

DIGITAALINEN LUOVUTUSAINEISTO PIENILLÄ
INFRATYÖMAILLA

Valtonen Jori

Vanhala Ville

Opinnäytetyö

Tekniikka ja liikenne

Maanmittaustekniikka

Insinööri (AMK)

2019

Tekniikka ja liikenne
Maanmittaustekniikka
Insinööri (AMK)

Tekijä	Valtonen Jori	Vuosi	2019
	Vanhala Ville		
Ohjaaja	Karppinen Timo		
Toimeksiantaja	Destia Oy		
Työn nimi	Digitaalinen luovutusaineisto pienillä infratyömailla		
Sivu- ja liitesivumäärä	40 + 1		

Opinnäytetyön tarkoituksena oli luoda selkeä ja yksinkertainen digitaalinen luovutuskansio ja sen kokoamisohje pienille infrahankkeille. Tavoitteena oli selvittää pienten infrahankkeiden tilaajien ja urakoitsijoiden vaatimuksia luovutuskansion rakenteesta ja sen kokoamisesta, jotta rakenteesta olisi tullut jokaiselle osapuolelle mieluinen. Luovutuskansion kokoamisen vaiheisiin on pyritty löytämään sujuva ja tehokas ratkaisu, joka estäisi luovutuksen viivästymisen työn päätyttyä. Digitaalisen luovutusaineiston sisältö puolestaan pyrittiin rajaamaan pienen hankkeen tarpeiden mukaiseksi.

Tavoitteen saavuttamiseen käytettiin useita erilaisia menetelmiä, kuten haastatteluja, tiedonkeräystä verkkosivustoilta ja pitämällä palaverieita ohjaavien tahojen kanssa. Kuvien tuottaminen onnistui Destian automaatio-operaattoreiden avustuksella, mikä helpotti työn etenemistä huomattavasti. Tietoa kerättiin kyseisistä lähteistä ja eroteltiin sieltä sopivimmat menetelmät ja rakenteet pienen infrahankkeen digitaaliseen luovutusaineistoon.

Opinnäytetyön tuotoksena syntyi toimiva ja pienille infrahankkeille sopiva digitaalinen luovutusaineistomalli, jonka käyttöönotto olisi mahdollista heti. Infrarakentaminen kehittyy jatkuvasti, minkä vuoksi luovutusaineistokin muuttuu ja muokkautuu tulevaisuudessa. Opinnäytetyömme toimii ohjeena ja pohjana digitaaliselle luovutusaineistolle, mikä oli tavoitteenakin. Työ toimii niin ikään jatkossa kehityskelpoisena pohjana, josta voi rakentaa uusia ja muokattuja kansiorakenteita tulevaisuudessa.

Avainsanat digitaalinen luovutusaineisto, tietomallipohjainen
Infrakit

Technology, Communication and Transport
Degree Programme in Land Surveying
Bachelor of Engineering

Author	Valtonen Jori	Year	2019
Supervisor	Vanhala Ville		
Commissioned by	Karppinen Timo		
Subject of thesis	Destia Oy		
	Digital Handover Material for Small Infra Construction Projects		
Number of pages	40 + 1		

The purpose of this functional thesis was to create a clear and simple digital handover folder for small infra construction projects and related instructions for compiling the folder. The goal was to find out the requirements that clients and contractors had regarding the structure and compilation of such a handover folder so that it would meet their needs. Attempts were made to find out a smooth and effective solution to the different phases of compiling the folder, which would prevent any delays in handover after the project was completed. The content of the folder was limited to small infra projects.

Various methods were used to achieve the goal such as interviews and information retrieval from Internet websites. In addition, face-to-face meetings were held with Destia's and City of Oulu's supervisors to collect information to compile the handover folder. The information was analysed, and the most appropriate methods and structures to be included in the digital handover material for small infra projects were chosen. The images were created together with Destia's operators, which made the process easier.

The result of this thesis is a functional digital handover material model for small infra projects, which can be introduced immediately. Infrastructure construction is constantly evolving which means that the digital handover material will also change its structure and content in future. This thesis serves as a guide and basis for digital handover materials, which was the ultimate objective. In future this thesis will serve as a basis for building new or customized folder structures.

Key words digital handover material, information modelling based,
Infrakit

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
2	LÄHTÖKOHTA	9
3	KANSIORAKENNE	10
3.1	Yleistä	10
3.2	Infrakit	11
3.3	Oulun kaupungin kansiorakenne	12
4	DIGITAALINEN LUOVUTUSAINEISTO	15
4.1	Johdanto	15
4.2	Selostus	15
4.3	Lähtötiedot	16
4.4	Geometriat	17
4.5	Toteutusmalli	18
4.5.1	Toteutusmallien pintamallit	18
4.5.2	Toteutusmallien järjestelmät	20
4.6	Toteumamalli	24
4.6.1	Toteumamallien pintamallit	24
4.6.2	Toteumamallien järjestelmät	26
4.7	Tietomalliselostus	27
4.8	Toteumapiirustukset	28
4.9	Laatuaineisto	28
4.10	Viiteaineisto	29
4.11	Aineistoluettelo	31
4.12	Poikkeamaraportit	31
5	DIGITAALISEN LUOVUTUSAINEISTON KOKOAMINEN	33
6	TIETOKANTA	34
7	POHDINTA	36
8	LÄHTEET	37
9	LIITE	40

ALKUSANAT

Haluamme kiittää Destia Oy:n kehittämispäällikköä Mika Jaakkolaa ja automaatio-operaattoria Ville Ala-ahoa avusta tiedonhankinnassa ja aineiston tuottamisessa. Heillä oli suuri merkitys opinnäytetyön edistymisen kanssa.

Oulun kaupungin kanssa tehty yhteistyö oli erityisen tärkeää opinnäytetyön kannalta. Iso kiitos kuuluukin rakennuttajavalvoja Sauli Heikinheimolle, joka järjesti tapaamisen ja tuotti havainnekuvia opinnäytetyötä varten. Myös Heikinheimon lisäksi tapaamiseen osallistuneiden Markku Mustosen ja Mikko Ukkolan ammattitaidosta oli valtava hyöty opinnäytetyön etenemiselle.

KÄYTETYT MERKIT JA LYHENTEET

3D-Win	Kotimainen Windows-ohjelmisto, joka on tarkoitettu mittausaineiston käsittelyyn
bsF	buildingSMART Finland
Inframodel	LandXML-standardiin perustuva avoin menetelmä tiedonsiirtoon (buildingSMART Finland 2018.)
YIV2015	Rakennustietosäätiön erityispäätoimikunta bsF on julkaissut vuonna 2015 Yleiset inframallivaatimukset
InfraRYL	Kuvaus infrarakentamisen yleisistä laatuvaatimuksista
dwg	Tiedostoformaatti, joka sisältää kaksi- ja kolmiulotteista dataa
dxf	Drawing Interchange Format, mahdollistaa tiedonsiirron eri CAD-ohjelmistojen välillä
GT	Suomessa käytettävä yleinen mittaustiedostomuoto
Tarke	Mittaushenkilön takymetrillä tai GNSS-laitteella mitattua XYZ-koordinaatit sisältävä pistemäinen tietue
Toteumapiste	Koneenkuljettajan 3D-ohjausjärjestelmällä mitattu XYZ-koordinaatit sisältävä pistemäinen tietue tai mittaushenkilön toimesta mittauslaitteella mitattu piste
PDF	Portable Document Format
Tekla Civil	Infrarakentamisen suunnitteluun laadittu tietomallinnusohjelma

1 JOHDANTO

Nykyaikainen infrarakentaminen perustuu yhä enemmän koneautomaation käyttöön ja perinteinen mittaaminen vähenee. Lähes kaikilla suurilla hankkeilla on käytössä työkoneisiin asennettu koneohjausjärjestelmä, koska sen vaikutus työnlaatuun ja kustannuksiin on ollut merkittävä. Koneohjauksen yleistyminen helpottaa työnlaadun valvomista ja laadun varmentamista, kun konekuski näkee jo työvaiheessa vaaditun laadun. Mallinnetun aineiston siirtäminen työkoneisiin ja toteutuneiden aineistojen siirtäminen työkoneista ulos tapahtuu pilvipalvelujen välityksellä nopeasti ja huomattavan pienellä vaivalla. Pilvipalvelujen avulla aineistojen kokoaminen digitaaliseen muotoon on yksinkertaista. Digitaalisessa muodossa olevan aineiston myötä työtä voi seurata niin urakoitsijat kuin tilaajatkin jokaisessa työvaiheessa, mikä helpottaa työn valvontaa ja etenemistä. Luovutusvaiheessa tehty työ on helppo luovuttaa tilaajan haltuun suoraan pilvipalvelusta.

Kiinnostus aiheeseen heräsi työharjoittelun aikana Destialla, kun työmaiden päättyessä alettiin koota luovutettavaa aineistoa. Epäselvyys aineiston sisällöstä ja sen kokoamistavasta herätti mielenkiinnon tutkia aihetta tarkemmin ja pyrkiä yksinkertaistamaan laatuaineiston luovuttamista. Aineiston digitaalinen luovutus paperitulosteiden sijasta vaikutti helpommalta ja fiksummalta ratkaisulta.

Opinnäytetyön tavoitteena on antaa selkeä ja yksinkertainen malli digitaalisesta luovutusaineistosta ja sen sisällöstä. Tarkoituksena on helpottaa aineiston kokoamista jo työvaiheen aikana, jottei palautusvaiheessa olisi niin suurta työtä tehtävänä. Mallin tulisi olla sopiva pienille infratyömaille, jonka rakenne on selkeä ja yksinkertainen, ja jonka pohjalta olisi vaivatonta rakentaa luovutusaineisto tehdystä työstä ja sen laadusta.

Opinnäytetyössä esitellään aluksi työn lähtökohdat ja organisaatio, ohjausryhmä ja muut työn suorittamiseen vaikuttavat tahot, jotka ovat ohjaamassa ja edistämässä työn kulkua ja suorittamista. Pääaihe, digitaalisen luovutusaineisto, kansiorakenne ja niiden kokoaminen esitellään sen jälkeen. Opinnäytetyön

lopuksi käydään vielä läpi tietokannan luominen aineistolle ja sen sisältämät käytetyt formaatit tiedostoilla.

2 LÄHTÖKOHTA

Opinnäytetyön tarkoitus on tuoda lisää tietoa digitaalisen luovutusaineiston hyödyistä infrarakentamisessa. Lisäksi on tarkoitus luoda mallikansiorakenne pienemmille infratyömaille digitaalisen luovutusaineiston tuottamisessa. Digitaalista luovutusaineistoa on hyödynnetty Suomessa ainoastaan suuremman mittakaavan hankkeissa, joista yksi on Vt8 Luostarinkylä -hanke, josta Destian Ville Suntio ja Anna Partiainen ovat tehneet ”Digitaalinen luovutusaineisto” -raportin, joka julkaistiin Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä -sarjassa. (Kivimäki 2017.)

