

# MAANTEIDEN KUNNOSSAPIDON DIGITALISOITUMINEN



Ylemmän ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Hämeenlinnan ammattikorkeakoulu, Tulevaisuuden liikennejärjestelmätyö

Syksy, 2017

Janne Ruuskanen

Koulutus Tulevaisuuden liikennejärjestelmätyö  
Kampus Hämeenlinna ammattikorkeakoulu

---

Tekijä Janne Ruuskanen Vuosi 2019

Työn nimi Maanteiden kunnossapidon digitalisoituminen

Työn ohjaaja /t Teppo Sotavalta, Hannu Moilanen

---

## TIIVISTELMÄ

Työn tavoitteena on selvittää mitkä digitaaliset ratkaisut palvelevat maanteiden kunnossapitäjiä tulevaisuudessa. Työssä tutkitaan Kaakkois-Suomen ELY-keskuksen liikennepuolen kehitysprojektia, jotka ovat raken-nushankkeessa syntyneen tietomallin hyödyntäminen kunnossapidossa, 360-kuvaamisen mahdollisuudet tienpidossa sekä mobiilikeilauksen mah-dollisuudet tienpidossa.

Uusien tiehankkeiden rakennusajan tietomalleista tiedon siirtäminen kunnossapidon tarpeisiin osoittautui hankalaksi, ja tiedon päivittäminen tämän hetken menetelmillä mahdottomaksi.

Maanteiden 360-kuvausprjokti käynnisti toimintamallin, jonka kautta maanteitä on tällä hetkellä kuvattu noin 30 000 kilometriä ja aineisto on viety Googlen street view-palveluun. Kuvamateriaali on koko tienpidolle erittäin hyödyllistä, mutta kunnossapidon erityistarpeisiin kuvamateriaali hyödyttää rajallisesti.

Mobiilikeilauksen tuottama tietomalli tehdään olemassa olevalle tiever-kolle. Tekniikalla saadaan tarkka ja laaja tietoaaineisto kunnossapidon tar-peisiin. Mobiilikeilauksen parhaita puolia on lopputuotteesta saatava poikkileikkausmalli, josta saadaan tärkeää tietoa kunnossapidon vuosit-tain tehtävien toimenpiteiden seurantaan sekä toimenpiteiden ohjaami-seen.

Avainsanat Kunnossapito, tietomallit, 360-kuvaus, mobiilikeilaus

Sivut 38 sivua



Name of degree programme Future roads systems plannig  
Campus Häme University of Applied Sciences.

---

Author Janne Ruuskanen Year 2019

Subject Digitalization of road maintenance

Supervisors Teppo Sotavalta, Hannu Moilanen

---

## ABSTRACT

The aim of this work is to find out which digital solutions will serve the future of road maintenance. This work examines three different projects that started in Centre for Economic Development, Transport and the Environment of south east Finland. Those project are BIM models in road maintenance, 360 images in road maintenance on mobile scanning in road maintenance.

The transfer the information from BIM to road maintenance projects was difficult and time consuming. Updating the BIM was found almost impossible.

The 360 Road Projects Project launched a model that currently covers about 30,000 kilometers of roads. All that content has been uploaded to Google's Street view. 360 pictures are very useful for the field of road infrastructure, but has a limited benefit for specific needs of road maintenance.

The data generated by mobile scanning is made for an existing road network. The technology provides accurate and extensive data for maintenance purposes. One of the best things about mobile scanning is the cross-sectional model, which provides important information for monitoring and directing the maintenance actions performed each year.

Keywords Road maintenance, Building information model, 360-images, Mobile scanning

Pages 38 pages

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
2	TEOREETTINEN VIITEKEHYS .....	2
2.1	Mitä tietomallit ovat .....	2
2.2	Inframallin eri osa-alueet .....	3
2.2.1	Esisuunnittelumalli .....	4
2.2.2	Yleissuunnittelumalli .....	5
2.2.3	Tiesuunnitelmamalli .....	6
2.2.4	Rakennusmalli .....	7
2.3	360 kuvaaminen .....	13
2.4	Mobiilikeilaus .....	13
3	CASE. 1 TAAVETTI-LAPPEENRANTA, TIEHANKE JA TIETOMALLI .....	14
3.1	Tietomallin allianssi .....	15
3.2	Uuden tiedon päivittäminen vanhalla menetelmällä .....	16
3.3	Tietomallin tietojen kohdentaminen kunnossapitoon .....	17
3.4	Tietomallien aineiston formaatit .....	18
3.5	Suunnitelma aineiston hyödyntäminen .....	18
3.6	Toteumatietojen siirto tierekisteriin .....	20
3.7	Pohdintaa Case Taavetti-Lappeenranta hankkeen pohjalta .....	22
4	CASE 2. 360-KUVAAMINEN KUNNOSSASPIDON TUKENA .....	23
4.1	360 pilotti Kaakkois-Suomen ELY-keskuksessa .....	23
4.2	Kuvausprosessi .....	25
4.3	360 kuva-aineiston hyödyntäminen.....	26
4.4	360 kehittymistarpeet.....	30
4.5	360-kuvamateriaalin tulevaisuus .....	31
5	CASE 3 MOBIILIKEILAUS.....	33
6	YHTEENVETO .....	37
	LÄHTEET .....	39

## 1 JOHDANTO

Tässä tutkimustyössä on tarkoitus selvittää kvalitatiivisella tutkimusmenetelmällä uusien teknologioiden tuomia etuja teiden kunnossapitoon sekä tienpitoon yleisesti. Työ jaottuu kolmeen case kokonaisuuteen, joista on tehty omat tutkimustyöt. Kehityshankkeet toteutti Kaakkois-Suomen ELY-keskus ja ne ovat tietomallien hyödyntäminen teiden kunnossapidossa, 360-kuvauksen edut tienpidossa sekä mobiilikeilauksen mahdollisuudet maanteiden kunnossapidossa.

Tietomallien hyödyntäminen rakentamisessa on yleistynyt vuosien mitaan paljon. Ensimmäinen tutkimusalue liittyy tietomallien mahdollisuuksiin teiden kunnossapidossa. Teiden rakentamisessa käytetään tietomalleja suunnitteluvaiheesta rakentamisvaiheeseen saakka, mutta niiden etuja ei vielä hyödynnetä tiestön kunnossapidossa. Työn yksi tavoitteista onkin selvittää mitä etuja tietomallit tarjoavat teiden kunnossapitoon ja miten niitä voidaan hyödyntää. Aihealue on erittäin laaja, joten rakennushankkeiden tietomallien osalta työ on rajattu käsittelemään yhtä case tapausta. Tutkimuskohteeksi valikoitui Taavetti-Lappeenranta hanke, jossa yhteysvälille rakennettiin uusi nelikaista tie. Taavetti-Lappeenranta hankkeen suunnittelussa sekä rakentamisessa hyödynnettiin tietomalleja. Tutkimustyössä pohditaan, onko mallien sisällä olevaa tietoa mahdollista saada kunnossapidon käyttöön.

Tutkimustyön toinen pääaihe käsittelee 360 kuvausta ja 360 kuvamateriaalin hyödyntämistä teiden kunnossapidossa. 360-kuvamateriaali vastaa olemukseltaan tietomallia, mutta karttapohjaisuuden sijasta kyseessä on puhdas kuva-aineisto. Tutkimustyössä on tarkoituksena selvittää, miten 360-kuvamateriaali soveltuu kunnossapidon tueksi nyt ja tulevaisuudessa.

Kolmas tutkimuksen osio käsittelee mobiilikeilausta. Tekniikka yhdistää tietomallinnuksen sekä 360 kuvauksen. Perinteinen rakentamisen ajan tietomalli tehdään ennen tierakennushanketta, mutta mobiilikeilaamalla on mahdollista mallintaa jo olemassa olevaa tieverkkoa.

Olen toiminut vuodesta 2011 Kaakkois-Suomen ELY-keskuksessa kunnossapidon ohjelmointivastaavana. Nykyisin työskentelen ylitarkastajan Traficomissa. Tämän työn case esimerkin tutkimustyöt ja tulokset perustuvat minun projektijohtamiin kehityshankkeisiin, joissa olen ollut myöskin mukana asiantuntijana. Projektit tehtiin aikavälillä 2017-2019 ja olin tuolloin vielä Kaakkois-Suomen ELY-keskuksessa töissä.

## 2 TEOREETTINEN VIITEKEHYS

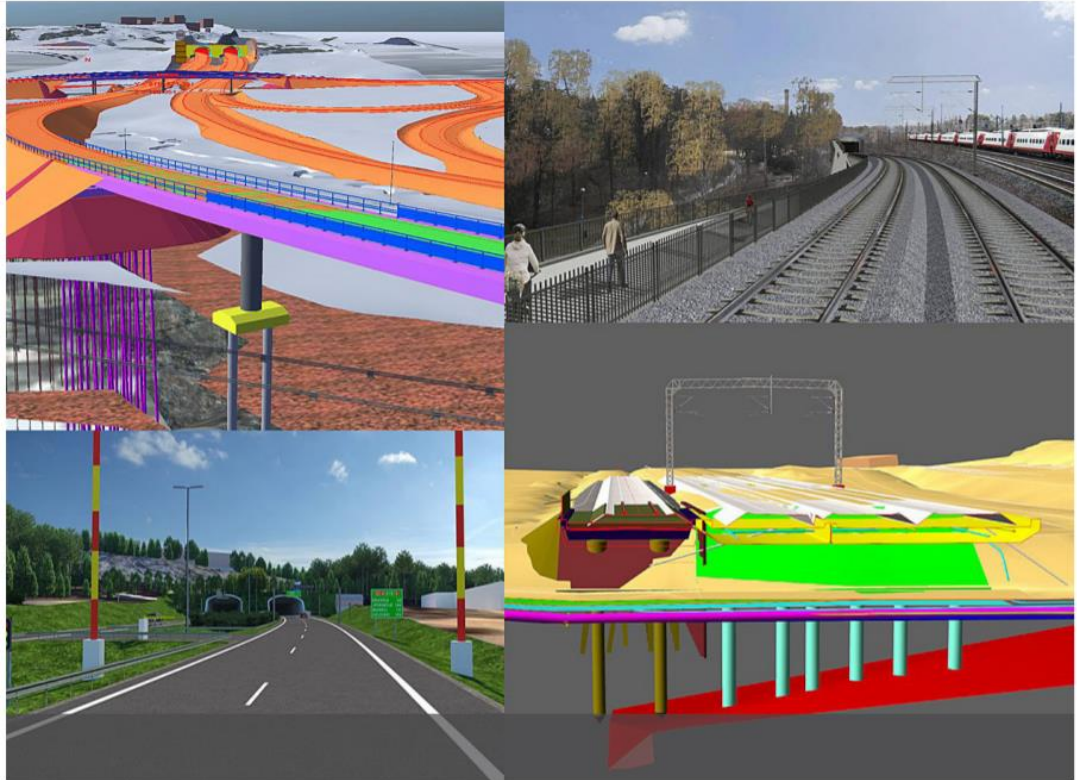
Teoreettisessa viitekehyksessä on tarkoitus luoda akateeminen pohja tutkimustyölle. Tarkoituksena on esitellä tietomalleja yleisesti, mutta keskittyä enemmän tienrakennuksessa käytettäviin tietomalleihin. Tutkimustyön kannalta on oleellista, että teoreettisessa osiossa esitellään myös 360-kuvaaminen sekä mobiilikeilaus menetelmät. Teoreettisessa viitekehyksessä esitellään myös valtion tiedonhallintajärjestelmiä.

### 2.1 Mitä tietomallit ovat

Tietomallit ovat rakennelman digitaalisia, kolmiulotteisia esitystapoja. Niiden avulla pyritään hallitsemaan koko rakennushankkeen elinkaarta suunnitteluvaiheesta purkamiseen. Tietomallit sisältävät koko hankkeen suunnitelmatiedot sekä taloustiedot. Niiden avulla myös budjetti on helppo pitää kurissa. (Liikennevirasto, 2019)

Tärkein etu tietomalleissa on tiedonsiirtyminen. Tietoa voidaan saada missä ja milloin vain sekä sen hallinnoimiseen voidaan käyttää monia eri päätelaitteita. Tiedon häviämisestä syntyy aikataulu ja kustannusvaikutuksia. Tietomallien avulla voidaan pitää turha hävikki minimissä. Tietomallien avulla voidaan rakennushankkeet suorittaa täysin sähköisesti. (Forconstuctionpros, 2019)

Tietomallit ovat olleet jo pitkään osa talon rakentamista, mutta infra rakentamisessa aihe on vielä melko tuore. Taitorakenteita kuten siltoja sekä melusteitä on helppo mallintaa, mutta tierakentamisessa tulee ottaa monta vaihetta huomioon. Kuva 1 esittää infrarakentamisen erilaisia tietomalleja. (Liikennevirasto, 2019)



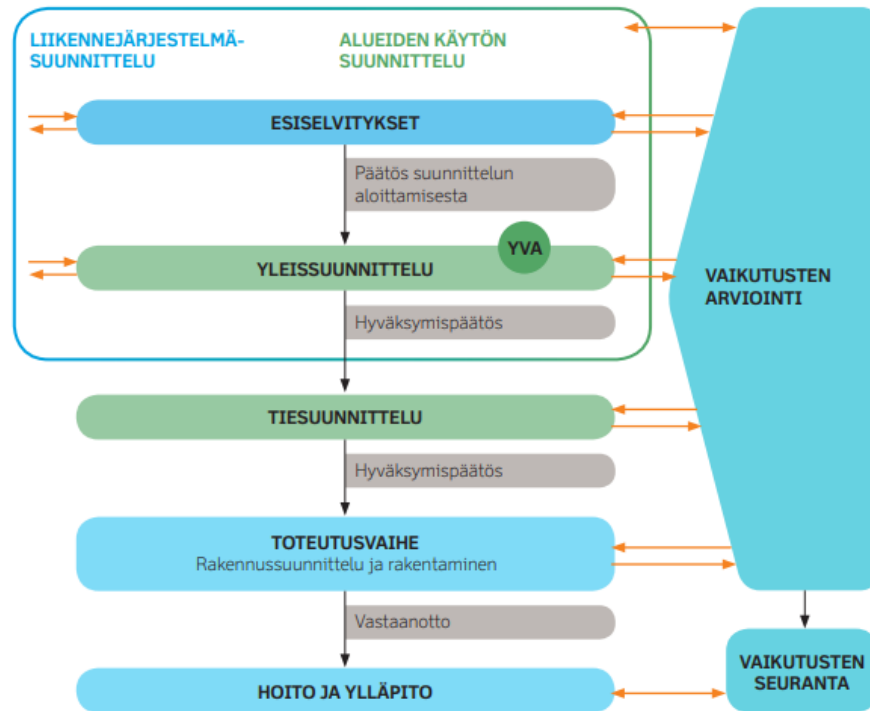
Kuva 1. Infrarakentamisen tietomalleja. (Liikennevirasto, 2019)

