



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Tomas Bärlund

Työkoneautomaatio ratakunnossapidossa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Rakennusmestari (AMK)

Rakennusalan työnjohdon tutkinto-
ohjelma

Mestarityö

Tekijä Otsikko	Tomas Bärlund Työkoneautomaatio ratakunnossapidossa
Sivumäärä Aika	27 sivua + 1 liite 17.4.2020
Tutkinto	rakennusmestari (AMK)
Tutkinto-ohjelma	rakennusalan työnjohto
Ammatillinen pääaine	infrarakentaminen
Ohjaajat	Mika Pussinen, työmaainsinööri Destia Rail Oy Matti Leppä, laboratorioinsinööri Metropolia AMK
<p>Mestarityön tavoitteena oli löytää ratkaisu, jolla voidaan ehkäistä ratakoneiden työalueiden ylityksistä aiheutuvat rautatieturvallisuuden vakavat vaaratilanteet ja aiheutetut laitevauriot. Lisäksi tavoitteena oli selvittää ratatyökoneella tehtävien kunnossapitotöiden ohjaamisen ja raportoinnin mahdollisuudet työkoneautomaatiota hyödyntämällä.</p> <p>Tutkimusmenetelminä käytettiin lähteinä käytettyjen verkkosivustojen materiaaleja, Destian omia tietokantoja, kiskopyöräkaivinkone, joka varustettiin työkoneautomaatiolla, josta toteutettiin hanke työkonepilottina. Lisäksi suoritettiin henkilöhaastattelut tämän pilotin jälkeen.</p> <p>Tulokseksi saatiin tehdyn työkonepilotin muistiinpanot, pilotin parissa työskennelleiden henkilöiden haastattelutulokset, sekä päätelmät ja johtopäätökset jatkokehitysehdotuksiin näistä esitellyistä aiheista. Mestarityön aiheen varjolla pidetään suuri osa saaduista tuloksista sekä johtopäätöksistä salaisina yrityksen omaan käyttöön.</p> <p>Mestarityötä tehtäessä kulunut talvi 2019-2020 oli työkonepilotin alueella Tampere-Seinäjoki hyvin vähäluminen, joten käytännön tuloksia talvikunnossapidon työkoneautomaation käytöstä ei juurikaan saatu.</p> <p>Päätelmissä esitellään Infrakit- pilvipalvelun soveltuvuutta radan kunnossapitoon yrityksen käyttämän koneohjausjärjestelmän näkökulmasta.</p>	
Avainsanat	automaatio, rata, työkone, suojaulottuma, pilotti

Author Title	Tomas Bärlund Work Machine Automation in Track Maintenance
Number of Pages Date	27 pages + 1 appendice 17 April 2020
Degree	Bachelor of Construction Site Management
Degree Programme	Construction Site Management
Professional Major	Infrastructure Construction
Instructors	Mika Pussinen, Work Site Engineer, Destia Rail Oy Matti Leppä, Laboratory Engineer, Metropolia AMK
<p>The aim of this thesis was to find a solution for preventing serious railway incidents and equipment damage caused by crossings of work areas of railway machines. In addition, the goal was to determine the possibilities of controlling and reporting on the maintenance work performed on the track by utilizing work machine automation.</p> <p>Source materials from websites and Destia's own databases were studied, and a work machine pilot was conducted on a rail wheel excavator which was equipped with work machine automation. In addition, face-to-face interviews were conducted after this pilot.</p> <p>The results were notes from the completed work machine pilot, the results of interviews with people who worked with the pilot as well as conclusions and suggestions for further development on these presented topics. Under the topic of the thesis, much of the results obtained are kept secret for the company's own use.</p> <p>Last winter of 2019 - 2020 when doing the thesis there was very little snow in the Tampere-Seinäjoki area of the work machine pilot; thus, few practical results were obtained from using work machine automation in winter maintenance.</p> <p>In the Conclusion, the suitability of the Infrakit cloud service for track maintenance is presented from the perspective of the machine control system currently used by the company.</p>	
Keywords	automation, railroad track, work machine, safety reach, pilot

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Työkoneautomaatio ratakunnossapidossa	3
2.1	Ratatyöturvallisuus	3
2.2	Ratakunnossapito	4
2.3	Tietomallinnuksen hyödyntäminen ratatoiminnassa	5
2.4	Työkoneautomaatio	7
2.5	Työkoneautomaatiosovellukset	8
2.5.1	Novatron	8
2.5.2	Infrakit	10
2.6	Projektin toteutus	12
2.7	Kokeellinen osuus	12
3	Tulokset	16
3.1	Työkonepilotti Seinäjoella tulokset	16
3.2	Henkilöhaastattelut pilotin lopussa	16
3.3	Lumitöiden seurannan tulokset	17
4	Päätelmät	19
4.1	Työkonepilotin päätelmät ja yhteenveto	19
4.2	Jatkokehityskohteet	19
4.2.1	Ratatyöalueella pysyminen	19
4.2.2	Avoimen datan ongelmat radan kunnossapidossa	20
	Lähteet	21

Liitteet

Liite 1. Työkonepilotti aikaikkunat

Lyhenteet ja käsitteet

BALIISI	Baliisi on rautatien kiskojen väliin sijoitettu lähetin, joka aktivoituu liikkuvan kaluston alle sijoitetun radioantennin lähettämästä liikkeestä ja lähettää kulunvalvontaan tietoa opastimista, nopeusrajoituksista ja radan geometriasta. [8.]
DRONE	Drone eli quadrokopteri: kansanomainen ilmaisu, jolla tarkoitetaan kaikkia miehittämättömiä laitteita maalla, merellä ja ilmassa. [2.]
GNSS	Global Navigation Satellite System: koko maailmaa palveleva satelliittipaikannusjärjestelmä [4.]
GPS	Global Positioning System: USA:n puolustusministeriön ylläpitämä GNSS-järjestelmä [4.]
JETI	JETIssä eli Junaliikenteen ennakkotiedot -järjestelmässä laaditaan, jaetaan ja ylläpidetään ennakoilmoituksia ja radan liikennöitävyyteen vaikuttavia tietoja. Järjestelmässä laaditaan ja hyväksytään rataverkolla tehtävät ratatyöt ja ennakkosuunnitelmat.
OPASTIN	Opastin on laite, jolla opastetaan junankuljettajaa lamppujen ja värilasien muodostamalla opastinkuviolla. [8.]
RAIDE	Raide koostuu ratapölkkyistä, ratakiskoista, ratakiskojen kiinnitys- ja jatkososista sekä vaihteista ym. raiteen erikoisrakenteista. [7.]
RATA	Rata käsittää yhden tai useamman raiteen, raiteiden tukikerroksen, pinnanmuodostuksen kaikki rakenteet (penkereet ja leikkaukset, ojat, routarakenteet), radan rakenteeseen ja liikennöintiin kuuluvat erikoisrakenteet ja -laitteet (sillat, rummut, turvalaitteet ja sähköraataan kuuluvat laitteet). [7.]
RATATYÖKONE	Ratatyökoneella tarkoitetaan sellaista työkoneetta ja ajoneuvoa, joka voi kulkea joko pelkästään kiskoilla, tai sekä kiskoilla että maalla. Ratatyökone

koostuu peruskoneesta ja siihen liitetystä ratavarustuksesta. Ratatyökone voi liikkua myös muutoin kuin omalla konevoimallaan. Ratatyökone ei ole liikkuvaa kalustoa. [7.]

RSU Ratatyön suojaulottuma (RSU) on pitkin raidetta ulottuva tila, jonka sisäpuolella työskentely tapahtuu ratatyönä tai työ voidaan tehdä tietyin edellytyksin turvamiestoiminnalla tai RATSU:a käyttäen. Ratatyön suojaulottuman reunan etäisyys on: yksiraiteisella radalla 2,5 metriä lähimmästä kiskosta tai sähköradan pylväslinjan sisäreuna. useampiraiteisella radalla tai ratapihalla 2,5 metriä uloimpien raiteiden uloimmasta kiskosta tai sähköradan pylväslinjan sisäreuna. Raiteiden välissä RSU on sama kuin aukean tilan ulottuma (ATU) raidevälin ollessa 6,9 metriä tai vähemmän. Raidevälin ollessa yli 6,9 metriä ei käytetä enää ATU:a vaan RSU:a. Lisäksi on huomioitava sähköradan suojaetäisyydet, joita ei saa alittaa. [7.]

