Palovaara Sulo. Imatran kaupunki. Kirjallinen tiedonanto. 2.2.2016
13. 3D-laserkeilausaineiston hyödyntäminen inframallintamisen yhteydessä ja sen lopputuotteen laadun varmistaminen, Liikennevirasto. www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lts_2015-58_3d-laserkeilausaineiston_web.pdf. Luettu 2.2.2016
14. Sippo M. Lennokkikartoitus – uusia näkymiä ilmasta. Maankäyttö 2/2013.

15. Tie ja ratakankkeiden maastotiedot,
[www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lo_2011-18_tie-
_ja_ratakankkeiden_web.pdf](http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lo_2011-18_tie-
_ja_ratakankkeiden_web.pdf). Luettu 2.2.2016

Liikennevirasto.

Liite 1. Raaka-aineen tilauksessa huomioitavaa.

<u>Raaka-aineen tilauksessa huomioitaa</u>									
1.	Hankkeen tarkkuustaso:								
	Hankkeen vaatimukset aineiston tarkkuuden suhteen.								
	Millä mittaustavoilla voidaan päästään hankkeen vaatimaan tarkkuustasoon.								
2.	Mittaustavan valinta:								
	Käyttötarkoitus: Mitä raaka-aineesta harmonisoidaan.								
	Hanke-alueen koko.								
	Kustannukset.								
	Vuodenaika.								
	Hankkeelle sovitut koordinaatti- ja korkeusjärjestelmät.								
	Tietomallipohjaisia tiedostoformaatteja.								
3.	Aineiston toimittaja:								
	Mittaustavalle asetettujen vaatimuksien noudattaminen.								
	Metatietojen dokumentointi.								
	Aineiston käsittely tilauksen mukaisesti.								
4.	Tilaaajan laaduntarkastus:								
	Aineisto on ajan tasalla.								
	Aineisto ei sisällä puutteita.								
	Aineistojen tarkkuuden varmistaminen.								
	Aineiston käsittelyn tarkastus: aineisto on käsitelty tilauksen mukaisella tavalla.								
	Tietomallipohjaiset tiedostoformaattit.								
	Hankkeen mukaiset koordinaatti- ja korkeusjärjestelmät.								
	Aineiston metatietojen dokumentointi lähtöaineistoluetteloon.								
	Aineiston sisältämät virheet, ongelmat ja puutteet on korjattu tai selostettu dokumentteihin.								
5.	Aineiston arkistointi/luovutus								
	Dokumentaatio: Lähtöaineistoluettelo								
	Muut vaadittavat asiakirjat.								