Infranhankkeiden tietomallia kutsutaan inframalliksi. Inframalli sisältää rakennushankkeen ominaisuustiedot kolmiulotteisessa muodossa. Digitaalinen malli mahdollistaa monipuolisen tiedon hallinnan. Ihmiset pystyvät tulkitsemaan tietoa, mutta myös erilaiset sovellukset saavat mallista tietoa käsiteltäväkseen. Tästä paras esimerkki on määrälaskenta ohjelmistot. Niiden avulla jo varhaisessa vaiheessa saadaan hankkeen kustannustiedot selville. (Liikennevirasto, 2017)

## 2.2 Inframallin eri osa-alueet

Tienrakennushankkeet jakautuvat hankkeen aikana viiteen eri osa-alueeseen. Inframallinnus seuraa hankkeen jokaista vaihetta. Kuvasta 2 nähdään, että Inframallinnushankkeen aikana kokonaisuus jaetaan esisuunnitteluun, yleissuunnitteluun, tiesuunnitteluun, rakennussuunnitelmaan sekä hoidon ja ylläpidon suunnitteluun. (Liikennevirasto, 2010)

Hoidon ja ylläpidon tiedon hallinta eroaa inframalleista mutta sen esittely on tärkeää, jotta voimme ymmärtää tutkimustyön perusongelman. Infra-hankkeiden mallinnuksien kautta syntyy paljon arvokasta tietoa, jotka tulee saada kunnossapidon käyttöön. Tällä hetkellä kunnossapidon toimintaa ohjataan digitaalisella aineistolla jonka pohjatiedot eivät ole peräisin inframalleista.



Kuva 2. Tiesuunnittelun kulku.  
(Liikennevirasto, 2010)

### 2.2.1 Eisuunnittelumalli

Eisuunnittelussa ja tarveselvityksessä hankitaan aineisto lähtötietomallia varten. Lähtötietomallin sisältää mallin maanpinnasta, maaperäkartan, taitorakenteiden sijainnin, nykyiset väylärakenteet, pohjavesitiedot, kaapelitiedot, kiinteistöjen rajat sekä paikkatietoaineiston.  
(Liikennevirasto, 2017)

### 2.2.2 Yleissuunnittelumalli

Yleissuunnitelmaa käytetään vuoropuhelussa sidosryhmien kanssa. Sen tavoitteena on saada mahdollisimman laaja hyväksyntä hankkeelle. Tietomalli on paras tapa havainnollistaa eri ratkaisuvaihtoehtoja sidosryhmille. Kuva 3 on hyvä, esimerkki sidosryhmille esiteltävästä materiaalista.



Kuva 3. Yleissuunnitelma malli sidosryhmille (Liikennevirasto, 2017)

Yleissuunnitelmamalli sisältää esisuunnittelua enemmän tietoa ja ne ovat tarkemmalla tasolla. Tavoitteena on kasata aineisto, jonka perusteella voidaan päätellä tekniset ratkaisut, ympäristövaikutukset sekä hankkeen taloudellinen näkökulma. Yleissuunnitelmamalli sisältää esisuunnitelmamallin tietojen lisäksi: pohjatutkimukset sekä maaperämallin. (Liikennevirasto, 2017)

Näiden aineistojen pohjalta laaditaan inframalli, jonka avulla voidaan esittää karkealla tarkkuudella ratkaisuja suunnitteluhankkeen eri ongelma-kohtiin, kuten väylän geometriaan, matemaattinen keskipiste, päällysteet ja pintarakenne, radan tukikerros sekä rata- ja tiealueet. Lisäksi yleissuunnitelmasta voidaan nähdä kuivautus järjestelyt sekä luiskat, pohjarakenteet, maaleikkaukset sekä penkereet. Yleissuunnitelmasta voidaan todeta myös hankkeen vaikutukset ympäristöön kuten pohjavesialueisiin sekä nähdä hankkeen alueella oleva kaavoitustilanne. (Liikennevirasto, 2017)

### 2.2.3 Tiesuunnitelmamalli

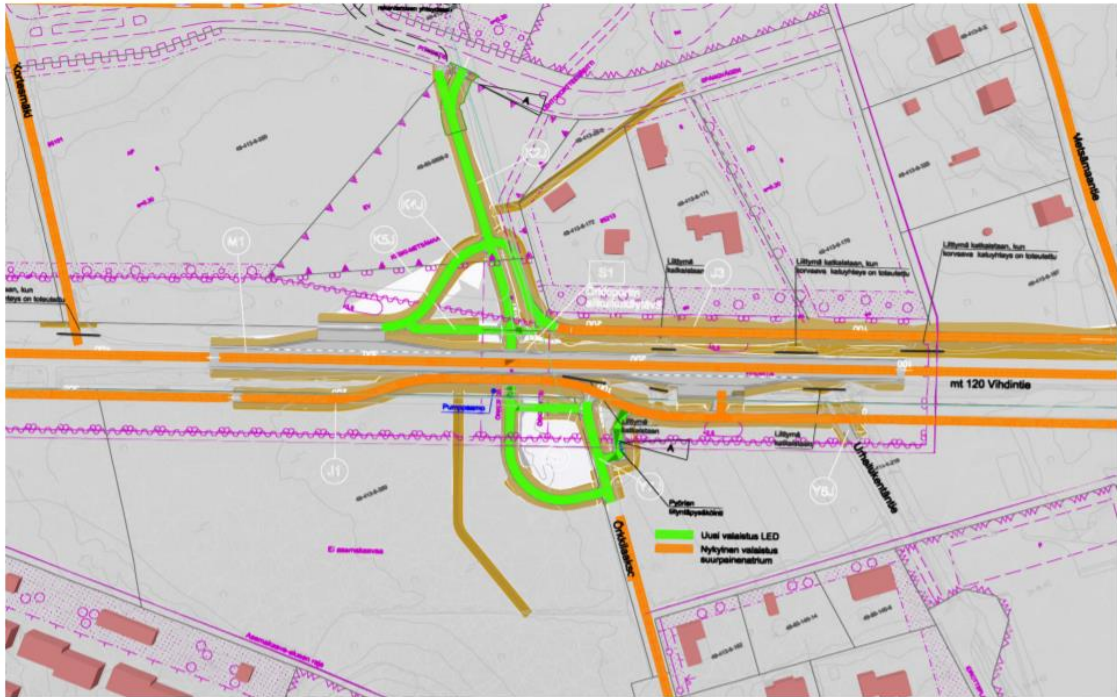
Tiesuunnitelma tärkein tehtävä on kuvata suunnitelmaratkaisujen mitat ja tilan tarpeellisuus. Vaikutusten arviointi tarkentuu tässä suunnitteluvaiheessa. Kustannukset sekä urakan todellinen vaikutus ympäristöön voidaan hahmottaa tiesuunnitelmamallin avulla. Kuvassa 4 nähdään tiesuunnitelman renderöity mallinnus.



Kuva 4. Yleissuunnitelmamalli (Liikennevirasto, 2017)

Tiesuunnitelmamallin erona esisuunnittelumalliin sekä yleissuunnittelumalliin on se, että paikkatietoja on tarkennettu mittauksin ja maasto käynnein. (Liikennevirasto, 2017)

Tiesuunnitelmamallilla pyritään havainnollistamaan tien geometria, sekä tien eri rakennekerrokset. Lisäksi kuivatusjärjestelmät sekä yhdyskuntatekniikan asemoituminen tiealueelle kuvataan. Tiesuunnitelmamallissa esitetään liikenneympäristön lopullinen muoto. Tiesuunnitelmassa esitellään taitorakenteet kuten sillat sekä tiestön valaistus kuten kuvassa 5 vihreällä viivalla on esitetty.



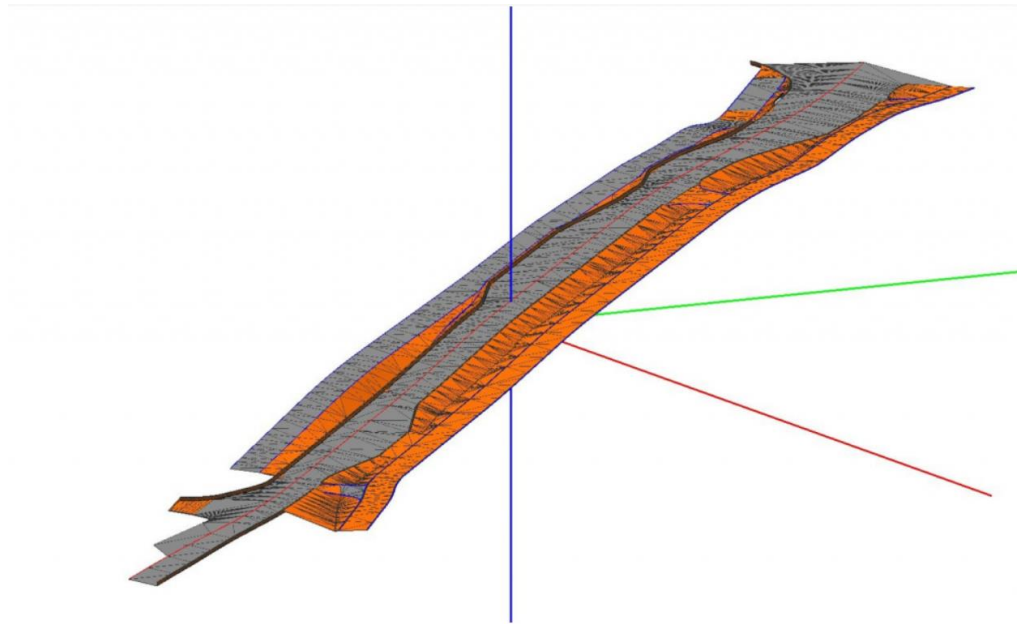
Kuva 5. Tiesuunnitelman valaistus näkymä.  
(Väylä, 2019)

#### 2.2.4 Rakennusmalli

Rakennusmalli pitää sisällään samat pohjatiedot kuin aikaisemmissa vaiheissa mutta sen tavoitteena on koostaa digitaalinen aineisto, jolla voidaan havainnollistaa kokonaisuus, laskea määrälaskentaa tarkasti sekä ohjata rakennusajan hankintoja. Lisäksi malli sisältää aikataulutiedot, mitausaineiston ja tärkeimpänä työsuoritukseen liittyvät koneohjaukset. Rakennusmallin yleisenä tavoitteena on tuottaa digitaalinen aineisto, jota voidaan hyödyntää jo urakan tarjousvaiheessa. Rakennusmallilla varmistetaan suunnitelman eri osa-alueiden yhteensopivuus sekä minimoidaan rakennusajan riskit. (Liikennevirasto, 2017)

Rakennusmallin suurin etu urakoitsijoille on sen soveltuvuus koneohjaukseen. Koneohjauksen hyötyjä ovat työn tehostuminen, materiaalien säästö sekä laadun parantuminen. Koneohjaus tarkoittaa järjestelmää joka on asennettuna työkoneisiin. Kolmiulotteinen inframalli on koneohjauksen pohjatietona. Koneohjaus voidaan asentaa lähes kaikkiin työkoneisiin, mutta useimmiten niitä käytetään maansiirtotöissä sekä eri rakennekerrosten parantamisessa. Koneohjauksen johdosta jokainen työvaihe tallentuu toteumamalliksi, jonka perusteella saadaan selville tarkka työn toteuma sekä laatu. Koneohjauksen perusta on GPS pohjainen sijaintitieto, jonka toteuma tarkkuus on noin 10 mm. (Kilpeläinen et. al. 2004.)