Isommat hankkeet tulevat yleensä Liikennevirastolta, joilla on tarkka ohjeistus laadun varmistamiseksi. Pienemmät hankkeet tulevat kaupungeilta, kunnilta tai ELY-keskukselta, jotka noudattavat tilaajien antamia määräyksiä tai InfraRYL:iä.

Opinnäytetyön toimeksiantaja on Destia Oy. Olemme toimineet yhteistyössä Destian ja Oulun kaupungin kanssa. Destia Oy:lta on yhteistyössä toimineet kehittämispäällikkö Mika Jaakkola, automaatio-operaattori Ville Ala-aho ja työmaapäällikkö Minna Perätalo.

Oulun kaupungin Sauli Heikinheimo järjesti tapaamisen, johon osallistui opinnäytetyön tekijät, Heikinheimo, Mikko Ukkola ja Markku Mustonen. Tapaaminen järjestettiin 12.11.2018 klo 13 Oulun Ympäristötalolla. Oulun kaupunki käyttää Infrakit-alustaa monessa infrahankkeessaan, joten heidän ammatti- ja tietotaidosta oli suurta hyötyä opinnäytetyölle.

3 KANSIORAKENNE

3.1 Yleistä

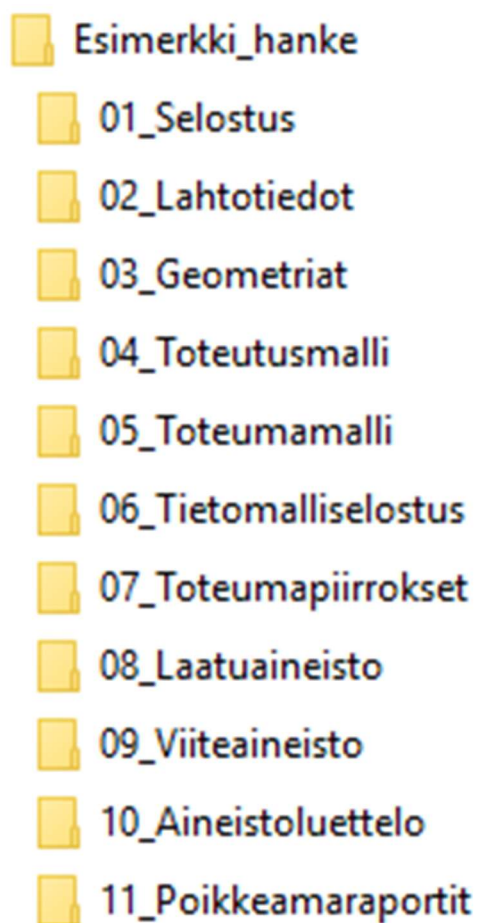
Digitaalisen luovutusaineiston kansiorakenteen päätavoitteena olisi luoda mahdollisimman yksinkertainen ja selkeä kansiorakennemalli pienemmille infrahankkeille. Kansiorakenne tulisi olla sellainen, että jokainen osapuoli pystyisi tulkitsemaan ja etsimään haluamansa aineiston vaivattomasti. Digitaalisen luovutusaineiston kansiorakenne sisältää luovutettavan aineiston, mikä luovutetaan tilaajalle tehdyn työn päätteeksi. Kansiorakenne (Kuvio 1) koostuu kansioista, joiden sisältä löytyvät suunnitelmat, laatuaineistot ja mahdolliset viiteaineistot, joita työn edetessä on kertynyt. Rakenteen alussa on tarkka selostus tehtävästä työstä ja sen yksityiskohdista.

Eroavaisuus pienillä ja isoilla työmailla on kansiorakenteen laajuus ja tilaajasta riippuvaiset vaatimukset luovutettavasta aineistosta. Isoissa työmaissa on eriteltävä pienempiin osiin tiedostoja, kuten vaikka väylähankkeilla, joissa myös mahdollisesti on useampia eri kerroksia kuin pienemmillä tien pätkillä. Pienemmillä työmailla on vähemmän tiedostoja, joten esimerkiksi voidaan yhdistää kaikki yhden pinnan tiedot yhteen tiedostoksi. Isommilla hankkeilla rakennetaan luonnollisesti enemmän ja aineistoa kertyy enemmän, mutta pienilläkin hankkeilla on samat vaatimukset rakenteissa kuin isoissa, aineistoa vaan kertyy vähemmän.

Kansiorakenteen sisältämän aineiston tulisi olla jokaisen osapuolen nähtävillä jo työn suorittamisvaiheessa, jotta esimerkiksi tilaaja voisi puuttua havaitsemiinsa epäkohtiin ajoissa. Mahdollisten korjaustoimenpiteiden kannalta tämä olisi suotavaa. Hankkeen edetessä tilaaja pystyisi niin ikään hyväksymään tehdyt työt sitä mukaa, kun ne valmistuvat, jolloin tarkeaineiston laatiminenkin etenisi hankkeen aikana ja säästyttäisiin suurelta vaivalta hankkeen luovutusvaiheessa, kun kaikki tarkeaineistot olisi koottu valmiiksi vähitellen työn suoritusvaiheessa.

Opinnäytetyössä esitellään digitaalisen luovutusaineiston kansiorakenne, ja sen sisältämien kansioden aineistot on selvitetty. Kansiot sisältävät kaikki

mahdolliset dokumentit ja aineistot, mitä pienellä infrahankkeella voisi mahdollisesti olla. Kansiorakenteen tavoitteena on antaa pohja pienelle infrahankkeelle, josta poimitaan tarvittavat kansiot työmaakohtaisesti. Kansiorakennetta luotaessa on hyödynnetty Destian Oy:n asiantuntemusta ja tilaajien toiveita rakenteen sisällöstä ja luomisesta. Rakenne on suunniteltu mahdollisimman yksinkertaiseksi niin urakoitsijalle kuin tilaajallekin ja sen kokoamiseen on luotu selkeä suunnitelma. Formaattien valinta on pyritty toteuttamaan jokaiselle osapuolelle sopivaksi.



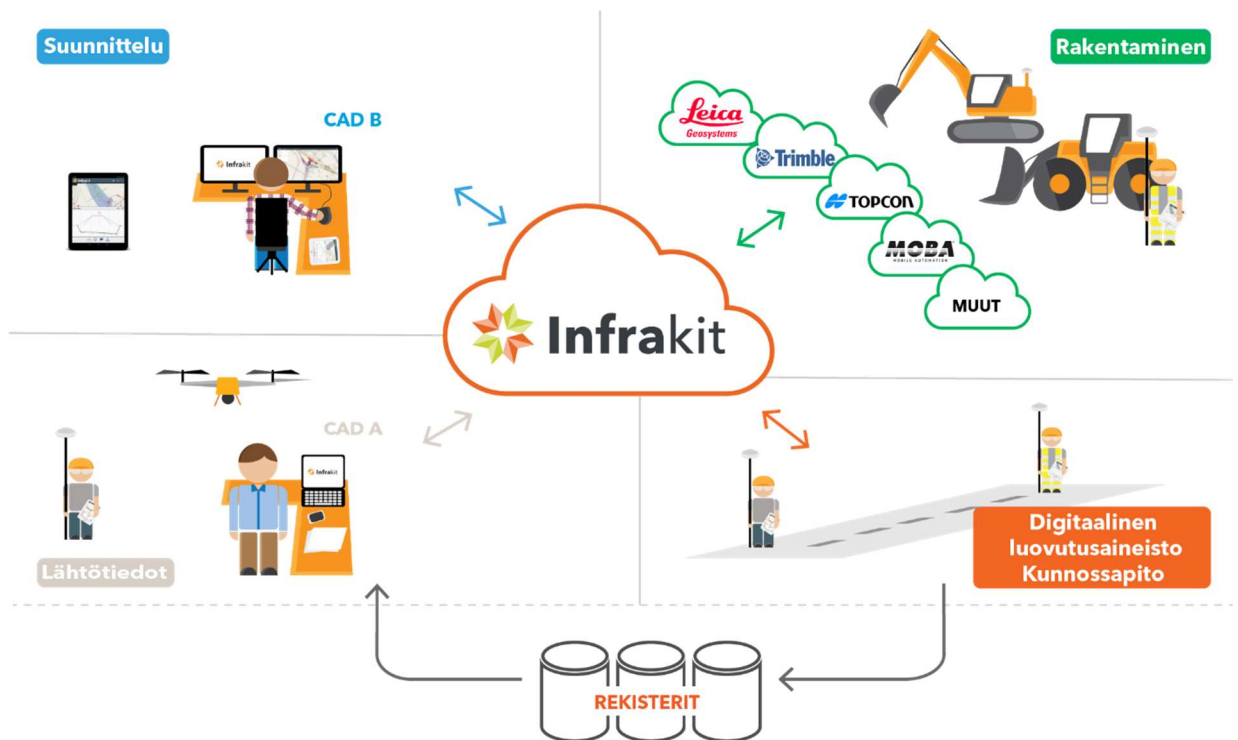
Kuvio 1. Esimerkki infrahankkeen kansiorakenteesta

3.2 Infrakit

Infrakit on suomalainen projektien hallintaan perustuva pilvipalvelu. Infrakitiin voi kerätä toteuma-aineistoja tehdystä työstä ja seurata työkoneita työn aikana. Suunnitelma-aineistot on infrakitissä sidottuna oikeaan koordinaatistoon. Infrakitiin saa liitettyä koneohjatut työkoneet ja niille voi viedä aineistoa suoraan

pilvipalvelusta. Työkoneet näkyvät myös kartalla, kun suunnitelmat ja työkoneet on oikeassa koordinaatistossa. (Infrakit 2018.)

Valitsimme Infrakit-pilvipalvelun esimerkiksi pilvipalvelusta, johon tietokanta sijoitetaan johtuen henkilökohtaisesta kokemuksesta kyseisestä pilvipalvelusta. Kyseinen pilvipalvelu on helppokäyttöinen ja sitä voi käyttää jokainen osapuoli työnaikana yksinkertaisesti. Jokainen erimerkkinen koneohjattu työkone voidaan liittää infrakitiin. Infrakitiä pystyy käyttämään työnjohto, mittaaajat, työkoneenkuljettajat, valvoja ja tilaaja (Kuvio 2). Infrakit on ollut mm. Destian käytössä lähes jokaisella työmaalla. (Infrakit 2018.)