RUMA RUMA on Väyläviraston rataurakoitsijoiden mobiilialusta, jota käytetään ratatyöryhmän paikantamiseen sekä ratatyö- ja liikenteen rajoite- ilmoitusten laadintaan.

TURVAMIESTOIMINTA

Turvamiestoiminnalla turvataan työtä, joka ei ole ratatyötä. Turvamiestointia jaetaan eri menettelyihin sen mukaan, tehdäänkö töitä RSU:n sisä- vai ulkopuolella. RSU:n sisäpuolella turvataan liikennöidyillä raiteella jalkaisin tehtäviä töitä. RSU:n ulkopuolella turvataan henkilö- ja työkonetyötä. [7.]

TYÖKONE Työkoneella tarkoitetaan konetta tai ajoneuvoa, jonka ohjaimia käyttää tai sitä ohjaa erillinen kuljettaja tai koneen käyttäjä. Työkoneita ovat ratatyökoneet ja maalla liikkuvat työkoneet. [7.]

TYÖKONEAUTOMAATIO

Työkoneautomaatiolla tarkoitetaan työkoneen varustamista koneohjausjärjestelmällä. Koneohjausjärjestelmän keskeinen idea on paikantaa työkone reaaliaikaisesti kohdealueelle ja havainnollistaa kuljettajalle ohjaamossa

olevan näyttöpäätteen avulla työkoneen ja työterän sijainti suhteessa suunnitelmaan. [7].

1 Johdanto

Tämä opinnäytetyö tehdään Destia Rail Oy:lle. Yritys tarjoaa ratatyöpalveluita kattavasti koko radanpidon elinkaaren ajan kaikkialla Suomessa. Destia Rail vastaa seitsemästä Suomen kahdestatoista rataverkon kunnossapitoalueesta vuonna 2019 (kuva 1).

Destian radan kunnossapitämät alueet 1.1.2019 lähtien

-----	Alue 1: Uusimaa	
-----	Alue 2: Lounaisrannikko	
-----	Alue 3: (Riihimäki)–Kokkola	DESTIA
-----	Alue 4: Rauma–(Pieksämäki)	
-----	Alue 5: Haapamäen tähti	DESTIA
-----	Alue 6: Savon rata	DESTIA
-----	Alue 7: Karjalan rata	
-----	Alue 8: Ylä-Savo	DESTIA
-----	Alue 9: Pohjanmaan rata	DESTIA
-----	Alue 10: Keski-Suomi	
-----	Alue 11: Kainuu–(Oulu)	DESTIA
-----	Alue 12: (Oulu)–Lappi	DESTIA



Kuva 1. Destian radan kunnossapitämät alueet 1/2019 lähtien. [1.]

Rautateillä tapahtuu rautatieturvallisuuden vakavia vaaratilanteita johtuen ratatyöalueiden ylityksistä. Lisäksi työkoneet aiheuttavat vuosittain vaurioita radan laitteisiin, koska eivät havaitse niitä muun muassa lumen alta. Ongelmien ratkaisemiseksi on selvitettävä nykyistä tarkempien paikantamisratkaisujen soveltuvuutta radan suojaulottuman (RSU) ylitysten ja laitevaurioiden ehkäisemiseksi. Myös tuotannon tehostamisen kannalta on

tarpeen selvittää työkoneautomaation käyttökelpoisuutta radan kunnossapidossa. Kiskopyöräkaivinkoneen varustaminen työkoneautomaatiolla on luonteva ratkaisu, koska siitä on jo kokemusta yrityksen rakentamisen projekteilla ja sen käyttökelpoisuutta kunnossapidon töiden ohjaukseen ja raportointiin on mahdollista tutkia samalla.

Mestarityön tavoitteena on löytää ratkaisu, jolla voidaan ehkäistä ratakoneiden työalueiden ylityksistä aiheutuvat rautatieturvallisuuden vakavat vaaratilanteet ja aiheutetut radan laitevauriot. Lisäksi tavoitteena on selvittää ratatyökoneella tehtävien kunnossapitotöiden ohjaamisen ja raportoinnin mahdollisuudet työkoneautomaatiota hyödyntämällä.

Opinnäytetyön tutkimusmenetelminä käytettiin lähteinä käytettyjen verkkosivustojen materiaaleja, Destian omia tietokantoja, työkonepilottina toteutettua hanketta, sekä tämän pilotin jälkeisiä henkilöhaastatteluja.

2 Työkoneautomaatio ratakunnossapidossa

2.1 Ratatyöturvallisuus

Rautatiellä työskentelyyn liittyy erilaisia ohjeita ja säädöksiä, joilla varmistetaan sekä radankäyttäjien että työntekijöiden turvallisuus. Väylävirasto on kerännyt nämä ohjeet TURO:n eli radanpidon turvallisuusohjeisiin.

TURO:n luvussa 5.5.2 määritellään liikenteenohjauksen tapoja suojata ratatyö. Liikenteenohjauksessa käytetään ratatyön suojaamiseen suojaustapoja, jotka rajaavat ratatyöalueen tehokkaimmin. Suojaustapoja ovat

- ajonestot
- yksittäisten opastimien lukitseminen
- ohiajovarojen käyttäminen
- ratatyöalueelle kulkutien estävän kulkutien muodostaminen
- yksittäisten vaihteiden lukitseminen suojaavaan asentoon ja raiteensulku
- ratatyöalueelle kulkutien estävän paikallisluvan asettaminen
- ratatyöalueen suojaaminen lupapaikoin suojustamattomalla radalla

[7]

TURO:n luvussa 5.7.1 ohjeistetaan, että ennalta suunnitellusta ratatyöstä on tehtävä ennakkosuunnitelma ja se toimitetaan liikennesuunnittelijalle vähintään seitsemän vuorokautta ennen ratatöiden alkamista. Ratatyöilmoitus laaditaan RUMA:ssa. Ilmoitus kertoo liikenteenohjaukselle ja RUMA:n kirjautuneille työryhmän jäsenille tarvittavat tiedot tehtävästä ratatyöstä. [7.]

2.2 Ratakunnossapito

Radan kunnossapitoon kuuluvat tarkastukset, huollot, korjaukset ja talviaikaan lumityöt. Suomen rataverkko on jaettu kahteentoista kunnossapitoalueeseen, joiden kunnossapitosopimukset Väylä kilpailuttaa viiden vuoden välein palveluntarjoajilla eli kunnossapitourakoitsijoilla. Kunnossapidossa otetaan huomioon radan eri osien elinkaaren kaikki vaiheet.

Radan kunnossapitoalueilla on nimetyt rataisännöitsijät, joiden tehtäviin kuuluvat

- kunnossapito- ja rakennustöiden valvonta
- rataverkon hallinnan luvat ja sopimusten valmistelu
- maankäyttö
- töiden kilpailutusten valmistelu

[8.]

Raideliikenneosuus Tampere-Seinäjoki sekä ratapihat kuuluvat kunnossapitoalueelle kolme, josta Destia Rail vastaa vuosina 2019 - 2023. Kunnossapitoalueesta tehdyssä lumityösuunnitelmassa kuvataan toimenpiteet ja resurssit, joiden avulla Toimittaja varmistaa junaliikenteen häiriöttömän toteutumisen talvikautena kunnossapitoalueella. Lumityösuunnitelma käsittää raiteistojen lisäksi alueen ratapihat ja kohtauspaikat sekä laituri-, piha- ja tiealueet. Suunnitelmassa kuvataan toimintamalli, jonka avulla turvataan raide- ja ratapihaliikenne sekä laituri-, piha- ja tiealueiden turvallinen käyttö talvisissa olosuhteissa. Lumityösuunnitelma tehdään yhteistyössä liikenteenohjauksen ja rautatie liikenteen operaattorin (VR Group) kanssa.

Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan talvikunnossapitoa ratatöissä tapahtuvien laiterikojen suuren määrän takia kunnossapidon tehtävissä talviaikaan.

Ennen talvikauden alkua suoritetaan alustavia radan kunnossapidon huoltotoimenpiteitä. Näihin kuuluvat muun muassa radan vaihteiden puhdistukset ja lumisuojiin asennustyöt.