Koneohjauksen mallinnus ei ole yhtä visuaalinen kuin esimerkiksi yleismalli. Kuvasta 6 voimme nähdä, että malli näyttää lähinnä vektoriviivoilta. (VTT, 2004)



Kuva 6. Koneohjausmalli (Mapteam, 2019)

Tietomallin koneohjausmalli vaatii työkonesta tarvittavat paikkatietoaineistoa lukevat järjestelmä. Työkoneissa koneohjauksen mittausjärjestelmä opastaa joko koneen kuljettajaa työnteossa tai se ohjaa täysin automaattisesti työkonen hydrauliiikkaa. Kuvassa 7 on kaivinkoneen mittausjärjestelmä, joka antaa kuskille tarvittavat mittatiedot. (Maanmittauslaitos, 2019)



Kuva 7. Työkoneen mittausjärjestelmä (Maanmittauslaitos, 2019)

Taulukossa 1 voimme nähdä, missä formaatissa tietomallia käsitellään ja mitkä tiedoista voidaan ohjata koneohjaukseen. Tietomallin formaatit

ovat jaettu viiteen eri osa-alueeseen: maastomalli, maaperä-malli, rakenteet ja järjestelmät, kartat ja paikkatiedot sekä muu aineisto kuten lupa-asiakirjat. (Liikennevirasto, 2019)

Taulukko 1 Rakennus mallin formaatit. (Liikennevirasto, 2019)

Osamalli	Kohde	Formaatti *)
A. Maastomalli	<ul style="list-style-type: none"> <li>Maastomalli</li> </ul> <p>Tarkentuu suunnitteluvaiheittain likimallista täydennetyksi maastomalliksi</p>	Inframodel
B. Maaperä-malli	<ul style="list-style-type: none"> <li>Avokallio- ja kallionpinta</li> <li>Tulkitut maalajikerrosten pinnat</li> <li>Pohjaveden pinta, mikäli tietoa sen korkeudesta on riittävästi tarjolla</li> </ul>	Inframodel Inframodel Inframodel, 3D-DWG
C. Rakenteet ja järjestelmät	<ul style="list-style-type: none"> <li>Johdot ja laitteet <ul style="list-style-type: none"> <li>suunnittelujärjestelmässä mallinnettu verkostomalli</li> </ul> </li> <li>Nykyiset sillat ja muut taitorakenteet: mm. melusteet ja kaiteet</li> <li>Nykyinen valaistus, kaapeloinnit ja sähkönsyöttö</li> <li>Kaivot ja suojaputket</li> <li>Nykyinen viitoitus ja opastustaulut</li> <li>Nykyiset radan varusteet ja laitteet</li> <li>Nykyiset tie- ja ratageometriat</li> </ul>	3D-DWG Inframodel IFC tai 3D-DWG  3D-DWG 3D-DWG 3D-DWG 3D-DWG Inframodel
D. Kartat ja paikkatieto	<ul style="list-style-type: none"> <li>Paikkatietoaineistot (suojelualueet, ympäristö, kaavoitus, maaperäkartat, museo yms.)</li> <li>Nykyinen liikenneverkko ja sitä koskevat tiedot</li> <li>Pilaantuneiden maa-alueiden aluerajaukset</li> <li>Kiinteistörajat ja maanomistajatiedot</li> <li>Toteuttamiseen liittyvät alueiden käyttöoikeudet (tie-, katu- ja rata-alueen rajat, läjitysalueet, väliaikaiset käyttöoikeudet, laskuoja-alueet, suoja-alueet ja -vyöhykkeet)</li> <li>Suunnittelun aikana tehtävät selvitykset, inventoinnit ja niistä koottava tieto paikkatietomuodossa</li> </ul>	3D-DWG, paikkatietoformaatit (SHP, MapInfo) 2D- tai 3D-DWG 2D- tai 3D-DWG 2D- tai 3D-DWG 2D- tai 3D-DWG  2D- tai 3D-DWG
E. Muu aineisto	<ul style="list-style-type: none"> <li>Muut hankkeeseen liittyvät suunnitelmat</li> <li>Selvitykset</li> <li>Lupa-asiakirjat</li> <li>Raiteistokaaviot</li> </ul>	DWG, DOCX, XLSX, PDF

## Kunnossapidon tiedon hallinta

Tietomallipohjaisen kunnossapidon hallinnan tavoitteena on luoda dynaaminen ja päivitettävissä oleva järjestelmä jota kunnossapitourakoitsijat päivittävät. Tarkat omaisuustiedot, historiatiedot sekä taloustiedot olisivat helposti saatavissa ja päivitettävissä. (Liikennevirasto, 2017)

Kuvasta 8 nähdään Liikenneviraston tavoite kunnossapidon tiedon hallintaan. Tietomalleista syntyvä pohjatieto täydennetään maasto mittauksilla sekä kunnossapidon toteumatiedoilla. Tällä tavoin kunnossapitoa voidaan kohdentaa tarkemmin, jolloin tiestön elinkaari pitenee ja kustannuksia säästyy. (Kotisivukone 2017)



Kuva 8. Kunnossapidon tiedonhallinta tulevaisuudessa. (Kotisivukone, 2017)

Tällä hetkellä kunnossapidon tiedonhallintaa tehdään digitaalisella aineistolla, joka perustuu valtion tierekisterijärjestelmään. Järjestelmän päälle on kasattu HARJA-niminen käyttöliittymä, jolla ylläpidetään tien kunnon ajantasaista dataa. Tierekisterin pohjatiedot on hankittu maasto mittauksilla. Uusien tiehankkeiden valmistuttua vastaava aineisto löytyy suoraan tietomalleista, mutta tiedonsiirto valtion tierekisteriin on osoittautunut hankalaksi. Tässä työssä tutkitaan, miten tiedon hankinta inframalleista kunnossapidon tarpeisiin voisi onnistua. Tarkoituksena ei ole päivittää olemassa olevaa tietomallia vaan siirtää malleissa oleva tieto valtion tierekisteriin joka luo pohja-aineiston HARJA-järjestelmän päivittämiseksi.

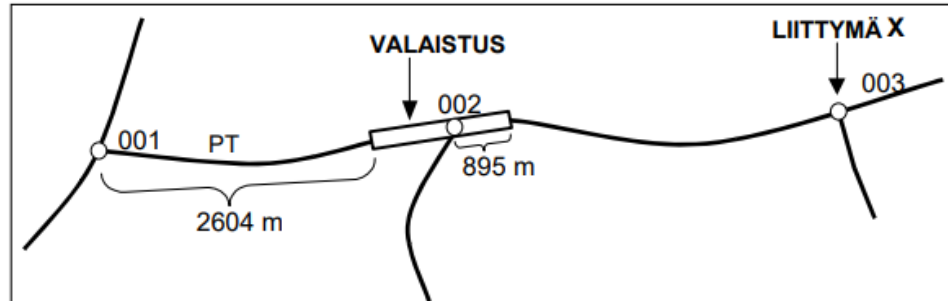
Seuraavaksi käydään läpi, miten teiden kunnossapidossa hallinnoidaan tiestötietoa ja mitkä ovat tämän hetkiset työkalut. Tieto on tärkeä tutkimustyön kannalta, sillä tavoitteena on yhdistää tietomallit kunnossapidon järjestelmien kanssa.

### Tierekisteri

Tierekisteri toimii valtion tiestön infran tietopankkina. Järjestelmä on taulukoperusteiden kokonaisuus, joka sisältää kaikki valtion tiestöön liittyvät tiedot paikkatiedoittain. Valtion teiden kunnossapidossa käytetään paikkatietojärjestelmä tietosoitteistoa. Tämän rinnalle on alettu lisäämään koordinaattitietoja. (Väylä, 2019)

Tietosoitteisto on vanha tapaa osoittaa sijainti tiestöllä. Kuva 9 esittää miten valaistus esitetään tietosoitekartalla. Jokainen tie on jaettu osiin ja

osien väleillä käytetään metrejä. Esimerkiksi Vt6 tiellä oleva valaistus voidaan kuvata seuraavasti: Valaistus on tiellä 6, pisteellä 1 ja 2604 metriä pisteestä 1 kohti pistettä 2. Tällöin Valaistuksen paikkatieto on 6/1/2604. (Väylä, 2019)



Kuva 9. Tiesoitteiston esitystapa. (Väylä, 2019)

Tiesoitteisto on tärkeä ymmärtää, sillä tierekisterin paikkatiedot pohjautuvat siihen. Paikkatiedon lisäksi tierekisteri sisältää infran metatiedot. Taulukosta 2 nähdään, että tierekisteri on taulukkomuotoinen ja pitää sisällään suuren määrän metatietoja. Vt6 tieltä otettu rumpulistaus ei sisällä kohteille koordinaattitietoja. Paikannus tapahtuu vanhalla tiesoitte-periaatteella. Taulukko tieto on saatu valtion tierekisteristä.

Taulukko 2. Esimerkki tierekisteristä.

TIE	OSA	ETÄIS	AJR	TIETY	RUMPUTYYP	RUMPUMAT	RUMPUPIT	RUMPUKOKO	LAMMKAAP	RUMPULIET	RUMPURIKK	RUMPURUOS
6	116	842	0	tie	poikkirump	betoni	32	600		70		
6	116	1112	0	tie	poikkirump	muovi	13	300				
6	116	1805	0	tie	poikkirump	betoni	22	600		20		
6	116	2623	0	tie	poikkirump	muovi	28	800				
6	116	2866	0	tie	poikkirump	muovi	21	800				
6	116	7598	0	tie	poikkirump	muovi	30	1200				
6	116	8422	0	tie	poikkirump	muovi	30	800				
6	116	9421	0	tie	poikkirump	muovi	30	800				
6	116	10150	0	tie	poikkirump	muovi	13	1200				
6	118	1100	0	tie	poikkirump	muovi	14	600				

Tierekisteri on hyvin vanha järjestelmä ja sen päivittäminen on vain osittain automaattista. Tieto pitää muokata järjestelmään sopivaan muotoon ja formaattiin ja vasta sitten tiedon voi syöttää moniajona järjestelmään. Uusi HARJA-järjestelmä tuo päivittämiseen automatisaatiota.



### 2.3 360 kuvaaminen

Perinteinen valokuva, tallentaa kuvat kaksi ulotteisesti. 360 kamerat tallentavat kuvan kolmiulotteisesti. Kamera toimii optisena keskipisteenä ja tallentaa pallonmuotoisen tallenteen visuaalisesta ympäristöstä. 360 kuva tarjoaa perinteisiin kuviin verrattuna paljon enemmän informaatiota ja kuvan käyttäjä voi jälkeinpäin päättää mitä osuutta kuvasta hän haluaa tarkastella. Kolmiulotteista 360-materiaalia voidaan tallentaa myös videon muodossa ja aineistoa voidaan katsoa tietokoneilla, mobiililaitteilla sekä virtuaalilaisella. (Papers nips, 2019)

### 2.4 Mobiilikeilaus

Mobiilikeilaukseen käytetään eniten laserkeilauslaitetta. Laserkeilain on mittalaite, joka skannaa miljoonia mittauspisteitä näkemästään kohteesta. Laserkeilauslaite dokumentoi kaiken mitä se pystyy skannaamaan. Keilauksen lopputuotteeksi syntyy kuvapistepilvi aineisto, jonka tarkkuus on millimetrin luokkaa. Pistepilveä voidaan käyttää sellaiseen suunnittelun tueksi, mutta siitä voidaan jalostaa myös visuaalinen 3d malli. (Mp maps, 2019) Kuvassa 11 nähdään laserkeilauslaite, joka on asennettu skannaamaan tienpintaa.



Kuva 11. Tien laserkeilauslaite (Fav, 2019)

### 3 CASE. 1 TAAVETTI-LAPPEENRANTA, TIEHANKE JA TIETOMALLI

Valtatie 6:den väli Taavetti-Lappeenranta on Etelä-Karjalan pääyhteys. Tie palvelee paikallista liikennettä sekä pitkän matkan liikennettä. Valtatie 6:n osuudella Taavetti-Lappeenranta liikennöi päivittäin 8 700 – 9 100 autoa, mistä poikkeuksellisen suuri osuus, 20–25 %, eli noin 2 000 autoa, on raskasta liikennettä. Ennen rakennushanketta liikenteen sujuvuus osuudella on huono pääasiassa ruuhkautuvien liittymien sekä rekkaliikenteen aiheuttaman jonoutumisen takia. Kaksikaistaisella tiellä ohitusmahdollisuudet olivat huonot ja nopeustasot vaihtelevat.

Hankkeessa tie parannetaan nelikaistaiseksi ja keskelle tulee keskikaide. Tämä parantaa turvallisuutta, poistaa ruuhkia, ja näin ollen nopeuttaa sekä paikallisen että pitkän matkan liikenteen matkantekoa.

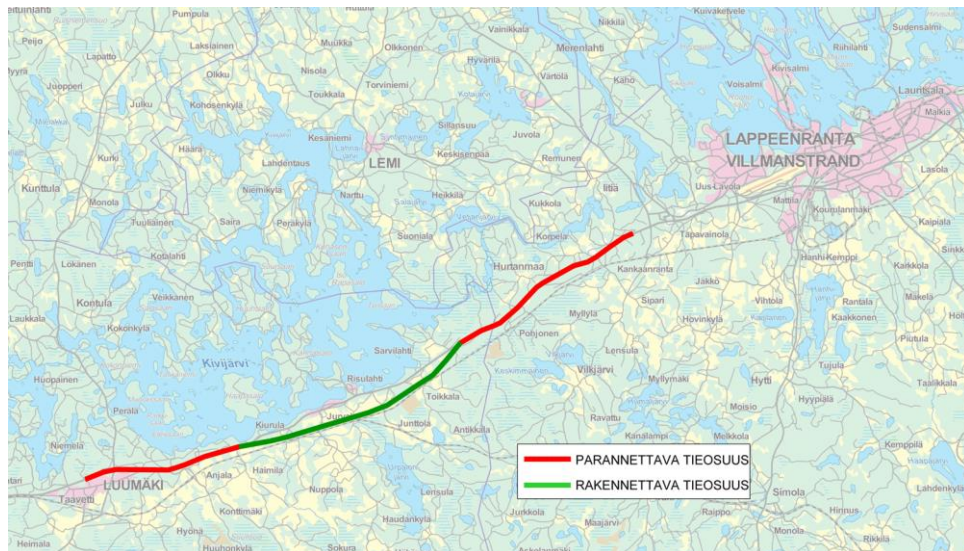
Jatkossa hidas - ja kevyt liikenne siirretään kulkemaan uudelle rinnakkais-tielle, mikä osaltaan jouduttaa liikenteen sujuvaa kulkemista. Uusien eritasoliittymien rakentaminen puolestaan poistaa lukuisten tiellä olevien liittymien aiheuttamia tukkeumia. Tieosuudelle rakennetaan hankkeen yhteydessä kolme uutta eritasoliittymää, minkä ohella yhtä nykyistä eritasoliittymää parannetaan.

Jurvalan taajaman kohdalle rakennettava 12 km pitkä ohitustie tukee Jurvalan taajamarakenteen kehitystä ja tiivistämistä. Liikenteen aiheuttamat haitat alueen asukkaille vähenevät merkittävästi sekä Jurvalan seudulla että koko hankealueella.

Meluhaitat vähenevät hankkeen yhteydessä rakennettavien melusuojauksen myötä. Muutkin ympäristövaikutukset, kuten pohjaveden suojelu huomioidaan rakentamisen yhteydessä. Hankkeessa uusitaan myös valaistusta sekä riista-aitoja

Hankkeen toteutuksessa käytettiin tietomalleja, joiden perusteella hanke toteutettiin. (Väylä, 2017b)

Kuvassa 12 nähdään hankkeen kokonaisuus parannettavine osuuksineen sekä rakennettavaksi tulevat osuudet osuudet. Hanke käynnistettiin 2015 ja valmistui vuonna 2017. Tietomallien soveltuvuutta kunnossapitoon tutkittiin koko tuona aikana. Hanke maksoi kokonaisuudessaan noin 80 miljoonaa euroa.



Kuva 12. Taavetti-Lappeenranta hanke.