Kuvio 2. Infrakit-pilvipalvelu (Infrakit 2018)

3.3 Oulun kaupungin kansiorakenne

Oulun kaupungilla on runko infratyömailletyömaille (Kuvio 3). Kansiorakenne yksilöidään jokaiselle työmaalleen sopivaksi. Kansioita voi muuttaa työmaan mukaan, mutta tärkeintä olisi se, että tiedot pysyisivät mahdollisimman samanlaisia kaikilla työmailla, jotta tietojen jälkikäsitteily olisi helpompaa.

- 01 Urakan työ- ja laatusuunnitelmat
- 02 Rakennusmateriaalien kelpoisuustodistukset
- 03 Kantavuustulokset ja tiiveysmittaukset
- 04 Laatumittauspöytäkirjat_tarkemittaukset
- 05 Sähkö tarkastuspöytäkirjat
- 06 Käyttö- ja huolto-ohjeet
- 07 Kaivokortit ja hulevesilinjojen laatudokumentit
- 08 Työmaapäiväkirjat
- 09 Työturvallisuustarkastukset
- 10 Poikkeama- ja kehitysraportit
- 11 Toteumapiirustukset ja suunnitelmamuutokset

Kuvio 3. Oulun kaupungin kansiorakenne (Heikinheimo 2018)

Kansiot sisältävät seuraavat asiat:

- 01 – Urakan laatusuunnitelma sekä työvaihekohtaiset työ- ja laatusuunnitelmat
- 02 – Rakennusmateriaalien kelpoisuustodistukset sekä päällysteiden ja kasvualustojen kelpoisuustodistukset
- 03 – Kantavuus- ja tiiveysmittaukset InfraRYL:n mukaisesti, ellei toisin ole sovittu työmaakokouksissa tai sopimusasiakirjoissa
- 04 – InfraRYL:n mukaisesti koottu laatupöytäkirjat ja mittaukset, ellei toisin ole sovittu työmaakokouksissa tai sopimusasiakirjoissa
- 05 – Kaikista urakkaan kuuluvista sähkötoista laadittavat tarkastuspöytäkirjat, joka on sähköurakoitsijan tehtävä
- 06 – Käyttö- ja huolto-ohjeet kaikista urakkaan kuuluvista rakenteista ja laitteista
- 07 – Viemäriinjojen laatudokumentit, jos hanke kuuluu Yhdyskunta- ja ympäristöpalveluille, ellei ole helposti eriteltävissä Oulun Veden tietoista

- 08 – Työmaapäiväkirjoista kopiot
- 09 – Eri osapuolten tekemät työturvallisuustarkastuspöytäkirjat sekä muistiot
- 10 – Poikkeamaraportit, joissa ilmoitetaan laatu- tai turvallisuuspoikkeamasta
- 11 – Katusuunnitelma, pituus- tai poikkileikkaukset tai muut sellaiset suunnitelmat joista ilmenee toteutuneet urakkarajat, ja liitetään suunnitelmamuutokset ja korjaussuunnitelmat. (Heikinheimo 2018; Mustonen 2018; Ukkola 2018.)

4 DIGITAALINEN LUOVUTUSAINEISTO

4.1 Johdanto

Digitaalinen luovutusaineiston tarkoitus on kuvata valmis työmaa luovutushetkellä. Digitaalinen luovutusaineisto sisältää toteumamallit, toteumapiirustukset, laadunvarmistusaineistosta ja niihin liittyvät mahdolliset dokumentit. Luovutusaineiston avulla voidaan todeta rakentamisen laatu ja toimii lähtötietona kunnossapitovaihteelle. (BuildingSMART Finland 2018a, 112.)

Luvussa 4 kerrotaan, mitä osioita digitaalinen luovutusaineisto sisältää ja mitä asioita osioissa käsitellään. Hankkeessa ei välttämättä esiinny kaikkia luvun 4 rakennettavia kohteita. Pienillä infratyömailla on suppeampi kansiorakenne kuin isommilla infrahankkeilla on.

4.2 Selostus

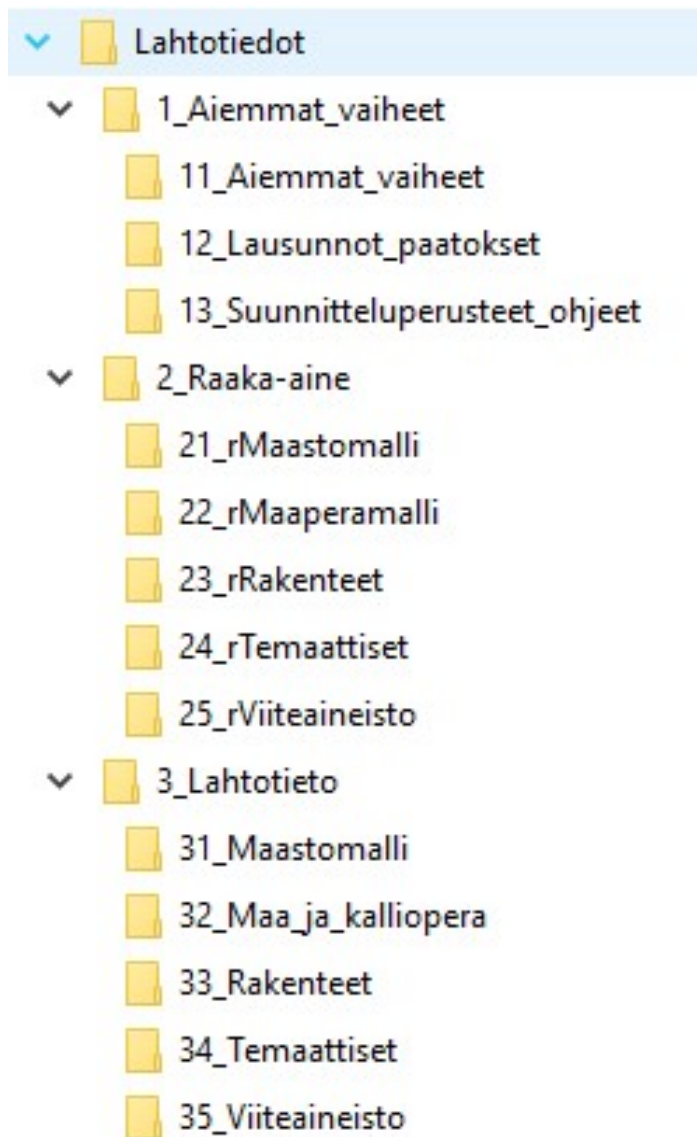
Digitaalisessa luovutusaineistossa selostus kuvailee aineiston sisällön sillä hetkellä, kun aineisto luovutetaan. Selostus toimii niin sanotusti oppaana, joka kuvailee luovutettavat aineistot sekä kertoo, mitä tiedostot sisältävät. (Partiainen & Suntio 2017, 22.)

Selostuksessa käsitellään myös hankkeen perustiedot, kuten:

- hankkeen nimi
- sijainti
- koordinaatti- ja korkeusjärjestelmä
- luovutusaineiston tekijä
- käytetyt formaatit
- käytetyt ohjelmistot
- nimeämiskäytännöt
- sisältö
- huomioitavat asiat ja mahdolliset puutteet (Partiainen & Suntio 2017, 22.)

4.3 Lähtötiedot

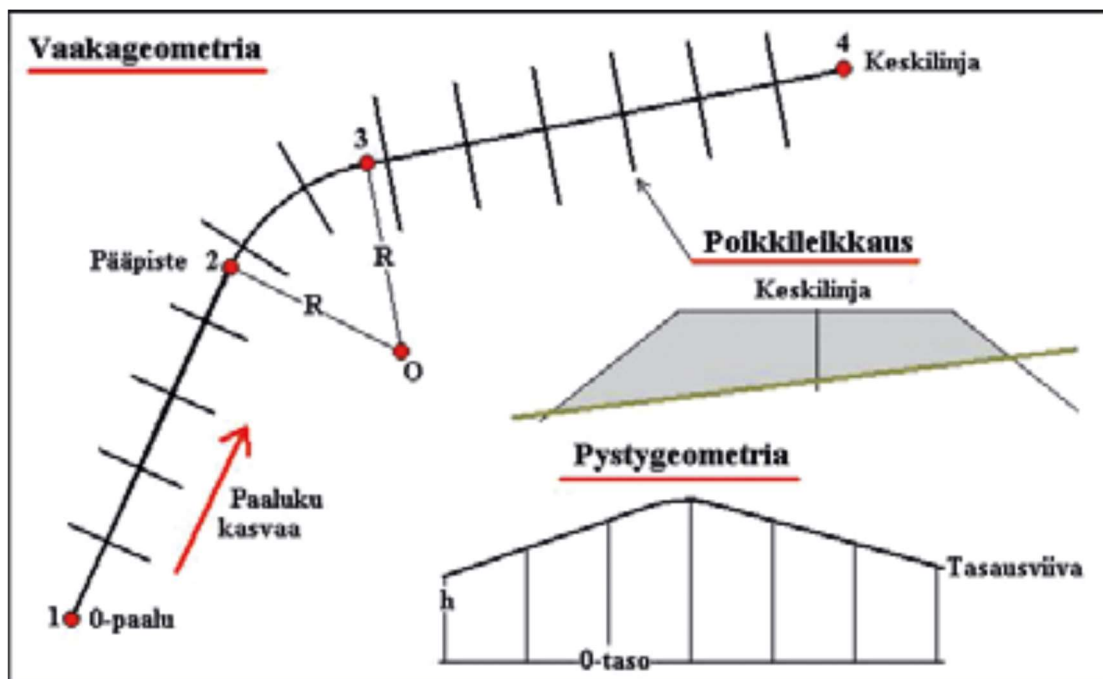
Tarvittavat lähtöaineistot vaihtelevat infrahankkeiden kohteista riippuen, joten lähtöaineistoluettelon rakenne voi vaihdella eri hankkeiden välillä (Kuvio 4). Nimeämisen selkeyttämiseksi raaka-aineen kansioihin lisätään r-etuliite, ja lähtötietoaineistoihin ei. (Liukas & Virtanen 2015, 10–13.)



Kuvio 4. Lähtötietojen kansiorakenne

4.4 Geometriat

Tietyömailla tärkeä geometria on mittalinja (Kuvio 5). Mittalinjana toimii tien keskilinja, jonka kulku kuvataan vaaka- ja pystytasossa. Mittalinjasta pystytään poikkileikkauksien avulla määrittelemään pääpisteiden ja pääpistelaskennan avulla vaakageometria. Mittalinjan korkeus esitetään tasausviivan avulla. Tietyömaakohteilla voidaan geometriaa käyttää esimerkiksi poikkileikkausten sijainnin määrittämiseen. Paaluluku lähtee mittalinjan alusta (0-paalu). (Laurila 2012, 93–94.)