Talvikauden lumitöiden lisäksi Destian radan kunnossapitotöihin sisältyvät seuraavat palvelut:

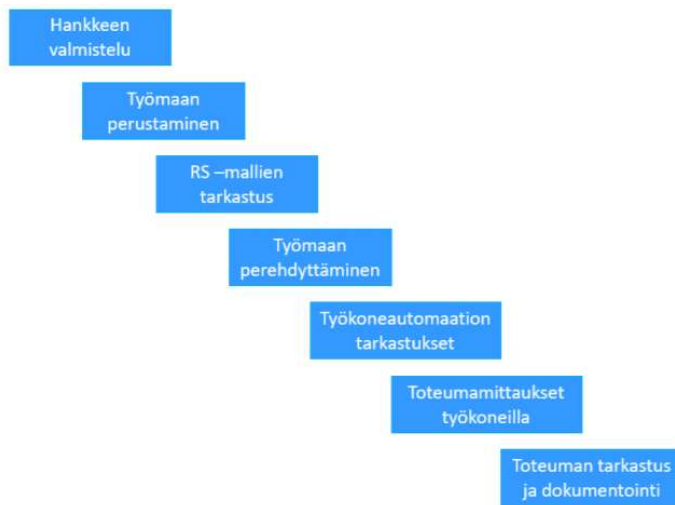
- kuntotarkastukset
- ratapölkkyjen ja kiskojen vaihtaminen
- tukemistyöt
- raidevarusteiden huolto
- lumityöt
- kiskojen kunnossapitotyöt
- pölkkyjen sekä kiskonkiinnityksiin liittyvät kunnossapitotyöt
- raide-eristysten kunnossapito
- tasoristeysten kunnossapito
- radan merkkien kunnossapito
- ratasiltojen kunnossapito
- laitureiden, asema-alueiden ja liikennepaikkojen kunnossapito
- raidealueen ohjaus- ja turvalaitteiden kunnossapito
- vaihteiden kunnossapito
- turvalaitteiden kunnossapito
- tukikerroksien täydentäminen, vaihtaminen, auraus, harjaus ja muotoilu

[1.]

2.3 Tietomallinnuksen hyödyntäminen ratatoiminnassa

Infra-alalla tietomallintamisesta käytetään termiä inframallintaminen ja tietyn infrakohteen tietomallista termiä inframalli. Inframallintamiseen liittyy olennaisena osana erilaiset paikkatietoaineistot (kaava-, ympäristötiedot ja niin edelleen), jotka voidaan havainnollistaa myös 3D-malleissa. Mallinnus infra-alalla voidaan laajentaa yleisesti infran tiedonhallinnaksi. [10.]

Inframallintamisen tavoitteena on suunnittelun ja rakentamisen laadun, tehokkuuden, turvallisuuden ja kestävä kehityksen mukaisen hanke- ja elinkaari-prosessin tukeminen. Tavoitteena on hyödyntää inframalleja koko infrakohteen elinkaaren ajan, lähtien suunnittelun alusta ja lähtöaineiston keräämisestä jatkuen rakentamisen jälkeiseen käyttöön ja kunnossapitoon ja purkamiseen (kuva 2). [10.]



Kuva 2. Mallipohjaisen rakentamisen ja laadunvalvonnan prosessi. [10.]

Monet satelliittipaikannusta hyödyntävät laitteet, kuten älypuhelimet, seurantalaitteet ja robottiautot, voivat lähettää sijaintinsa kanavia pitkin esimerkiksi pilvipalveluun tai laitteen valmistajalle käyttötarkoituksensa vuoksi, paikannustarkkuutta parantavien palveluiden käyttämiseksi tai vaikkapa joukkoistettua tiedonkeruuta varten. [4.]

Paikannusvirhe on turvallisuusriski. Noin viiden metrin paikannustarkkuus riittää mainiosti moniin erilaisiin paikkatietosovelluksiin kuten autonavigaattoreihin, hätäpuhelinpaikannukseen, valokuvien sijaintitunnisteisiin ja metsästyskoirien seurantapantoihin. Monissa ammattilaissovelluksissa tarvitaan kuitenkin joko parempaa tarkkuutta tai virhesietoisuutta. Tiukempiin tarkkuus- ja luotettavuusvaatimuksiin vastaamiseksi on satelliittipaikannusjärjestelmille kehitetty erilaisia avustepalveluita. Nämä perustuvat joukkoon tukiasemia, joiden sijainnit tunnetaan etukäteen tarkasti. Tukiasemat seuraavat Global Navigation Satellite System (GNSS)-satelliittien signaalien laatua jatkuvasti ja tuottavat eri käyttäjien tarvitseman avustetiedon reaaliajassa. Esimerkiksi Suomessa on Maanmittauslaitoksen ylläpitämä FinnRef-verkko, joka koostuu kymmenistä tukiasemista ja jonka tuottamia korjauksia käyttäen voidaan saavuttaa puolen metrin paikannustarkkuus. FinnRefin lisäksi on olemassa kaupallisia palveluita, jotka on kehitetty tuottamaan senttimetritarkkuuden mahdollistavaa korjaustietoa. [4.]

Suomen rataverkko on suurimmaksi osaksi mallintamatonta. Tämä tuo käytännön haasteita radan käyttäjille. Väylävirasto on julkaissut syyskuussa 2019 artikkelin aiheesta. Artikkelissa kerrotaan Väylän julkaisemasta työkalusta, jolla Suomen rataverkon mallinnustiedot voidaan muuntaa standardinmukaiseen RailML (Railway Markup Language) -muotoon. Työkalun lähdekoodi on avointa ja avointa dataa on myös Suomen rataverkon kansallinen tietomalli, joka on saatavilla Väylän Digitraffic- palvelussa. Väylä mainostaa työkalun käytön vähentävän käsin tehtävää työtä merkittävästi ja rataverkon käytettävien tietojen pysyvän paremmin ajan tasalla. [9.]

2.4 Työkoneautomaatio

Työkoneen koneohjausjärjestelmän tarkoituksena on kertoa työkoneen sijainti halutulla tarkkuudella koneenkuljettajalle. Tämä tapahtuu useimmiten työkoneen kauhaan määritetyn anturin mittapisteen avulla. Kauhakaivinkoneen komponenttikuvasta (kuva 3) voidaan nähdä työkoneen antureiden sijainnin Novatron- järjestelmässä, yksinkertaisimmillaan järjestelmä koostuu laserista ja laservastaanottimesta (anturista).

Koneohjauksessa nykyisin yleisin käytössä oleva mittaustapa GNSS-RTK hyödyntää työkohdetta lähellä olevaa tukiasemaa, joka toimii vastaanottimena satelliiteista saatavalle paikannustiedolle, josta tieto välittyy työkoneelle. Tukiasemien tarkkuus tulee tarkastaa säännöllisesti takymetrilla tai jos muuten epäillään mittavirheiden mahdollisuutta. Työkone kalibroidaan tarkistuspisteiden avulla vaadittuun tarkkuuteen, minkä avulla sen tarkkaa paikkatietoa pystytään seuraamaan.

Työkoneautomaation käytön tarkoituksena on vähentää mittamiehen työtä sekä maastoon tehtävien merkintöjen tarvetta, jolloin aikaa jää mahdollisesti enemmän muulle työlle. Työkoneeseen asennetun paikannusjärjestelmän avulla voidaan koneessa hyödyntää valmiita 3D- maastomalleja. Paikannusjärjestelmä kertoo oikein kalibroituna työkoneen kauhan terän sijainnin koneen sisäisessä koordinaatistossa. Toimivan työkoneautomaation käyttö laajemmin yrityksessä voi mahdollisesti kehittää osa- alueita kuten määrälaskentaa, töiden seurantaan sekä laaduntarkkailua.

Työkoneautomaatiota on toteutettu työkoneisiin lähtökohtaisesti maanrakennuksessa. Erityisesti ratatyökoneisiin sovellettua työkoneautomaatiota ei tällä hetkellä ole juurikaan julkisesti saatavilla ja täten maanrakennuskoneiden järjestelmiä täytyy soveltaa ratatyökoneissa. Suurin ero työkoneiden välillä on, että ratatyökoneet liikkuvat raiteilla, eikä niissä juurikaan tarvita tarke- ja määrämittauksia tai vastaavia maanrakennuksessa käytettäviä ominaisuuksia.