Hanke toteutettiin Allianssi periaatteella, jossa hankkeen osapuolet toimivat yhteistyössä. Kaikki osapuolet ovat hankkeen alusta saakka saman pöydän ääressä ja sopivat yhteiset tavoitteet, sopimukset sekä kaupallisen mallin. Tällä tavoin saadaan parhaat osaajat ja ratkaisut hankkeen pariin. Hankkeen aikataulu nopeutuu ja tiedon hävikki vähenee. Lisäksi mukaan voidaan ottaa kokeilullinen asenne. Taavetti-Lappeenranta hankkeen tavoitteena oli kehittää tietomalleja ja selvittää niiden soveltumista kunnossapidon tarpeisiin. Kuva 13 esittää hankkeeseen osallistuneet osapuolet. Tässä työssä haastatellaan hankkeeseen osallistuneita osapuolia. Oma roolini projektissa oli toimia kunnossapidon asiantuntijana tietomallin käyttöönotossa jatkohyödyntämistä varten. Varsinainen tiedonsiirto tietomallista kunnossapidon tarpeisiin jäi Kaakkois-Suomen ELY-keskuksen tehtäväksi ja toimin hankkeessa projektipäällikkönä sekä asiantuntijana.

### 3.1 Tietomallin allianssi

TAALA-hankkeessa suunnittelu ja rakentaminen toteutettiin pääosin tietomalliin nojaten. Allianssihankeeseen yksi osa-alueista oli kehittää tietomallien hyödyntämistä. Lopullinen tavoite oli selvittää, miten tietoja voidaan hyödyntää kunnossapidon käytössä. Kuvassa 13 nähdään, tietomallin kehittämiseen osallistuneet organisaatiot.

## Tietomallin Allianssi

	Rakennuttaja
	Urakoitsija
	Tuleva kunnossapitäjä
	Asiantuntija

Kuva 13. Tietomallin Allianssi

Tässä tutkimustyössä pyritään selvittämään teknisestä näkökulmasta, miten tietomalleja voidaan ottaa kunnossapidon käyttöön. Kaikki allianssin osapuolet osallistuivat tämän tutkimuksen syntymiseen. Tutkimuksen aikana pyrimme selvittämään, miten teknisesti olisi mahdollista liittää tietomallien dataa kunnossapidon järjestelmiin. Varsinaisen teknisen toteutuksen suoritti Ramboll Oy Kaakkois-Suomen ELY-keskuksen pyyntöjen mukaisesti. Pienryhmät kokoontuivat pohtimaan tuloksia ja päättivät jatkotoimenpiteitä tutkimuksen edistämiseksi. Tässä lopputyössä hyödynnetään allianssihankeksen aikana syntyneitä tuloksia.

### 3.2 Uuden tiedon päivittäminen vanhalla menetelmällä

Liikennevirasto rakennuttaa kaikki suuret tiehankkeet Suomessa. Valmistumisen jälkeen kohde siirtyy ELY-keskuksien kunnossapidettäväksi. Osalle töistä kuten viherhoidolle jää vielä Liikenneviraston takuu-aika, mutta suurin osa varusteista ja laitteista on välittömästi ELY-keskuksien kunnossapidon piirissä.

Jotta ELY-keskus pystyy hallinnoimaan kunnossapidettävän infran tilaa, tulee tierekisteri olla ajan tasalla. Teoreettisessa viitekehyksessä kerrottiin, millainen tierekisteri on ja miten sitä päivitetään HARJA-järjestelmän

kautta. Uudet tietolajit ja rekisteriin vietävät tiedot tulee perustaa paikkatietoon sidottuna tierekisterin sisälle, jotta tietojen päivittäminen on jatkossa mahdollista.

Vanhoja menetelmiä käyttäen pohjatietojen hankkiminen tarkoitti varuste- ja laiteinventointia, jossa yleensä konsulttiyritykset suorittivat maasto-inventoinnin kohteelle. Maasto-inventoinnin aikana tiedot vietään digitaaliseen tietopankkiin paikkatietoihin sidottuna. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että jokaisen varusteen kohdalla on seisottava juuri sillä hetkellä, kun tietoa lisätään. Lisäksi kohteen metatiedot tulee kirjata ylös. Tienvarsirummun kohdalla nämä tiedot ovat esimerkiksi: materiaali, pituus, syvyys ja aukkokoko.

Manuaalisesti lisätty tieto lisää virheiden määrää. Jotkin kohteet voivat jäädä inhimillisestä syystä huomaamatta ja kirjaamisen aikana voi tulla ajatusvirheitä. Lisäksi maasto-inventoinnit ovat kalliita sekä aikaa vieviä.

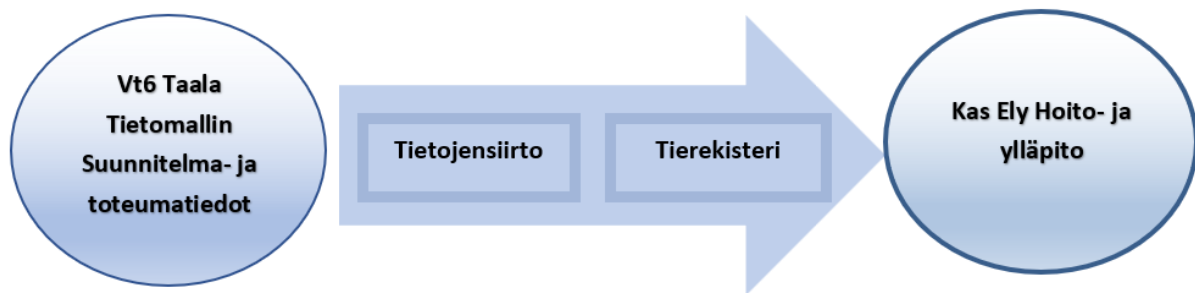
Tietomallin toteumamalli sisältää valmiiksi nuo tiedot ja ovat varmuudella tarkkaa tietoa. Mikäli tietomalleista voitaisiin ottaa tiedot tierekisterin käyttöön, säästyisi rahaa ja aikaa sekä tieto olisi tarkempaa.

### 3.3 Tietomallin tietojen kohdentaminen kunnossapitoon

Rakennushankkeen lopputuloksena on mittauksiin perustuva toteumamalli. Toteumamalli kattaa suunnitelmien ja toteutuksen lopullisen toteuman. Toteumamallia käytetään laadunvarmistuksessa ja lähtötietona tilaajan omaisuudenhallinnassa. YIV 2015 -ohjeiden mukaan toteutusmallia voidaan pitää toteumamallina, mikäli rakentamiseen tai infran hallintaan liittyvä työ on tehty vaadittuihin toleransseihin.

Tämän työn tavoitteena on selvittää, kuinka suunnitelma- ja toteumamallin tietoja saadaan ylläpidon käyttöön viemällä ne eri rekistereihin ja tietovarastoihin. Selvitystä tehtiin työpaja palaverien. Työpaja palaverissa selvitettiin hankkeella syntyvää tietoa ja kunnossapidon tarpeita. Työtä jatkettiin asiantuntija pienryhmin eri osapuolten välillä tiedonsiirron toteuttamista yksityiskohtaisella tasolla. Lopuksi toteumatietoja vietiin tierekisteriin ja prosessin tulokset kirjattiin tähän selvitykseen.

Kuvassa 14 nähdään tutkimustyön peruseriaate. Tietomalleja ei vielä itsessään voida hyödyntää kunnossapidon tarpeisiin, joten niiden sisältämä arvokas tieto pyritään siirtämään pohjatiedoksi valtion järjestelmiin, joita hallinnoidaan teoriaosuudessa esitellyllä HARJA-järjestelmällä.



kuva 14. Tutkimustyön tavoitteet.

### 3.4 Tietomallien aineiston formaatit

Valtatie 6 Taavetti – Lappeenranta tienrakennushankkeella tuotettiin runsaasti tietoa useassa eri formaatissa monella erilaisella ohjelmistolla. Osa suunnitelmatiedoista mallinnetaan (esim. kaivot), osa esitetään taulukoissa ja luetteloissa (esim. päällysrakennetaulukot ja rumpuluettelot), ja osa voidaan esittää esimerkiksi karttojen avulla (esim. tieympäristökartta). Formaateina näillä tiedoilla voi olla esimerkiksi LandXML, DWG tai Excel. Formaattien monimuotoisuus aiheutti ongelmia niiden soveltuvuudessa valtion tietokantojen pohjatiedoksi.

### 3.5 Suunnitelma aineiston hyödyntäminen

Teoreettisessa viitekehyksessä esitetään miten tierekisteri koostaa tietoja. TAALA-hankkeessa rajasimme tietomallista siirrettävien tietojen määrää, siten, että tutkimus olisi hallittavissa. Selvityksen aikana tierekisterin tietosisältöä tutkittiin ja kehityskohteiksi valittiin 42 tierekisterin tietolajia.

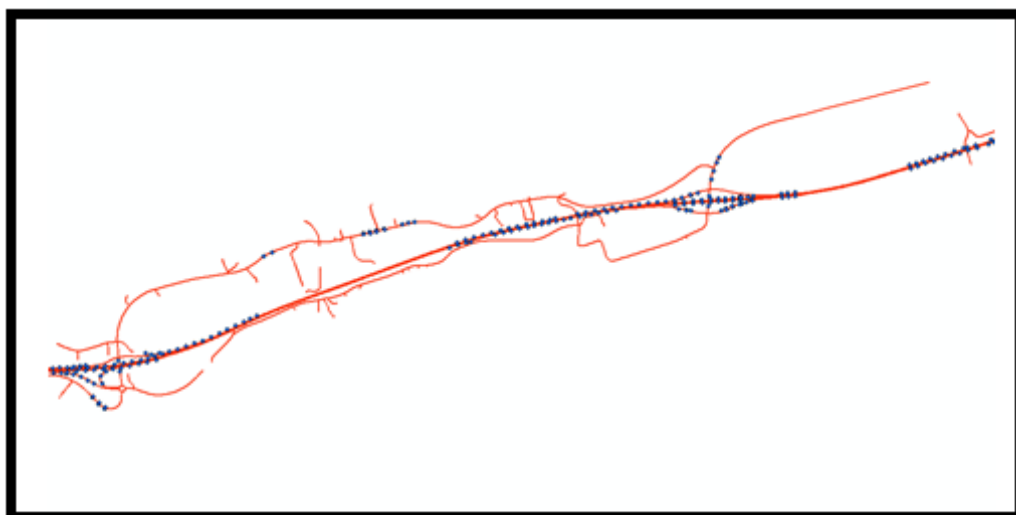
Kehityskohteiden valintaperusteina käytettiin hankkeella syntyvää kunnossapidon kannalta hyödynnettävää tietoa. Listalta jätettiin pois sellaiset tietolajit, jotka eivät suoraan palvele kunnossapitoa, tai joiden hyödyntäminen digitaalisesta aineistosta katsottiin erityisen hankalaksi. Kehityskohteeksi valitut tietolajit käytiin läpi yksityiskohtaisesti ja niiden hyödyntäminen suunnitelma-aineistoista selvitettiin.

Tietolajit luokiteltiin sen perusteella, miten tiedon siirto tierekisteriin tulisi onnistumaan ja millä menetelmällä tietoa voidaan hyödyntää; esimerkiksi manuaalisesti taulukoista ja kartoilta poimimalla.

Suurin osa tietolajien tiedoista voidaan täyttää manuaalisesti esimerkiksi suunnitelmakartoista, luetteloista tai tyyppipoikkileikkauksista. Käytännössä kaikkien kohteiden sijaintitiedot ovat saatavilla xyz-koordinaateissa, mutta ei suoraan tierekisterin vaatimassa tieosoite muodossa.

Kun tiehankkeelle on määritetty tieosoitteet, sijaintitiedot voidaan muuttaa tieosoitteiksi paikkatietomenetelmin. Joidenkin tietolajien kohdalla lähes kaikki tiedot löytyvät 3D-mallinnettuina suunnitelmamallista, jolloin tietojen siirron automatisointi on myös kaikkein helpointa.

Tällaisia tietolajeja ovat esimerkiksi Rummut ja Viemärit. Kehityskohteiksi valitun 42 tietolajin osalta vain kahteen tietolajiin ei hankkeen suunnitelma-aineistosta saada tietoja lainkaan. Näitä olivat Bussipysäkin varusteet ja Bussipysäkin katos. Kuvassa 15 havainnollistetaan, miten kaivot näkyvät toteumamallissa.



Kuva 15. Kaivot tietomallissa (ote Taavetti Lappeenranta tietomallista)

Aluemuotoisista tiedoista esimerkiksi viherkuvioiden tiedot saadaan tieympäristökartoilta DWG -muodossa. Karttaan on merkitty alueittain viherkuvion tyyppi numerokoodilla. Tierekisterissä tiedot esitetään kuitenkin pistemäisenä tietona, jossa tieto sijainnista tarkennetaan tiedolla, millä kohtaa tietä kuvio sijaitsee. Kuvion pinta-ala esitetään erillisenä tietona. Tiedostoformaattien monimuotoisuuden takia viheralueiden siirtäminen tierekisteriin koettiin liikaa aikaa vieväksi.

### 3.6 Toteumatietojen siirto tierekisteriin

42 tutkittavaksi valittua tieterkisterin tietolajia rajautui työn edetessä vain 19 tietolajiin, sillä tietojen siirtäminen tietomalleista todettiin oletettua työläämmäksi. Priorisoidut kohteet on esitetty kuvassa 16. Tietolajit valikoituivat tietomallin lähtötietojen ja formaatin soveltuvuudella tierekisteriin siirrettäväksi.