Kuvio 5. Tien mittalinja (Laurila 2015, 93)

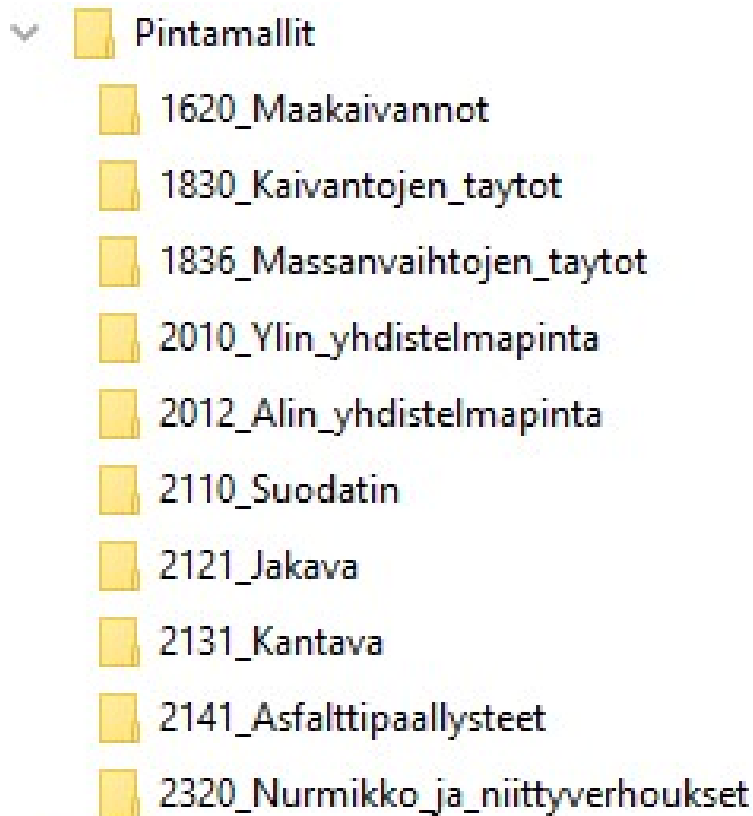
Hankkeissa voi mahdollisesti olla muitakin geometrioita, kuten reunakivetykset, tukimuureja tai kaiteita. Reunakivetyksen geometria voidaan mallintaa taiteviivana pelkästään kivetyksen yläreunan mukaan. Kaiteiden mallintaminen riippuu suunnittelijan aineistosta, onko kaiteen keskikohdan myötäinen taiteviiva vai esimerkiksi tien puoleinen reuna mallinnettuna.

Luovutusvaiheessa geometriat toimivat apuna eri aineistojen tarkasteluun. Paaluluvun perusteella voidaan hakea esimerkiksi tiettyjen kohtien poikkileikkauksia joissa on ilmennyt puutteita tai muuta vastaavaa. Päälysteen ja tienreunojen laskettuja geometrialinjoja ei ole pakollista lisätä luovutettavaan aineistoon, koska reunojen sijaintitieto löytyy ylimmän yhdistelmäpinnan toteumamalleista. (Partiainen & Suntio 2017, 22–23.)

4.5 Toteutusmalli

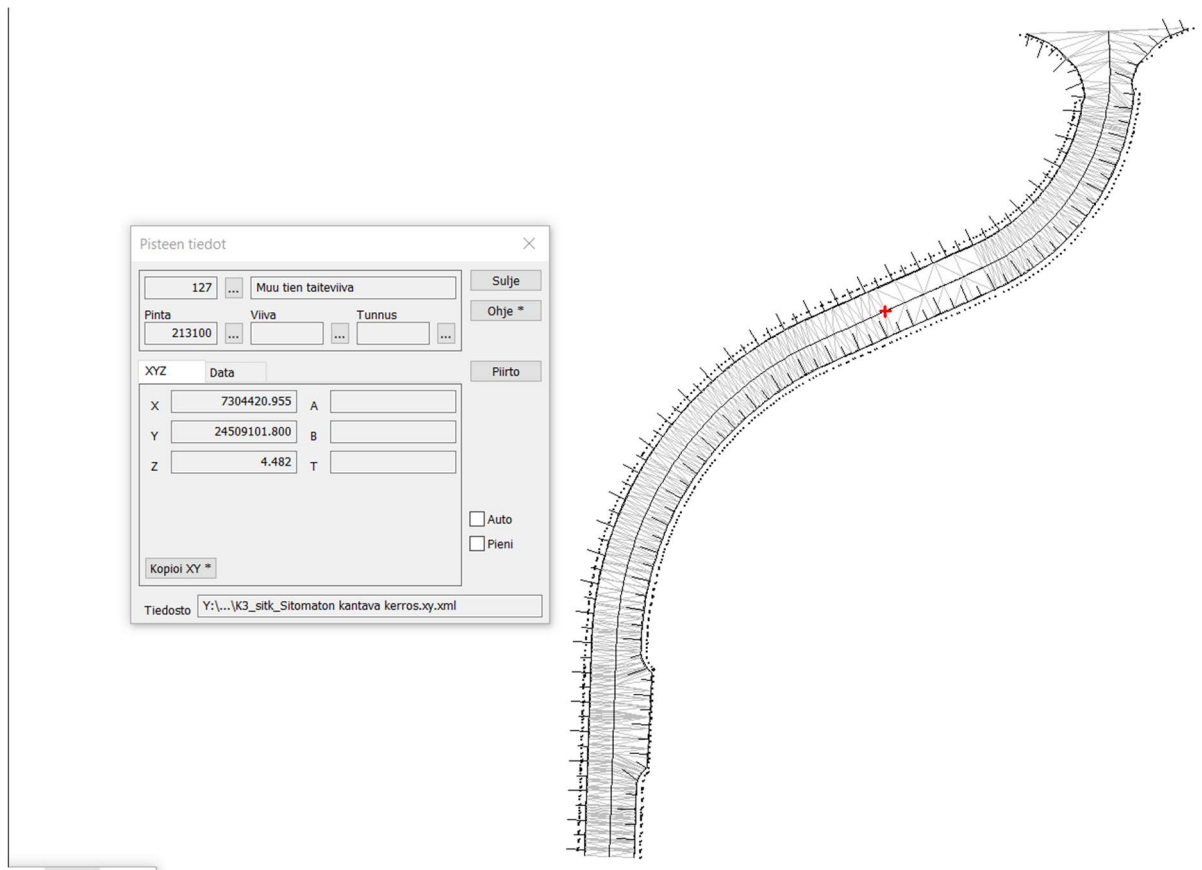
4.5.1 Toteutusmallien pintamallit

Toteutusmallien pintamallit kohdassa kuvataan kansiorakenteessa olevat maarakenteiden pintamallit. Pintamallien kansiorakenteessa on eriteltyinä kaikki kohteessa rakennettavat maarakenteet, jotka on eritelty omiin kansioihin. Kansiot ja niiden sisältämät tiedostot nimetään InfraBIM-nimikkeistön mukaan. On tärkeää, että pintamallit on koodattu oikeilla koodeilla, jotta niitä voidaan helposti verrata tarkkeisiin, jotka ovat samalla koodilla mitattuja. Pinnat kirjoitetaan Inframodel-formaattiin (Kuvio 6).



Kuvio 6. Pintamallien kansiorakenne (BuildingSMART Finland 2018f)

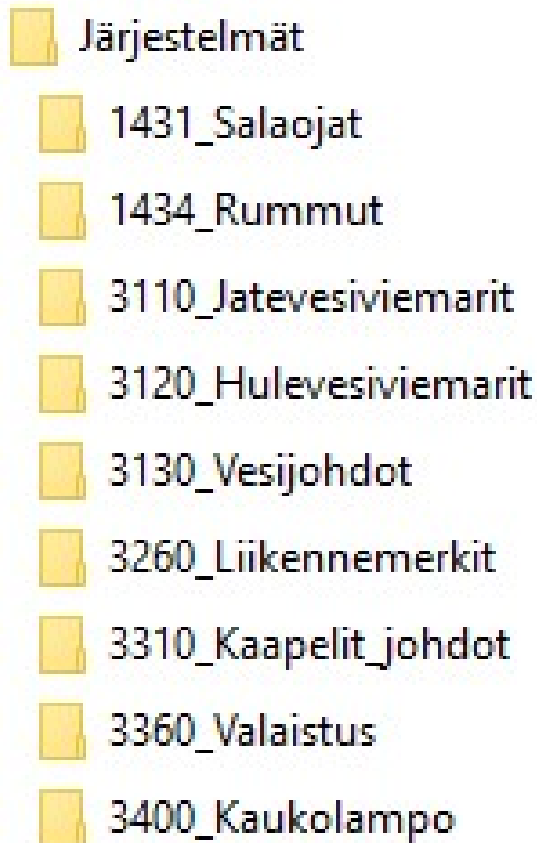
Kansiorakenteen sisältämien tierakenteiden pintamalleja ovat alimmat yhdistelmäpinnat, ylimmät yhdistelmäpinnat, suodatinkerrokset, jakavat kerrokset, kantavat kerrokset ja asfaltpäälysteet. Muita mahdollisia työmaakohtaisia pintamalleja ovat viheralueet, ojat, kaivannot (esim. putkikaivannot) ja massanvaihdon täytöt. Aineistot järjestetään alakansioihin InfraBIM-tunnuksen mukaan pinoittain niiden numerointien mukaiseen järjestykseen. Alakansiot löytyvät Pintamallit -kansion alta (Kuvio 7).



Kuvio 7. InfraBIM-nimikkeistön mukaan mallinnettu kantava kerros

4.5.2 Toteutusmallien järjestelmät

Järjestelmät ovat pistemäisiä tai viivamaisia mallinnuksia. Järjestelmät nimetään samanlailla InfraBIM-nimikkeistön mukaan ja niissäkin on tärkeää nimetä kaikki oikeilla koodeilla (Kuvio 8).



Kuvio 8. Järjestelmien kansiorakenne

Pistemäisiä järjestelmiä, joita mallinnetaan Infrakitiin, ovat muun muassa kaivot, rummut, valaisimet, liikennemerkkit, opasteet ja työmaakohtaiset mallinnukset työmaasta riippuen. Pistemäinen aineisto esitetään gt-formaatissa tai geo-formaatissa, riippuen koneohjausjärjestelmästä. Leican laitteisiin aineisto tuodaan geo- formaatissa ja gt-formaatissa Novatronin laitteisiin. Inframodelia ei yleensä käytetä, koska ”peruspistetietoa” eli XYZ + pintatunnus + koodi + pistenumero, ei tällä hetkellä ole mahdollista saada näkyviin Inframodel-formaatissa. Kaivot ja valaisinpylväät esimerkiksi esitetään gt-formaatissa. Gt-formaatissa niihin saadaan näkyviin tarvittavat yksilöintitiedot, kuten kaivon/valaisinpylvään lajikoodi, pintatunnus ja yksilöintinumero. Tarkemmat tiedot kaivoista ja pylväistä ovat kaivokorteissa ja pylväs- ja jalustaluettelossa (Kuvio 11). (Partiainen & Suntio 2017, 28.)