2.5 Työkoneautomaatiosovellukset

2.5.1 Novatron

Novatron on suomalainen digitaalisen infrarakentamisen yritys, joka kehittää, valmistaa ja toimittaa koneohjausjärjestelmiä maanrakennuskoneisiin. Novatron tarjoaa lisäksi koulutuspalveluita digitalisoidun työmaan eri vaiheisiin suunnittelusta ja mallinnuksesta koneohjatun työmaan käytäntöihin, prosesseihin ja laadunvarmistukseen. [5.]

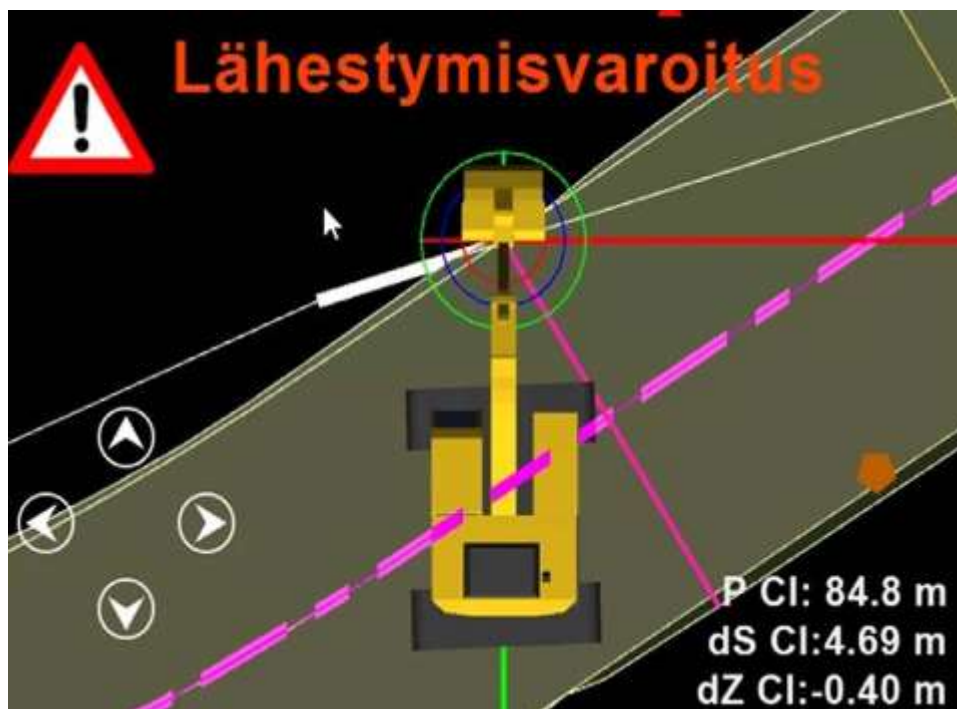
Novatron tarjoaa koneohjausjärjestelmää XSite (3D, 2D) kauhakaivinkoneisiin (kuvat 3, 4 ja 5). Nämä järjestelmät ovat yhteensopivia pilvipalvelu Infrakitin kanssa.



Kuva 3. Novatronin XSite PRO 3D-järjestelmän kauhakaivinkoneeseen liittyvät komponentit: anturit (1), näyttö (2), tietokone (3), antennit (4) ja paikannusvastaanotin (5). [5.]



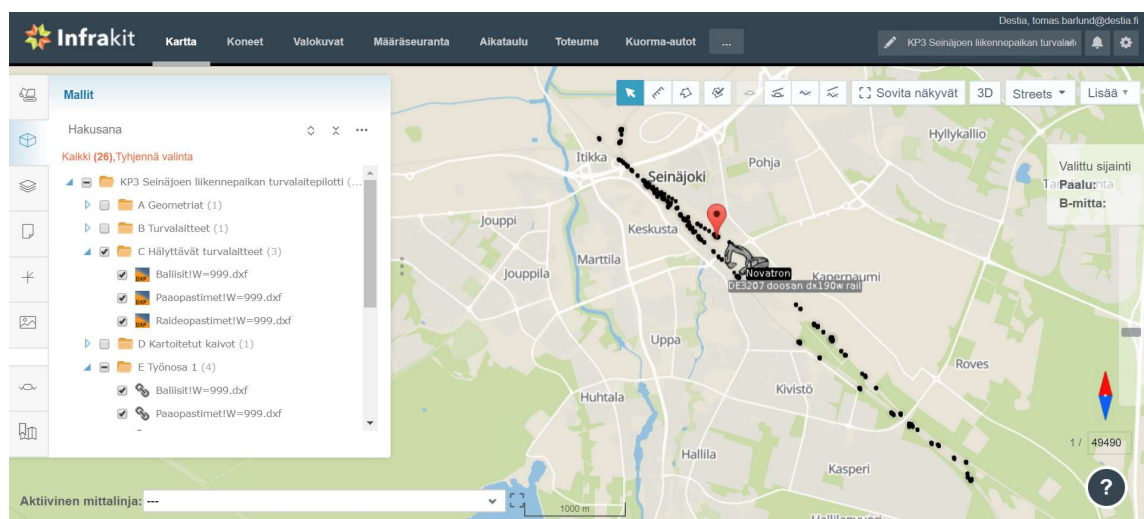
Kuva 4. Novatronin XSite PRO- näyttölaite. Osat: kosketusnäyttö (1), näytön kirkkaus (+) (2), näytön kirkkaus (-) (3), virtakytkin (4), äänen mykistys (5). [5.]



Kuva 5. Rajan lähestymisvaroitus kuljettajan näytöllä. [5.]

2.5.2 Infrakit

Infrakit on rakentamisen pilvipalvelu, jossa voidaan jakaa ja tarkastella reaaliaikaisia tietoja infraprojektin edistymisestä tietokoneella, tabletti- tai android- laitteella (kuva 6). Infrakit yhdistetään työkoneen koneohjausjärjestelmään, jolloin siihen voidaan siirtää pilven mallit sekä päästään tarkastelemaan ajantasaisia toteumatietoja. Tiedonsiirto langattomasti pilven välityksellä on huomattavasti nopeampaa ja vaivattomampaa kuin esimerkiksi USB -muistitikun käyttö, ottaen huomioon kuitenkin langattoman verkon toimivuuden edellytykset. Palvelun käyttö tukee projektia muun muassa rakentamisen osapuolten välisessä kommunikoinnissa, työnsuunnittelussa sekä aikataulunhallinnassa.



Kuva 6. Infrakit- järjestelmän käyttäjänäkymä. [3.]

Infrakittiin voi viedä valokuvia, jotka esimerkiksi koneenkuljettaja tai työnjohtaja on ottanut radalla työskennellessä tai katselmuksen yhteydessä. Kuvien lisäämissijainti näkyy sovelluksen taustakartalla ja niitä voidaan käyttää esimerkiksi laadunvarmistukseen tai poikkeamien todentamiseen.

Infrakitin käyttöohjeen (v1.09) mukaan ohjelmalla on mahdollista:

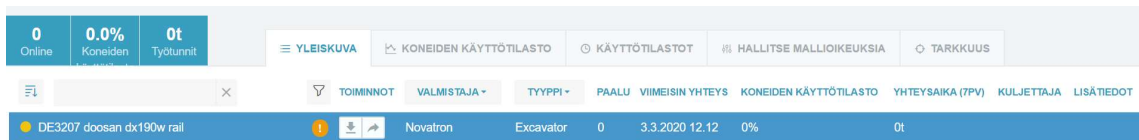
- varastoida hanketta koskevia kuvia, huomautuksia, raportteja sekä tilintarkastuksia

- hallinnoida ja havainnollistaa laadunvalvonnan mittaukset ja alentaa raportointikustannuksia ja -viiveitä
- ylläpitää koneen valvontajärjestelmän työtiedostoja ja kalibrointia
- raportoida koneen käytöstä, työhistoriasta ja tehokkuudesta

Koneet- välilehdeltä löytyvät:

- luettelo kaikista hankkeeseen rekisteröidyistä koneista
- verkossa olevien koneiden määrä
- hankkeessa olevien koneiden kokonaistehokkuus
- koneiden kirjaamien työtuntien kokonaismäärä

Lisäksi voidaan tarkastella tehokkuuksia, käyttötilastoja, hallinnointioikeuksia ja tarkkuuksia (kuva 7).



Kuva 7. Kauhakaivinkoneen yleisnäkymä Infrakitissä. [3.]