<b>YHTEYSVÄLI- kohtainen aineisto</b>		<b>PISTE- kohtainen aineisto</b>	
136	Ajoradan leveys	262	Alikulkupaikka
141	Pohjavesialue	263	Korkeusrajoitus
164	Pientareen leveys	509	Rummut
165	Välikaistat	512	Viemärit
167	Valaistus	523	Tekninen piste
168	Nopeusrajoitus		
171	Pohjanvahvistukset		
173	Päällysteen leveys		
501	Kaiteet		
513	Reunapaalut		
514	Melurakenteet		
515	Aidat		
518	Kivetyt alueet		
522	Reunakivet		

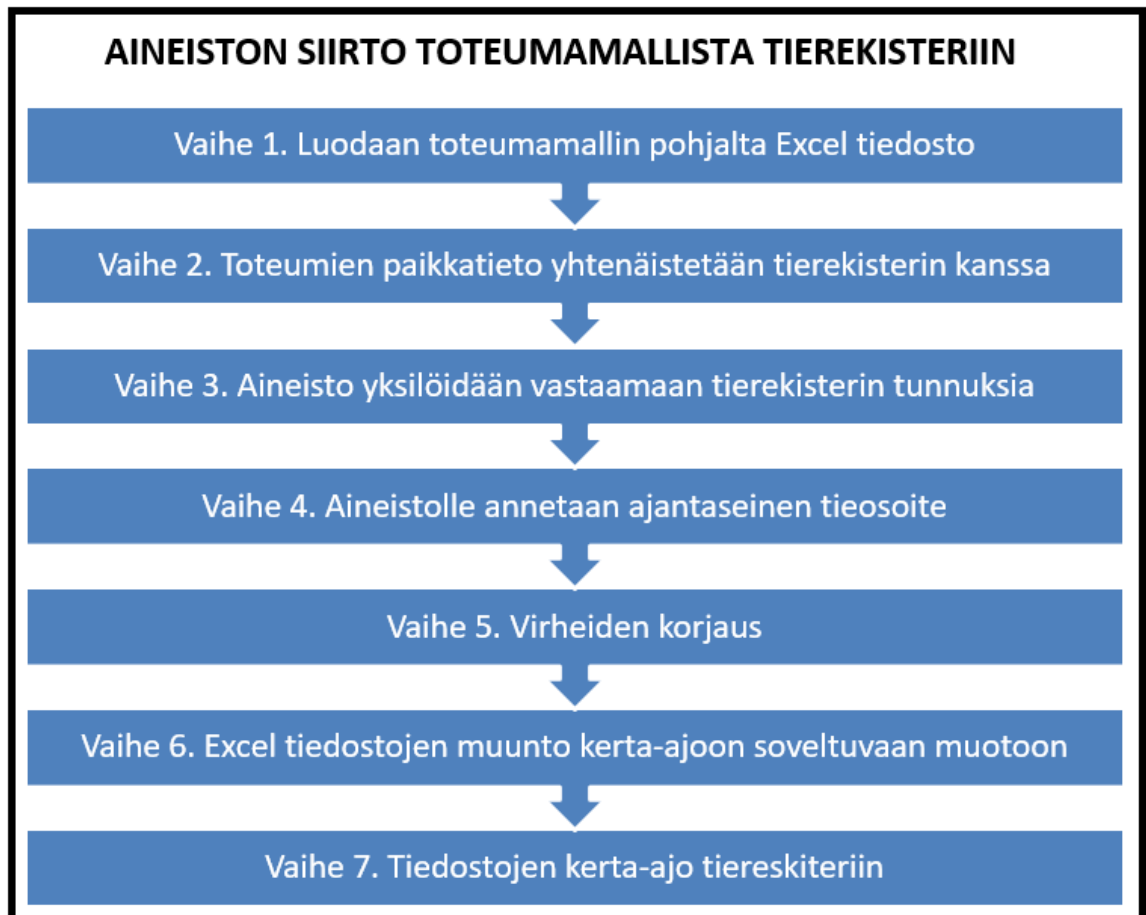
Kuva 16. Tierekisteriin siirrettävät tietolajit (ote valtion tierekisteristä)

Käytännössä tiedot hankittiin tietomalleista ulos manuaalisesti yksi tietolaji kerrallaan ja tämän jälkeen tieto muutettiin Excel-muotoon. Excel-muoto on ainoa tapa, jolla tietoa voidaan sarja-ajoina viedä tietotietorekisteriin. Tietolajien vienti tierekisteriin on pääosin manuaalista, mutta tutkimustyön aikana selvitettiin eri tietolajien tierekisteriin viennin automatisointia.

Kun tietolajit saatiin siirrettyä Excel-muotoon, tämän jälkeen aineistolle tehtiin vielä pieniä muotoon liittyviä muokkauksia ennen sen jatko hyödyntämistä. Toteumatietoja saatiin 19 ja näiden tietolajien kohdalla kaikki tiedot voitiin siirtää ja työvaiheet automatisoida.

Tutkimuksen aikana löydettiin toimintaperiaate, jolla tiedot saatiin tietomallista siirrettyä tierekisteriin, jolloin tieto on HARJA-järjestelmän kautta päivitettävissä. Kuvassa 17. nähdään polku, miten tietojen siirto saatiin onnistumaan. Toteumamallista kaivettiin manuaalisesti tieto Excel-tiedostoon. Paikkatiedot yhtenäistettiin ja aineistolle annettiin tierekisterin

mukainen koodisto. Tämän jälkeen aineistolle annettiin ajantasainen tierekisteriosoite. Ennen tierekisteriin siirtoa jouduttiin tekemään manuaalista virheenkorjausta ja tiedostot tuli muuttaa Excel-muodosta eri tiedostomuotoon, jotta tierekisteri pystyisi ottamaan tiedot vastaan. Lopuksi suoritettiin kerta-ajo, jolla siirrettiin eri tietolajit tierekisterin pohjatiedoksi.



Kuva 17. Aineiston siirto toteumamallista tierekisteriin

Tämän päivän menetelmillä tietojen tuominen tietomalleista kunnossapidon käyttöön on mahdollista ja sitä pystyy myös automatisoimaan, mutta pohjatyö automatisaation saavuttamiseksi on erittäin aikaa vievää. Automatisoinnin onnistumiseksi lähtöaineiston tulee olla tietyntylaisessa muodossa. Tiedostomuodon tulee olla Excel taulukko. Kaikki tiedot tulee olla Excelissä samalla välilehdellä sekä ylimääräistä tekstiä ei saa esiintyä. Ä ja ö kirjaimet tulee muuttaa sekä tyhjiä rivejä ei saanut esiintyä. Excelin sarakkeiden koodaus tulee olla numeromuodossa.

Listauksen perusteella voidaankin todeta, että kyseessä ei ole puhdas automatisaatio, sillä pohjatyönä joudutaan tekemään liikaa manuaalista muokkaamista. Kappaleessa 3.4 esiteltiin tiedostomuodot eli formaatit mitä TAALA-hankkeen tietomallissa esiintyi. Formaattien lisäksi tietojen monitahoinen esitystapa asetti haasteita. Tierekisteri pystyy vastaanottamaan vaan Excel-tyyppistä tietoa ja tietomallin monipuolinen aineisto harvoin onnistuu muuntautumaan juuri tierekisterin kannalta haluttuun muotoon. Tietojen muuntamisessa ja sen käsittelyssä tarvitaan manuaalista muokkausta. Vaikka lopuksi tiedon vienti voidaankin automatisoida, automaattiseksi ja sujuvaksi toimenpidettä ei voida kutsua.

### 3.7 Pohdintaa Case Taavetti-Lappeenranta hankkeen pohjalta

Taavetti-Lappeenranta hankkeessa käytettiin onnistuneesti tietomalleja suunnittelusta rakentamiseen. Hankkeen aikana syntyneet toteumatiedot olivat helposti katsottavissa itse tietomallista, mutta niiden hyödyntäminen kunnossapidossa osoittautui hankalaksi. Tähän liittyy tietoteknisiä sekä käytännön ongelmia.

Valtion teiden kunnossapidossa ylläpidetään tietoja vanhanaikaiseen tierekisteriin pohjautuen. Tierekisterin päälle on rakennettu HARJA-käyttöliittymä, joka on nykyaikaisesti tablettitietokoneilla hallittavissa. Tietorakenne pohjautuu kuitenkin Excel tyyppiseen tierekisteriin, johon pohjatiedot on saatava.

Suuren tiehankkeen valmistuttua tietomallin toteumamalli sisältää tarvittavat aineistot, joiden perusteella tierekisteri voidaan päivittää. Tiedot ovat kuitenkin monessa eri formaatissa ja niiden saaminen siihen muotoon, jota tierekisteri ymmärtäisi on manuaalista ja aikaa vievää.

Case esimerkissä osoitettiin, että tiedot ovat saatavissa tietomallista ulos ja ne voidaan eri vaiheiden jälkeen viedä tierekisteriin. Tiettyjä vaiheita pystytään automatisoimaan, joka keventää tiedonsiirron työtaakkaa, mutta automaattiseksi siirroksi kokonaisuutta on vaikea kutsua. Tämä johtui tierekisterin rajallisuudesta vastaanottaa monitahoista tietoa. Automatisointiin päästään vain suurella määrällä manuaalista työtä. Tällöin tiedon siirtoa ei voida kutsua automaattiseksi.

Kaivot ovat hyvä esimerkki automaattisen tiedonsiirron tarpeellisuudesta. Kun valmistunut tie siirtyy ELY-keskuksien kunnossapidettäväksi, tierekisterissä tulee olla pohjatietona valmistuneen tien tiestötiedot. Perinteisillä menetelmillä tiedot hankitaan pääosin maasto käynneillä. Maasto käynneillä maasto inventaariota tekevä henkilö joutuu etsimään kohteet tiealueelta ja lisättävä ne manuaalisesti rekisteriin metatietojen kanssa.

Rakennushankkeen tietomalleja voidaan hyödyntää täysmääräisenä kunnossapidossa vasta, kun kunnossapitäjä pääsee päivittämään itse tietomallin toteumamallia. Tähän kehitystyöhön menee vielä paljon aikaa.

## 4 CASE 2. 360-KUVAAMINEN KUNNOSSAPIDON TUKENA

360 kuvaaminen on kaikille tuttu lähinnä Googlen street view palvelun kautta. 360-kuvalla tarkoitetaan kuva-aineistoa, jota voidaan katsoa 360 asteen näkymällä. Normaalisissa 2d-kuvissa kuvaajaa päättää mitä kuvan oton jälkeen on katsottavissa, mutta 360 kuvassa aineistoa voidaan katselmoida mistä suunnasta tahansa.

### 4.1 360 pilotti Kaakkois-Suomen ELY-keskuksessa

Kaakkois-Suomen ELY-keskuksessa tehtiin kesällä 2018 pilotti, jossa pyrittiin kuvaamaan kaikki Kaakkois-Suomen valtion tiet. Tavoitteena oli viedä kuva-aineisto pilvipalvelimiin, joiden kautta kunnossapitäjä näkisi ajantasaisen tiedon tien kunnosta menemättä maastoon. 360-kuva aineisto tuo merkittäviä etuja kunnossapidon suunnittelun toteuttamiselle. Toimin 360 hakkeen projektipäällikkönä ja tutkimuksessa esiintyvät asiat ovat omaa kehitystyötä sekä havaintoja aiheesta.

Pilotti syntyi ajantasaisen tilannekuvan tarpeesta. Tietomallien toteumatiedot vanhenevat nopeasti ja niiden päivittäminen on vaikeaa. Vaikka aineisto saataisiinkin tierekisteriin ja sitä päivitetään HARJA-järjestelmän kautta, on tieto kuitenkin Excel pohjaista. Päivittyvä visuaalinen tilannekuva tarjoaa valtavat hyödyt tienpidon eri alueille.

Kaakkois-Suomen ELY-keskuksessa päätettiin kuvata koko tieverkko käyttäen uusimpia kuluttajamarkkinoille tarkoitettuja kuvauskalusteita. Vielä pilotin alussa ei ollut tarkkaa suunnitelmaa kuvien loppusijoituspaikasta.

Pilotti toteutettiin Insta-merkkisellä 360 kameralla, joka asennettiin henkilöauton katolle. Kameran yhteyteen asennettiin tarkkuus GPS, jolla saatiin paikkasidonaisuus. Kuvassa 18 nähdään kuusi linssinen 360 kamera.



Kuva 18. Insta pro-kamera (Rajala, 2019)

Kesän aikana tuotettiin 4500 kilometriä kuvausaineistoa ja materiaali onnistuttiin viemään kaikkien saataville pilvipalvelimiin. Vaihtoehdot kuvien loppusijoituspaikalle olivat ruotsalainen Mapillary sekä Googlen street view. Kuvassa 19 nähdään kuvauspilotin Insta merkinen kamera.

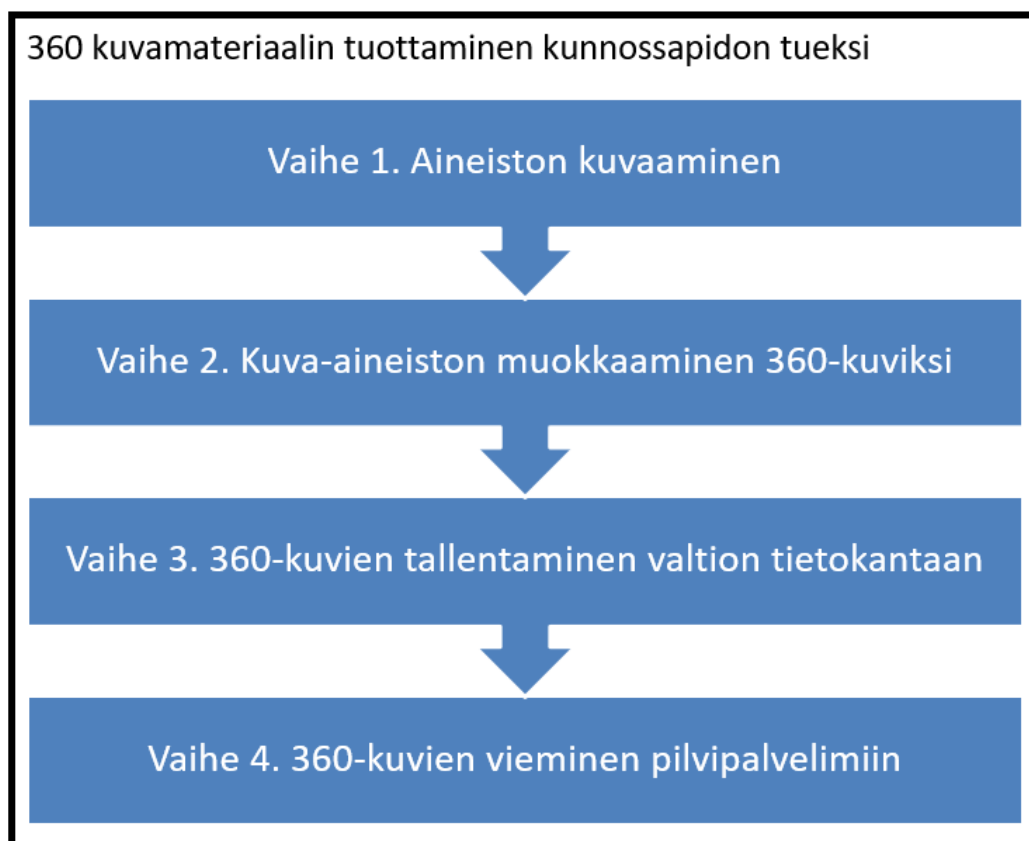


Kuva 19 Kameran asennus autoon.