Putkilinjat, kaapelit ja reunakivi- ja kaidelinjat mallinnetaan viivamaisina aineistoina Inframodel-formaatissa, dxf-formaatissa tai LandXML-formaatissa.

Putkilinjastot nimetään tavallisesti kaivovälin mukaan esim. S1-S2, joka näkyy työkoneen kuljettajalle (Kuvio 13). Linjan tietoihin kirjoitetaan myös putken koko ja materiaali, kuten Sadevesi 400 mm. Tieto putken koosta ja linjan kaltevuudesta voidaan liittää taustakarttaankin. Putkilinjat, reunakivet ja kaidelinjat ovat tavallisesti joka LandXML- tai Inframodel-formaatissa (Kuvio 12). Kaapelit voidaan viedä dxf-formaatissakin tai liittää taustakarttaan, koska niissä ei yleensä ole korkotietoa. Mittaajan laitteisiin, kuten takymetriin, kaikki viivamaiset aineistot voidaan kirjoittaa dxf-formaatissa.

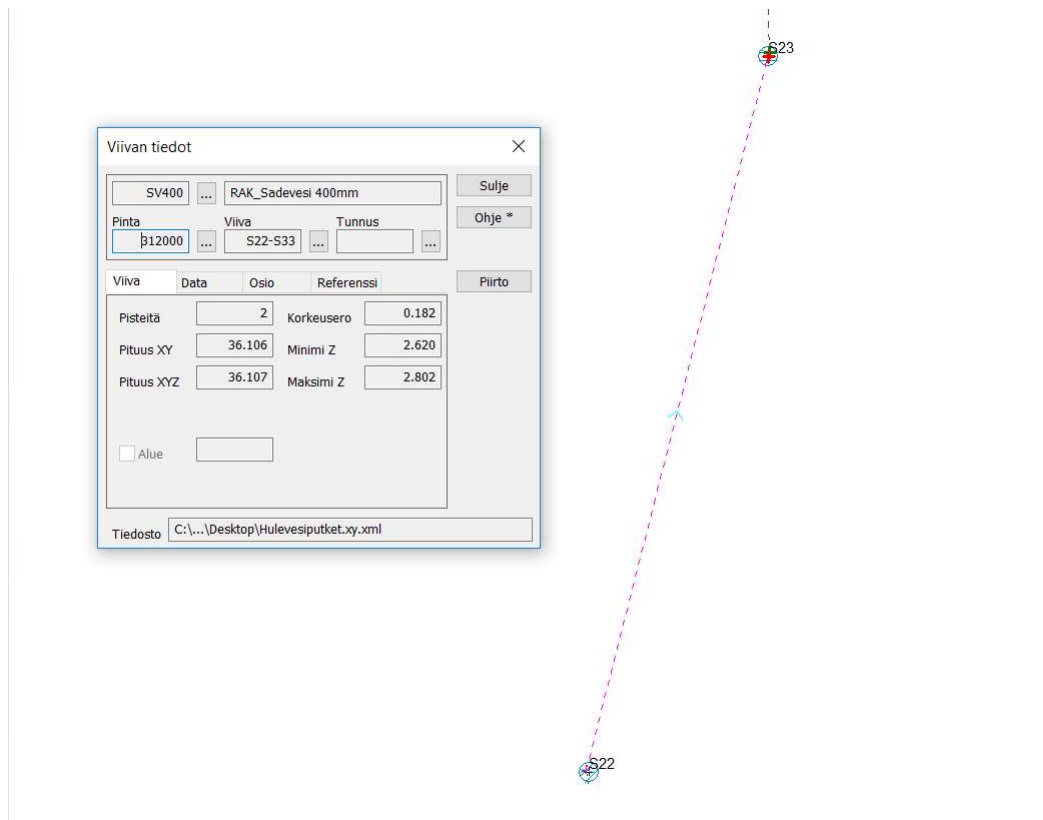
The image shows a software dialog box titled "Pisteen tiedot" (Point Information) and a circular diagram to its right. The dialog box contains the following fields and controls:

- Top row: A text box with "432" and a dropdown menu with "Sadevesikaivo/ritiläkansi".
- Second row: Labels "Pinta", "Viiva", and "Tunnus" above input fields. "Pinta" has "312250", "Viiva" has "0", and "Tunnus" has "S32".
- Third row: A tabbed interface with "XYZ" selected and "Data" as the active tab.
- XYZ Data table:

XYZ	Data	
X	7304459.247	A
Y	24509014.626	B
Z	5.070	T
- Bottom right: Two checkboxes labeled "Auto" and "Pieni", both currently unchecked.
- Bottom left: A button labeled "Kopioi XY *".
- Bottom: A "Tiedosto" (File) field containing the path "C:\...\Tarkkeet\HV_kaivot_toteuma.gt".
- Right side: A "Sulje" (Close) button, an "Ohje *" (Help) button, and a "Piirto" (Drawing) button.

To the right of the dialog box is a circular diagram representing a pipe line. It consists of a circle with two parallel diagonal lines crossing it. A red crosshair is centered on the circle, and the label "S32" is placed next to it.

Kuvio 9. Pistemäisen aineiston koodaus mallinnusvaiheessa



Kuvio 10. Viivamaisen aineiston koodaus mallinnusvaiheessa



Kuvio 11. Työkoneen kuljettajan näkymä oikein koodattuun linjastoon

4.6 Toteumamalli

Toteumamalli on infrarakenteen tai -järjestelmän tuotemallin tietosisällön osajoukko. Käyttötarkoitus on rakenteen geometrisen laadun ja vaatimusten mukaisen toteutuksen todentaminen tilaajalle. Toimii myös tilaajan ylläpitoprosessin lähtötietona. (BuildingSMART Finland 2018a, 118.)

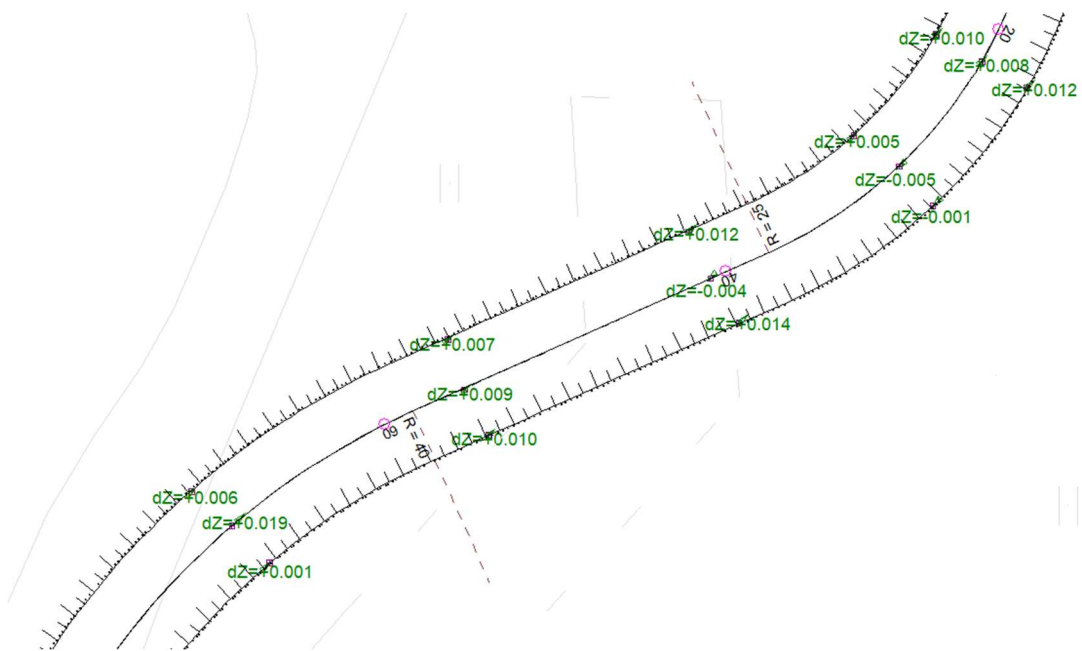
Se kattaa suunnitelmien ja toteutuksen lopullisen toteutuksen. Malli sisältää lopullisen toteutuksen toteumamallit, tarkemittaukset, toteumamittaukset ja muut kartoitustiedostot. (BuildingSMART Finland 2018a, 118.)

Toteumamallilla voidaan koota hankkeen rakentamisen mittaamisessa sekä työkoneautomaatiossa kerätty tietosisältö. Toteumamalli kootaan InfraBIM-nimikkeistön hakemistorakenteeseen (Kuvio 8). (BuildingSMART Finland 2018a, 118.)

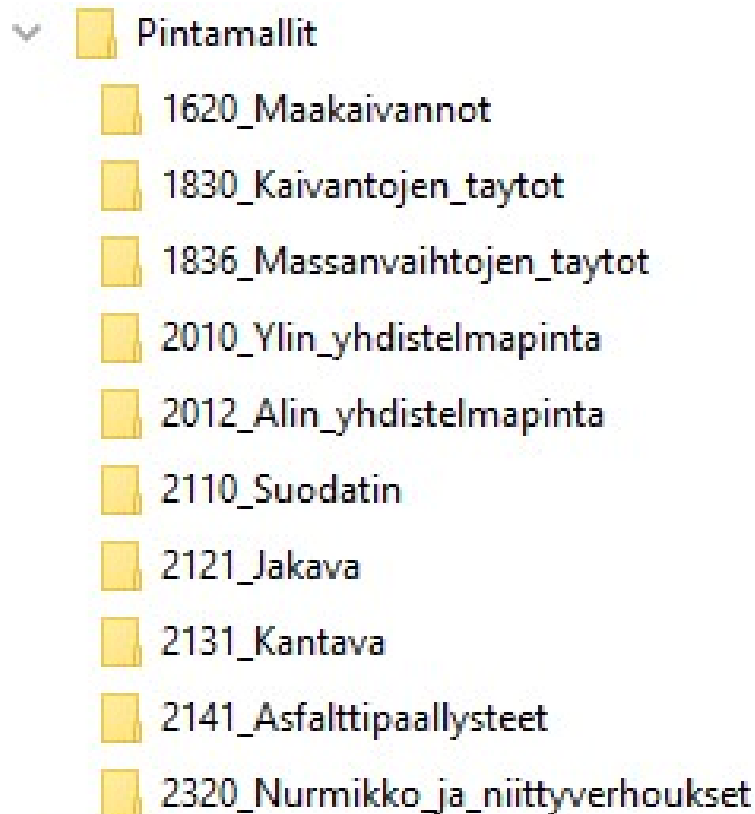
4.6.1 Toteumamallien pintamallit

Pintamallit ovat kolmioverkko-aineistoja, jotka kirjoitetaan yleisimmin inframodel-formaattiin. Oikein koodatut (Inframodelin mukaan) pinnat on helppo yhdistää tarkemittauksiin, kun sama pintatunnus on käytössä mallissa ja tarkkeissa. Työkoneen ottamat tarkkeet pinnasta tulevat automaattisesti sillä pintatunnuksella, mikä malliin on kirjoitettu. Mittaajan ottamat tarkkeet koodataan yleisesti oikealle koodille vasta datan käsittelyvaiheessa tietokoneella. Toteutuneen pinnan pitäisi olla toleranssien sisällä, jos työ on tehty mallipohjaisesti. Työmaakohtaisesti, jotkin pinnat vaaditaan takymetrimittauksen tarkkuudella ja joihinkin riittää työkoneen tarkkuus.