2.6 Projektin toteutus

Projektin suunnittelu aloitettiin kartoittamalla yrityksen olemassa olevat työkoneet sekä ratapihat, jotka soveltuisivat tulevaan työkoneautomaatiopilointiin. Päätettiin, että pilointi tehtäisiin Seinäjoen ja Tampereen ratapihoilla, näistä Seinäjoen radan turvalaitteet oli inventoitu aiemmin. Pilottiin ryhdyttäessä oli tiedossa, ettei Tampereen turvalaitteita ole inventoitu, eikä niitä tulisi inventoimaan pilottiin johtuen tulevista mittavista muutoksista Tampereen ratapihalla. Tampereella pystyttäisiin tutkimaan RSU -hälytystä raidegeometrian ollessa kattavasti saatavilla. Molemmille alueille järjestettiin työkone työkoneautomaatiolla.

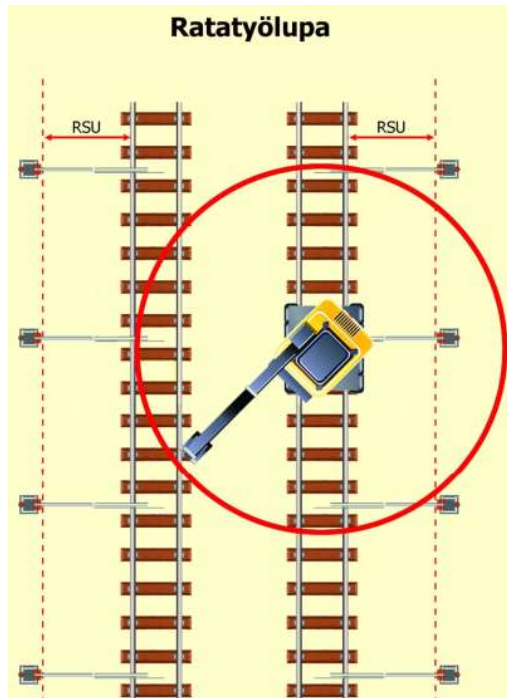
Työkonepilottia päätettiin alkaa valmistella kunnossapitoalue kolmella Seinäjoella ja Tampereella. Valittuihin paikkoihin vaikuttivat saatavilla olevat resurssit kuten työkoneet sekä tiedossa olevat valmiiksi inventoidut oleelliset turvalaitteet.

Marraskuussa 2019 pidettiin aloituskokous sekä perehdytystilaisuus Infrakit- pilvipalveluun Destian Seinäjoen toimiston tiloissa. Tilaisuudessa työkonopilottiin osallistujat pääsivät tapaamaan kasvokkain sekä sovittiin pilottiin liittyvistä käytännön asioista.

2.7 Kokeellinen osuus

Tammikuun alussa todettiin, ettei lumitöiden toteutumisesta ole talven aikana varmuutta kummallakaan paikkakunnalla. Alettiin valmistella työkonopilottia Seinäjoen ratapihan läheisyydessä, joka toteutettaisiin ma 10.2.2020 – ti 11.2.2020 välisenä yönä, jolloin rataosuudella ei olisi ollenkaan tai vain vähän muuta rataliikennettä. Tehtiin Junaliikenteen ennakkotiedot -järjestelmään (JETI) ilmoitus liikennesuunnittelulle aikavälille 10.2.2020 21:00 – 12.2.2020 3:00. Varattiin kaksi raidetta ratatyölle, jolla toisella työskenneltiin muun rataliikenteen ehdoilla (itäinen raide) ja läntinen raide suljettiin liikennöinniltä. Liikenteen ehdoilla olevalla raiteella liikennöi ilmoitetun aikataulun mukaisesti neljä ohikulkevaa junaa, joiden ohittamisen ajaksi työskentely täytyy keskeyttää myös liikennöinniltä suljetulla raiteella.

Työskentely työkoneella RSU:ssa edellyttää aina liikennöinnin keskeyttämistä kyseisellä raiteella ja liikenteenohjauksen lupaa ratatyöhön. Useampiraiteisella radalla on viereisen raiteen liikennöinti keskeytettävä työn ja radalle nousun ajaksi, mikäli työkoneen liikkeet ulottuvat sen RSU:aan (kuva 8). [7.]



Kuva 8. Työ on ratatyötä, kun työskennellään raiteen RSU:n sisäpuolella. Ratatyökoneen liikkeet ulottuvat myös viereisen raiteen RSU:aan, joten liikennöinti keskeytetään molemmilta raiteilta. (TURO 1.9.6). [7.]

Tehtiin suunnitelma tulevista avoimista työraoista ja sijoitettiin graafiin tarkasteltavat tilanteet sopiviin aikaikkunoihin (liite 1).

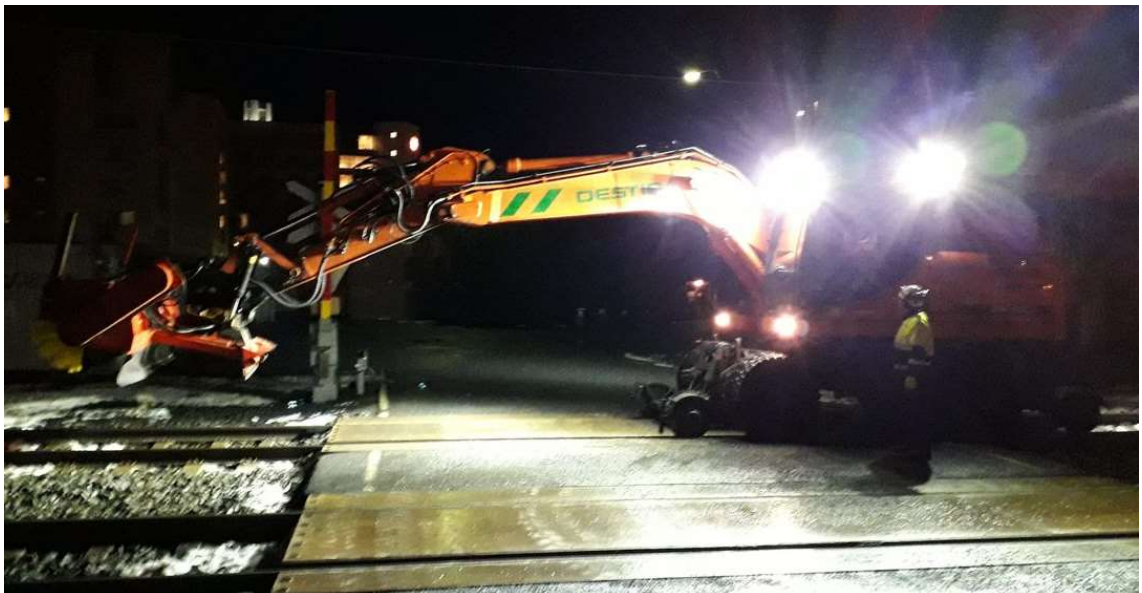
Suunnitelmassa näkyvät tarkasteltavat tilanteet saatiin sijoitettua aikataulullisesti vapaisiin työrakoihin.

Maanantaina 10.2. päivällä mentiin Seinäjoelle tekemään alustavia tehtäviä työkonepilottiin liittyen. Menttiin maastoon ratatyöalueelle, missä pilotti myöhemmin illalla järjestettäisiin ja käytiin merkkäämassa spraymaalilla raidealueelle kohdat kolmeen tarkasteltavaan paikkaan näkyviin kohdat 10 metriä ennen ohjelmoituja hälytyskohtia opastimista ja baliisiparista (kuva 9). Maaston valmistelevat työt suoritettiin turvamiestoiminnalla.



Kuva 9. Raiteille merkitty raja 10m ennen hälyttävää opastinta O051.

Mentiin ratapihalle, missä ratatyökone (kuva 10) kalibroitiin oikeaan mittatarkkuuteen työkonepilottia varten. Kalibroinnissa olivat mukana mittavastaava, automaatio-operaattori sekä koneenkuljettaja. Työkone kalibroitiin kolmen mittapisteen avulla. Lisäksi asennettiin työkoneen hytin sisäpuolelle kamera videotallentamaan työkonepilotin vaiheet koneenkuljettajan näkökulmasta.



Kuva 10. Työkone raiteilla työkonepilotissa.