Pilotin edetessä Kaakkois-Suomen ELY-keskus yhdessä Autori Oy:n kanssa onnistuivat siirtämään kuvat Googlen palvelimelle. Kuva aineistoa pääsee katsomaan monilla päätelaitteilla ja se on tällä hetkellä tuore tilannekuva. Kaakkois-Suomen ELY-keskus sekä Autori Oy olivat Euroopan ensimmäisiä Googlen ulkopuolisia organisaatioita, jotka ovat pystyneet lisäämään omaa aineistoa Googlen palvelimelle tuossa mittakaavassa.

#### 4.2 Kuvausprosessi

Kuvaamiseen vaadittiin aikaisemmin esitelty kuvauskalusto sekä erittäin tehokas tietokone. Laadukas kamera sekä teho tietokone olivat ratkaisevassa osassa. Itse kuvaus oli kohtuullisen helppoa, mutta aineiston jalostaminen käytettävään muotoon vei huomattavan paljon aikaa. Kuvasta 20 nähdään miten 360-kuvaus ja aineiston käsittely toteutettiin.

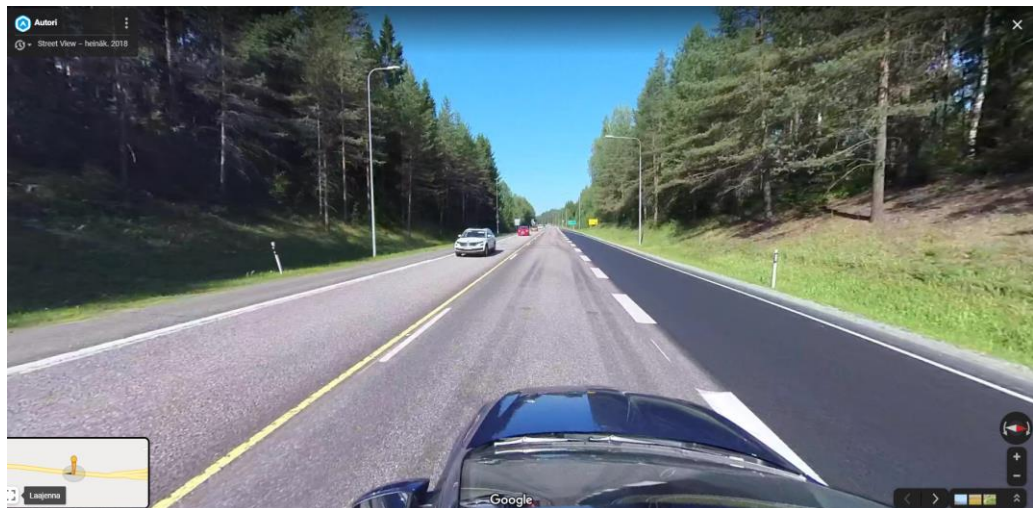


Kuva 20. 360-kuvamateriaalin tuottaminen kunnossapidon tueksi

Kamera kuvasi kuudella linssillä, jolloin jokaisesta kuvasta syntyi 6 osakuvaa. Osakuvat piti kuvauksen jälkeen yhdistää 360-kuvaksi. Tämä oli aikaa vievä toimenpide. Ilman tehokasta tietokonetta, tämä vaihe ei olisi onnistunut.

Kuvien muokkaamisen jälkeen aineisto tallennettiin valtion tietokantaan varmuuskopioiksi. Lisäksi aineisto voidaan viedä tietokannasta mihin tahansa ulkoiseen kuvapalvelimeen.

Kuvauksen aikana käytettiin tarkkuus GPS:ssää, jonka ansiosta aineisto saatiin sidottua paikkatietoon. Paikkatiedon, laadukkaan kuvamateriaalin ja kuvanmuokkauksen ansiosta aineisto pystyttiin viemään Googlen kuva pilotin tuottamaa loppuaineisto Googlen palvelimessa. Erona Googlen omiin kuviin, kuvassa näkyvää ajoneuvoa ei ole muokattu pois kuvasta. Tätä ei todettu ongelmaksi kuvien käytettävyyteen. Kuvassa 21 on esimerkkikuva pilotin kuvamateriaalista, joka on viety googlen kuvapalvelimelle.



Kuva 21, Googlen viety kuva. (Google, 2019)

#### 4.3 360 kuva-aineiston hyödyntäminen

360-kuvamateriaalin hyödynnettävyyttä pohdittiin pienryhmissä, johon liittyi tienpidon ja kunnossapidon parissa toimivia yrityksiä. Pohdinnan tuloksena saatiin listaus kohdealueista, joihin kuva-aineistoa voidaan hyödyntää. Hyödyntämiskohteet nähdään kuvasta 22.



Kuva 22. 360 kuvan hyödyntämiskohteet

Pilotin aikana todettiin, että 360 kuvaa voidaan käyttää pistemäisissä tarkastuksissa, laadunvalvonnassa, työmaanvalvonnassa. Kuva materiaali mahdollistaa myös kunnossapidon yleisen tilan kartoittamisen pelkästään näyttöpäätetyönä. Pistekohtaisissa tarkastuksissa kuvan tuottaminen lo-pulliseen muotoonsa osoittautui raskaaksi. Kuvan muokausprosessin automaation myötä menetelmä toimii myös tarkastuksissa.

Nopeasti muuttuvissa työmaakohteissa tarvitaan myös automaatiota. Ei ole mielekästä prosessoida kuva-aineistoa ja viedä sitä pilvipalvelimiin kohteissa, jotka ovat jo seuraavana päivänä muuttuneet.

Suunnitteluun, laadunvalvontaan sekä tilannekuvaan materiaali antaa valtavasti hyötyä. Kuvasta 23 voimme nähdä esimerkin mitä kaikkea kuvista voidaan laadunvalvontaan hyödyntää.



Kuva 23. 360 kuvauksen edut laadunvalvonnassa.

Pienryhmissä todettiin, että liikenneympäristön tilan näkee ajantasaisesta tilannekuvasta erittäin tehokkaasti. Viherhoito, kuivatus, ja päällysteen kunto voitiin havainnoida 360-materiaalin perusteella riittävän hyvin. Nämä vauriot eivät muutu nopealla aikasyklillä, joten kuva-aineisto ei myöskään vanhene näiden osalta nopeasti. Kuivatuksen kannalta kuvat eivät tarjoa riittävää analytiikkaa esimerkiksi ojien syvyyksistä.

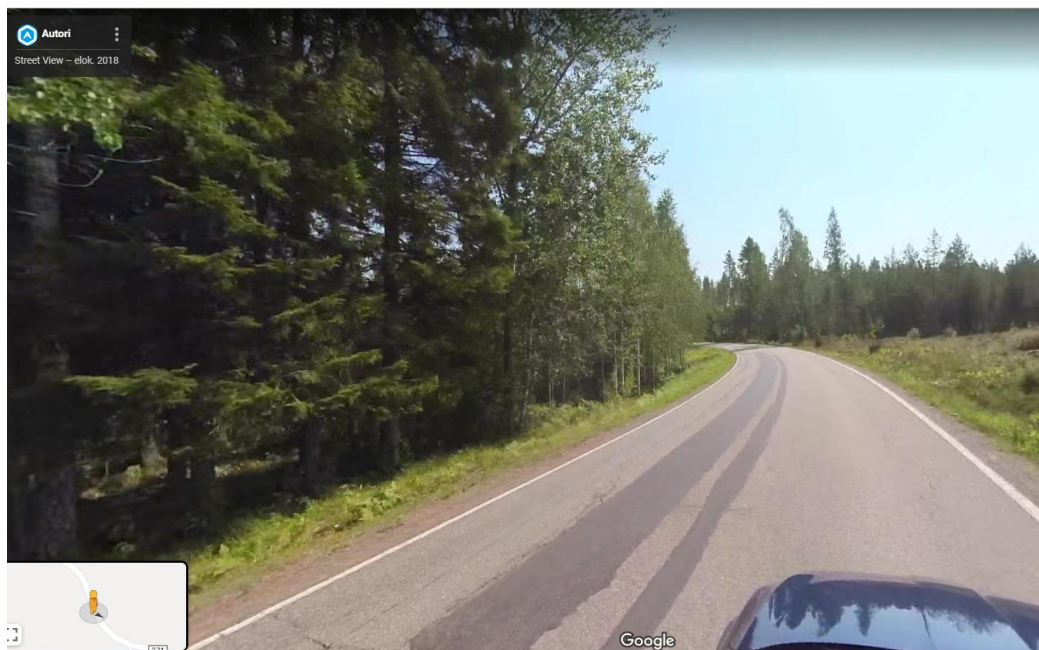
Suurin etu kuvamateriaalista on tiesuunnitelmien esitietojen hankinnassa. Teoreettisessa viitekehyksessä kerrottiin, että tiesuunnittelun alkuvaiheisiin kuuluvat esisuunnittelu sekä yleissuunnittelu. Nämä työvaiheet keräävät pohjatietoa kohteesta ja ovat tukena sidosryhmien kanssa käytävässä neuvottelussa.

360 kuvamateriaali mahdollistaa visuaalisen aineiston ilman tietomallia, jolloin sitä voidaan hyödyntää pienempien perusparannushankkeiden lähtöaineistona. Kuvassa 24 voidaan nähdä, että talo on erittäin lähellä tietä. Uuden tielinjan suunnittelussa 360 aineistoa voidaan hyödyntää tehokkaasti oikeanlaisen ratkaisun löytämiseksi.



Kuva 24. 360 kuvan hyöty suunnitteluhankkeessa (Goolge 2019)

Myös pelastuslaitos hyödyntää 360 kuvia toiminnassaan ja Kaakkois-Suomen ELY-keskus sai kiitosta kuva-aineiston päivittämisestä. Kuvassa 25 nähdään tie joka ei ole valaistu, tien pientareella ei ole tilaa pelastusajoneuvoille riittävästi. Lisäksi tienlinjan näkemä on erittäin huono. Onnettomuuden sattuessa kohde vaatii liikenteenohjauksen ja mahdollisen kiertotiekäytännön. Nämä seikat pelastuslaitos voi huomioida ennen maastoon menemistä.

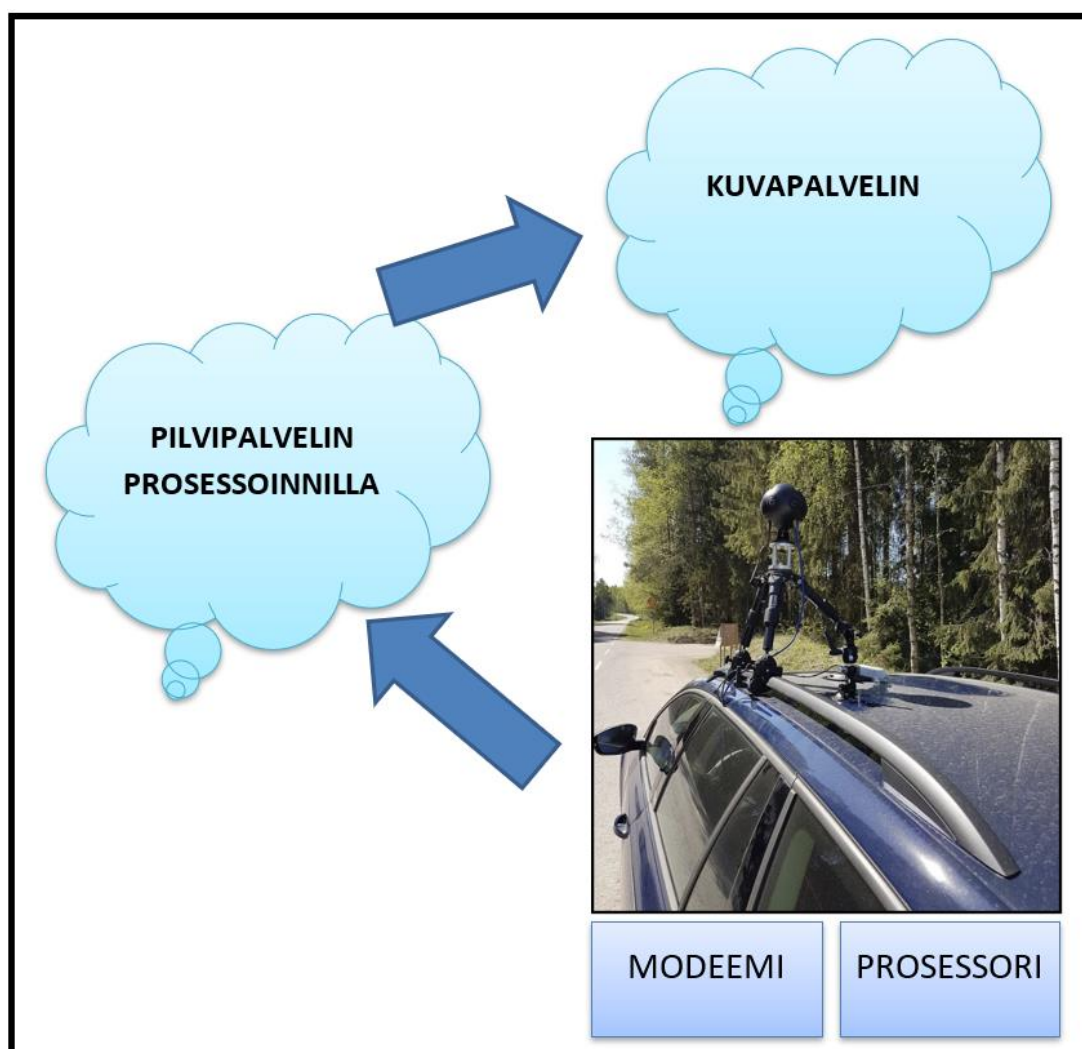


Kuva 25 Kuva huonosta näkemästä (Google 2019 b)

#### 4.4 360 kehitystarpeet

360-kuvauksen kehittämisen kannalta on oleellista automatisoida informaation kulku. Nykyisellä menetelmällä materiaali kuvataan ensin, sitten kuvat joudutaan muokkaamaan, jonka jälkeen aineisto viedään halutulle kuvapalvelimelle.