Kaikille pinnoille on annettu omat toleranssit, joita toteutuneen pinnan tulee noudattaa. Esimerkiksi alimman yhdistelmäpinnan toleranssit ovat $Z=+100$ mm ja $XY=+-30$ mm, eli pinta saa olla alempana kuin suunniteltu, mutta ei yhtään liian ylhäällä, jotta muiden kerrosten vahvuudet eivät pienene. XY-suunnassa pinta saa olla 30 millimetriä leveämpi tai kapeampi. Poikkeamaraportti tehdään, jos toleranssit ylittyvät. Väylärakenteiden pinnat mitataan tavallisesti noin 20 metrin välein tai harvemmin, riippuen tilaajan vaatimuksista. Pisteitä otetaan tien reunoista ja keskilinjän kohdalta, jotta saadaan luotettava tieto toteutuneesta pinnasta (Kuvio 12).



Kuvio 12. Toteumapiirros suunnitellusta pinnasta verrattuna toteutuneeseen

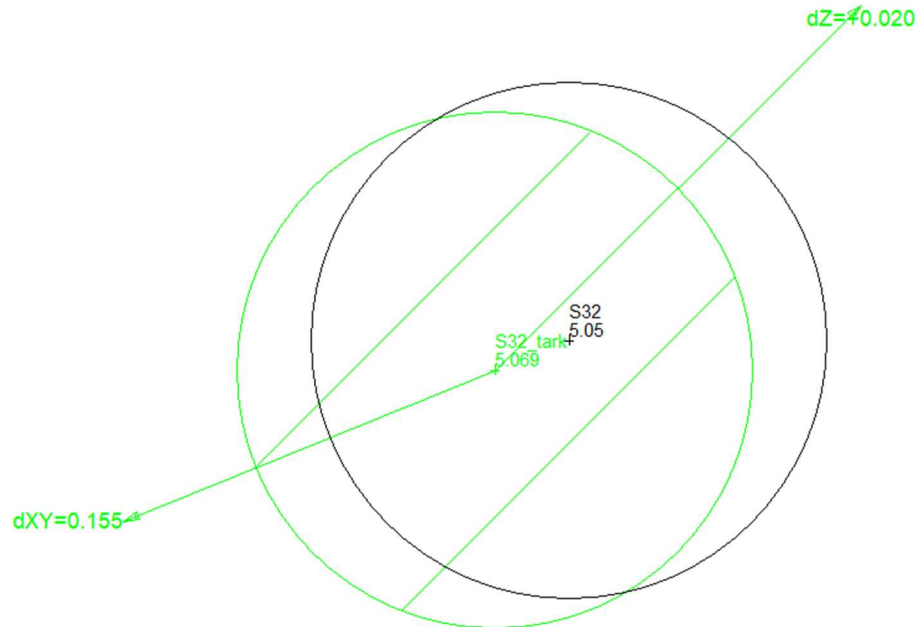


Kuvio 13. Pintamallien kansiorakenne (BuildingSMART Finland 2018f)

4.6.2 Toteumamallien järjestelmät

Pistemäinen aineisto koostuu gt-formaatissa tai geo-formaatissa olevista tiedostoista, jotka sisältävät yksittäisiä pisteitä. Pistemäisinä tiedostoina esitetään pienillä infratyömailla kaivot, vesijohdon venttiilit, palopostit ja valaisimet. Pisteet koodataan oikeilla symboleilla InfraBIM-nimikkeistön mukaan. Pistetunnukset kirjataan niille pisteille mille on suunnitelmissa annettu tunnus, minkä mukaan ne yksilöidään (Kuvio 14).

Kaivot nimetään niiden tunnusten mukaan esimerkiksi hulevesikaivo tunnuksella H1/S1 tai jätevesikaivo tunnuksella J1, riippuen suunnittelijan käyttämistä tunnuksista. Tunnusten kirjaamisella helpotetaan kaivojen asennusta oikeaan paikkaan asennusvaiheessa, kun taas luovutusvaiheessa niiden avulla pystytään paikantamaan kaivot oikeaan sijaintiin. Kaivojen tarkkeet otetaan niiden putkien vesijuoksusta ja kaivon kannesta. Valaisimet yksilöidään samalla perusteella, mutta valaisimille ja venttiileille ei usein ole annettu tunnuksia erikseen. Kaivokortit ja valaisimien jalustaluettelot luovutetaan samalla.



Kuvio 14. Suunniteltu kaivo verrattuna toteutuneeseen

4.7 Tietomalliselostus

Tietomalliselostus on tärkeä malliin liitettävä dokumentti, joka on oltava luovuttaessa toteutusmalleja. Tietomalliselostus sisältää mallien perustiedot, mallin käyttöopastuksen ja luotettavuuteen kuuluvat asiat, sekä rakenteiden tarkkuus inframallissa verrattuna vaadittuun. Lähtömallin selostus sisältyy tietomalliselostukseen. (Liukas & Kemppainen 2015, 14.)

Selostuksesta ilmenevät mahdolliset poikkeamat sovitusta sisällöstä eri urakan vaiheissa, ja muita havaintoja, kuten ohjelmistojen asettamista rajoituksista mallin sisällölle sekä tiedonsiirtotiedostoille. Tietomalliselostukseen on kirjattava eri tekniikkalajien mallinnukseen käytetyt ohjelmistot versioineen. Sovitut

nimeämis- ja numerointikäytännöt esitellään myös sekä käytetyt korkeus- ja koordinaattijärjestelmät. (Liukas & Kemppainen 2015, 14.)

Yhdistelmämallista on kerrottava ohjelmisto, kuinka malli on yhdistetty, formaatit sekä poikkeamat ja puutteet verrattuna alkuperäisiin malleihin. Tuotetut tiedostot ja laadunvarmistusmenetelmät kuuluvat myös tietomalliselostukseen. Muut huomioitavat asiat on kerrottu tietomalliselostuksen lopussa. (Liukas & Kemppainen 2015, 14.)

4.8 Toteumapiirustukset

Toteumapiirroksessa näkyy toteutuneet hankkeen kohteet, kuten pintojen paksuus ja sijainti. Toteumapiirroksien tarkoitus on se, että mitattu tieto on ajantasainen ja mahdollistaa jatkossa sen hyödyntämisen.

Digitaalisessa muodossa oleva toteumapiirros on helpompi käsitellä, kuin paperinen aineisto. Voi luoda koko työmaan kokoisia karttoja, jota paperikoot ei rajoita. Työmaatyöskentelyyn on mahdollista tulostaa paperisia karttoja, jotka on suurennoksia aineiston tietyistä osista. (Partiainen & Suntio 2017, 33.)

4.9 Laatuaineisto

Laatuaineisto on laatu- ja toteumatietoa jolla voidaan todeta rakentamisen laatu. Urakan laatusuunnitelmassa kuvaillaan urakan eteneminen, laaduntuottaminen, vastualueet ja raportointi. Laatusuunnitelma laaditaan tilaajan ohjeistuksen mukaan. Urakkakohtainen laatusuunnitelma laaditaan ennen urakan alkamista, ja sitä voidaan päivittää urakan aikana, ja ajantasainen laatusuunnitelma sisällytetään luovutusaineistoon. (BuildingSMART Finland 2018a.) Mallipohjaisesta laadunvarmistusmenetelmä perustuu YIV2015:hen, jossa on määritelty maarakenteiden mittavaatimukset (Taulukko 1). (Jaakkola 2015, 32.)

Taulukko 1. Maarakennekerrosten tarkkuusvaatimukset (BuildingSMART Finland 2018c)

Tarkkuusvaatimukset		
Rakennekerros	Mittausväli / XY; Z;	Mittaustapa
Ylin yhdistelmäpinta	20m / +- 50mm; +- 20mm InfraRYL vaatimus	Takymetri, laserkeilaus
Kantava kerros	20m / +-50mm; +-20mm	Takymetri
Jakava kerros	20m / +-50mm; +-30mm	Työkone
Suodatinkerros	20m / +-50mm; +-30mm	Työkone
Väylän alapinta / Alin yhdistelmäpinta	20m / 0-100mm; +-30mm	Työkone / takymetri
Kallio, todettu	1-10m +-50mm; +-30mm	Työkone
kallio, irtilouhittu	5-20m +-50mm; +-30mm	Työkone
Muut	5-40m / +-50mm; +-30mm	Työkone
Kontrollimittaukset	200m / InfraRYL vaatimus	Takymetri

Rakenteiden laaturaportointi esitetään InfraBIM-nimikkeistön mukaisesti rakenneosittain. Rakenne osan alle jäsennellään seuraavat tiedot:

- Työvaihekohtainen työ- ja laatusuunnitelma
- Materiaalitodistukset
- Tarke- ja toteumamittaukset
- Poikkeamaraportit
- Kantavuusmittaukset
- Mahdolliset valokuvat (BuildingSMART Finland 2018a.)

4.10 Viiteaineisto

Viiteaineisto on hankkeeseen liittyvää lisätietoa tuovaa aineistoa. Sisältö vaihtelee projektikohtaisesti. Sisältöä voi olla esimerkiksi valokuvat (Kuvio 15), maaperätiedot, kiintopisteet, taustakartta-aineistot ja hoitoalueiden rajat. Valokuvat voivat olla esimerkiksi selventäviä venttiilien asentamisesta tai laatuaineistosta ilmenevien poikkeamista. (Partiainen & Suntio 2017, 39.)



Kuvio 15. Infranhankkeen venttiilit

Maaperätietoihin sisällytetään mitatut ja tutkitut tiedot hankkeen maaperästä. Rakennussuunnitelmavaiheen maanpintamalli ja pohjatutkimukset sekä rakentamisen aikana tehdyt kalliopintamallit sisällytetään myös. (Partiainen & Suntio 2017, 39.)