Tämän jälkeen työkonepilottiin osallistuvat kokoontuivat Destian Seinäjoen yksikön tiloihin perehdytykseen, jossa käytiin läpi tulevan pilotin käytännön asiat ja mahdolliset puutteet sekä työsuunnitelma. Sovittiin, että pilotissa tarkasteltaisiin eri nopeuksilla seuraavia tilanteita: opastimien (kaksi) lähestyminen, RSU:n ylitykset (toiselle raiteelle) sekä työalueiden rajojen lähestyminen. Luotiin Infrakittiin oma kansio työkonepilotille, johon sisällytettiin tarkasteltavat kolme hälytyskohdetta.

Työkonepilotin jälkeisiin henkilöhaastatteluihin valittiin pilotissa käytännön työtä tekeviä henkilöitä: koneenkuljettaja(t), työnjohtaja(t), automaatio- operaattori sekä mittausvastaava. Koneenkuljettaja ohjasi työkoneita sekä käytti koneohjausjärjestelmää ja muita oheislaitteita. Työnjohtaja valvoi ja ohjasi koneenkuljettajan tekemiä töitä. Automaatio-operaattori varusti työkoneet tarvittavalla työkoneautomaatiolla sekä suoritti koneiden kalibroinnit. Mittausvastaava mallinsi tarvittavat työosat työkonepilottia varten sekä vastasi käytännössä kaikista Infrakit- pilvipalveluun vietävistä asetuksista. Osanottajille oli jokaiselle oma kysymyslistansa, joka oli räätälöity näiden työtehtävien mukaan työkonepilotissa.

3 Tulokset

3.1 Työkonepilotti Seinäjoella tulokset

Sää oli pilotointihetkellä selkeä, nollakelin tuntumassa, aiemmin päivällä oli satanut vettä ja jäätävää tihkua, joten kiskonpinta oli märkä. Työkonepilotti aloitettiin tarkastelemalla opastimen O051 lähestymistä työkoneella eri nopeuksilla ja havainnoitiin miten tämä vaikuttaa jarrutusmatkaan. Tuloksiksi saatiin erinäisiä jarrutusmatkojen pituuksia, jotka kasvoivat nopeuden kasvaessa. Seuraavaksi testattiin RSU -alueen ylityksiä viereiseen raitteeseen nähden liikuttamalla työkoneen kauhaa.

Pilottitestauksen aikana todettiin paikalla, ettei ole tarpeen testata baliisien lähestymistä. Syy baliisien testaamisen jättämiseen oli kommentti työnjohdolta sekä koneenkuljettajalta, ettei auratessa tai harjatessa ole käytännössä mahdollista rikkoa baliiseja ja täten tämä testiosa olisi ollut vain jarrutusmatkan testaamista. Viimeiseksi testattiin opastimen P051 lähestymistä 30km/h vauhdissa.

3.2 Henkilöhaastattelut pilotin lopussa

Työkonepilotin 10.2.2020 jälkeen haastateltiin tähän osallistuneita henkilöitä: automaatio-operaattori, mittausvastaava, työnjohtajat (2), sekä koneenkuljettaja. Haastateltaville esitettiin kysymyksiä liittyen heidän rooliinsa työkonepilotissa, sekä tiedusteltiin heidän mielipiteitään käytetystä koneohjausjärjestelmästä.

Kaikkien haastateltavien mukaan koneohjausjärjestelmästä olisi ratakunnossapidossa hyötyä, jos se saataisi paranneltua nykyisestäään enemmän kunnossapitotöihin sopivammaksi. Tästä poikkeuksena työnjohto, joiden mukaan järjestelmää kannattaisi käyttää ennemminkin rakentamisen työvaiheissa, kuten erinäisissä maanrakennustöissä. Tosin kunnossapitotöistä kasvillisuuden vesakointityöt tunnistettiin hyödyntämiskohteena. Yleisiä positiivisia havaintoja järjestelmästä oli, että sen avulla saadaan hyvin selville työalueen rajojen lähestyminen työkoneella sekä oikein käytettynä se parantaisi työturvallisuutta radalla työskenneltäessä. Järjestelmän nykyisinä puutteina koettiin käyttökohteiden määrä ratakunnossapidossa nykyisellään, Infrakitin yhteistyökyvyttömyys muiden

järjestelmien kanssa (muun muassa RUMA), epätarkka sijaintitieto, järjestelmän käyttöönoton kalleus sekä että järjestelmällä pystytään nykyisellään vain varoittamaan hälytyksillä RSU:n ylityksistä eikä täysin estämään niitä. Haastateltavilta saatiin myös paljon kehitysehdotuksia.

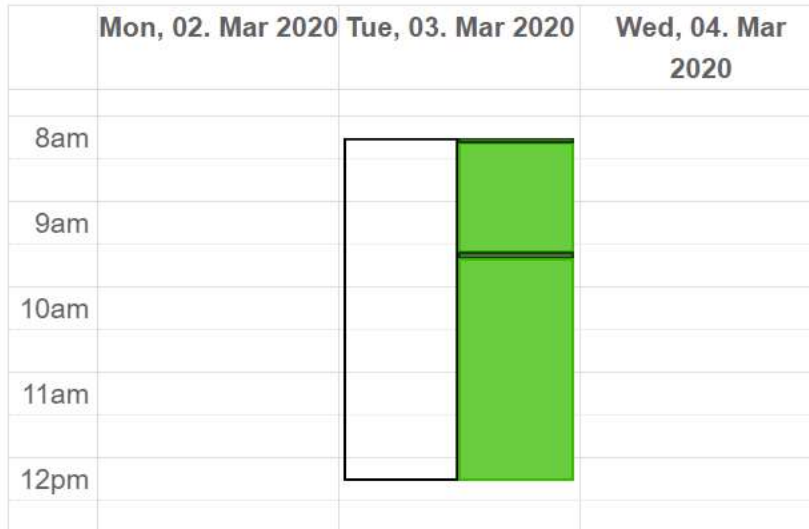
3.3 Lumitöiden seurannan tulokset

Opinnäytetyötä tehdessä talvikaudella lumitöitä ei käytännössä ollenkaan tehty kunnossapitoalue kolmella Seinäjoen tai Tampereen alueella. Syynä tähän oli, ettei lunta ollut kinostunut raiteille riittävästi, jotta lumitöihin olisi tarvinnut lähteä.

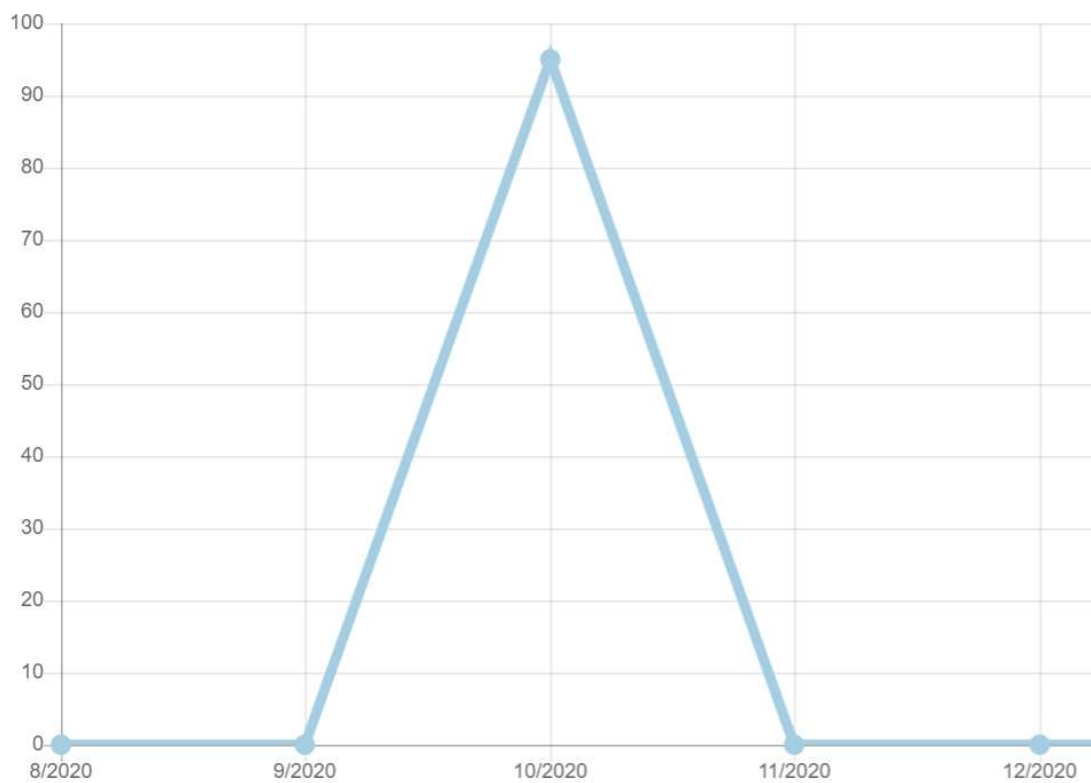
Koneenkuljettajia ohjeistettiin kuitenkin marraskuussa käyttämään kaikissa radan kunnossapitotöissään Infrakit- ohjelmaa, jotta ohjelman käytöstä saataisiin dataa tarkasteltavaksi opinnäytetyötä ja kehitysprojektia varten.