Tulevaisuudessa prosessi tulee automatisoida kuvan 26 mukaisesti. Autoon on asennettu kameravarustuksen lisäksi modeemin ja prosessori, jotka yhdessä pystyvät paikasta riippumatta lähettämään kuva-aineiston eteenpäin. Materiaali toimitetaan automaattisesti pilvipalvelimeen, jossa serveri prosessoi kuvamateriaalin haluttuun muotoon. Palvelin perusteinen järjestelmä lähettää materiaalin haluttuun kuvapalvelimeen.



Kuva 26. 360 kuvauksen tulevaisuus

Tällä hetkellä prosessi tarkoittaisi kuvaus prosessia missä kuvaaja huolehtii vain autolla ajamisesta. Autossa oleva järjestelmä hoitaisi kuvat verkkoon, missä kuvat muokattaisiin 360 muotoon. Lopulta kuvat siirrettäisiin

Googlen street view palvelimeen. Prosessi vähentäisi materiaalin tuottamiseen kuluvaa aika 70 prosentilla. Kustannukset vähenisivät ja ajantasaisen 360 tilannekuvan tuottaminen muuttuisi tehokkaaksi ja helposti tuotettavaksi.

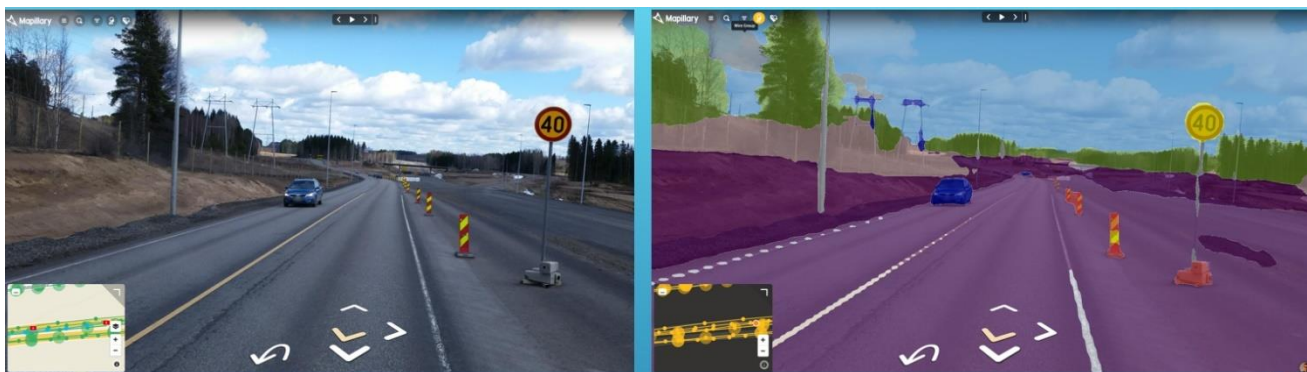
Autori Oy kehittää 360 kuvauksen automatisoitumista ja tällä hetkellä yritys on tuottanut noin 30 000 kilometriä kuvamateriaalia. Kaikki kuvat on viety Googlen street view palvelimelle. Kokonaisuuden tilaajana ovat toimineet eri ELY-keskukset. Kuvassa 27 nähdään tämän hetkinen kuvaus auto. Kuvan antoi työhöni Autori Oy.



Kuva 27. 360 kuvausauto

#### 4.5 360-kuvamateriaalin tulevaisuus

Ensimmäisessä Case esimerkissä kunnossapidon tarpeisiin pyrittiin hankkimaan tietoa tietomallien kautta. Tämä osoittautui kuitenkin haastavaksi ja aikaa vieväksi. 360-pilotin tarkoituksena oli etsiä vaihtoehtoisia menetelmiä tiedon hankintaan ja hallintaan.



Kuva 27. Koneellinen hahmon tunnistus 360-kuvista (Mapillary 2019)

Kuvassa 27 on esimerkki koneellisen hahmon tunnistuksen mahdollisuuksista. Ruotsalainen Mapillary palvelu tarjoaa käyttöliittymän, johon 360-kuva-aineisto voidaan viedä. Palvelu sisältää hahmon tunnistus ominaisuuden, jossa koneellisesti hahmon tunnistustekniikalla pystytään hankkimaan tierekisteritietoa kuvista. Normaalisti aineisto hankitaan maasto inventoinneilla, mutta hahmontunnistustekniikka etsii koneellisesti olemassa olevasta kuva-aineistosta kunnossapidon tarpeisiin tarvittavat tiedot.

## 5 CASE 3 MOBIILIKEILAUUS

Työn ensimmäisessä case-kokonaisuudessa käsiteltiin rakennushankkeen tietomalleista saatavan tiedon hyödyntämistä kunnossapidon tarpeisiin. Toisessa case-kokonaisuudessa käsiteltiin 360-kuvien soveltuvuutta kunnossapidon sekä tienpidon tarpeisiin. Rakennushankkeiden tietomallit eivät vielä tällä hetkellä sovellus kunnossapidon tarpeisiin tiedon siirtämisen ja tiedon päivitettävyyden johdosta. 360-kuvaustekniikka yhdistettynä Googlen street view palvelimeen tarjoavat helpon käyttöliittymän jonka avulla kunnossapidon töitä voidaan tarkastella ja ohjata. 360 kuvista puuttuu kuitenkin mahdollisuus mittaamiseen sekä mittaustietojen analysointiin.

Kolmas case-kokonaisuus käsittelee mobiilikeilaustekniikkaa, jolla saadaan olemassa olevasta tieverkosta mallinnettua tietomalli, joko laserkeilauksen avulla tai kuvapistepilvää käyttäen. Kyseessä on Kaakkois-Suomen ELY-keskuksen kehitystyö ja toimin siinä projektipäällikkönä.

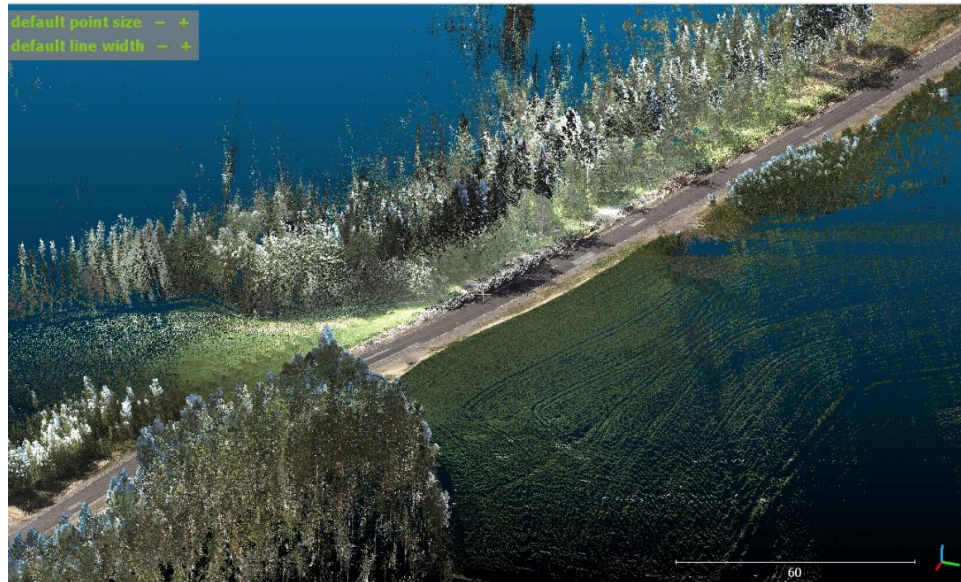
Mobiilikeilaus vastaa 360 kuvausmenetelmää, jossa henkilöauton katolle asennetaan laserkeilain ja haluttu tiestö ajetaan läpi. Kuvassa 28 nähdään Kajaanin kaupungin käyttämä mobiililaserkeilain.



Kuva 28. Mobiililaserkeilain asennettuna autoon (Kajaani, 2019)

Mobiililaserkeilaus luo maastosta tarkan pistepilven jota voidaan tulkita eri katseluohjelmilla. Kaakkois-Suomen ELY-keskus teetti keväällä 2019

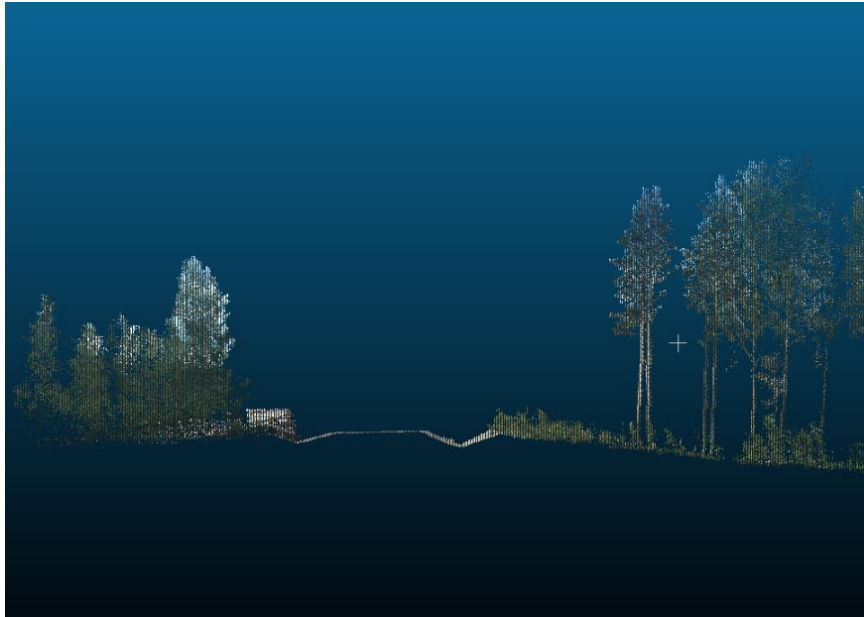
kehityshankkeen jossa testattiin mobiilikeilauksen mahdollisuuksia perusparannetun tien mallintamisessa. Kuvassa 29 nähdään pistepilvestä renderöity kuva Toijantiestä, joka sijaitsee Itä-Suomessa Taipalsaassa. Havainnekuva on saatu CloudCompare ilmaisohjelmaa käyttäen.



Kuva 29 Toijantien mobiililaserkeilaus malli.

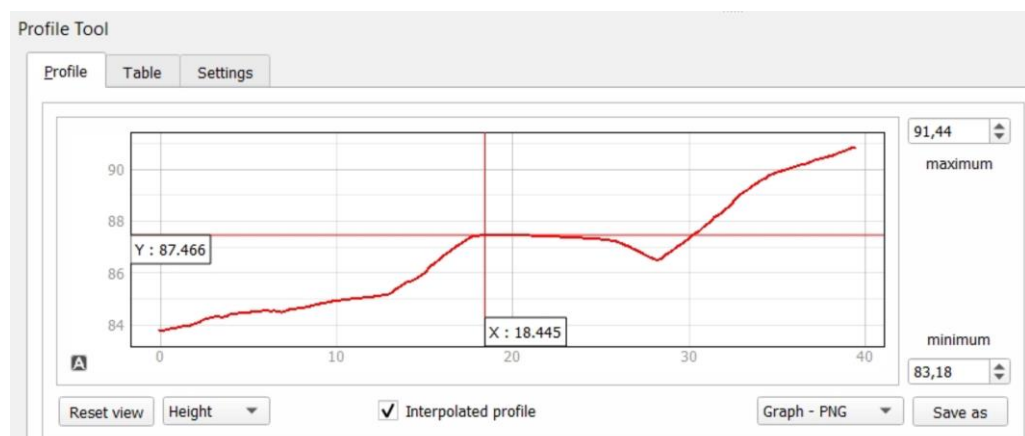
Mobiililaserkeilauksesta tuotettua mallia voidaan käsitellä samalla tavalla kuin rakennushankkeen tietomallia, mutta niiden tietosisällöt poikkeavat. Mobiilitekniikalla tuotettu tietomalli kuvaa vain tien pintarakenteita.

Mobiilikeilauksen paras anti on tiedon mitattavuus ja analysoitavuus. Tiestä voidaan ottaa halutusta kohtaa poikkileikkauspiste, josta voidaan havaita tien profiili, kuivatusjärjestelmä sekä liikenneympäristö, kuten viheralueet sekä metsät. Kuvassa 30 nähdään havainnollistava poikkileikkauspiste.



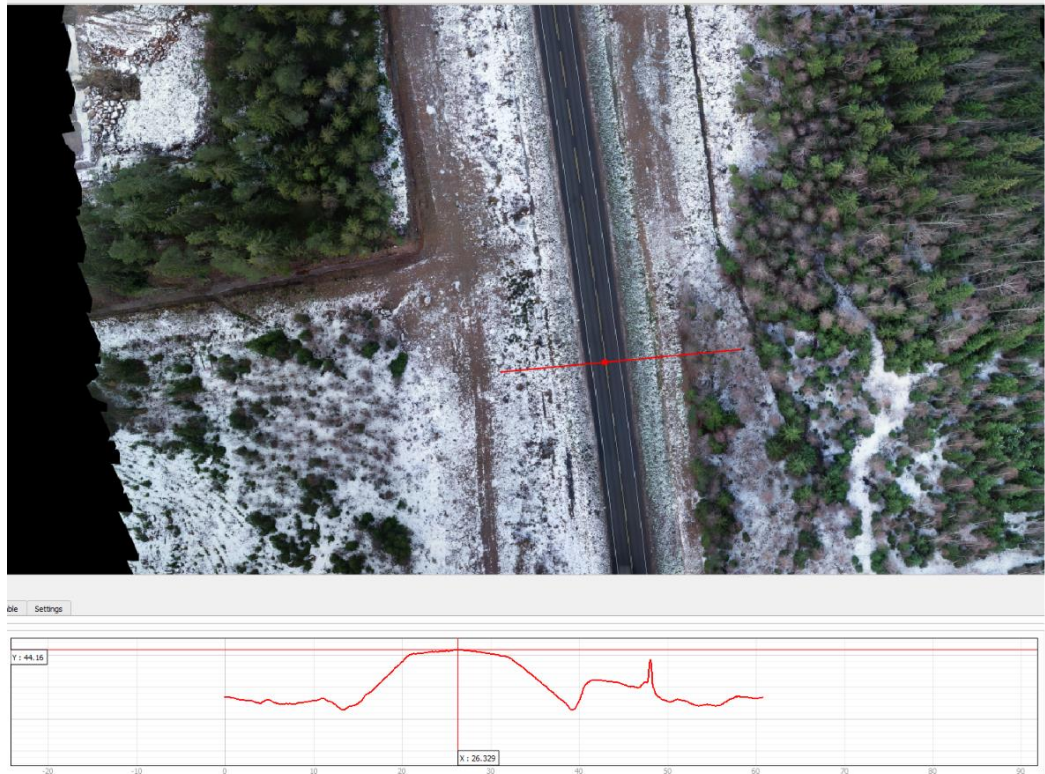
Kuva 30. Toijantien havainnollinen poikkileikkauspiste.