Kiintopisteet palautetaan GT-formaatissa. Kansioon laitetaan myös mahdolliset pisteselityskortit. (Partiainen & Suntio 2017, 39.)

Mahdolliset alueiden rajat laitetaan dxf-formaatissa. Joissain tapauksissa, kuten hoitoalueiden rajat, voidaan esittää dxf-formaatissa taustakarttana ja pdf-piirustuksina. (Partiainen & Suntio 2017, 39.)

4.11 Aineistoluettelo

Aineistoluettelo on liite, joka toimii tiedonhallinnan apuna sekä sisällysluettelona. Aineistoluettelosta ilmenevät kaikki urakkaan kuuluvat tiedostot. Sieltä ilmenee myös, mistä löytyy mitkään tiedostot (Kuvio 16).

Aineistoluettelo		
Kansio nro.	Kansion aineisto	Tiedoston nimi
1.	Selotus	
2.	Pintamallit	
	Ylin yhdistelmäpinta	YYP_201000.xml
	Alin yhdistelmäpinta	
	Suodatin kerros	
	Jakava kerros	
	Kantava kerros	
	Kaivannot	
	Ojat	
	Massanvaihdot	
3.	Järjestelmät	
3.1	Pistemäinen aineisto	
	Hulevesikaivot	HV_Kaivonkannet.gt
	Jätevesikaivot	JV_Kaivonkannet.geo
	Opasteet	
	Liikennemerkkit	
	Venttiilit	
	Valaisimet	
3.2	Viivamainen aineisto	
	Hulevesilinjat	HV_Linjat.xml
	Jätevesilinjat	
	Vesijohdot	
	Salaojat	
	Kaidelinjat	
	Reunakivet	
	Kaapelit	
4.	Geometriat	
	Mittalinjat	Tielinja.tg

Kuvio 16. Esimerkki aineistoluettelosta

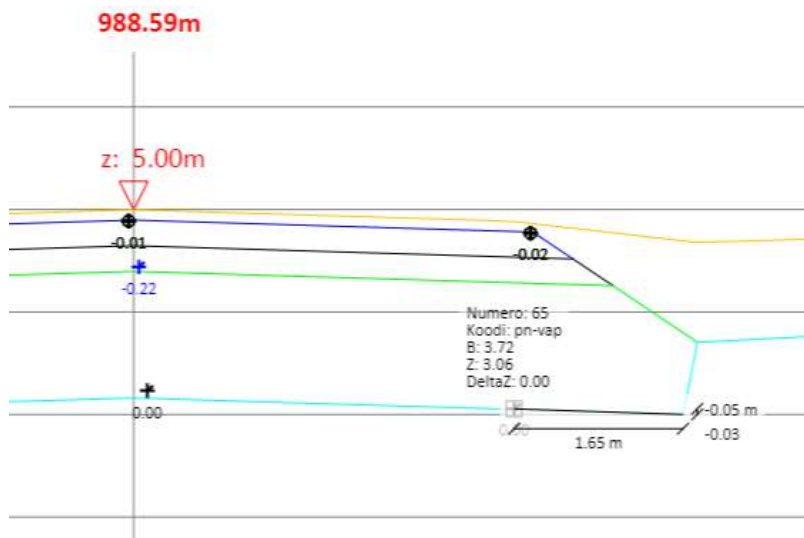
4.12 Poikkeamaraportit

Poikkeamaraportti on vapaamuotoinen raportti, jonka kuitenkin on oltava helposti siirrettävässä tiedostomuodossa, kuten PDF. Raportista on tultava ilmi seuraavat asiat:

- Hanke
- Tapahtuman päivämäärä

- Poikkeaman kuvaus ja vaikutukset hankkeeseen
- Poikkeaman korjaavat toimenpiteet
- Vastuhenkilöt
- Poikkeaman ehkäisemisen arviointi
- Poikkeaman vaikutukset lopputulokseen
- Mahdolliset liitteet (Heikinheimo 2019.)

Poikkeamaraporttiin voi liittää esimerkiksi poikkileikkauksen Infrakit -palvelusta (Kuvio 17). Infrakit -palvelusta saa tarkan paaluluvun poikkeamalle sekä eron suunniteltuun kohtaan. Kuvio 16 on esimerkkikuva, jossa poikkeaman sivuttaisero, joka on tässä 1,65 metriä. Liite 1 on esimerkki Oulun kaupungin käyttämästä mallipohjasta poikkeama- ja kehitysraportoinnista.



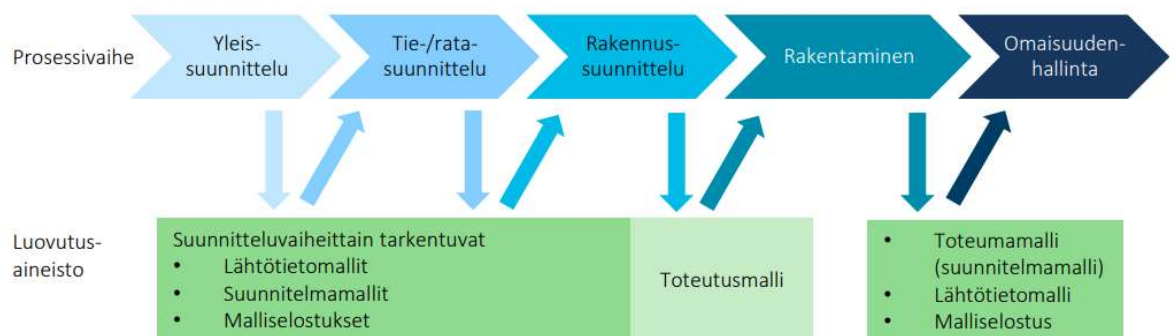
Kuvio 17. Poikkeama väylärakenteen alimmalla pinnalla (Heikinheimo 2019)

5 DIGITAALISEN LUOVUTUSAINEISTON KOKOAMINEN

Digitaalisen luovutusaineiston kokoamisessa olisi tärkeää noudattaa pääperiaatteita, vaikka kansiorakenteet vaihtelisivat erilaisten infrahankkeiden välillä. Pääperiaate on koota luovutusaineisto päätason numeroinnin mukaisesti, ja alikansioiden tietosisältö olisi sitova. Alikansioissa voitaisiin kansiot merkitä juoksevalla numerolla. (Partiainen & Suntio 2017, 51–52.)

Toimiva tiedonhallinta ja luotettava tiedonvaihto eri osapuolten kesken on tärkeä onnistumistekijä hankkeessa suunnittelu- ja rakennusvaiheessa. Toimiva tiedonhallinta mahdollistaa että kaikki osapuolet ymmärtävät tiedot samalla tavalla, tieto on jäsenneily sovitusti, ajantasalla sekä sujuvasti hyödynnettävissä kaikkien osapuolten tarpeisiin. Rakenne osien osalta hyödynnetään InfraBIM -nimikkeistöä, YIV osan 2 pääperiaatteita, sekä tilaajan ohjeistuksia piirustuksen ja dokumenttien osalta. (BuildingSMART Finland 2018a, 23.)

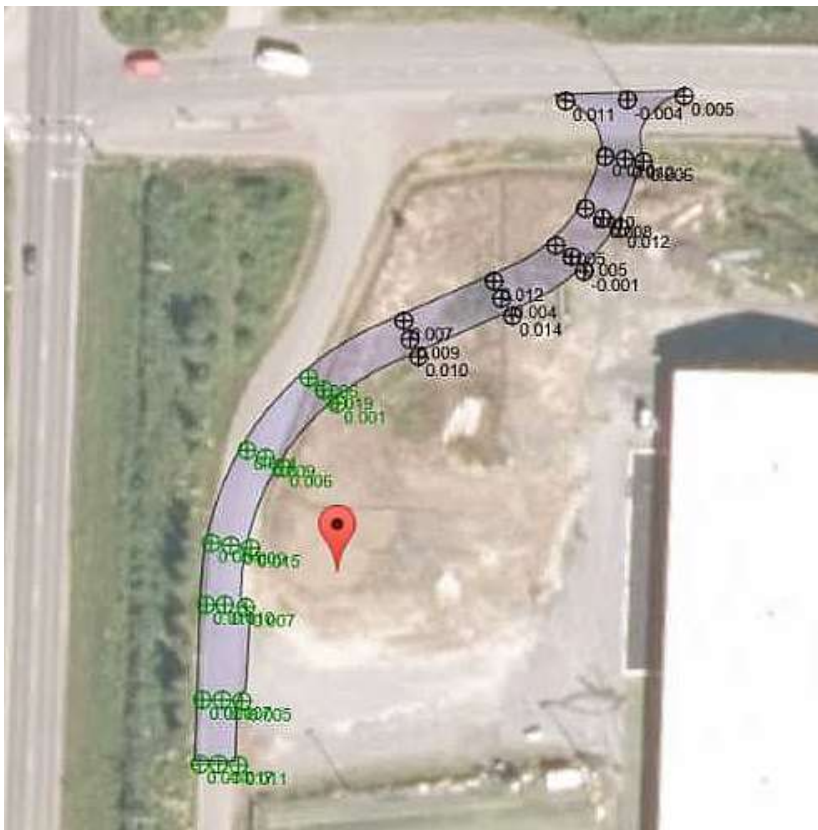
Luovutusaineiston tarkoituksena on toimia lähtötietona kunnossapidolle, joka on hankkeen elinkaarelle kallis vaihe. Luovutusaineiston kehittäminen voi mahdollistaa kustannustehokkaampien ratkaisut. (Partiainen & Suntio 2017, 52.)



Kuvio 18. Luovutusaineiston muodostuminen vaiheittain (Liikennevirasto 2017)

6 TIETOKANTA

Tietokanta rakennetaan infrakit-pilvipalveluun, josta se jaetaan kaikille osapuolille. Infrakitiin luodaan digitaalinen luovutusaineisto hankkeesta, jonka sisälle kansioidaan alakansioihin kaikki mahdollinen aineisto hankkeeseen liittyen. Hanke lisätään Infrakitiin jo työn aloitusvaiheessa ja sen kulkua päivitetään työn edetessä. Suunnitelmat, toteumamallit, tarkeaineistot ja kaikki muut dokumentit löytyvät sieltä ja niitä päivitetään työn edetessä, jotta luovutusvaiheessa kaikki tarvittava olisi valmiina ja helposti löydettävissä. Jokainen hankkeen osapuoli saa käyttöönsä tunnukset, joilla voi tarkastella työnkulkua ja mahdollisesti puuttua siihen. Esimerkiksi tilaaja voi käydä hyväksymässä toteutuneita tarkemittauksia työnaikana sitä mukaan (Kuviossa 19 vihreät pisteet on tilaajan hyväksymiä), kun niitä tulee, jonka jälkeen niistä voidaan tehdä tarkepiirrokset valmiiksi luovutusta varten. Tilaaja voi tarkistaa pintoja tai muita kaivantvoja ottamalla poikkileikkauskuvia itse valitsemastaan kohdasta. Laadun todentaminen on todella helppoa Infrakitin avulla.