Tuloksena Infrakit- sovelluksen käytöstä työkonepilotin ulkopuolella saatiin kahdelta työkoneelta seuraavaa dataa:

- työkoneiden käyttötilastoja, eli milloin ja kauanko töitä on koneella tehty (kuvat 11 ja 12)
- sijaintitietoja, missä työkoneet milloinkin ovat taustakartalla



Kuva 11. Koneen käyttötilastoa kellonaikaan ja päivämäärään nähden.



Kuva 12. Koneen käyttötilastoa käyttöasteeseen ja kalenterikuukauteen nähden.

4 Päätelmät

4.1 Työkonepilotin päätelmät ja yhteenveto

Kaikissa työkonepilotin tilanteissa täytyy ottaa huomioon, että koneenkuljettaja oli tietoinen lähestyvistä hälytyksestä ja oli täten valmistautunut tilanteeseen eli pystyi jarruttamaan heti tilanteen vaatiessa. Todellisuudessa reaktioaika hälytyksen huomaamiseen ja täten jarrutuksen alkamiseen on töitä tehdessä pidempi ja vaihtelee kuskeittain. On huomattava, että varsinaisia töitä (lumitöitä) tehdessä työkone liikkuu noin 8-10km/h vauhtia. Siirtoajoissa nopeus on suurempi, yli 20km/h.

Koska tarkka sijaintitieto on varsinkin turvallisuuden kannalta erittäin tärkeää koneohjausmaailmassa, 5G -verkkoyhteyksien yleistymisen ja täten parantuminen tulevaisuudessa mahdollistavat yhä tarkemman paikannusmahdollisuuden työkoneille infraraken- tamisessa. Ratatöissä on tärkeää tietää millä raiteella töitä tehdään ja että tieto on ajan- tasaista. Lisäksi koneenkuljettajan riittävä perehdyttäminen ja koulutus koneohjausjär- jestelmän käyttöön on olennaista. Kuljettajan tulee ymmärtää työkoneessa olevien jär- jestelmän antureiden ja mittalaitteiden merkitys laitteen toiminnan kannalta.

4.2 Jatkokehityskohteet

4.2.1 Ratatyöalueella pysyminen

Ratakunnossapidossa tarvitaan ratkaisuja raiteiden sivusuuntaisiin RSU -ylityksiin sekä pitkittäissuuntaisiin työalueiden ylityksiin. Työkonepilotissa tarkasteltiin työkoneen no- peuden vaikutusta jarrutusmatkaan sekä havainnoitiin sivusuuntaisia ylityksiä. Työko- neen kauhan liikkeitä voidaan rajoittaa mekaanisesti, sähköhydraulisesti tai hydraulisesti.

Mekaanisesti nostokorkeuden rajoitin toimii käytännössä kettinki-lukko- yhdistelmällä ja sähköisellä venttiilillä työkoneen ohjaamossa. Hydraulisessa rajoituksessa koneen hyd- rauliikka sammuu automaattisesti kauhan asennon ylittäessä tietyn asetetun rajan, jol- loin kauhan liike pysähtyy. Hydrauliikka taas perustuu hydraulipumpun tuottamaan

paineeseen, joka ohjataan hydraulipumpulle, josta sen jälkeen toimilaitteelle. Sähköhydrauliikka on vaihtoehto tavalliselle hydraulikalle, jota voidaan käyttää esimerkiksi silloin, kun työkoneeseen ei voida asentaa hihnakäyttöistä hydraulikkaa.

4.2.2 Avoimen datan ongelmat radan kunnossapidossa

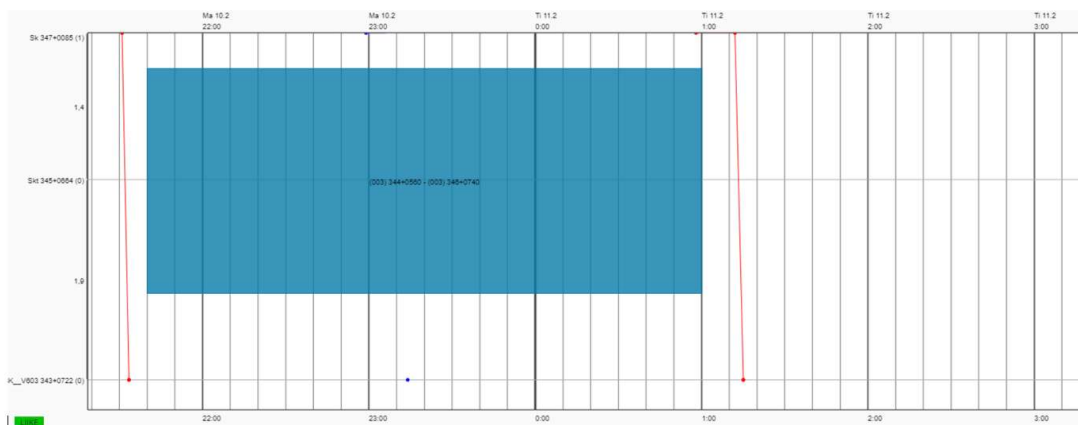
Suurimmat ongelmat avoimen datan käytössä radan kunnossapidossa ovat tiedon ajantasaisuus, datan luotettavuus sekä käytettävyys. Myös avoimen datan puute esimerkiksi jo aiemmin mainitussa aiheessa, rataverkon mallinnuksessa, asettaa rajoituksia radalla työskentelyyn.

Väylä julkaisi vuoden 2018 lopulla sähköisen tietopankki RATKO:n, joka rakennettiin tiedonhallinnan perustaksi helpottamaan tiedonkulkua eri osapuolten välillä sekä edesauttamaan päivittäistä kunnossapitoa, liikennöintiä ja ratojen parannustöiden suunnittelua. RATKO sisältää useita sovelluksia, joita voidaan käyttää radan kunnossapidossa (RAIKU), tiedonhallintaan (RYHTI), materiaalinhallintaan (RAHTI) sekä pääkäyttäjän järjestelmätyökalut (RATTI). Näihin sovelluksiin ei tässä työssä tutustuta tarkemmin. [8.]