Mobiililaserkeilauksen aineisto voidaan käsitellä myös DEM mallina (Digital Elevation Mode). Mallissa hyödynnetään kuvaa rasteri muodossa mikä on asemoitu ja pitää sisällään korkeusarvot. Kuvasta 31 nähdään rasteri-aineistosta saatu poikkeleikkauspiste Toijantiestä. Kuvassa nähdään tien profiili sekä osa kuivatusjärjestelmää. Kunnossapidon kannalta kuvassa oleellisinta on ojien syvyyden mittaaminen. 360 kuva ei pysty tuottamaan vastaa aineistoa. Rakennushankkeiden tietomallien tiedonsiirron ja päivitettävyyden ongelmat eivät mahdollista vastaavaa tieprofiilin analysointia. Myöskään mobiili laserkeilauksen aineisto ei pystytä viemään tietoa nykyiseen valtion tierekisteriin, mutta sen avulla voidaan tehdä ratkaisuja kunnossapidon toimenpiteitä varten erillisenä kokonaisuutena.



Kuva 31. Tien poikkileikkauspiste, jossa kuivatusjärjestelmä on mitattavissa.

Mobiililaserkeilauksen lisäksi vastaavaa poikkileikkaus aineistoa saadaan aikaiseksi kuvapistepilvi menetelmällä. Tekniikka ei anna yhtä luotettavaa tulosta kuin laserkeilaus, mutta antaa riittävän tuloksen kunnossapidon töiden ohjaukseen. Kuvapistepilven hankkimiseksi Kaakkois-Suomen ELY-keskus teetti kokeilun, jossa käytettiin drone lennokkia, joka kameran avulla pystyi muodostamaan kuvapistepilven. Kuvassa 32 nähdään dronen tuottamaa kuvaa Cloud compare sovelluksen kautta. Myös kuvapistepilvestä muodostetusta mallista voidaan poimia mitattavissa oleva poikkeileikkauspiste.



Kuva 32, Dronella kuvatun kuvapistepilven malli.

Mobiilikeilaus mahdollistaa pitkän aikavälin tarkastelun suhteessa juuri valmistuneen tien profiiliin. Alkuperäistä poikkileikkausta käytetään verkkoina seuraavien vuosien mallinnusten poikkeileikkaustietoihin. Aineistosta nähdään päällysteen urautuminen, viheralueiden rehevöityminen sekä kuivatusjärjestelmän puutteet.

## 6 YHTEENVETO

Teiden kunnossapidon kannalta on oleellista, että uusien tiehankkeiden tietomallien toteumatiedot eivät jäisi hyödyntämättä. Käytännössä ongelma ei ole tietomalleissa vaan valtion omissa tietokannoissa. Tierekisteri perustuu taulukkomalliin ja uuden digitaalisen aineiston linkittäminen siihen ei tällä hetkellä ole järkevästi toteutettavissa. Valtion menetelmiä tulisi kehittää tietomallien suuntaan. On harhaanjohtavaa ajatella, että ongelma olisi tietomalleissa. Niiden potentiaali tulisi valjastaa kunnossapidon käyttöön.

Tutkimustyössä on käsitelty kolmea toisistaan eroavaa tekniikkaa hallita kunnossapidon infraa. Tietomallit ja 360-kuvaus tekniikka eivät ole toisiaan poissulkevia vaan niiden tulee jatkossa täydentää toisiaan. Kaiken perustana on koordinaatteihin sidottu paikkatieto. Tämän avulla tietomallit ja 360-kuva voidaan yhdistää.

Tulevaisuudessa tietomallit ja 360-kuva tulee ajatella kokonaisuutena. Kuvia voidaan katsoa itsenäisesti tai augmented reality tyyliä limittäen. Käyttöliittymän perusolemus voisi olla karttapohjainen 360-tyylinen ajantasainen tilannekuva, joka päivittyy automaattisesti, kun kunnossapito urakan autot ajavat aluetta läpi.

Autoihin on asennettu tarvittava kuvauskalusto ja toiminta on automatisoitu. Suunnittelua tekevät henkilöt käyttävät tilannekuvaa hyödykseen, mutta esimerkiksi korjaustyötä suorittavat henkilöt voivat muuntaa kuvan tietomallityypiksi.

Esimerkiksi kuivatustöitä suunnitellessa kohteet voidaan valita 360-kuvan perusteella sekä mobiilimallinnuksen tuottamien poikkeileikkaustietojen pohjalta. Töiden toteuttamisen suunnittelussa tarvitaan kaapelitiedot, jolloin 360-kuvaan lisätään maanalaiset kaapelitiedot mukaan. Tienvarsirumpuja korjattaessa voidaan suoraan katsoa tietomallista, mitkä ovat rummun rakenteelliset tiedot ja miten se tulee asentaa. Tietomallista voitaisiin myös ottaa raportti kohteista, jotka ovat elinkaaren lopussa, jolloin kunnossapidon priorisointi ja rahojen kohdentaminen tehostuvat.

Kuvassa 33. havainnollistetaan tietomallin ja 360 kuvan rinnakkaisuutta. Mallissa käyttäjä voisi vapaasti valita ja laittaa limittäen ajantasaisen 360-kuvan ja tietomallin toteumamallin tietoja. Lisäksi käyttäjällä on mahdollista nähdä kunnossapidon toteumatietoja vastaavalla tavalla kuin HARJA-järjestelmässä. Kustannustiedot sekä toteutuneet määrät on mahdollista saada järjestelmästä. Toteumatietoja kunnossapidon tasosta voidaan seurata mobiilikeulauksen tuottamasta poikkileikkausmallista.



Kuva 33. Tietomallin, 360 kuvan ja mobiilikeilauksen yhdistäminen.

On selvää, että tämänkaltaisen järjestelmän tuleminen kunnossapidon käyttöön vie aikaa, mutta kokonaisuus tehostaisi koko tienpidon toimintaa. Malli säästäisi aikaa, rahaa, resursseja sekä hoidon kohteiden priorisointi tehostuisi.

## LÄHTEET

Forconstructionpros. (2019) Hoe to use bim for road building projects. Haettu 15.12.2019 <https://www.forconstructionpros.com/asphalt/article/21087976/how-to-use-bim-for-road-building-projects>

Fav. (2019). Lateral road systems laser scannig. Haettu 10.12.2019. [https://favpng.com/png\\_view/crack-road-lateral-road-system-laser-scanning-png/42YDEVDK](https://favpng.com/png_view/crack-road-lateral-road-system-laser-scanning-png/42YDEVDK)

Google (2019) Häppiläntie. haettu 22.11.2019 [https://www.google.fi/maps/@60.544051,27.3940064,3a,75y,285.37h,86.64t/data=!3m8!1e1!3m6!1sAF1QipM19XK8JpWa116C8ECSom4EbcgtG7cl\\_gmuNvY!2e10!3e11!6shttps:%2F%2Fh5.googleusercontent.com%2Fp%2FAF1QipM19XK8JpWa116C8ECSom4EbcgtG7cl\\_gmuNY%3Dw203-h100-k-no-pi-4.4551773-ya28.292-ro-0.12677002-fo100!7i7680!8i3840](https://www.google.fi/maps/@60.544051,27.3940064,3a,75y,285.37h,86.64t/data=!3m8!1e1!3m6!1sAF1QipM19XK8JpWa116C8ECSom4EbcgtG7cl_gmuNvY!2e10!3e11!6shttps:%2F%2Fh5.googleusercontent.com%2Fp%2FAF1QipM19XK8JpWa116C8ECSom4EbcgtG7cl_gmuNY%3Dw203-h100-k-no-pi-4.4551773-ya28.292-ro-0.12677002-fo100!7i7680!8i3840)

Google (2019 b) Kuva huonosta näkemästä. Haettu 22.11.2019 [https://www.google.fi/maps/@60.754029,26.8754603,3a,75y,132.17h,88.46t/data=!3m7!1e1!3m5!1sAF1QipNNYWJvCDRaFWxyER\\_8CuT4u5-sq4-AtqS\\_cMg!2e10!3e11!7i7680!8i3840?hl=fi&authuser=0](https://www.google.fi/maps/@60.754029,26.8754603,3a,75y,132.17h,88.46t/data=!3m7!1e1!3m5!1sAF1QipNNYWJvCDRaFWxyER_8CuT4u5-sq4-AtqS_cMg!2e10!3e11!7i7680!8i3840?hl=fi&authuser=0)

Liikennevirasto. (2019) Mikä on tietomalli .Haettu 30.6.2019 <https://www.liikennevirasto.fi/palveluntuottajat/inframallit/mika-on-tietomalli-#.W833KksZPY>

Liikennevirasto. (2017) Tie- ja ratahankkeiden inframalliohje Haettu 6.6.2018 [https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lo\\_2017-12\\_tie\\_ratahankkeiden\\_web.pdf](https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lo_2017-12_tie_ratahankkeiden_web.pdf)

Liikennevirasto. (2010) Tiesuunnittelun kulku. Haettu 8.6.2018 [https://www.liikennevirasto.fi/documents/20473/34253/tiesuunnittelun+kulku\\_esite.pdf/1341b1b2-4629-4bdf-a763-32f41c7334e4](https://www.liikennevirasto.fi/documents/20473/34253/tiesuunnittelun+kulku_esite.pdf/1341b1b2-4629-4bdf-a763-32f41c7334e4)

Liikennevirasto (2019) Tietomallin formaatit. Haettu 10.10.2018 [www.liikennevirasto.fi/palveluntuottajat/inframallit/tietomalli-ohjeistus#.W833K0szZPY](http://www.liikennevirasto.fi/palveluntuottajat/inframallit/tietomalli-ohjeistus#.W833K0szZPY)

Kajaani (2019) Mobiilikeilain autossa. Haettu 15.12.2019 <http://www.kajaani.fi/fi/tiedote/kajaanin-kaupunki-suorittaa-mobiilikeilasta-keskustassa-seuraavan-kahden-viikon-ajan>

Kotisivukone (2017) Tietojärjestelmät ja palvelut. Haettu 7.8.2018. [https://asiakas.kotisivukone.com/files/ipt-hanke.fi.auttaa.fi/Tiestotietojarjestelmat\\_ ja \\_palvelut\\_hankinta\\_IPT2\\_tyopaja\\_Kaasalainen.pdf](https://asiakas.kotisivukone.com/files/ipt-hanke.fi.auttaa.fi/Tiestotietojarjestelmat_ ja _palvelut_hankinta_IPT2_tyopaja_Kaasalainen.pdf)

Maanmittauslaitos (2019) 3D-tietomallit suunnittelupöydältä työmaakoneisiin. Haettu 10.12.2019. <https://www.maanmittauslaitos.fi/tietoa-maanmittauslaitoksesta/ajankohtaista/lehdet-ja-julkaisut/positio-lehti/lehdet/positio-8>

Mapteam (2019) Koneohjausmalli. Haettu 10.12.2019. <https://www.mapteam.fi/mittauspalvelut/koneohjausmallit/>

Mapillary (2019) Haettu 22.11.2019 [https://www.mapillary.com/app/?lat=60.896629644557834&lng=26.91307025961578&z=16.813496063643257&pKey=DwUs5uTwbcwjTL\\_NNYxqaQ&focus=photo](https://www.mapillary.com/app/?lat=60.896629644557834&lng=26.91307025961578&z=16.813496063643257&pKey=DwUs5uTwbcwjTL_NNYxqaQ&focus=photo)

Mp Maps (2019) Laserkeilaus. Haettu 10.12.2019. [https://mp-map.com/palvelut/laserkeilaus/?gclid=EAlalQobChMlu5ud2cfC5glVU-YmyCh16OwdREAYASAAEgJNafD\\_BwE](https://mp-map.com/palvelut/laserkeilaus/?gclid=EAlalQobChMlu5ud2cfC5glVU-YmyCh16OwdREAYASAAEgJNafD_BwE)

Paper nips (2019) 360 kuvaus. Haettu 10.12.2019. <http://papers.nips.cc/paper/6656-learning-spherical-convolution-for-fast-features-from-360-imagery.pdf>

Rajala (2019) Insta pro kamera. Haettu 19.12.2019. <https://www.rajalamera.fi/insta360-pro-8k>

VTT. (2004) Älykäs tietyömaa, Tienrakennuskoneiden modulaarinen ohjaus. Haettu 5.5.2018 <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2004/T2255.pdf>

Väylä (2019) Tieräkisteri tietojärjestelmä. Haettu 2.1.2019 <https://www.liikennevirasto.fi/documents/20473/143621/tieosoitteij%C3%A4rjestelm%C3%A4.pdf/a01ed3ae-2c0c-453d-9f4d-65176fc9aae2>

Väylä (2017) Harja- järjestelmä tehostaa teiden hoidon laadun seurantaa. Haettu 15.7.2018 <https://www.liikennevirasto.fi/-/harja-jarjestelma-tehostaa-teiden-hoidon-laadun-seurantaa#.W9LT9EszZaQ>

Väylä (2017b) Vt6 Taavetti- Lappeenranta <https://www.liikennevirasto.fi/taavettilappeenranta#.W83-XUszZPY>