Kuvio 19. Infrakit -palvelussa hyväksytyt pisteet

Laatuaineistot pinnoista ja viivamaisista aineistoista viedään Infrakitiin inframodel-formaatissa, mutta pistemäinen aineisto gt-formaatissa, koska inframodel ei tue vielä pistetietoa. Valmiit toteumapiirroksset voidaan tuoda infrakitiin pdf-kuvina. Infrakitiin voi tuoda myös muita täydentäviä aineistoja, kuten valokuvia. Muita mahdollisia formaatteja ovat dxf, gt ja tg.

7 POHDINTA

Opinnäytetyön tavoitteena oli avata digitaalisen luovutusaineiston mahdollisuuksia pienillä infratyömailla. Lisäksi kertoa luovutusaineiston sisältöä ja kuinka luovutusaineisto kootaan. Tavoitteet digitaalisen luovutusaineiston sisällön kertomisessa tavoitimme mielestämme hyvin käyttäen apuna mahdollisimman selkeitä kuvioita. Mahdollisesti opinnäytetyö voisi myös opettaa asiaan perehtymättömälle, mitä mittausteknillisiä asioita on infrahankkeilla.

Digitaalinen luovutusaineisto voi olla 3D-koneohjausten yleistyessä tärkeä työkalu infrahankkeiden hallintaan. Digitaalisen luovutusaineiston hyödyntäminen helpottaisi kaikkia osapuolia infrahankkeen aikana ja jälkeen. Luovutusaineiston kokoaminen tehokkaasti voi myös pienentää kustannuksia infrahankkeilla, kun tiedonsiirto eri tahojen välillä toimii tehokkaasti.

Selkeää runkoa on vaikea tehdä, johtuen infrahankkeiden eroavaisuuksista toisiinsa nähden. Nykytilanne on se, että on epäselvyyttä luovutettavan aineiston sisällyksestä, ja luovutettava sisältö vaihtelee eri kaupunkien välillä. Kuten esimerkiksi tiedostoformaattit, aineiston koodaukset ja Infrakit-palvelun hyödyntäminen työmailla. Tärkein asia on se, että eri osapuolet ymmärtävät tallennetun tiedon samalla tavalla.

Opinnäytetyössä toimimme ainoastaan Destian ja Oulun kaupungin kanssa yhteistyössä. Mahdollisissa jatkotutkimuksissa voi mahdollisesti kysellä laajemmin eri kaupunkien toimitavoista ja digitaalisen luovutusaineiston hyödyntämisessä. Tällä hetkellä harvoilla kunnilla oli kokemuksia digitaalisesta luovutusaineistosta, minkä vuoksi tiedon kerääminen laajemmin oli hankalaa. Yksi mahdollinen jatkotutkimus voisi olla esimerkiksi mitä eroavaisuuksia on maakuntien ja eri kokoisten kaupunkien välillä. Kansiorakenteen runkoa on mahdollista myös kehittää. Tärkeää olisi se, että digitaalinen luovutusaineisto kehittyisi muun rakentamisen kehityksen mukana.

8 LÄHTEET

3D-Koppi. Infrakit-palvelu. Viitattu 4.12.2018

<http://www.3dkoppi.fi/infrakit-palvelu/>.

BuildingSMART Finland. Inframodel-tiedonsiirtoformaatti. Viitattu 27.11.2018

<https://buildingsmart.fi/infrabim/inframodel/>.

BuildingSMART Finland 2018a. YIV 2015 päivitys, YIV lausuntoversio 11/2018.

Viitattu 12.12.2018 [https://buildingsmart.fi/wp-](https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2018/11/YIV_p%C3%A4ivitystiedosto_yhteensovitettu-2.docx)

[content/uploads/2018/11/YIV_p%C3%A4ivitystiedosto_yhteensovitettu-2.docx](https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2018/11/YIV_p%C3%A4ivitystiedosto_yhteensovitettu-2.docx).

- 2018b. Liite 3. Lähtötiedot. Viitattu 7.1.2019. https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/YIV2015_Mallinnusohjeet_OSA3_Lahtotiedot_V_1_0.pdf.
- 2018c. Liite: YIV-päivitystiedosto yhteensovitettu 2. Viitattu 5.1.2019. https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2018/11/YIV_p%C3%A4ivitystiedosto_yhteensovitettu-2.docx.
- 2018d. Liite 3.1 Luovutusaineiston tiedonsiirron vaatimukset. Viitattu 12.12.2018. https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2018/11/Liite_3.1_Luovutusaineiston_tiedonsiirron_vaatimukset.docx.
- 2018e. Liite 3.2 Luovutusaineiston tiedonsiirron vaatimukset hankevaiheittain. Viitattu 12.12.2018 https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2018/11/Tiedoston-Liite_3.2_Luovutusaineiston_tiedonsiirron_vaatimukset_hankevaiheittain-1-kopio.xlsx.
- 2018f. InfraBIM -nimikkeistö. Viitattu 9.1.2018. https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2018/06/InfraBIM_nimikkeist%C3%B6_v1_71.pdf.

Destia 2019. Destia. Viitattu 7.1.2019. <https://www.destia.fi/yritys.html>.

Heikinheimo, S. 2018. Oulun kaupunki. Rakennuttajavalvojan haastattelu. 12.11.2018.

Heikinheimo, S. 2019. Oulun kaupunki. Digitaalinen luovutusaineisto - opinnäytetyö. Sähköposti jori.valtonen@edu.lapinamk.fi 9.1.2019. Tulostettu 9.1.2019.

Jaakkola, M. 2015. Yleiset inframallivaatimukset YIV 2015. Osa 12: Inframallin hyödyntäminen suunnittelun eri vaiheissa ja rakentamisessa. Viitattu 1.12.2018 https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2015/11/YIV2015_Mallinnusohjeet_Osa12_1_Maarakentamisen_mallipohjainen_laadunvarmistusmentelmae_V_1_01.pdf.

Karjalainen, T. Yleiset inframallivaatimukset YIV2015. Osa 6: Järjestelmät. Viitattu 5.12.2018 https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/YIV2015_Mallinnusohjeet_OSA6_Jarjestelmat_V_1_0.pdf.

Kivimäki, T. Digitaalinen luovutusaineisto ja Infrakit. Viitattu 7.1.2019. <https://infrakit.com/fi/infrakitin-hyodyt-kaupunkiorganisaation-infrahankkeen-elinkaassa/>.

Laurila, P. 2012. Mittaus- ja kartoitustekniikan perusteet. 4. uudistettu painos. Rovaniemen ammattikorkeakoulun julkaisusarja D nro 3.

Liikennevirasto 2017. Liikenneviraston ohjeita 12/2017. Viitattu 23.1.2019 https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lo_2017-12_tie_ratahankkeiden_web.pdf.

Liukas, J. & Kemppainen, L. 2015. Yleiset inframallivaatimukset YIV2015. Osa 2: Yleiset mallinnusvaatimukset. Viitattu 27.11.2018 https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2016/11/YIV2015_Mallinnusohjeet_OSA2_Yleiset_Vaatimukset_V_1_0.pdf.

Mustonen, M. 2018. Oulun kaupunki. Kehitysinsinöörin haastattelu. 12.11.2018.

Partiainen, A. & Suntio, V. 2017. Digitaalinen luovutusaineisto. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä. 15/2017. Viitattu 26.11.2018

https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lts_2017-15_digitaalinen_luovutusaineisto_web.pdf.

Piela, J. 2018. Infrakitin hyödyt kaupunkiorganisaation infrahankkeen elinkaareissa. Viitattu 29.12.2018

<https://infrakit.com/fi/infrakitin-hyodyt-kaupunkiorganisaation-infrahankkeen-elinkaareissa/>.

Rakennustieto 2018. InfraRYL. Viitattu 20.11.2018

<https://www.rakennustieto.fi/infraryl/>.

Serén, K. 2014. Lyhyt sanasto – Infrarakentamisen tietomallintaminen.

InfraFINBIM Mallinnusvaatimukset. Viitattu 25.11.2018

https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2013/10/InfraBIM_LyhytSanasto_v0-6.pdf.

Ukkola, M. 2018. Oulun kaupunki. Suunnittelijan haastattelu. 12.11.2018.

9 LIITE

Liite 1. Oulun kaupungin poikkeama- ja kehitysraportti (Heikinheimo 2019)

Urakoitsija	Laatija
Rakennuttaja Oulun kaupunki, Yhdyskunta- ja ympäristöpalvelut	Projekti ja projektinumero
Rakennustyön valvoja Sauli Heikinheimo	Suunnittelija
POIKKEAMA / KEHITYSTARVE <input type="checkbox"/> LAATUPOIKKEAMA <input type="checkbox"/> TURVALLISUUSPOIKKEAMA <input checked="" type="checkbox"/> KEHITYSTARVE	Numero: 1
- poikkeaman / kehitystarpeen kuvaus - kuka havainnut - milloin havaittu - miten havaittu - ilmoitusmenettely - poikkeaman syy	tietä rakennettaessa havaittu että suodatinkerros ja kantavakerros ollut rakennettuna liian kapeana noin 40m matkalta. Havainnon on tehnyt Sauli Heikinheimo tehdessään pistotarkastuksia työmaalla. Tilanne on tarkastettu työmaan henkilöstön kanssa ja todettu tilanne. Urakoitsijan näkemys tilanteesta on, että kyseessä ei ole systemaattinen virhe koska kerrokset ovat kuitenkin muuten osattu rakentaa oikean leveyisinä. Selkeää syytä poikkeamalle ei ole saatu ja 3d-malli kohdalla on kunnossa. Virhe johtuu siis todennäköisimmin inhimillisestä virheestä.
POIKKEAMAN / KEHITYSTARPEEN AIHEUTTAMAT JATKOTOIMENPITEET	Rakenneerrokset korjataan oikean leveyisiksi kyseiseltä kohdalta.
POIKKEAMAN TOISTUMISEN EHKÄISEMINEN - toimenpiteet toistumisen ehkäisemiseksi	Asiasta huomautettu työsuoritetta tekeviä henkilöitä, jotta kiinnittävät enemmän huomiota reunojen leveyteen.
POIKKEAMAN VAIKUTUKSET URAKKAAN - kustannus ja/tai aikatauluvaikutus	Ei vaikutusta.
LIITTEET	
ALLEKIRJOITUS Urakoitsija	14.2.2018 Aika ja paikka
JAKELU	Urakoitsijan edustajat ja työnjohto sekä rakennuttajan edustajat ja valvojat