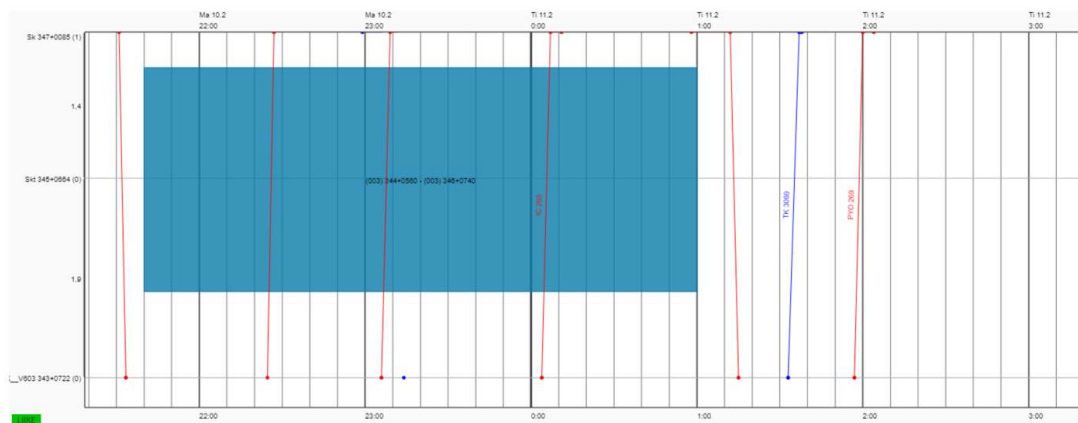
Lähteet

- 1 Destia. Verkkoaineisto. <<https://www.destia.fi/>>. Luettu 3/2020.
- 2 Droneinfo. Verkkoaineisto. <<https://www.droneinfo.fi/fi>>. Luettu 3/2020.
- 3 Infrakit. Verkkoaineisto. <<https://infrakit.com/fi/>>. Luettu 3/2020.
- 4 Maanmittauslaitos, lyhennetty MML. Verkkoaineisto. <<https://www.maanmittauslaitos.fi/tutkimus/teematietoa/satelliittipaikannus>>. Luettu 3/2020.
- 5 Novatron. Verkkoaineisto. <<https://novatron.fi/>>. Luettu 3/2020.
- 6 RUMA. Verkkoaineisto. <<https://tmfg.fi/fi/finrail/ruma>>. Luettu 3/2020.
- 7 TURO. Verkkoaineisto. <https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lo_2018-07_turo_web.pdf>. Luettu 3/2020. TURO:n ohjeet päivitetään alkuvuodesta 2021, uusin versio on huomioitu tässä opinnäytetyössä.
- 8 Väylä. Verkkoaineisto. <<https://vayla.fi/>>. Luettu 3/2020.
- 9 Väylän artikkeli. Verkkoaineisto. <<https://vayla.fi/-/suomen-rataverkon-mallintamisesta-helpompaa-vayla-julkaisi-tyokalun-jolla-rataverkon-kuvaukset-saa-railml-muotoon>>. Luettu 4/2020.
- 10 YIV 2019. Verkkoaineisto. <https://buildingsmart.fi/wp-content/uploads/2019/06/YIV-Yleiset-inframallivaatimukset-2019_1.pdf>. Luettu 3/2020.

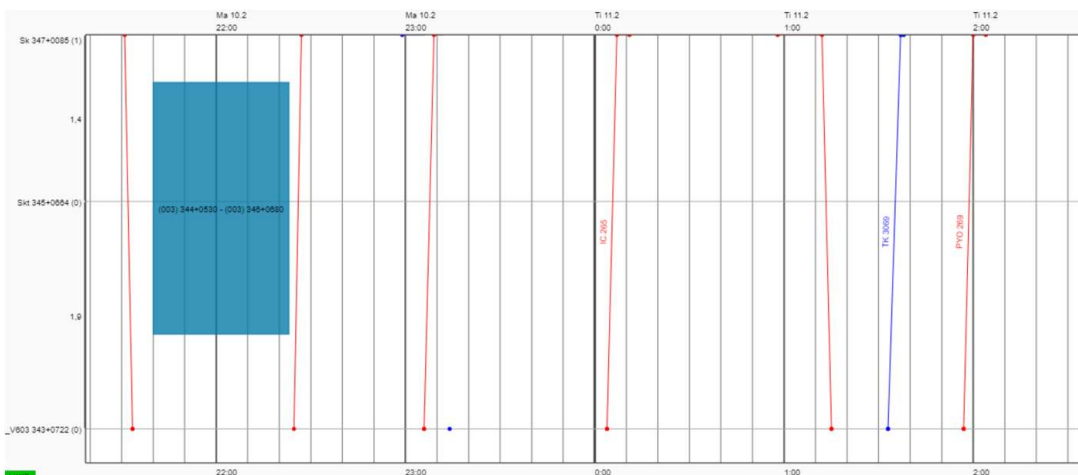
Työkonepilotti aikaikkunat



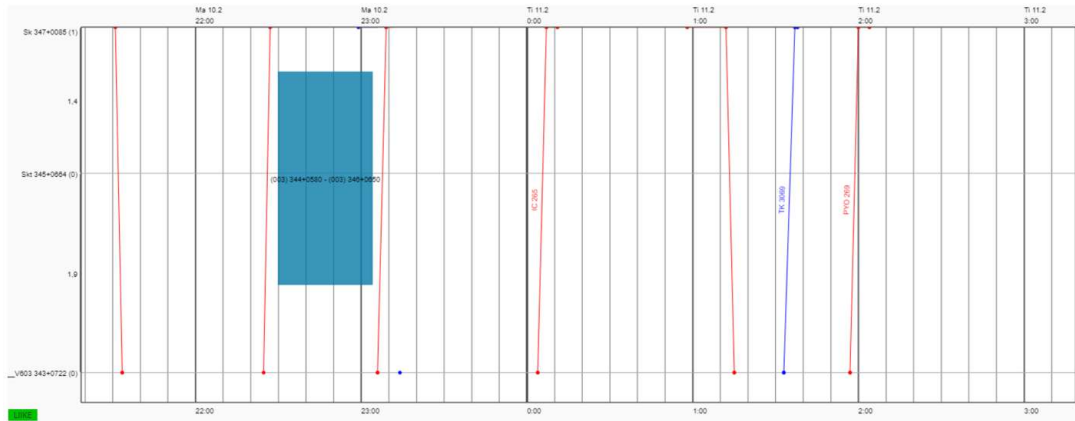
Läntisen raiteen varattu työrajo, E001 – E071, klo 21:40 – 01:00



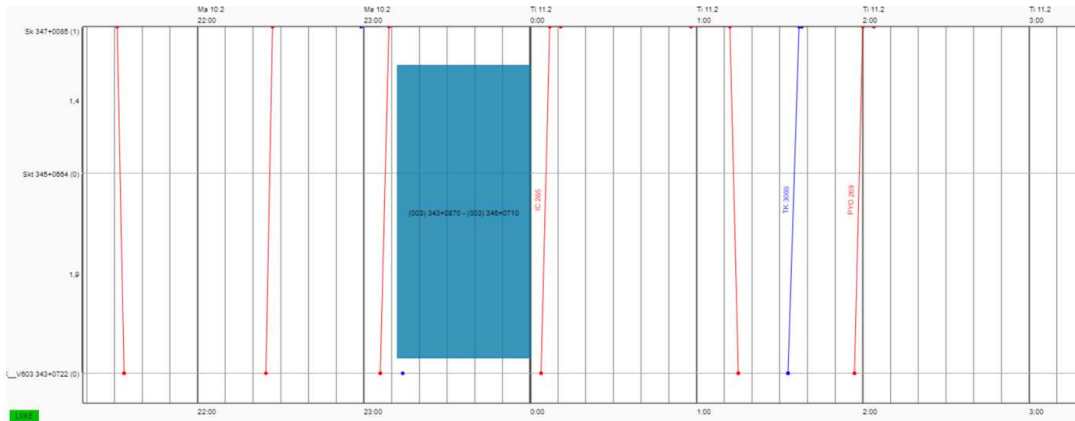
Läntisen ja itäisen raiteen aikataulut



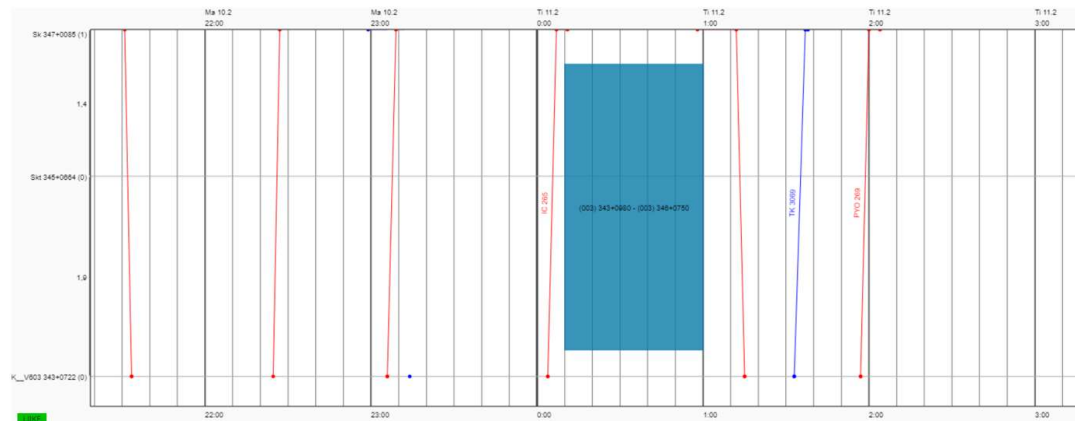
Ensimmäinen työrajo, 21:40 – 22:20 (40 min)



Toinen työrajo, klo 22:30 – 23:00 (30 min)



Kolmas työrajo, klo 23:30 – 00 (50 min)



Neljäs työrajo, klo 00:10 – 01:00 (50 min)